



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300972

Keller

X
2435

Handbuch
der
Wasserbaukunst

von
G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Zweiter Theil:
Die Ströme.

Vierter Band mit 10 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Uferschälungen, Strombauten

und

Schiffahrts-Canäle.



Von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Vierter Band.

Mit einem Atlas von 10 Kupfertafeln.

Berlin 1874.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Handbuch
Uerschaltungen, Strombauten

und

Wasserbaukunst
Schiffbau-Gänge

von

G. Hagen



II - 349955

~~II 5080~~



III. Aufl. von 19. Kapiteln

Berlin 1874

Verlag von Ernst & Korn

(Verlagsbuchhandlung)

102/272/207

Inhalts-Verzeichnifs

des vierten Bandes.

	Seite
Abschnitt XI.	
Schiffsschleusen (Fortsetzung)	1
§. 72. Füllen und Leeren der Kammern	3
§. 73. Nebentheile der Schleusen	37
Abschnitt XII.	
Eigenthümliche Schiffsschleusen	49
§. 74. Schiffsschleusen mit Spülthoren	51
§. 75. Schiffsschleusen mit Seitenbassins	79
§. 76. Senkrechtes Heben der Schiffe	93
§. 77. Geneigte Ebenen	104
§. 78. Der Oberländische Canal	129
§. 79. Klapp-Schleusen	146
Abschnitt XIII.	
Schiffahrts-Canäle	153
§. 80. Anordnung der Canäle	155
§. 81. Wasserbedarf der Canäle	163
§. 82. Wahl der Canallinie	181
§. 83. Querprofile der Canäle	195

	Seite
§. 84. Speisung und Entlastung der Canäle	208
§. 85. Speisebassins	228
§. 86. Erdarbeiten	253
§. 87. Einschnitte und Dammschüttungen	266
§. 88. Dichtung der Canäle	293
§. 89. Unterirdische Canalstrecken	309
§. 90. Durchlässe und Brückencanäle	337

Abschnitt XIV.

Eindeichungen	361
§. 91. Anordnung der Deiche	363
§. 92. Ausführung der Deiche	380
§. 93. Entwässerung der Polder	383
§. 94. Unterhaltung der Deiche	397

Abschnitt XI.

1	Schließschleusen (Fortsetzung)
3	Füllen und Leeren der Kammern
37	Nebenschleusen der Schleusen

Abschnitt XII.

13	Eigenschaftliche Schließschleusen
21	Schließschleusen mit Spülbojen
23	Schließschleusen mit Seitenbasins
33	Schleusen haben der Schiffe
104	Georgs-Klöven
109	Der Oberländische Canal
144	Klap-Schleusen

Abschnitt XIII.

153	Schleusentrassen
155	Anordnung der Canäle
163	Wasserfahrt der Canäle
181	Wahl der Canäle
196	Querschnitte der Canäle

Elfter Abschnitt.

Schiffsschleusen.

Fortsetzung.

§. 72.

Füllen und Leeren der Kammern.

Zum Füllen und Leeren der Kammern der Schleusen müssen gewisse leicht zu schließende Oeffnungen angebracht werden, mittelst deren man beliebig die Verbindung mit dem Ober- und dem Unterwasser darstellen und dadurch den Wasserstand in der Kammer bis zu jenem heben, oder bis zu diesem senken kann. Am häufigsten werden diese Oeffnungen in den Thoren angebracht, dabei tritt aber der Uebelstand ein, daß die Verbindung der Thore leicht beeinträchtigt wird, besonders wenn die Oeffnungen, um das Durchleusen möglichst zu beschleunigen, einen großen Querschnitt erhalten. Außerdem kann bei hohem Oberboden das überselben stürzende Wasser in die Schiffe fließen, welche in der Kammer liegen, und endlich ist dieser freie Sturz des Wassers auch insofern nachtheilig, als die betreffende Fallhöhe für die Geschwindigkeit in der Durchfluß-Oeffnung verloren wird, und die in jeder Secunde eintretende Wassermenge nicht so groß ist, als sie bei gleicher Oeffnung sein würde, wenn die ganze Niveaudifferenz zwischen dem Oberwasser und dem Wasserspiegel in der Kammer die Druckhöhe bildete. Die beiden letzten Uebelstände lassen sich freilich vermeiden, wenn man, wie bei den Amerikanischen Canal-schleusen wirklich geschieht, den Oberdremmel in die Höhe des Unterdremmels legt (Fig. 265 *b*), und die Oeffnungen in den Oberthoren bis unter das Unterwasser senkt. Diese Anordnung bedingt aber eine tiefere Fundirung des Oberhauptes, und ist bei solider Construction in der Ausführung theurer, als wenn man den höheren Oberboden beibehält.

Man beseitigt diese Bedenken vollständig, wenn man statt der Oeffnungen in den Thoren, zur Seite der letzteren in den Mauern Canäle, oder sogenannte Umläufe darstellt. Die Schwächung der Thore wird dabei ganz umgangen, und indem die obere Mündung eines Umlaufs im Oberhaupt dicht über dem Oberboden, seine untere Mündung aber dicht über dem Unterboden liegt, so tritt das Wasser in die Kammer so tief ein, daß die Gefahr des Anfüllens der Schiffe verschwindet. Die Geschwindigkeit in den Umläufen ist auch durch die ganze Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt, also möglichst groß, und hierzu kommt noch, daß man ohne Nachtheil den Umläufen einen großen Querschnitt geben, und dadurch gleichfalls die Zeit des Anfüllens oder Leerens der Kammer abkürzen kann.

Es ergibt sich aus Vorstehendem, daß die Vorzüge, welche die Umläufe vor den Oeffnungen in den Thoren haben, in den Oberhäuptern bedeutender sind, als in den Unterhäuptern. Sie werden daher auch häufiger in jenen, als in diesen angebracht.

Diese Oeffnungen sowohl in den Thoren, als auch in den Mauern und Wänden werden beim Durchgange von Schiffen in Wirksamkeit gesetzt, wenn das Wasser an der einen Seite derselben höher steht als an der andern, und das Wasser fließt so lange hindurch, bis auf beiden Seiten dasselbe Niveau dargestellt ist. Man öffnet sie daher, während der Wasserdruck stattfindet, und schließt sie, sobald der Druck aufgehört hat. Beim Oeffnen muß sonach nicht nur das Gewicht des Schützes, oder derjenigen Einrichtung, die man sonst gewählt hat, sondern auch die Reibung, die aus dem Druck des Wassers entsteht, überwunden werden. Letztere verschwindet aber beim Ausgleichen der beiderseitigen Wasserstände, und es ist sonach zum Schließen der Schütze keine Kraft erforderlich, wenn dieselben so schwer sind, daß sie von selbst herabfallen. Hieraus ergibt sich, daß man gewöhnlich der mechanischen Vorrichtung nur zum Heben des Schützes bedarf, beim Herablassen desselben aber darauf Rücksicht zu nehmen ist, daß es nicht zu heftig auf die Schwelle stürzt.

Es kommen indessen Fälle vor, wobei das Schütz, ehe die beiderseitigen Wasserstände gleiche Höhe haben, geschlossen werden muß, und alsdann kann leicht die Reibung in Folge des noch stattfindenden Wasserdrucks so groß sein, daß das Schütz nicht

von selbst herabfällt. Es ist daher vortheilhafter, solche Vorrichtung zur Bewegung des Schützes zu wählen, wodurch dasselbe nicht nur gehoben, sondern auch kräftig herabgedrückt und stets sicher geschlossen werden kann. Das Bedürfnis hierzu stellt sich z. B. heraus, wenn beim Durchschleusen eines Schiffs, und zwar von dem Oberwasser nach dem Unterwasser, durch Nachlässigkeit der Schiffer ein Tau nicht gehörig gelöst ist, so daß das Schiff beim Sinken des Wassers zum Theil daran hängt. Das Abwerfen des Taus ist aber unmöglich, sobald eine starke Spannung bereits eingetreten ist, und es bleibt nur übrig, das Tau zu durchschneiden, oder das Reißen desselben abzuwarten. Beides kann vermieden werden, wenn man die Schütze des Unterhauptes schließt, und durch Oeffnen der Schütze des Oberhauptes den Wasserstand in der Kammer wieder so weit hebt, daß das Schiff frei schwimmt. Auch beim Durchschleusen in der entgegengesetzten Richtung kann es vorkommen, daß das Schiff etwa unten einen Schiffsring oder einen vortretenden Stein faßt, und bei dem steigenden Wasser der Gefahr des Anfüllens ausgesetzt wird. Alsdann muß man die Schütze des Oberhauptes schließen und die des Unterhauptes öffnen. Endlich gehört hierher auch noch der Fall, daß man diese Oeffnungen zuweilen in beiden Häuptern gleichzeitig in Wirksamkeit setzt, und dadurch die nächstfolgende Canalstrecke füllt, oder das Oberwasser senkt. Es rechtfertigt sich demnach die Vorsicht, schon bei der Erbauung der Schleuse hierauf Rücksicht zu nehmen, und wenn Schütze zum Schliessen der Oeffnungen gewährt werden, diese entweder mit besonderen Vorrichtungen zum Herabdrücken zu versehen, oder sie so schwer zu machen, daß sie unter allen Umständen durch ihr Gewicht die Reibung überwinden. Im ersten Fall ist aber die Durchbiegung von schwachen und langen eisernen Stangen nicht unbeachtet zu lassen.

Um die Oeffnungen in den Thoren oder auch die Umläufe ohne Anstrengung jederzeit schliessen und öffnen zu können, ersetzt man in neuester Zeit bei Amerikanischen Schleusen sehr allgemein das Schütz durch eine Klappe, deren Drehungsachse in ihrer Mitte sich befindet, die also gleichen Druck und Gegendruck erfährt. Ein Uebelstand ist aber dabei unverkennbar, nämlich der eine Flügel wird, wenn die Klappe geschlossen ist, nicht gegen den

umgebenden Rahmen gedrückt, sondern davon etwas zurückgedrängt, woher einiger Wasserverlust unvermeidlich ist.

Ueber die Darstellung der Oeffnungen in den Thoren ist bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore (§. 67 und 68) die Rede gewesen. Die Schütz-Oeffnungen werden jedesmal, um die Bekleidung des Thors rings umher befestigen zu können, oben und unten durch Thorriegel oder den untern Rahm, sowie seitwärts durch Mittelstiele oder auch durch die Schlagsäule, und in seltenen Fällen durch die Wendesäule begrenzt. Die Mittelstiele brauchen aber zu diesem Zweck nicht über den Riegel fortgesetzt zu werden, der den oberen Rand der Oeffnung bildet. Das Schütz oder die Schofsthüre befindet sich auf der dem Oberwasser zugekehrten Fläche des Thors und bewegt sich zwischen zwei mit Falzen versehenen Stielen oder starken Latten, den sogenannten Schofsthür-Leisten, die auf der Bekleidung befestigt sind. Wenn das Schütz aber geschlossen ist, so steht es auf einer gleichfalls an dem Thore befestigten Schwelle auf, die mit diesen Leisten verbunden ist.

Hölzerne Schütze in den Schleusen werden in gleicher Weise construirt, wie in den Freiarchen (§. 46).

Gufseiserne Schütze kommen in größern Thoren, namentlich in England nicht selten vor. Sie sind sehr dauerhaft und so schwer, daß sie stets sicher herabsinken, gewöhnlich bringt man sogar Gegengewichte an, um sie leichter heben zu können. Sie dürfen jedoch nicht unmittelbar die Bohlenbekleidung berühren, vielmehr müssen die Oeffnungen mit etwas vortretenden eisernen Rahmen eingefasst werden, die mit den Schofsthür-Leisten verbunden sind. Wenn letztere, die gleichfalls aus Eisen bestehn, eben so wie die Ränder des Schützes gehörig geebnet und abgeschliffen sind, so bildet sich ein sehr dichter Schlufs. Der Rahmen wird aber, nachdem er durch Bolzen befestigt ist, in den Fugen noch durch eingetriebenes Werg gedichtet.

Gewöhnlich hat jedes gufseiserne Schütz sein besondres Gegengewicht, indem eine über eine Rolle geführte Kette beide verbindet. Diese Anordnung ergibt sich aus der Zeichnung der Thore des Montgomery-Canals Fig. 313, Taf. XLV. Man bemerkt darin, daß das Gegengewicht eben so, wie das Schütz zwischen Leisten gehängt ist, in welche es mittelst Federn eingreift. Diese Vorsicht

ist auch nothwendig, weil das Gewicht sonst bei der Bewegung des Thors schwanken und heftig aufschlagen würde. Etwas abweichend ist die Fig. 310 auf Taf. XLIV dargestellte Einrichtung, wobei dieselbe Eisenmasse gleichzeitig das Gegengewicht für zwei Schütze bildet. Jene Masse hängt an einer Rolle, um welche die Kette geschlungen und mit den Zugstangen beider Schütze verbunden ist. Man überzeugt sich leicht, daß das Gleichgewicht hierbei eben sowohl erhalten wird, wenn man ein einzelnes Schütz, als wenn man gleichzeitig beide aufzieht, oder herabläßt. Zwei Schütze kann man aber auch ohne Gegengewichte unmittelbar unter einander verbinden und sie dadurch ins Gleichgewicht setzen. Dabei ist nur erforderlich, daß beim Ziehn dieser Schütze, d. h. wenn die Oeffnungen, die sie schliessen, frei werden sollen, das eine abwärts und das andre sich aufwärts bewegt. Dieses ist leicht zu erreichen, wenn man nicht beide Schütz-Oeffnungen unmittelbar über dem untern Rahm anbringt. Bei großen Thoren der Seeschleusen, wo die freien Zwischenräume zwischen den Riegeln nicht die Höhe der Letztern haben, ist dieses aber auch nicht nothwendig, denn das eine Schütz findet beim Herablassen noch hinreichenden Raum über dem untern Rahm. Eben wegen dieser geringen Höhe der darzustellenden Oeffnungen vermehrt man oft die Anzahl derselben, so daß zwei, auch wohl drei Schütze mit einander verbunden und gleichzeitig gehoben und gesenkt werden. In dieser Weise sind an dem in Fig. 309 dargestellten Thore des Verbindungs-Docks in Hull vier Schütz-Oeffnungen angebracht, von denen je zwei mit einander fest verbunden sind und wobei die Kette, woran sie hängen, über ein eisernes Rad geschlungen ist. Beim Drehn dieses Rades werden zwei Schütze gehoben und zwei gesenkt. Die Bewegung des Rades erfolgt aber durch eine gezahnte Stange, welche mittelst einer Schraube gehoben und gesenkt wird.)*

Die eben erwähnte Darstellung mehrerer über einander befindlicher Oeffnungen, die mittelst eben so vieler unter sich

*) Die Zeichnungen Fig. 309, *a*, *b* und *d* sind insofern unrichtig, als sie je drei über einander befindliche Oeffnungen darstellen, solche sind vielmehr an der linken Seite nur in den zwei untern, an der rechten Seite dagegen nur in dem zweiten und dritten Felde von unten vorhanden. In Fig. *b* sind diese vier Oeffnungen sämmtlich geschlossen.

verbundener Schütze gleichzeitig geöffnet und geschlossen werden, hat vergleichungsweise mit einer einzigen, eben so breiten Oeffnung, deren Höhe der Gesammthöhe jener ersten gleichkommt, nicht nur den Vorzug, dafs die Verbindung des Thors dabei weniger leidet, sondern man vermindert dabei auch sehr bedeutend, nämlich beziehungsweise auf die Hälfte oder den dritten Theil die Hubhöhe der Schütze.

Die zuletzt erwähnten, mit Gegengewichte versehenen und an Ketten hängenden Schütze können augenscheinlich nicht kräftig herabgestofsen werden, falls sie unter starkem Wasserdruck geschlossen werden sollten. Hierzu ist aber bei Dockschleusen niemals Veranlassung, da diese schon geschlossen werden, sobald auf beiden Seiten noch nahe derselbe Wasserstand statt findet, die Schütze also nur zur Ausgleichung sehr geringer Niveau-Differenzen dienen.

Ein andres Mittel zur Darstellung bedeutender Oeffnungen ohne wesentliche Schwächung des Thors und ohne Vergrößerung der Hubhöhe besteht noch darin, dafs man die Oeffnungen sehr breit macht und sie vielleicht über die ganze Breite des Thors von der Schlagsäule bis zur Wendesäule ausdehnt. Die erste Bedingung, nämlich die Vermeidung einer Schwächung des Thors, wird dabei indessen nicht vollständig erfüllt, indem die Verbindung der Riegel durch die Bekleidung unterbrochen wird. Ausserdem tritt hierbei noch der Uebelstand ein, dafs sehr breite Schütze stark durchzubiegen pflegen. Es kommen daher solche breite Schütze nur selten vor. An den Schleusen des Seiten-Canals der Loire sind sie gewählt worden. Sie erstrecken sich von der Wendesäule bis zur Schlagsäule, und schliessen, wenn sie herabgelassen sind, das ganze Feld zwischen dem untern Rahm und dem nächsten Riegel. Dieses Feld wird aber weder durch eine Strebe, noch durch das eiserne Zugband unterbrochen, indem beide nicht so tief herabreichen. Die Oeffnung, die eins dieser Schütze schliesst, ist etwa 8 Eufs breit und 1 Fufs hoch. Das Schütz besteht aus Gußeisen, ist mit Verstärkungsrippen versehen, und bewegt sich zwischen eisernen Leisten, die an die Wende- und Schlagsäule gebolzt sind.

Auch bei den Schleusen des Canals von Saint-Quentin hatte man solche breite Schütze angebracht, die sich von der Wendesäule bis zur Schlagläule ausdehnten, jedoch nur 6 Zoll hohe Oeff-

nungen und zwar am obern Theile der Thore schlossen. Diese Oeffnungen sollten auch nicht sowohl zum eigentlichen Füllen und Leeren der Kammern dienen, als vielmehr nur, nachdem dieses grofsentheils bereits erfolgt war, die Ausgleichung der Wasserstände zu beschleunigen. Die Schütze, welche nur aus einzelnen Bohlen bestanden, sollten daher jedesmal unmittelbar vor dem Oeffnen der Thore gezogen werden. Man hat indessen die ganze Einrichtung schon längst beseitigt, indem man bemerkte, dafs dieselbe ohne Nachtheil für die durchgehenden Schiffe nicht früher benutzt werden durfte, als bis die Niveau-Differenz zu beiden Seiten so geringe war, dafs man die Thore schon mittelst der Winden öffnen konnte.

Die Schütze werden gemeinhin, wie auch in allen vorerwähnten Beispielen geschieht, senkrecht auf- und abbewegt. In einzelnen Eällen ist man jedoch hiervon abgewichen, so dafs die Schütze schräge bewegt werden. Der Zweck dieser schrägen Richtung ist aber der, dafs die Zugstange nicht mehr auf den obern Rahm trifft, vielmehr den Kopf der Wendesäule kreuzt, und man sonach die Kurbel, mittelst deren die gezahnte Stange bewegt wird, von der Schleusenmauer aus drehn kann, ohne auf das Thor steigen zu dürfen. Man findet diese Anordnung an den Unterthoren der Schleusen auf dem Canal zwischen Carlisle und Bowness. Die Zugstangen bestehen grofsentheils aus Holz, und nur der obere Theil, an dem die Zähne sich befinden, ist Eisen. Die Zugstange lehnt sich überdies in der Höhe des obern Riegels gegen eine gusseiserne Rolle. In den Oberthoren dieser Schleusen sind keine Oeffnungen angebracht, vielmehr befinden sich daneben Umläufe.

Eine wesentlich verschiedene Einrichtung zum Schliessen der Oeffnungen in den Thoren besteht darin, dafs das Schütz sich nicht zwischen Leisten bewegt, sondern sich um eine horizontale Achse dreht. Man findet dergleichen Schieber nicht selten in den Schleusenthoren der kleinen Canäle in England. Die Oeffnungen sind dabei freilich auf ein geringes Maafs beschränkt, aber es wird hierdurch der Vortheil erreicht, dafs man vom Ufer aus die Oeffnungen schliessen oder frei machen kann. Fig. 312 zeigt diese Einrichtung an einem Thore des Rochdale-Canals. Die Oeffnung ist in der Figur durch x bezeichnet, bei der angenommenen

Stellung des Schiebers ist sie aber verdeckt und daher durch punktirte Linien angedeutet. Die Drehungsachse liegt etwas höher, und zwar an der linken Seite. Von dem Schieber setzt sich über diese hinaus ein langer Hebelsarm fort, der bis über das Thor hinausreicht, und am obern Ende mit einer horizontalen gezahnten Stange verbunden ist. Die Zähne der letztern werden von einem Getriebe auf dem Drehbaum gefaßt, und die Achse dieses Getriebes ist unmittelbar mit der Kurbel verbunden. Die Anbringung eines Vorgeleges ist in diesem Fall entbehrlich, da der erwähnte lange Hebelsarm schon wesentlich die Bewegung erleichtert. Die Stellung, welche der Schieber und die Zugstange annimmt, sobald die Oeffnung frei ist, deutet dieselbe Figur durch die punktirten Linien an.

Die eben beschriebene Art des Verschlusses der Oeffnungen findet man nicht nur in England, sondern sie kommt auch in Deutschland vor, und zwar war sie seit geraumer Zeit bei den Schleusen an der Fulda eingeführt.

Wesentlich verschieden hiervon ist das Verfahren, die Oeffnungen durch Klappen zu schliessen, welche sich um eine in der Fläche des Thors liegende Achse drehn. Diese Klappen sind theils einfach, theils mit zwei Flügeln versehen. Die ersteren kommen wohl nur selten vor, sie sind aber an den Schleusenthoren eines Seiten-Canals des St. Lorenz-Stromes angebracht, der zwischen Long-Sault und Cornwall unterhalb des Ontario-Sees die im Strom liegenden Wasserfälle umgeht. Jeder Thorflügel hat zwischen dem untern Rahm und dem nächsten Riegel zwei Oeffnungen von $4\frac{1}{2}$ Fufs Breite und $1\frac{1}{2}$ Fufs Höhe. Die Klappen, welche dieselben schliessen, drehn sich um horizontale Achsen an den obern Seiten der Oeffnungen, und nehmen, wenn sie geschlossen sind, nicht die senkrechte Stellung an, sondern behalten noch die Neigung von etwa 30 Graden gegen das Loth. Diese Anordnung hat darin ihren Grund, dafs entgegengesetzten Falls die Klappen durch die Zugstangen nicht sicher zu bewegen gewesen wären. Die Klappen legen sich aber, wenn sie geschlossen sind, sowohl unten, als seitwärts auf die passend bearbeiteten Ränder des untern Rahms und der kleinen Mittelstiele auf. Zum Heben jeder Klappe dient eine auf den obern Rahm aufgestellte Schraube, deren Mutter einen Sattel trägt, woran zwei Zugstangen befestigt sind, die zu derselben

Klappe hinabreichen. Auffallend ist dabei noch die Anordnung, daß die Klappen nach der Seite des Unterwassers aufschlagen, der Wasserdruck hebt sie daher und erleichtert ihr Oeffnen, wogegen sie nur durch den Druck der Schraube geschlossen erhalten werden.*)

Häufiger hat man die andre Anordnung gewählt, wobei die Klappen mit zwei Flügeln versehen sind, bei deren Drehung also jedesmal zwei Oeffnungen, nämlich an beiden Seiten der Achse frei werden. Man pflegt in diesem Fall die Drehungsachse vertikal zu stellen, so daß sie von oben unmittelbar bewegt werden kann, auch giebt man beiden Flügeln gleiche Ausdehnung, um den Einfluss des Wasserdrucks zu beseitigen. Indem hierbei die Reibung innerhalb sehr mäfsiger Grenzen bleibt, so zeichnet sich diese Vorrichtung durch die Leichtigkeit der Handhabung vortheilhaft aus, auch kann mittelst derselben sehr schnell eine große Durchfluß-Oeffnung frei gemacht werden. Ein Uebelstand, der dabei kaum zu vermeiden ist, besteht in der Undichtigkeit des Verschlusses. Die gewöhnlichen Schütze schliessen dicht, weil der Wasserdruck sie scharf gegen die Fläche des Thors preßt. Bei diesen zweiflügeligen Klappen wird indessen nur der eine Flügel durch den Wasserdruck an den Anschlag gedrängt, der andre dagegen davon entfernt. Die Sicherheit des Verschlusses beruht demnach allein darauf, daß die Achse recht scharf zurückgedreht wird, und der eine Flügel nicht etwa sich biegt. Da aber Beides nicht leicht vollständig erreicht werden kann, so dürfte diese Anordnung wohl nur in solchen Fällen passende Anwendung finden, wo es auf einigen Wasserverlust nicht ankommt.

Was die Construction betrifft, so besteht diese Klappe meist aus Gufseisen. Der Rahmen, in welchem sie sich bewegt, und woran die Ränder sich befinden, mit denen sie den Schluß bildet, besteht zuweilen aus Holz, vortheilhafter ist es aber, auch diesen aus Gufseisen darzustellen. Bei den Schleusen des Narbonne-Canals, so wie bei einigen Schleusen des Rhein-Rhone-Canals hat man hölzerne Rahmen gewählt, welche auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite der Thore auf die Bekleidung aufgesetzt und mit

*) Michel Chevalier, *histoire et description des voies de communication aux États Unis*. Vol. II. pag. 301.

den dahinter befindlichen Riegeln und Mittelstielen verbolzt sind, Fig. 339 auf Taf. XLVIII zeigt eine Klappe im gusseisernen Rahmen, sie besteht aus einer gusseisernen Platte, die nicht nur ringsum mit vorstehenden Rändern, sondern außerdem auch mit zwei horizontalen Verstärkungsrippen versehen ist, die auf beiden Flügeln nach verschiedenen Seiten vortreten. Die Achse aus Schmiedeeisen befindet sich in der Mitte. Aus der Figur ergibt sich, wie die Flügel, wenn die Klappe geschlossen ist, sich seitwärts gegen die vertikalen Ränder im Innern des Rahmens lehnen. Aehnliche Ränder befinden sich auch auf der Schwelle, so wie im obern Theil des Rahmens, sie müssen aber nach der einen oder der andern Seite versetzt sein, je nachdem der Flügel darin einschlägt.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Canals, woselbst die Oeffnungen 4 Fufs breit und 3 Fufs hoch sind, hat man den Schluss der Klappe gegen den gusseisernen Rahmen dadurch zu sichern gesucht, dafs auf die Ränder der ersteren Holzleisten aufgeschroben, und der Rahmen an den entsprechenden Stellen mit Leder-Streifen ausgefütert ist. Um aber die Klappe, wenn sie geschlossen bleiben soll, scharf gegen den Anschlag des Rahmens zu pressen, ist hier noch derjenige Flügel, der durch den Wasserdruck nicht gegen den Rahmen gedrückt wird, mit einem gezahnten Quadrant versehen, in welchen ein Getriebe eingreift, dafs man von der Laufbrücke aus drehn und festschrauben kann.

Von der Anordnung der Umläufe die man zur Seite der Thore in den Mauern der Häupter anbringt, ist schon oben §. 65 die Rede gewesen. In den Grundrissen oder horizontalen Projectionen zeigen sie gewöhnlich eine oder zwei Krümmungen, nämlich in den Oberhäuptern zwei und in den Unterhäuptern, wo sie nicht mehr in die Schleuse zurücktreten, eine. Ihre Sohle ist im letzten Fall horizontal durchgeführt, in den Oberhäuptern dagegen senkt sich ihre Sohle vom Oberboden auf den Unterboden der Schleuse.

Zuweilen vertheilt man dieses Gefälle gleichmäfsig auf ihre Länge, und legt nur die beiden Mündungen auf geringe Entfernungen horizontal. Dadurch wird die Ausführung insofern erschwert, als die Canäle mit ihren gewölbten Decken nicht nur im Bogen, sondern zugleich auch ansteigend ausgeführt werden müssen. Man legt daher meist die gekrümmten Strecken horizontal an, und

läßt den dazwischen liegenden geraden Theil des Umlaufs mit gleichmäßigen Gefälle sich senken. Zuweilen geht man auch noch weiter, und concentrirt das ganze Gefälle, indem ein lothrechter Schacht die beiden horizontal ausgeführten Theile des Umlaufs verbindet, wie Fig. 298 auf Taf. XLII zeigt. Aehnlich ist auch die Fig. 297 dargestellte Anordnung. Man beabsichtigt dabei, den Angriff des Wassers auf eine einzelne Stelle zu richten, die man mit besonderer Vorsicht befestigt, und wodurch man die andern Theile der Sohle und die Wände des Umlaufs zu sichern glaubt. Diese Absicht ist indessen mit einer möglichst vortheilhaften Wirksamkeit des Umlaufs nicht vereinbar.

Das Wasser im Umlauf soll nämlich die der Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser entsprechende Geschwindigkeit annehmen. Die Anbringung der scharfen Ecken, in welchen die horizontale Richtung plötzlich in die lothrechte, und letztere dann wieder in die erstere übergeht, erzeugt aber schon Widerstände. Abgesehen von diesem Verlust an Geschwindigkeit wird auch die Absicht, den Angriff des Wassers auf einzelne Punkte zu richten, nicht erreicht, wenn man nicht noch auf andre Weise die Wirksamkeit des Umlaufs schwächen will. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der ganzen Niveau-Differenz besteht nämlich nur so lange, als der Umlauf vollständig mit Wasser angefüllt ist, und nirgend mit der äußern Luft in Verbindung steht. Wenn diese Bedingung vollständig erfüllt wird, so hört aber der Einfluss der verschiedenen Neigungen an verschiedenen Stellen auf, und wenn der Umlauf in seiner ganzen Länge gleiche Profilweite hat, so ist die Geschwindigkeit am Fuß des vermeintlichen Wassersturzes um nichts größer, als an jeder andern Stelle, weil überall das ganze Profil angefüllt ist, und überall in denselben Zeiten gleiche Wassermassen hindurchgehen.

Diese beiden Umläufe (Fig. 297 und 298) sind indessen durch die vertikalen Oeffnungen, die zum Heben des Schützes oder der Klappe dienen, mit der äußern Luft verbunden. Das Gefälle des lothrechten Sturzes wirkt daher nicht auf die Beschleunigung des Wassers. Die Geschwindigkeit im obern Theile des Umlaufs wird vielmehr nur bedingt durch die Niveau-Differenz zwischen dem Spiegel des Oberwassers und der Sohle des Canals vor dem Sturze. Hinter und über diesem Sturz füllen sich die Räume zum Theil

mit Luft an, die vom Wasser mit fortgerissen wird, wie sich dieses schon durch ein lautes Sausen, wie bei einem Centrifugal-Gebläse, zu erkennen giebt, besonders wenn jene Niveau-Differenz noch bedeutend ist.

Soll im Umlauf sich die Geschwindigkeit darstellen, die abgesehn von sonstigen Widerständen, der Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser entspricht, so darf eine solche Verbindung mit der äufsern Luft nicht stattfinden, und dieses ist leicht zu erreichen, wenn man den Verschluss in die obere Mündung verlegt. In den Englischen Canalschleusen wird das Schütz oder die Klappe auch jedesmal hier angebracht.

Gemeinhin legt man ganz symmetrisch an jede Seite des Oberhauptes einen Umlauf, und wenn beide, wie immer geschieht, gleichzeitig geöffnet werden, so treffen beide Strahlen in der Kammer zusammen und indem dadurch ihre Richtung abgelenkt wird, so findet kein Stofs gegen die Kammermauern statt, der dieselben mit der Zeit beschädigen könnte. Bei Doppelschleusen von der Fig. 289 auf Taf. XLI dargestellten Anordnung findet eine solche Aufhebung des Seitenstofses nicht vollständig statt, zum Theil tritt sie aber doch ein, und bei der grossen Breite der Kammer ist der Stofs des Wassers gegen die Mauer nicht von Bedeutung.

In vielen Fällen begnügt man sich mit einem einzelnen Umlauf. Beim Unterhaupt ist dieses ohne Nachtheil, da man die untere Mündung desselben in die Richtung des Unter-Canals legen kann, beim Oberhaupt tritt dagegen in diesem Fall der erwähnte Uebelstand ein, dafs der austretende Strahl die gegenüberliegende Kammermauer trifft, und bei der stark wirbelnden Bewegung, die er in der Schleuse erzeugt, müssen die Schiffe mit grosser Vorsicht befestigt werden. Minard erwähnt, dafs dieser Uebelstand sich sehr unangenehm bei den Schleusen des Canals von Briare zu erkennen giebt, er rühmt indessen die gute Erhaltung der Umläufe in jenen Schleusen, die ohne dafs man von bedeutenden Reparaturen etwas wüfste, zwei Jahrhunderte hindurch benutzt sind, und sich noch in gutem Zustande befinden.

In den Oberhäuptern der Englischen wie der Französischen Canalschleusen ist häufig eine Anordnung gewählt, wonach die Umläufe grosentheils in derselben Vertical-Ebene bleiben, und

zwar ist diese normal gegen die Schleusen-Achse gerichtet. Die Umläufe treten nämlich aus den Thornischen aus, und ohne sich der Schleusenkammer zu nähern senken sie sich bis zum Unterboden. Unter dem obern Thorkammerboden verbinden sich beide zu einem gemeinschaftlichen Canal, der durch den Abfallboden in die Kammer ausmündet. Gauthey gab diese Einrichtung den Schleusen des Canals du Centre, der im Jahre 1786 vollendet wurde, und der die Verbindung zwischen der Saône und Loire zwischen Châlons und Digoin darstellt. Fig. 340 auf Taf. XLVIII zeigt ein Oberhaupt dieser Schleusen, nämlich *a* in der Ansicht von oben und zugleich im horizontalen Durchschnitt unter dem Thorkammerboden, *b* im senkrechten Durchschnitt durch die Längen-Achse der Schleuse, und *c* im senkrechten Querschnitt durch die Seiten-Canäle. Letztere beginnen in den Thornischen, woselbst besondere Nischen von quadratischem Querschnitt in den Mauern angebracht sind. An der Sohle einer jeden dieser Nischen liegt die eigentliche Mündung des röhrenförmigen Canals. Derselbe hält etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs im Durchmesser, fällt senkrecht bis zur Höhe des Unterbodens herab und tritt von unten in den nahe 10 Fufs weiten und 4 Fufs hohen überwölbten Canal, der sich unter dem Oberboden befindet, und mit der Schleusenkammer in unmittelbarer Verbindung steht. Die Vorrichtung zum Schliefsen der Umläufe befindet sich in den obern Mündungen der röhrenförmigen Canäle, und bestand ursprünglich in Kegel-Ventilen, welche man in die entsprechend geformten Mündungen herablassen konnte.

In ähnlicher Weise sind bei diesen Schleusen auch die Unterhäupter mit Umläufen versehen. Auf jeder Seite ist hinter der Thornische wieder eine zweite Nische etwa 2 Fufs breit und tief und 4 Fufs hoch, angebracht, deren Sohle mit dem Thorkammerboden in gleicher Höhe liegt. In dieser Sohle befindet sich die kegelförmig erweiterte Mündung des cylindrischen Canals. Letzterer senkt sich auch hier etwa 3 Fufs tief, geht alsdann parallel zur Längenrichtung der Schleuse bis in die Mitte des Hinterbodens, also etwa 7 Fufs hinter die Wendenische, erhebt sich daselbst senkrecht, und tritt eben so, wie er aus der Thorkammer abgegangen war, durch eine Seitennische auf den Hinterboden der Schleuse. Es könnte auffallend erscheinen, dafs auch die Umläufe des Unterhauptes bis unter den Schleusenboden herabgeführt sind,

da doch die beiden Mündungen jedes dieser Canäle beinahe in gleicher Höhe liegen, die obere Mündung sogar wegen der Senkung des Thorkammerbodens noch etwas tiefer sich befindet, als die untere. Man hätte sonach, wenn es sich nur um die Darstellung der Verbindung handelte, die beiden Krümmungen jedes Canals ersparen können. Dieses verbot sich indessen zunächst durch die gewählte Art des Verschlusses, die sich nur anbringen liefs, wenn die Mündung des cylindrischen Canals in der Sohle der Nische lag, und hierzu kam wahrscheinlich noch, dafs Gauthey wohl mit Recht eine Schwächung der Wendenische besorgte, wenn der Canal dicht hinter derselben vorbeigeführt wäre.

Diese cylindrischen Canäle sind in Werkstücken dargestellt, und zwar in der Art, dafs keine Fugen in der Längenrichtung vorkommen, die Oeffnungen also jedesmal in einzelnen Steinen von grofsen Dimensionen ausgearbeitet wurden. Hierdurch erhielten allerdings die Canäle eine gröfsere Festigkeit, was bei den geringen Mauerstärken auch nothwendig war, dagegen war man gezwungen, wie bereits erwähnt, die lichte Weite derselben auf das geringe Maafs von $1\frac{1}{2}$ Fufs zu beschränken. Die Füllung und Leerung der Schleusen erfolgt deshalb auch langsam. Die ganze Anordnung zeigte sich aber noch in anderer Weise als unvortheilhaft. Indem nämlich die erwähnten Röhren des Oberhauptes in senkrechter Richtung ausmünden, so treffen die ausspritzenden Wasserstrahlen mit Heftigkeit das schwache Gewölbe über dem weiten Canal, der unter der obern Thorkammer liegt, und dieses leidet dabei so sehr, dafs starke Filtrationen aus dem Oberwasser nach der Kammer statt finden, die selbst durch häufiges Verstreichen der Fugen nicht beseitigt werden können. Auch die in der Figur angedeutete Art des Verschlusses der Umläufe zeigte sich bald als unbrauchbar, und mufste wesentlich abgeändert werden, wovon im Folgenden die Rede sein wird.

Die eben beschriebene Einrichtung der Umläufe wiederholt sich zum Theil in den Schleusen des Canals von St. Quentin, der in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts ausgeführt ist, und zwischen St. Quentin und Cambray die Schelde mit der Somme verbindet. Man hat indessen die beim Canal du Centre bemerkten Uebelstände hier theils durch Vergröfserung der Weite der cylindrischen Canäle, theils auch dadurch zu vermeiden gesucht, dafs

man die Umläufe des Oberhauptes nicht in einen überwölbten Canal unter dem Unterboden führte, sie vielmehr eben so, wie Gauthey dieses im Unterhaupte bereits gethan hatte, hinter den Schlag-schwellen durch besondere Nischen in den Kammerraum ausmünden liefs. Die Verbindung dieser Nischen mit den cylindrischen Canälen findet auch hier am Boden der Nische statt, so dafs der auftretende Wasserstrahl wieder aufwärts gerichtet ist. Indem er aber die Decke der Nische trifft, worüber das volle Mauerwerk sich befindet, so kann er nicht so nachtheilige Wirkungen, wie unter dem Oberboden, veranlassen. Die Canäle sind 2 Fufs weit, und wieder in Werksteinen dargestellt. Man hat jedoch nur hin und wieder die volle Oeffnung des Canals in einem einzigen Steine gebildet. Grosstentheils ist nur der halbe Querschnitt in den Bodensteinen ausgearbeitet, und die Decke ist durch die Ueberwölbung aus zwei oder drei Stücken bebildet.

In den Englischen Canalschleusen sind die Umläufe jedesmal so angeordnet, dafs sie nicht tiefer herabgeführt werden, als ihre untern Mündungen liegen, woher die austretenden Strahlen auch nicht vertikal aufwärts, sondern horizontal gerichtet sind. Ausserdem hat man hier auch häufig die Umläufe aus gufeisernen Röhren gebildet, wodurch die Construction wesentlich erleichtert wird. Bei den Canälen in der Nähe von Birmingham liegen diese gufeisernen Röhren nicht in den Schleusenmauern sondern hinter denselben. Die Anbringung der Umläufe bedingt also in diesem Fall gar keine Verstärkung der Mauern, die man gemeinhin als einen damit verbundenen Uebelstand anzusehn pflegt. Ausserdem ist bei dieser Anordnung ein wasserdichter Abschluss leichter darzustellen, als wenn die Oeffnung im Mauerwerk angebracht wäre. Eine Schwierigkeit tritt hierbei freilich insofern ein, als der Mörtel mit dem Gufeisen nicht fest zu binden pflegt. Man kann diesem Uebelstande aber dadurch begegnen, dafs man die Röhren an den Stellen, wo sie in der Mauer liegen, noch mit vortretenden Rändern versieht, welche sorgfältig in die Steine eingepafst und mit Mörtel umgeben werden. Ausser den Erschütterungen beim Ziehn und Schliessen der Schütze giebt es auch keine Veranlassung zur Trennung der Röhren von der Mauer, da beide bei eintretender Temperatur-Veränderung sehr übereinstimmend sich ausdehnen, oder zusammenziehn. Die Röhren sind jedesmal in der

Nähe der beiden Enden nach Quadranten gekrümmt, und zwar liegen diese Krümmungen schon hinter den Mauern oder in der Hinterfüllungserde. Der dazwischen befindliche Theil der Röhre ist aber gerade, und liegt sonach neben einem Unterhaupte nahe horizontal, dagegen neben einem Oberhaupte, dem Gefälle der Schleuse entsprechend, mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt. Die Röhren haben nach Mafsgabe der Dimensionen der Schleusen, die Weite von 1 bis 2 Fufs. Fast jedesmal liegen in jedem Schleusenhoupte zwei Umläufe. Die Füllung und Entleerung der Schleuse wird hierdurch auferordentlich beschleunigt, und zwar um so mehr, als bei dieser Anordnung die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers jedesmal durch die ganze Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt wird. Die Zusammensetzung der Röhren ist dieselbe, wie bei gewöhnlichen Wasserleitungen, doch pflegt man wegen der grossen Weite sie mit Flanschen zu versehen, die mittelst Schraubenbolzen mit denen der nächsten Röhre verbunden werden. Die obere Mündung steht am vortheilhaftesten, wie auch oft geschieht, mit einem gufseisernen Rahmen in Verbindung, in welchem ein gufseisernes Schütz sich bewegt.

Bei der auf Taf. XXXVI Fig. 262 dargestellten massiven Schleuse auf dem Ellesmere- und Chester-Canal, die von Telford erbaut ist, hat nur das Oberhaupt Umläufe, wogegen zum Ablassen des Wassers aus der Kammer Schütz-Oeffnungen in den Unterthoren angebracht sind. Jene Umläufe bestehn aus gemauerten Canälen von vierseitigem Querschnitt. Diese Canäle senken sich wieder, so dafs sie unter den Oberboden treten. Hier vereinigen sie sich und münden durch einen weitem Canal unter den Schlag-schwellen horizontal in die Kammer aus. Die Mündung des letzten Canals zeigt Fig. 262 c.

Auch bei den auf demselben Canal ausgeführten eisernen Schleusen, die bereits § 65 beschrieben sind, ist eine ähnliche Anordnung gewählt. Aus jeder Thornische des Oberhauptes geht, wie Fig. 263 zeigt, eine mit einem Schütz zu verschliessende Röhrenleitung aus. Dieselbe krümmt sich zunächst in vertikaler Richtung nahe um zwei Quadranten, wodurch sie unter den Thor-kammerboden geführt wird. Hier krümmt sie sich in horizontaler Richtung um einen Quadranten und mündet im Abfallboden in die

Schleusenkammer. Eine Vereinigung der beiden Röhren findet hier nicht statt.

Abweichend von den bisher beschriebenen ist der Umlauf an den Schleusen des Montgomery-Canals angeordnet. Derselbe liegt nämlich ganz in der Mittellinie der Schleuse. Er geht weder aus der Thornische, noch überhaupt aus einer Seitenmauer aus, vielmehr liegt seine obere Mündung in dem Vorboden des Oberhauptes. Er besteht aus einer gusseisernen Röhre von 2 Fufs Weite, die zunächst senkrecht abfällt und, indem sie in einem Quadranten gekrümmt ist, in die horizontale Richtung übergeht, so dafs sie unter dem Oberboden fort durch den Abfallboden in die Kammer tritt. Diese Anordnung ist vergleichungsweise mit andern, besonders einfach, und zeichnet sich auch dadurch aus, dafs die Röhre nur einmal gekrümmt ist. Die Schließung des Umlaufs erfolgt durch eine gusseiserne Platte, die über die Mündung der Röhre geschoben werden kann. Diese Platte ist nichts andres, als ein horizontales Schütz, und der eiserne Rahmen, worin dasselbe sich bewegt, steht in unmittelbarer Verbindung mit dem ersten Theil der Röhre. Der Querschnitt der Röhre geht aber hier, der Schützöffnung entsprechend, in die quadratische Form über, diese mißt in jeder Seite 2 Fufs.

Das Schütz ist mit einer horizontalen Zugstange versehen, welche auf einer Seite unter die Schleusenmauer tritt. Hier ist sie mittels eines Charniers mit einem gusseisernen, vertikal aufgestellten zweiarmigen Hebel verbunden. Die Drehungsachse des Hebels liegt über der Mauer, und ist durch einen Zapfen gebildet, der in einer eisernen Pfanne ruht. Der untere Arm des Hebels ist 6 Fufs lang, der obere 4. Letzterer trägt einen gezahnten eisernen Bogen, und die Zähne desselben greifen in ein Getriebe, das mittelst eines Vorgeleges durch eine Kurbel bewegt wird. In Folge der Drehung der Kurbel bewegt sich jener gezahnte Bogen, und die am andern Hebelsarm angebrachte Zugstange nimmt zugleich mit dem Schütz eine entgegengesetzte Bewegung an.

Die zum Aufziehn dieses Schützes erforderliche Kraft ist durch die Reibung des Schützes, also grofsentheils durch den Wasserdruck, bedingt. Dieser hängt aber keineswegs nur von dem Wasserstande über dem Schütz ab, entspricht vielmehr der ganzen Niveau-Differenz des Ober- und Unterwassers, wenn die Röhre ganz mit

Wasser gefüllt bleibt. Ein Theil der Wassersäule ruht auf dem Schütz, der andere und zwar der gröfsere, hängt daran, drückt dasselbe aber in gleicher Weise abwärts, als wenn er sich darüber befände. Dieses Verhältnifs ändert sich nicht, wenn das Schütz auch nicht vollkommen wasserdicht schliesst. Die Reibung, oder die zum Ziehn erforderliche Kraft, würde daher, wenn nicht eine besondere Maafsregel noch in Anwendung gebracht wäre, bei dem grofsen Durchmesser des Umlaufs und dem starken Schleusengefälle sehr bedeutend sein. Es war indessen leicht, den von der Wassersäule unter dem Schütz herrührenden Druck durch Einführung von Luft zu beseitigen. Es ist demnach eine enge Röhre von der Oberfläche der Schleusenmauer bis in den Umlauf unterhalb des Schützes geführt. Hierdurch wird die Bewegung des Letztern so erleichtert, dafs der Knabe, welcher die Leinperde treibt, ohne Mühe und zwar sehr schnell den Umlauf in Thätigkeit setzen kann.

Es mufs indessen darauf aufmerksam gemacht werden, dafs diese Luftröhre, wie vortheilhaft sie auch in der eben erwähnten Beziehung wirkt, doch die Wirksamkeit des Umlaufs beeinträchtigt, insofern sie demselben, auch wenn er in Thätigkeit ist, Luft zuführt, und dadurch wie bei jenen Schützen in den innern Theilen der Umläufe, die Wirksamkeit der Letztern durch wesentliche Verminderung der Druckhöhe beeinträchtigt.

Auch bei der üblichen Anordnung der Umläufe, wenn sie aus Seitenöffnungen in den Thornischen austreten und mit der äufsern Luft in keiner Verbindung stehn, ist das geschlossene Schütz jedesmal einem Druck ausgesetzt, der der ganzen Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände entspricht. Es entsteht daher die Frage, ob es vortheilhafter ist, diesen Druck zu ermässigen und dadurch das Oeffnen des Schützes zu erleichtern, oder dem Umlauf seinen ganzen Effect zu sichern. Wahrscheinlich ist der letzte Vortheil der gröfsere, wenigstens bei einer frequenten Schifffahrt, und man würde denselben in den meisten Fällen vielleicht nicht aufgegeben haben, wenn man die Folgen der Zuleitung der Luft in Betracht gezogen hätte.

Bei der am Schlufs von § 67 bereits beschriebenen Schleuse auf dem Erie-Canal, in welcher statt der Stemmthore im Oberhaupt ein Klappenthor angebracht ist, welches sich flach auf den

Boden niederlegt, hat man einen Verschluss gewählt, der ohne Zuführung von Luft doch leicht zu öffnen ist. Der Thorkammerboden besteht in einem wasserdichten hölzernen Boden, und der darunter befindliche Raum steht mit der Kammer in freier Verbindung, indem er von dieser nur durch einige Stiele getrennt ist, welche die Kehle tragen, worin die horizontale Wendesäule des Thors sich bewegt. In dem erwähnten Thorkammerboden befinden sich vier Oeffnungen von 3 Fufs 9 Zoll Länge und 2 Fufs 6 Zoll Breite. Darin sind gusseiserne, möglichst dicht schließende Klappen angebracht, die sich um horizontale Achsen in ihrer Mitte drehn. Diese Achsen sind der Schleusenachse parallel gerichtet. Die Klappen stimmen wesentlich mit den Figur 339 auf Taf. XLVIII dargestellten überein. Der Wasserdruck wirkt gleichmäfsig auf beide Flügel und es ist daher wenig Kraft erforderlich, um einen derselben zu heben und den andern eben so weit zu senken. Durch eine Hebel-Verbindung kann man von der Schleusenmauer aus alle vier Klappen gleichzeitig heben und niederlegen. Das Wasser stürzt, sobald die Klappen aufgerichtet sind, mit dem ganzen, der Niveau-Differenz entsprechenden Druck herab, und zwar ohne einen Canal zu durchlaufen, woher die Füllung der Kammer sehr schnell erfolgt. Ist dieses aber geschehn, so fällt das aufgerichtete Thor, wie bereits oben erwähnt, von selbst nieder, und die Schiffe können sogleich durchgebracht werden. Auch sind die in der Kammer liegenden Schiffe nicht der Gefahr ausgesetzt, dafs das zutretende Wasser über Bord schlägt. Zweifelhaft bleibt nur, ob die Klappen wasserdicht schliessen.

Auch zum Entleeren der Kammern werden in den Schleusen auf Amerikanischen Canälen nicht selten Umläufe angebracht. Um jedoch die Schleusenmauern nicht zu sehr zu schwächen, giebt man ihnen nur geringe Weite, dagegen um so gröfsere Höhe. Aus diesem Grunde werden sie vor ihrem Austritt in das Unterwasser durch drei übereinander befindliche Klappen geschlossen, von denen jede sich um eine Achse in ihrer Mitte dreht. Damit beim Oeffnen des Umlaufs keine zu heftige Strömung entsteht, welche die Schiffe in Bewegung setzen könnte, läfst man den Umlauf nicht in voller Höhe und Weite in die Kammer treten, verbindet ihn vielmehr mit dieser durch eine Anzahl kleiner Oeffnungen unmittelbar über

dem Kammer-Boden, wodurch jener Uebelstand vermieden wird.*)

Die Vorrichtungen, deren man sich zum Schliessen der Umläufe bedient, sind großentheils bereits erwähnt worden, nur einige derselben, die freilich nicht häufig Anwendung gefunden, wären wegen der Eigenthümlichkeit ihrer Zusammensetzung zu beschreiben, auch muß über die Anordnung der Ersteren noch Einiges bemerkt werden.

Die Schütze, und zwar solche, welche senkrecht aufgezogen werden, findet man am häufigsten. Sie eignen sich auch am meisten zu diesem Zweck, da man sehr bedeutende Oeffnungen durch sie schliessen kann, und ihr Schlufs, insofern er durch den Wasserdruck unterstützt wird, ziemlich dicht ist. Die Reibung, der sie bei ihrer Bewegung ausgesetzt sind, wird zum Theil durch die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser bedingt, doch vermindert sie sich wesentlich, wenn die einander berührenden Flächen möglichst glatt und hart sind, woher sich dazu vorzugsweise das Eisen eignet.

Am häufigsten wählt man hölzerne Schütze, die entweder in hölzernen oder in steinernen Rahmen sich bewegen. Ein Beispiel von der Zusammensetzung der Letztern ist in Fig. 299 *a*, *b* und *c* auf Taf. XLII. dargestellt. Zur Anwendung solcher steinernen Rahmen, wobei die Reibung sehr beträchtlich ist, entschließt man sich gemeinhin nur, wenn die Schütze im Innern der Umläufe angebracht sind, und daher eine Erneuerung der Schwellen und Seitenstücke schwierig wäre.

Die passendste Stelle erhält das Schütz in der obern Mündung des Umlaufs, weil man hier das Zutreten der Luft ganz vermeidet. Außerdem ist es in diesem Fall auch immer leichter, Gegenstände zu entfernen, welche etwa das Schließsen des Schützes verhindern, auch lassen sich Reparaturen und selbst Erneuerungen einzelner Theile dabei am leichtesten vornehmen. In manchen Fällen, wie etwa bei den Fächerschleusen, von denen im Folgenden die Rede sein wird, muß man die Schütze im Innern der Mauern anbringen, und häufig thut man dieses auch bei

*) Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amerique. Paris 1873, pag. 340.

gewöhnlichen Umläufen, um die Winden, die zum Ziehn der Schütze dienen, nicht unmittelbar an den Rand der Mauer stellen zu dürfen, wo sie die Handhabung der Taue beim Aus- und Einholen der Schiffe erschweren würden. Auch kommt der Fall nicht selten vor, daß man zur Erreichung eines möglichst wasserdichten Schlusses zwei Schütze hinter einander anwendet, von denen das Eine durch das Andre unterstützt wird, und das zweite jedenfalls im Innern des Umlaufs angebracht werden muß.

Ueber die horizontalen Schütze, die selten vorkommen, wäre nur zu bemerken, daß sie stets unter Wasser liegen, und daher ihre Beaufsichtigung und Instandsetzung schwieriger ist. Es darf daher als Regel gelten, daß sie aus dauerhaftem Material, also aus Gußeisen dargestellt werden müssen.

Die Vorrichtung zum Schließen der Umläufe, welche man an den Schleusen des Canals du Centre anwendete, nachdem man sich von der Unzweckmäßigkeit der Kegelventile überzeugt hatte, und die auch später an den Schleusen des Canals von St. Quentin angebracht wurde, ist noch als ein Schütz zu betrachten. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Schütz dadurch, daß die schließende Fläche nicht eine Ebne, sondern cylindrisch gekrümmt ist, und in ihrer Lage nicht durch übergreifende Leisten oder Griessäulen, vielmehr durch eine horizontale Achse gehalten wird. In jenen Nischen, in welchen die obern Mündungen der Umläufe liegen, waren hölzerne Rahmen angebracht, die jedesmal bis auf eine Oeffnung von etwa 2 Fufs Breite und Höhe die Verbindung mit der Thorkammer abschlossen. Die Verbandstücke, welche die frei bleibende Oeffnung umgaben, waren, auf der Seite der Nische oder dem Umlaufe zugekehrt, cylindrisch abgerundet, und dieselbe Form hatte auch das Schütz oder die Klappe, welche sich in dieser Nische befand. Letztere, gleichfalls aus Holz bestehend, war mittelst zweier Arme an eine horizontale Drehungsachse neben der hintern Wand der Nische befestigt. Diese Achse lag aber einige Zoll tiefer, als die des Cylinders, nach dessen Fläche sowohl das Schütz, als der Rahmen, an den es sich lehnte, abgerundet waren. Zwischen den beiden Armen, die das Schütz mit der Achse verbanden, war ein Riegel eingesetzt, und diesen faßte die Zugstange, die über der Schleusenmauer durch einen

doppelarmigen Hebel, in gleicher Art, wie früher das Kegelventil, gehoben wurde.

Durch diese Versetzung der Drehungsachse wurde allerdings der Vortheil erreicht, daß die Berührung des Schützes mit dem Rahmen sogleich beim Aufheben des erstern, und mit derselben auch die Reibung aufhörte, dagegen trat der Uebelstand ein, daß der Wasserdruck nicht auf der Seite des Schützes, sondern des Rahmens stattfindet. Ersteres erhält also durch denselben nicht einen festen Schluß, und dieses mußte hier um so nachtheiliger sein, als alle Verbindungen nur aus Holz bestanden, und daher leicht nachgeben konnten, um so mehr, da sie nur selten oder nie vollständig benetzt wurden. Man hat daher diese Einrichtung nach kurzer Zeit aufgegeben. Dasselbe ist auch bei den Schleusen des Canals von St. Quentin geschehn, wo die gleiche Art des Verschlusses ursprünglich an allen Umläufen angebracht wurde. Schon im Jahre 1822 waren die Thore mit gewöhnlichen Schützen versehen, und die Umläufe wurden nicht mehr benutzt.

Wesentlich verschieden von den Schützen sind diejenigen Vorrichtungen zum Absperren der Umläufe, welche beim Oeffnen derselben gegen den Wasserdruck gehoben werden. Die Reibung wird dabei freilich beinahe ganz beseitigt, aber dagegen muß der Wasserdruck unmittelbar überwunden werden, und hierzu ist meist eine bedeutende Kraft erforderlich. Am häufigsten werden einfache Kegel-Ventile benutzt, welche die konische Erweiterung in der Mündung des Umlaufs schliessen. Um diese Ventile aber mittelst gewöhnlicher Hebel aufheben und herablassen zu können, müssen die Mündungen der Umläufe aufwärts gekehrt sein. Dieses war die Einrichtung, welche Gauthey ursprünglich für die Schleusen des Canals du Centre wählte, sie kommt auch bei verschiedenen kleinern Canälen in England vor. Die zum Heben der Ventile erforderliche Kraft ist von der Weite der Umläufe und dem Gefälle der Schleuse abhängig. Mißt der Querschnitt der Umläufe nur etwa 1 Quadratfuß, so läßt sich das Ventil noch durch einen einfachen Hebel öffnen, bei größerer Weite sind dagegen kräftigere Vorkehrungen erforderlich.

Die in Fig. 298 angedeutete Vorrichtung zum Schliessen des Umlaufs besteht aus einer gußeisernen Klappe, die auf dem abgeschliffenen, vorstehenden Rande eines gußeisernen Rahmens auf-

liegt, und an einer Seite mit demselben durch ein Charnier verbunden ist. Sie wird durch eine Kette mittelst einer Winde gehoben und herabgelassen. Da jedoch die erforderliche Kraft für die verschiedenen Stellungen der Klappe sehr verschieden ist, so legt sich die Kette nicht auf eine kreisförmige Rolle, sondern auf ein Schneckenrad auf. Der herabhängende Theil der Kette ist daher bei geschlossener Klappe der Drehungs-Achse der Winde sehr nahe, entfernt sich aber von dieser immer weiter, je mehr die Klappe sich hebt.

Von den mechanischen Vorrichtungen, wodurch die Schütze, Ventile, Schieber oder Klappen, und zwar ebensowohl in den Schleusenthoren, als in den Umläufen bewegt werden, ist bisher nur beiläufig die Rede gewesen, dieselben müssen daher noch näher bezeichnet werden. Die erste Bedingung dabei ist, daß die Oeffnungen in kurzer Zeit frei werden. Bei großen Schleusen und namentlich in Seehäfen fehlt es gemeinhin nicht an den nöthigen Arbeitern, um die erforderliche Kraft zu entwickeln. Auf isolirt liegenden Fluß- und Canal-Schleusen ist dieses nicht der Fall und man darf daher für diese keine Einrichtungen wählen, zu deren Bewegung ein oder zwei Mann nicht genügen. Da ferner diese Maschinen meist auf die Thore gestellt werden, so dürfen sie weder vielen Raum einnehmen, noch besonders schwer sein. Endlich müssen mittelst derselben die Schütze oder Klappen nicht nur gezogen, sondern auch geschlossen werden können.

Man hat beinahe alle mechanischen Vorrichtungen, die man gewöhnlich einfache Maschinen nennt, zu dem in Rede stehenden Zweck angewendet. Wenn es auf einigen Wasserverlust nicht ankommt, indem die Schleuse hinreichenden Zufluß hat, so eignet sich wohl zur Abschließung der Oeffnung am meisten die zwei-flügelige Klappe (Fig. 339 auf Taf. XLVIII), deren Bewegung nur geringe Kraft erfordert, indem dabei Druck und Gegendruck einander aufheben. Es genügt dafür, wie in Amerika auch wirklich geschieht, unmittelbar an der Achse eine Kurbel anzubringen. Mit einem Zuge wird Letztere um einen Quadranten verstellt und dadurch die Oeffnung frei gemacht oder geschlossen. Um aber den Widerstand zu umgehn, den größere Klappen dennoch der Bewegung entgegen setzen, hat man es vorgezogen, eine größere Anzahl von kleineren anzubringen, und dieselben werden entweder

einzeln, eine nach der andern aufgestossen, oder man hat sie auch mit einander verbunden und bewegt sie gleichzeitig.

Wenn dagegen, was bei Canalschleusen gemeinhin der Fall ist, das disponible Wasserquantum kaum dem Bedürfnis entspricht, so muß man, um dem Wasserverlust vorzubeugen, eine andre Art des Verschlusses wählen, und dieses geschieht, wenn das Schütz oder die Klappe durch den Wasserdruck fest angepreßt wird. Dieser Wasserdruck erschwert aber die Bewegung entweder unmittelbar oder mittelbar durch Vergrößerung der Reibung und in beiden Fällen wird der Widerstand um so stärker, je größer das Gefälle der Schleuse und der Querschnitt der Durchfluß-Oeffnung ist.

Zunächst mag von dem Hebel die Rede sein, der vielfach angewendet wird. Man kann ihn auf zwei verschiedene Arten benutzen, indem er entweder durch einen Zug die Oeffnung schließt oder frei macht, oder stoßweise wirkt und jedesmal nur wenig das Schütz oder die Klappe verschiebt. Die erste Methode ist in allen Fällen, wo es auf Beschleunigung ankommt, vortheilhafter als die zweite, aber sie verbietet sich gemeinhin dadurch, daß der Weg, den die Last beschreibt, zu geringe ausfällt, vorausgesetzt, daß man durch Darstellung des richtigen Verhältnisses zwischen beiden Armen die disponible Kraft gehörig berücksichtigt. Nichts desto weniger hat man dennoch zuweilen diese Anordnung getroffen, und sie hat bei Benutzung des Kegelventils, welches nicht hoch gehoben werden darf, sich auch zweckmäÙig gezeigt.

Auch zum Heben der Schütze in den Thoren hat man den Hebel in der Art angewendet, daß durch einen einzelnen Stoß die Oeffnung frei wird. Die Höhe der gewöhnlichen Schütz-Oeffnungen verbietet zwar eine solche Anordnung des Hebels, es ist indessen schon oben darauf hingewiesen, daß man, ohne die Wirkungen zu schwächen, oder den Widerstand zu vermehren, eine höhere Oeffnung in mehrere über einander befindliche niedrige Oeffnungen zerlegen kann. Indem alsdann die verschiedenen schmalen Schütze unter sich verbunden sind, so ist die Hubhöhe der Zugstange der Anzahl der Oeffnungen umgekehrt proportional, und läßt sich dadurch auf ein so geringes Maas zurückführen, daß ein einzelner Zug des Hebels schon zu ihrer Darstellung genügt.

Diese Einrichtung ist bei der Schleuse zu Royaumont an der

Oise getroffen, wiewohl der Hebel daselbst nicht in seiner gewöhnlichen einfachen Form angebracht ist. Man kann nämlich der Drehung eines Hebels, ohne das Verhältniß der beiden Arme zu ändern, eine bedeutend gröfsere Ausdehnung geben, wenn man den kürzern Arm mit einem gezahnten Quadranten versieht und diesen in eine gezahnte Stange greifen läfst. Diese Anordnung ist an der benannten Schleuse getroffen. Es befinden sich in jedem Thor derselben drei Schützöffnungen von 7 Fufs Breite und $5\frac{1}{2}$ Zoll Höhe über einander, und werden getrennt durch 2 Riegel von $8\frac{1}{2}$ Zoll Höhe. Die drei Schütze sind durch drei eiserne Bänder unter sich verbunden, so dafs sie gleichzeitig gehoben und herabgelassen werden. Diese Bänder vereinigen sich in der Zugstange, welche oben mit Zähnen versehen ist. Letztere greifen in die Zähne eines Quadranten von nur 4 Zoll Radius ein, und dieser bildet den kürzeren Hebelsarm. Der längere Arm des Hebels, aus einer eisernen Stange bestehend, ist, wenn die Schütze geschlossen sind, aufwärts gerichtet, indem er aber niedergelegt und in eine horizontale Lage gebracht wird, hebt er die Zugstange 6 Zoll hoch, wodurch die Oeffnungen frei werden. Diese Anordnung wird von Minard zur Nachahmung empfohlen.

Die gewöhnliche Anwendung des Hebels zum Ziehn der Schütze ist indessen hiervon wesentlich verschieden, indem man ihn in ähnlicher Weise, wie bei den Freiarchen geschieht, stofsweise wirken läfst, er also nur durch wiederholtes Heben und Senken die Oeffnung frei macht oder schliesst.

In unsern ältern Schleusen bestand die an das Schütz befestigte Zugstange aus einer eisernen Schiene, die in Abständen von etwa 3 Zoll mit Löchern versehen war. In diese wurden Bolzen gesteckt, die theils von dem Hebel gefafst wurden, theils aber sich auf die Laufbrücke des Thors legten, und das Herabfallen der Schütze verhinderten. Der Hebel war ein langer schwerer Baum, der über die Wendesäule herausreichte, und von der Schleusenmauer aus abwechselnd gehoben und herabgedrückt wurde. Gewöhnlich waren zwei Arbeiter mit der Handhabung dieses Hebels beschäftigt, während ein dritter auf dem Thor stand und die Bolzen in die Zugstange einsetzte und auszog. Das Verfahren beim Ziehn des Schützes war folgendes. Nachdem der lange Arm des Hebels gehoben, also der kurze gesenkt ist, schiebt der dritte Ar-

beiter in das unterste Loch der Zugstange, welches über dem kurzen Hebelsarme frei ist, einen Bolzen ein. Dieser Bolzen legt sich, sobald der kürzere Hebelsarm wieder angehoben wird, auf denselben auf, indem letzterer mit einem Schlitz versehen ist, durch welchen die Zugstange hindurchgreift. Sobald durch den Hebel die Zugstange gehoben ist, so steckt der auf dem Thor stehende Arbeiter einen zweiten Bolzen in das unterste Loch der Stange über dem in der Laufbrücke angebrachten Schlitz. Alsdann wird der lange Hebelsarm gehoben und der erste Bolzen in das folgende Loch der Zugstange eingesetzt, u. s. w. Beim Herablassen des Schützes, das, wenn es frei wäre, gewöhnlich von selbst niederfallen würde, muß die ganze Operation in ähnlicher Weise wiederholt werden.

Auch in späterer Zeit hat man mit einigen Abänderungen den Hebel beibehalten, ihn jedoch in einen zweiarmigen umgeändert. Fig. 343a. auf Taf. XLVIII. zeigt diese Einrichtung in ihrer Zusammensetzung und zwar in der Ansicht von vorn, *b* stellt dagegen den Hebel in der Ansicht von der Seite und von oben dar. Die Drehung des Hebels erfolgt um einen starken Bolzen, der an einer, mit den obern Riegeln des Thors verbundenen kurzen Säule befestigt ist. Auf diesen Bolzen ist der eiserne Hebel gesteckt. Letzterer ist aber mit einem Schlitz versehen, durch welchen die Zugstange gezogen ist. Indem die Zugstange bald an den einen und bald an den andern Hebelsarm gehängt wird, so mußte sie im obern Theil, soweit sie den Hebel berührt, gespalten werden. Sie bildet daher einen lang ausgezogenen Ring, dessen lichte Weite etwa 4 Zoll beträgt. Die Abstände der Bolzenlöcher von der Drehungsachse oder die Länge des jedesmaligen kürzeren Hebelsarms beträgt etwa 3 Zoll. Ein Vorzug dieser Einrichtung vor der ältern beruht darauf, daß man das Herabfallen des Schützes nicht durch einen besondern Vorsteckbolzen verhindern darf, auch die Hebel nicht nutzlos zurückbewegt werden, vielmehr bei jeder einzelnen Bewegung des Hebels das Schütz etwas ansteigt. Nichts desto weniger sind auch bei dieser Hebe-Vorrichtung drei Mann erforderlich, nämlich zwei zur Bewegung der Hebel und ein dritter zum Verstellen der Bolzen. Nur in dem Fall, daß man nach jedem Hube eine kurze Pause eintreten läßt, können die beiden ersten Arbeiter zugleich die Bolzen versetzen.

Das Herablassen des Schützes geschieht mittelst dieser Vorrichtung sehr einfach und ohne Anwendung äußerer Kraft, in der Art, daß nur die Bolzen verstellt werden, indem die Bewegung des Hebels schon durch das Gewicht des Schützes hervorgebracht wird. Soll z. B. das Schütz aus der Stellung, welche die Figur zeigt, herabgelassen werden, so darf man nur den abwärts gekehrten linkseitigen Arm noch etwas tiefer herabdrücken, um den Vorsteckbolzen an derselben Seite herausziehen zu können. Der Druck des andern Bolzen veranlaßt alsdann die Drehung des Hebels und zwar langsam genug, um in der Zwischenzeit den Bolzen in das nächst oberhalb befindliche Loch zu stecken, ehe der Hebel es verdeckt. Sobald der Hebel gegen diesen Bolzen schlägt, hat er ein so bedeutendes Moment der Trägheit erlangt, daß er nicht augenblicklich zur Ruhe kommt, er dreht sich vielmehr noch etwas weiter, so daß der andre, auf der rechten Seite befindliche Bolzen frei wird. Man zieht nunmehr diesen Bolzen heraus, und setzt ihn gleichfalls in das nächst darüber befindliche Loch ein. Auf diese Art dreht sich der Hebel von selbst, bald in der einen, bald in der andern Richtung, und der Arbeiter darf nur die Bolzen, sobald sie jedesmal gelöst sind, ausziehen und in die folgenden Löcher einsetzen.

Es braucht kaum darauf aufmerksam gemacht zu werden, daß dieses letzte Verfahren nur Anwendung findet, wenn kein starker Wasserdruck besteht, oder die Wasserstände zu beiden Seiten des Thors beinahe im Niveau stehn. Zum Schließen des Schützes gegen den Wasserdruck ist die Vorrichtung nicht geeignet, denn wenn man auch die Bolzen unter dem Hebel einsetzen kann, so ist die Zugstange gewöhnlich zu schwach, um einen starken Druck zu übertragen, sie würde vielmehr in diesem Falle verbogen werden.

Die Vorsteckbolzen lassen sich durch Sperrhaken ersetzen, welche in Zähne eingreifen, mit denen die Zugstange an einer Seite, statt der Bolzenlöcher, versehen ist. Eine einfache Einrichtung dieser Art zeigt Fig. 344, Dieselbe wird an den Schleusen des Schleswig-Holsteinschen Canals zum Ziehn der Schütze in den Umläufen benutzt. Ein Knieholz, verbunden mit einer kurzen Querschwellen bildet den Fuß, auf dem eine eiserne Stütze steht, deren oberes Ende die Drehungsachse des Hebels trägt. Der vor-

dere Theil dieses Hebels besteht aus Eisen und ist mit einer lang ausgezogenen Oeffnung versehen, durch welche die Zugstange geführt ist, daneben befindet sich der Sperrhaken, der die Zugstange faßt. Der längere Arm des Hebels besteht grofsentheils aus Holz. An der erwähnten Querschwelle ist noch ein zweiter Sperrhaken angebracht, wodurch das Herabsinken der Zugstange verhindert wird. Man bemerkt leicht, wie durch abwechselndes Heben und Herabdrücken des längern Armes die Zugstange gehoben wird. Beide Sperrhaken stellen sich von selbst ein, indem die Zähne abwärts gekehrt sind, und so wird das Schütz beim Herabdrücken jenes Armes durch den obern Haken gehoben, während der untere es bei der entgegengesetzten Bewegung in seiner Stellung erhält.

Zum Herablassen des Schützes, falls dieses einigen Widerstand finden sollte, ist die beschriebene Einrichtung nicht zu gebrauchen, dagegen kann das Schütz, sobald es durch sein Gewicht herabsinkt, ziemlich bequem und schnell geschlossen werden. Um den untern Sperrhaken zu lösen, muß man den Hebel etwas herabdrücken. Hierzu ist jedoch nur wenig Kraft erforderlich, da mit dem Wasserdruck auch die Reibung verschwunden ist, welche vorzugsweise das Heben des Schützes erschwerte. Der Arbeiter faßt in diesem Fall mit der linken Hand den Hebel an dem eisernen Bügel, und wenn er daran einen geringen Druck ausgeübt hat, so greift er mit der Rechten den untern Sperrhaken, löst denselben aus, und stellt ihn wieder ein, sobald das Schütz soweit, als der Hebel gestattet, gesunken ist. Hierauf greift er, während die Linke fortwährend den Bügel des Hebels hält, wieder in den obern Sperrhaken, löst diesen und läßt ihn einfallen, nachdem der längere Hebelsarm herabgesunken ist.

Bei den Schleusen des Ems-Canals zwischen Hahnenfähr oberhalb Lingen und Meppen hat man die Zugstange nicht nur mit abwärts, sondern auch mit aufwärts gekehrten Zähnen versehen, und dadurch den Hebel auch zum Herabdrücken des Schützes, oder zum Schliesen des Umlaufs eingerichtet, während der Wasserdruck noch das Herabfallen des Schützes verhindert. Der Hebel, an einem kurzen Pfosten befestigt, ist an dem äufsern Ende gespalten, und umfaßt die Zugstange. Die Sperrhaken, welche in die beiderseitigen Zähne der Zugstange eingreifen, werden durch die gegenüberstehenden, passend geformten Ränder eines im mitt-

leren Theil gespaltenen Bügels, gebildet, der die Zugstange umfaßt, und in der Mittellinie der letztern durch zwei Bolzen mit den beiden Hälften des kurzen Hebelarmes verbunden ist. Die Figur 345 zeigt diesen Bügel in der Seitenansicht, und zwar in derjenigen Stellung, wobei er in die abwärts gekehrten Zähne eingreift. Man bemerkt auch leicht, daß in dieser Stellung eben sowohl, wie in der entgegengesetzten, die durch punktirte Linien angedeutet ist, derjenige Sperrhaken, der gerade benutzt wird, immer von selbst eingreift, indem die andre Hälfte des Bügels ihn gegen die Zähne drückt. Der zweite Sperrhaken, der das Herabfallen des Schützes während des Rückganges des Hebels verhindert, ist mit einem zweiten kurzen eisernen Hebel verbunden, wodurch seine Auslösung beim gewöhnlichen Herablassen des Schützes erleichtert wird. Dieser kurze Hebel würde indessen das Einfallen des Sperrhakens verhindern, er trägt daher am andern Ende, hinter der Zugstange, noch ein Gegengewicht, welches ein sanftes Einschlagen des Sperrhakens veranlaßt. Falls aber der letztere nicht eingreifen soll, so darf nur dieses Gewicht ausgehoben werden, wodurch der Sperrhaken außer Thätigkeit gesetzt wird.

Soll das Schütz gezogen werden, so wird diejenige Einstellung gewählt, welche die Figur zeigt, und man bemerkt leicht, daß nur der Haupthebel auf und ab bewegt werden darf, um die Zugstange nach und nach zu heben. Beide Sperrhaken greifen von selbst in die abwärts gekehrten Zähne ein, ohne das Aufsteigen der Zugstangen zu verhindern. Dieselbe Einstellung aller Theile dient auch zum Herablassen des Schützes, falls dasselbe nicht durch den Wasserdruck zurückgehalten wird. Hierbei müssen jedoch die Sperrhaken jedesmal gelöst werden. Dieses erfolgt etwas bequemer als bei der früher beschriebenen Methode durch den zweiten Hebel, wie auch dadurch, daß der obere Sperrhaken sich leichter fassen läßt. Wenn endlich der Fall eintritt, daß das Schütz, ehe das Unterwasser gehoben ist, geschlossen werden soll, sein Herabsinken also durch die Reibung in Folge des Wasserdrucks verhindert wird, so schlägt man den Bügel, woran die beiden Sperrhaken sich befinden, nach der andern Seite um, so daß die aufwärts gekehrten Zähne gefaßt werden. Die punktirten Linien zeigen diese Stellung. Außerdem hebt man das Gegengewicht am Ende des kleinen Hebels ab, wodurch der untere Sperrhaken außer Wirk-

samkeit gesetzt wird. Derselbe ist in diesem Fall entbehrlich, da nur die Reibung des Schützes überwunden werden soll, dasselbe also in jeder Stellung, die es nach und nach einnimmt, ohne weitere Unterstützung stehn bleibt. Mittelst des Haupthebels wird, nachdem diese Einstellung gemacht ist, das Schütz stofsweise herabgedrückt, und es tritt dabei nur die Unbequemlichkeit ein, daß die Kraft-Aeußerung beim Aufheben des Hebels erfolgen muß. Doch ist die hierzu erforderliche Kraft geringer, als beim Ziehn des Schützes, wobei nicht nur die Reibung, sondern auch das Gewicht desselben zu überwinden ist.

Die ganze Anordnung der Schleusen in diesem Canal machte eine besondere Vorsicht auf das sichere Schliessen der Schütze, während starke Strömungen in den Umläufen stattfinden, nothwendig. Die unterste Schleuse, bei Meppen, consumirt nämlich, weil sie gekuppelt ist, mehr Wasser, als die obern, und dieser Mehrbedarf kann ihr nur durch die Umläufe der letztern, so oft es nöthig ist, zugeführt werden.

Ueber die sonstigen mechanischen Vorrichtungen zum Schliessen und Oeffnen der Schütze oder Klappen ist wenig zu bemerken. Die einfache Rolle, verbunden mit einer Winde, die Fig. 331 auf Taf. XLVIII dargestellt ist, wird man nur bei kleinen Oeffnungen benutzen können, sie gestattet auch nicht das Herabdrücken des Schützes gegen den Wasserdruck, dagegen gewährt sie den Vortheil, daß der Arbeiter nicht auf das Thor zu treten braucht, sondern von derselben Stelle aus das Schütz ziehn und das Thor drehn kann. Man muß aber einen Arm der Winde gegen einen in den Drehbaum gesteckten Pflock lehnen, damit das Schütz bei geringem Wasserdruck nicht von selbst sich schließt.

Es ist bereits erwähnt, daß man in England bei kleinen Canalschleusen dem Schütz zuweilen eine schräge Stellung gegeben hat, wodurch die Zugstange vom Drehbaum aus bewegt werden kann. Derselbe Vortheil wird auch durch die Fig. 312 auf Taf. XLIV dargestellte Einrichtung des Verschlusses der Oeffnung mittelst eines Schiebers erreicht, die man in England mehrfach zur Ausführung gebracht hat.

Die am häufigsten vorkommende Vorrichtung zum Ziehn der Schütze besteht in einem Getriebe, welches in die gezahnte Zugstange eingreift. Zuweilen wird dieses Getriebe unmittelbar

durch eine Kurbel, gewöhnlich aber, um einen stärkern Druck auszuüben, mittelst eines Vorgeleges gedreht. Das Räderwerk befindet sich in einem eisernen Kasten, und aus diesem tritt nicht nur die Kurbelachse heraus, sondern auch zugleich ein Sperrrad, in welches ein Haken eingreift, den man, wenn das Schütz herabgelassen werden soll, zurückschlagen muß. Gewöhnlich setzt sich dieser Kasten bis zum obern Rahm fort, und ist daselbst befestigt. Oft hat er indessen auch nur eine geringere Höhe, und steht auf vier eisernen Füßen. Diese Vorrichtung, wenn sie passend angeordnet ist, zeigt sich als sehr brauchbar, man kann damit das Schütz nicht nur heben, sondern es auch selbst bei starkem Wasserdruck sicher schliessen. Dazu ist jedoch erforderlich, daß die Zugstange hinreichend stark sei, um sich nicht zu verbiegen. Das Herablassen des Schützes, nachdem der Wasserdruck aufgehört hat, erfolgt gemeinhin sehr einfach dadurch, daß man den erwähnten Sperrhaken auslöst. Das Gewicht des Schützes ist alsdann an sich schon hinreichend, um Rad, Getriebe und Kurbel zu drehn. Doch darf man bei schweren Schützen, oder wenn kein Vorgelege angebracht ist, die Maschine nicht von selbst herablaufen lassen, weil der Stofs am Ende der Bewegung das Räderwerk beschädigen könnte.

Indem die Kraft, welche zum Drehn der Kurbel erforderlich ist, von dem Verhältniß des Kurbelbuges zum Radius des Getriebes abhängig ist, letzteres aber so groß gemacht werden muß, daß die nöthige Anzahl der Zähne von hinreichender Stärke darauf angebracht werden kann, so muß, wenn kein Vorgelege benutzt wird, die Kraft, welche die Kurbel in Bewegung setzt, etwa dem vierten Theil des Gewichts und der Reibung des Schützes gleich sein. Man kann indessen ein vortheilhafteres Verhältniß darstellen, also auch bei schwereren Schützen das Vorgelege entbehren, wenn das Getriebe wie auch die gezahnte Stange aus zwei Theilen besteht, die nur mit der halben Anzahl von Zähnen versehen, jedoch so gegen einander verschoben sind, daß jedesmal dem Zahne des einen Theils der Einschnitt zwischen zwei Zähnen des andern gegenübersteht. Man stellt dadurch in der That ein eben so sichres Eingreifen der Zähne dar, als wenn das Getriebe noch einmal so viele Zähne hätte. Wäre die geringste Anzahl der Zähne, die man dem Getriebe geben mag, zehn, so kann man bei der erwähnten

Anordnung Getriebe von fünf Zähnen wählen, also den Durchmesser auf die Hälfte vermindern, wodurch bei gleicher Kurbellänge und gleicher Kraft der Effect verdoppelt wird. Bei Englischen Canalschleusen findet man zuweilen diese Einrichtung, sie bietet auch in der Construction keine weiteren Schwierigkeiten, als das man zwei gleichmäfsig mit Zähnen versehene Getriebe und zwei Zugstangen gebraucht, die um eine halbe Zahnweite versetzt, unmittelbar an einander befestigt werden.

Endlich wird auch die Schraube häufig zur Bewegung der Schütze benutzt, und zwar in der Art, das die Zugstange mit einer Schraubenspindel verbunden ist, deren Mutter mit cylindrischem Halse versehen in einer Pfanne in angemessener Höhe über der Laufbrücke ruht. An der äufsern Fläche ist die Mutter mit Zähnen versehen, und zwar bildet sie ein konisches Rad, welches in ein zweites konisches Rad an der Kurbelachse greift. Auf diese Weise erhält letztere, wie es auch am vortheilhaftesten ist, eine horizontale Lage, während die Schraubenmutter sich um eine senkrechte Achse dreht. Der Anbringung eines Sperrhakens bedarf es in diesem Falle nicht, da die Reibung am Schraubengewinde schon genügt, um das Schütz gegen das Herabfallen zu sichern. Soll dasselbe aber herabgelassen werden, so mus man die Kurbel und mit ihr die Schraubenmutter zurückdrehn. Wollte man das Schütz aber unter starkem Wasserdruck herablassen, so würde dieses dadurch nicht gesenkt, sondern die Schraubenmutter aus der Pfanne gehoben werden. Man könnte solches vermeiden, wenn man die Mutter auch oben mit einem Halse und einer zweiten Pfanne versehen wollte, was jedoch nicht üblich ist. Der gröfste Uebelstand bei Anwendung der Schraube ist aufser der starken Reibung, auch die Langsamkeit der Bewegung des Schützes.

Bei den Fig. 309 auf Taf. XLIV dargestellten Thoren der beiden Schleusen, die zum Junction-Dock in Hull führen, ist gleichfalls die Schraube zum Oeffnen und Schliesen der Schütze benutzt, dieselbe ist hier aber in der Art zur Anwendung gekommen, das die Schütze nicht nur gehoben, sondern auch unter starkem Wasserdruck gesenkt werden können. Von der eigenthümlichen Anordnung dieser Schützöffnungen, die dadurch freigemacht werden, das zwei Schütze sich heben, und zwei sich

senken, war bereits die Rede. Hierdurch wurde die Bedingung eingeführt, daß die Schütze nicht in Ketten hängen durften.

Die Schraube, welche durch eine mit Seitenarmen versehene Spindel, die man auf ihren vortretenden Kopf stellt, gedreht wird, ist sowohl oben wie unten unterstützt, so daß sie sich nicht heben kann. Ihre Mutter steht mit der Zugstange in Verbindung, welche zwei darunter befindliche Schütze faßt. Diese Zugstange setzt aber zugleich die beiden andern Schütze in Bewegung, indem sie mit den seitwärts eingeschnittenen Zähnen in ein Rad greift. Letzteres faßt auf der gegenüber stehenden Seite eine zweite gezahnte Zugstange, die mit den beiden andern Schützen fest verbunden ist, und sonach dieselben eben so tief herabdrückt, wie die ersten gehoben werden.

Daß in großen Schleusen die Schütze der Umläufe zuweilen nicht durch Menschenkraft, sondern durch Wasserdruck bewegt werden, ist bereits am Schluß von § 71 erwähnt, und daselbst die Einrichtung der betreffenden Maschinen angedeutet.

Schließlich wäre noch zu erwähnen, daß eine eigenthümliche Art von Umläufen bei Seeschleusen zum Spülen der Thorkammern und Vorböden benutzt wird. In Liverpool bestanden schon andre ähnliche Anlagen vor den Kaimauern der Vorhäfen. Es waren darin nämlich Canäle mit vielfachen Verzweigungen angebracht, durch welche man zur Zeit des niedrigsten Wassers Strahlen aus dem Dock austreten liefs, welche die Niederschläge vor den Mauern beseitigten, so daß Schiffe hier anlegen konnten.

In gleicher Weise hat der Ingenieur Hartley bei Erbauung des Coburg-Docks verzweigte Umläufe in die Flügelmauern gelegt, durch welche der Zugang zur Schleuse gespült und offen erhalten wird. Die Thore dieses Docks sind schon oben (§ 67) beschrieben. Sie schlagen, wie immer geschieht, nach der innern Seite des Docks auf. Der Drempeel ist durch ein verkehrtes Gewölbe gebildet. Der gemauerte Boden an der äußern Seite tritt wie Fig. 346 auf Taf. *ILa* im Grundrifs und *b* im Längendurchschnitt zeigt, noch weiter vor und schließt sich an die Flügelmauern an.

Die beiden mit *A* und *B* bezeichneten Oeffnungen in der Mauer sind die Mündungen derjenigen Canäle, durch welche die vier Ketten zum Oeffnen und Schließen der Thore gezogen sind.

Beide Figuren zeigen außerdem die Umläufe, die zum Spülen der Schleusenmündung und zum Theil auch des Thorkammerbodens dienen. Der obere Theil des Grundrisses ist im horizontalen Querschnitt der Schleuse und zwar unmittelbar über dem Thorkammer- und Hinterboden gezeichnet, so daß er den Umlauf nebst allen Abzweigungen desselben zeigt. Dieser Umlauf besteht zunächst in einem 3 Fufs breiten und $4\frac{1}{2}$ Fufs hohen Canal, der am Ende der Thorkammer beginnt, neben dem Drempeel vorbeiführt und sich bis ans Ende der Flügelmauern, also an jeder Seite im Ganzen in einer Länge von nahe 250 Fufs hinzieht. Die Hauptschütze, wodurch diese Canäle geschlossen werden, liegen hinter dem Drempeel, und zwar sind, um einen ganz sichern Schluß zu bewirken, jedesmal zwei derselben neben einander angebracht. Die Ketten, an welchen sie gehoben und herabgelassen werden, sind durch den Schacht *C* geführt, der in der untern Hälfte der Figur *a* sichtbar ist.

Die obere Mündung jedes Umlaufs besteht in neun kleinen niedrigen Oeffnungen, die unmittelbar über dem Thorkammerboden in der Thornische angebracht sind. Diese Oeffnungen sind 1 Fufs hoch, und grofsentheils 3 Fufs breit. Sie verursachen, sobald der Umlauf in Wirksamkeit tritt, eine kräftige Strömung dicht über dem Thorkammerboden, und setzen dadurch den hier abgelagerten Schlick in Bewegung, den sie in sich hineinziehn und in die Mersey führen. Die Ausmündungen bestehn dagegen in sieben gröfsern Canälen, die ziemlich gleichmäfsig auf die ganze Länge der Flügelmauer vertheilt sind. Jeder derselben ist mit einem besondern Schütz versehen, das gleichfalls in einem senkrechten Schacht sich befindet.

Der erste dieser Canäle ist, wie die Figur zeigt, nicht gespalten, und tritt unmittelbar hinter dem Drempeel rechtwinklig gegen die Schleusenachse auf den gemauerten Hinterboden. Er erzeugt sonach an der Stelle, wo besonders Ablagerungen zu besorgen sind, einen kräftigen Spülstrom, der selbst auf den Drempeel sich ausdehnt. Alle übrigen Ausmündungen liegen in den Flügelmauern und spalten sich jedesmal in fünf Arme, die durch Oeffnungen von 1 Fufs Höhe und $2\frac{1}{2}$ Fufs Weite über dem natürlichen Boden vor der Schleuse austreten. Indem man jedesmal nur einen dieser sieben Canäle in Wirksamkeit setzt, so ist die Strömung in

den Mündungen derselben stark genug, um die gewünschte Vertiefung zu bewirken. Die Erhaltung der Tiefe neben den Flügelmauern ist aber insofern wichtig, als dadurch Gelegenheit geboten wird, daß kleine Fahrzeuge und namentlich Personen-Dampfböte, die unabhängig von der Fluth zu bestimmten Stunden ankommen und abgehen, hier anlegen können.

§ 73.

Nebentheile der Schleusen.

Einzelne Nebentheile, die im Vorstehenden entweder gar nicht erwähnt, oder nur kurz berührt sind, kommen bei allen Schiffschleusen vor, andre dagegen nur unter besondern örtlichen Verhältnissen. Sie dienen theils zur Sicherung der Schleusen und zugehörigen Canäle, theils aber bezwecken sie eine Erleichterung der Schifffahrt und gröfsere Bequemlichkeit im Gebrauch der Schleuse. Von den ersteren soll zunächst die Rede sein.

Schon bei der Bezeichnung der einzelnen Schleusen-Theile (§ 63) ist darauf hingewiesen, daß die gewöhnlichen Schiffschleusen zur Abführung des Hochwassers und überhaupt zum Durchlassen grofser Wassermassen nicht dienen können, und daß sie sowohl selbst, wie auch die zugehörigen Canäle sehr starken Versandungen und sonstigen Beschädigungen ausgesetzt sein würden, wenn man das Hochwasser hindurchströmen liesse. Die beiden Thorpaare können in solchem Fall nicht gleichzeitig geöffnet werden, weil sie sich nicht öffnen lassen, sobald eine, wenn auch nur mäfsige Niveau-Differenz zu beiden Seiten derselben noch besteht. Wäre dieses aber auch möglich, so mag man dennoch nicht die Thore und Drempele dem Angriff der mit dem Hochwasser hindurchtreibenden Geschiebe und Eismassen aussetzen.

In America theilt man freilich dieses letzte Bedenken nicht, und hat, wie bereits § 47 mitgetheilt, bei Canalisirung des Lehigh-Flusses in Pensylvanien die Schleusen in den Unterhäuptern mit Klappthoren versehen (Fig. 193 auf Taf. XXII), die durch den Wasserdruck, der auf beiden Seiten des Thors in Wirksamkeit gesetzt werden kann, geöffnet und geschlossen werden. Wenn daher die Oberthore, welche gewöhnliche Stemthore sind, nach dem

Anfüllen der Thorkammer geöffnet werden, so läßt sich das in Rede stehende Klappthor niederlegen, wodurch die Schleuse sich in eine Freiarche verwandelt. Der starke hindurch gehende Strom kann auch wieder durch Aufrichten des Thores unterbrochen werden.

Um mälsige Wassermassen abzuführen, zieht man nicht selten sowohl in den Oberthoren wie in den Untertoren die Schütze, zuweilen ergießt sich auch das Hochwasser von selbst in die Schleuse, insofern das Oberhaupt und die Oberthore nicht die erforderliche Höhe haben, um dieses zu verhindern. In beiden Fällen wirken die Thore in ähnlicher Weise wie Coupirungen, die man in einem Stromarm erbaut, welcher verlanden soll. Ein kräftiger Strom tritt hinein und führt feinen Kies und Sand zu. Da aber in den theilweise sehr großen Profilen die Strömung viel schwächer ist, so bleiben diese zugeführten Massen in der Schleuse und im Canal liegen, und ehe nach dem Abgange des Hochwassers die Schifffahrt wieder eröffnet werden kann, muß man ausgedehnte Räumungs-Arbeiten vornehmen.

Es ergiebt sich hieraus, daß Kammerschleusen, die zur Seite von Strömen liegen, zur Abführung des Hochwassers nicht benutzt werden dürfen, vielmehr das Wehr und die zugehörige Freiarche zu diesem Zweck schon genügen müssen. Eben so nöthig ist es aber auch, daß das Oberhaupt und die darin befindlichen Thore eine solche Höhe haben, daß sie nicht überfluthet werden. Diese Bedingung ist in vielen Fällen, namentlich wenn das Hochwasser bis zu bedeutender Höhe sich erhebt, und ein niedriges Vorland sich seitwärts weit ausdehnt, nicht leicht zu erfüllen. Dazu kommt auch, daß höhere Thore schwerer, also im Gebrauche unbequemer werden, und selbst die große Höhe der Seitenmauern des Oberhauptes manche Unbequemlichkeit beim Durchgange der Schiffe veranlaßt. Dieses ist der Grund, weshalb man zuweilen die Schleusenmauern und Thore nicht bis zum höchsten Wasser heraufreichen läßt.

In vielen Fällen, namentlich wenn die Thore mit Drehbäumen versehen sind, die einige Fuß hoch über den Mauern liegen, bietet sich Gelegenheit, durch aufgesetzte Bohlen die Thore, so oft es nöthig ist, zu erhöhen. Auch in andern Fällen kann die Handlehne der Laufbrücke zu gleichem Zweck benutzt werden, oder es läßt sich durch horizontale Streben solche Ueberhöhung befestigen,

die gemeinhin keinem starken Wasserdruck ausgesetzt ist, da namentlich zur Zeit der höchsten Anschwellungen die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser nur gering zu sein pflegt. Nichts desto weniger bleiben diese Vorsichts-Maafsregeln bei plötzlichem Steigen des Wassers, und namentlich bei Schleusen, die nicht neben gröfsern Ortschaften liegen, immer zweifelhaft. Dazu kommt noch, dafs auch über den Schleusenmauern und bis zum Anschlufs an höhere Ufer oder Deiche der Uebertritt des Wassers verhindert werden mufs.

Bei Schleusen in Schiffahrts-Canälen sind ähnliche Vorkehrungen gegen Ueberströmungen meist entbehrlich, aber nichts desto weniger tritt auch bei ihnen häufig das Bedürfnifs ein, bedeutende Wassermassen aus den vorhergehenden in die folgenden Strecken abzulassen. Am zweckmäfsigsten ist es daher, wenn man neben den Schleusen Freiarchen erbaut, die in solchen Fällen auch gewöhnlich vorkommen. Die Anlage derselben erleichtert man zuweilen dadurch, dafs man sie unmittelbar neben die Schleusen stellt, so dafs die mittlere Mauer beiden gemeinschaftlich ist. Sind die Wassermengen, die abgeführt werden, nur geringe, so genügen dazu auch die Schütze in den Thoren, oder die Umläufe.

Demnächst gehören zu diesen Nebentheilen der Schleusen die Flügelmauern, welche die Schleusenhäupter mit den Canal-Ufern verbinden. Die Anordnung derselben ist sehr verschieden. Auf den Französischen und Englischen Canälen bilden sie gemeinhin spitze Winkel gegen die Schleusen-Achsen. Dieses ist ohne Zweifel für die Schiffahrt am bequemsten, indem dadurch das Einfahren in die Schleuse erleichtert wird. Es tritt aber dabei der Uebelstand ein, dafs die Flügel sehr lang, und sonach auch sehr kostbar werden. Besonders ist dieses der Fall, wenn man sie auf Pfahlroste stellen mufs, was jedoch bei diesen Canälen nur selten geschieht. Man erleichtert auch die Ausführung der Flügelmauern in England und Frankreich dadurch, dafs man sie dossirt und ihnen nur eine geringe Stärke giebt. Sie erhalten aber gemeinhin nicht auf ihre ganze Länge gleiche Dossirung, vielmehr wird diese bei gröfserer Entfernung von der Schleuse immer flacher. Bei Französischen Canälen läfst man sogar die Flügelmauer allmählig in die Dossirung der Canalufer übergehn. Diese ist anfangs senkrecht, wie die Schleusenmauer, erhält aber sogleich einige Neigung,

und indem dieselbe stets flacher wird, so erreicht sie bald diejenige Grenze, auf der zur Unterstützung der dahinter liegenden Erde keine eigentliche Futtermauer mehr erforderlich ist. Man ersetzt sie daher, und zwar wenn die Dossirung den Winkel von 45 Graden gegen das Loth bildet, durch ein Perré (§ 5), und auch dieses nimmt nach und nach eine flachere Dossirung an, bis es die für das ungedeckte Canalufer bestimmte Neigung erreicht, und sich an dieses anschliesst. Die Ausführung solcher Flügel erfordert grössere Aufmerksamkeit, als bei andrer Anordnung, da selbst geringe Unregelmässigkeiten sich in der ohne Unterbrechung fortlaufenden Fläche auffallend zu erkennen geben.

Oft gehn auch die Flügelmauern in scharfer Krümmung von der Schleuse aus, und erstrecken sich alsdann in gerader Richtung bis an das Canalufer. Die Sohle des Canals hat jederzeit eine Breite, die grösser ist, als die Weite der Schleuse. Es ist auch keineswegs angemessen, den Canal neben der Schleuse zu verengen, weil alsdann die Schiffe daselbst sich nicht begegnen können, und dadurch das Durchschleusen verzögert wird. Eben so wenig ist es statthaft, neben den Schleusen steilere Dossirungen den Canalufem zu geben, wenn sie nicht anderweitig befestigt werden.

Die Länge der Flügel wird um so geringer, je stumpfer der Winkel ist, den sie mit der Achse der Schleuse machen, und sie wird ein Minimum, wenn dieser Winkel ein rechter wird. Es giebt indessen noch ein Mittel, wodurch man vorzugsweise eine rechtwinklig abgehende Flügelmauer bedeutend verkürzen kann, ohne eine Besorgnifs für die Erd-Dossirungen herbeizuführen. Dieses beruht darauf, dass man im Canal selbst Wände bildet, welche die Dossirungen unter Wasser unterstützen. In Fig. 289 *a* auf Taf. XLI bemerkt man an der linken Seite, also im Obercanal der Schleuse, die Anfänge von zwei Spundwänden, welche nach Maafsgabe der Tiefe 10 bis 20 Fufs lang sind, und deren gegenseitiger Abstand mit der Sohlenbreite des Canals übereinstimmt. Ihre Höhe entspricht gewöhnlich der Höhe der Ufer und der Schleusenmauern. Der obere Rand der Uferdossirung des Canals wird alsdann vor der Schleuse in einem Quadrant herumgezogen, so dass er sich an den obern Mauerrand der Schleuse und zwar rechtwinklig zur Längenrichtung der Schleuse anschliesst. Die Dossirung zur Seite jenes Quadranten bildet eine Kegelfläche, und am

Eingänge in die Schleuse lehnt sich diese gegen die erwähnte Spundwand.

In den Americanischen Canälen wird die Schleuse häufig nicht in die Mitte des Canals, sondern an diejenige Seite desselben gelegt, wo der Leinpfad sich befindet, oder wenn solche auf beiden Seiten vorhanden sind, an diejenige, auf der die beladenen Schiffe gezogen werden. In dieser Weise trifft die eine Seitenmauer an den Rand der Canalsohle, und man erreicht dabei den Vortheil, daß die beladenen Schiffe ohne Veränderung ihrer Richtung und möglichst nahe am Leinpfade hinein- und herausgezogen werden können. Auf der andern Seite erstrecken sich die Flügelmauern mit doppelter Krümmung bis zu den gegenüber liegenden Canal-uffern, und bilden weite Räume, worin die später durchzuschleusenden Schiffe ohne Störung des Verkehrs liegen können.

Sowohl vor, als hinter einer Schleuse bilden sich beim Durchgehn der Schiffe, besonders wenn die Oeffnungen zum Füllen und Leeren der Kammer recht groß sind, heftige Strömungen. Im Oberwasser sind sie wenig nachtheilig, da sie hier nicht die Ufer treffen, vielmehr nach den Schütz-Oeffnungen gerichtet sind. Es muß aber an die auffallende Erscheinung erinnert werden, daß beim Ziehn der Schütze anfangs das Oberwasser sehr merklich und in vielen Fällen sogar bis 6 Zoll sich senkt. Dieses rührt davon her, daß das Wasser, wie jeder andre schwere Körper, nicht momentan in Bewegung versetzt wird, vielmehr eine gewisse Zeit erforderlich ist, ehe es die angemessne Geschwindigkeit annimmt. Es sinkt daher zunächst dasjenige Wasser, welches sich unmittelbar vor der Oeffnung befindet, während in einiger Entfernung das Oberwasser noch in vollkommener Ruhe bleibt, und erst zu fließen anfängt, sobald der Wasserspiegel sich senkt. Nach kurzer Zwischenzeit, und während die Kammer noch gefüllt wird, tritt ein Beharrungsstand im Oberwasser ein, indem der Zufluß dem Abfluß gleich ist, und abgesehn von dem geringen Gefälle, welches alsdann noch bleibt, hört jener tiefe Stand des Wassers auf.

Nachtheiliger sind die Strömungen unterhalb der Schleuse, hier tritt eine Wassermasse mit großer Geschwindigkeit aus, die den allgemeinen mechanischen Gesetzen folgend, in der Richtung der Oeffnung sich fortbewegt, bis sie das Ufer trifft, oder durch andre Umstände abgelenkt wird. Das zur Seite, sowie

das darüber und darunter befindliche ruhende Wasser reißt sie mit sich fort. Dasselbe ersetzt sich dadurch, daß in entgegengesetzter Strömung andres Wasser hinzufliest und so bildet sich hier eine heftige Bewegung mit Wirbeln und Widerströmen, welche die Sohle, so wie die Ufer des Canals, angreift. Dieses geschieht schon, wenn auch in beiden Thoren die Schütze gleichmäfsig gezogen werden, also beide Ströme sich zu einem gemeinschaftlichen Strom vereinigen, der die Richtung der Schleusenachse verfolgt. Viel nachtheiliger ist es aber, wenn die Oeffnungen nicht symmetrisch liegen oder nicht gleichzeitig geöffnet werden, weil alsdann die Strömung seitwärts gerichtet ist, und ein Ufer trifft. Es stellt sich hiernach fast jedesmal das Bedürfnis heraus, die Canalufer nächst unterhalb der Schleuse zu decken, und zwar eben so, wie hinter Freiarchen und Wehren geschieht, in der Sohle mittelst eines Sturzbettes, und an den Ufern durch Anbringung von Deckwerken mit Steinschüttung oder durch ein in Kies gebettetes starkes Pflaster. Wie weit dabei die Vorsicht getrieben werden muß, und welche Ausdehnung man dieser Deckung zu geben hat, hängt von der Stärke und Richtung des Stroms ab.

Unter den Nebentheilen der Schleusen, welche die Erleichterung der Schifffahrt bezwecken, müssen die verschiedenen Vorrichtungen zum Befestigen der Schiffe erwähnt werden. Schon auferhalb der Schleuse, und zwar vor beiden Mündungen derselben dürfen dergleichen nicht fehlen, damit die Schiffe, wenn sie nicht sogleich durchgelassen werden können, sicher zu befestigen sind.

Gewöhnlich stellt man Pfähle oder Schiffshalter, wie solche bereits §. 61 beschrieben sind, auf die Ufer. Die gegenseitigen Entfernungen derselben sind von der Länge der üblichen Schiffe abhängig. Sie müssen sich soweit längs des Canals hinziehen, als die Anzahl der zu Zeiten hier angesammelten Schiffe es fordert. Vor dem Eingange in die Schleuse stehn sie auch im Canal selbst, und dienen alsdann noch dazu, das Einfahren zu erleichtern. Es würde nämlich schwierig sein, ein dicht vor der Schleuse und zwar am Ufer liegendes Schiff hineinzubringen, weil es alsdann eine scharfe Wendung machen müßte. Man bildet daher noch eine Art von Flügeln, indem man verholzte Pfahlreihen vor den Eingang der Schleuse stellt. Die oben erwähnten Spundwände haben zum Theil

denselben Zweck. Bei den kleinern Englischen Canälen pflegt man auch starke Hölzer in der Höhe des Wasserspiegels gegen einige Pfähle zu befestigen. Dieselben geben den Schiffen beim Einfahren in die Schleuse die gehörige Richtung und dienen außerdem zum Einsetzen der Haken oder zum Befestigen der Taue.

Auch in der Schleuse bedarf das Schiff der sichern Haltung, damit es durch die Strömung, die beim Oeffnen der Schütze entsteht, nicht zu heftig gegen die Seitenwände, oder wohl gar gegen die Thore gestossen werde. Es befinden sich daher zu beiden Seiten der Kammer, und zwar hinter den Mauern, wieder Schiffshalter. Außerdem pflegt man auch noch in der äußern Fläche der Mauern Schiffsringe anzubringen, d. h. starke und gehörig verankerte eiserne Ringe, durch welche man von dem in der Schleuse liegenden Schiffe aus, Taue ziehn kann. In Fig. 47 *a* auf Taf. V ist ein solcher Schiffsring dargestellt, er hängt an einer Oese, die mit einem Anker verbunden ist. Der Ring und eben so die Oese dürfen aber nicht vor die Mauer vortreten, weil sie sonst die Weite der Schleuse beschränken würden. Man bildet daher in dem Werkstück, worin sie sich befinden, eine Höhlung, die Beide aufnimmt. Bevor das Tau durch den Ring gezogen werden kann, muß derselbe gefaßt und etwas aufgehoben werden, was in manchen Fällen, und namentlich wenn es darauf ankommt, möglichst schnell das Tau zu befestigen, unbequem und störend sein kann. Auch wäre es möglich, daß der Ring nicht von selbst zurückfiele, und indem er alsdann vor die Mauer vortritt, Veranlassung geben könnte, daß ein Schiff sich dagegen klemmt. In beiden Beziehungen sind die festen eisernen Kreuze, die man Fig. 261 *a* auf Taf. XXXV sieht, vorzuziehn. Sie liegen ganz in der Mauer, indem die Werkstücke, worin sie angebracht sind, mit halbkugelförmigen, oder ellipsoidischen Vertiefungen versehen sind. Die beiden Eisenstangen welche zusammen das Kreuz bilden, sind etwas gekrümmt, so daß sie in der Mitte nahe in die Flucht der äußern Mauerfläche treten, während ihre Enden tief genug in den Stein greifen, um gehörige Haltung zu haben. Da gemeinhin kein starker Zug gegen diese Kreuze ausgeübt wird, so begnügt man sich, die Enden der Stangen nur zu vergießen, doch erhalten sie größere Festigkeit, wenn sie wie Anker tief in den Stein eingreifen.

Fig. 347 auf Taf. II zeigt diese Anordnung. *a* ist die An-

sicht des in der ellipsoidischen Nische angebrachten Kreuzes und *b* der horizontale Durchschnitt durch die Mitte des Steins. Die horizontale Stange ist gekrümmt, und bildet einen Kreisbogen. Wenn es möglich wäre, die Bohrlöcher so auszuführen, daß sie gleichfalls gekrümmt wären und in den Bogen desselben Kreises fielen, so könnte man, ohne bedeutenden Spielraum zu geben, die kreisförmig gekrümmte Stange vor dem Versetzen des Werkstücks einschieben. Da jedoch gekrümmte Bohrlöcher nicht darzustellen sind, so muß man die geraden Bohrlöcher so erweitern, daß die Stange noch hineingebracht werden kann. Dieses ist auch ohne Nachtheil, indem die Löcher vergossen werden. Man überzeugt sich aber leicht, daß diese Stange, indem sie auf beiden Seiten sich gegen den Stein lehnt, sicher befestigt ist. Die andre Stange, welche die auf- und abwärts gerichteten Arme des Kreuzes bildet, liegt hinter der ersten, und lehnt sich gegen diese, woher ihre Befestigung weniger Vorsicht erfordert. Sie besteht aus einem Bügel, dessen Arme parallel auslaufen und in zwei entsprechende Bohrlöcher des Steins vergossen werden.

Gemeinhin ist der Zug gegen die Schiffsringe und Kreuze nicht so bedeutend, daß ein Herausreißen der Steine zu besorgen wäre. Nichts desto weniger würde eine solche Gefahr doch eintreten, wenn diese Steine sehr wenig in die Mauer einbänden, man muß daher jedesmal hierzu Werkstücke anwenden, die hinreichend tief eingreifen und sorgfältig und zwar mit Anwendung von gutem Mörtel versetzt sind. Sollten diese Maßregeln nicht genügend erscheinen, so sind hierbei in gleicher Art, wie an Hafenuauern geschieht, die Steine als Binder zu behandeln, die auch wohl durch angemessnen Fugenschnitt oder Verdübelung den Druck auf die nächsten Steine übertragen. Eine vollständige Verankerung der Schiffsringe gegen die hintere Fläche der Mauer, oder gegen besondere Ankerpfähle, ist aber jedenfalls bei Schleusen entbehrlich.

Dagegen kommt es bei Schleusen, welche die Eingänge von Seehäfen bilden, häufig vor, daß kräftige Erdwinden darauf, oder daneben gestellt werden müssen, um die Schiffe hinein zu bringen. Auf den Seeschiffen selbst befinden sich freilich stets dergleichen Vorrichtungen, doch genügen diese nicht, um den zuweilen erforderlichen Zug auszuüben. Besonders bei ungünstigen Winden, oder wenn ein heftiger Strom in der Nähe der Schleuse stattfindet, tritt

dieses Bedürfnis am stärksten ein', und gerade in solchem Fall wird die möglichste Eile geboten, um das Schiff in Sicherheit zu bringen. Auch beim Durchgange durch Dockschleusen, während das Wasser schon zu fallen beginnt, geschieht es wohl, daß das Schiff die Schwelle berührt und dadurch festgehalten wird. Alsdann muß es, indem das Schließen der Thore unter allen Umständen geboten ist, mit der größten Kraft sogleich hinein oder herausgebracht werden.

Daß man in den Kammermauern zuweilen Treppen anbringt, ist schon oben (§. 63) erwähnt worden. Sie kommen selten vor, und können auch unbedenklich entbehrt werden, wenn nicht etwa gewisse Controlen oder Nachmessungen der durchgehenden Schiffe vorgenommen werden müssen. In diesem Fall ist es allerdings am wenigsten zeitraubend, wenn der nothwendige Aufenthalt des Schiffes in der Schleuse hierzu benutzt wird, und es weder vorher, noch nachher ans Ufer legen darf, um den Beamten aufzunehmen und abzusetzen. Die Anlage solcher Treppen ist aber mit namhaften Kosten verbunden wegen der nothwendigen Verbreiterung der Kammermauern, und überdies ist sie auch für den Verkehr neben der Schleuse störend, besonders wenn man sie mit Geländern umgiebt. Eine einfachere Anordnung, die denselben Zweck erfüllt, und von den erwähnten Uebelständen frei ist, findet man zuweilen in Schleusen für Seeschiffe, sie ist nur weniger bequem, indem die Treppe sich in eine senkrecht stehende Leiter verwandelt. In der Kammermauer ist nämlich an passender Stelle ein senkrechter Falz eingeschnitten, von 8 Zoll Tiefe und 18 bis 24 Zoll Breite, und darin befinden sich im Abstände von etwa 3 Zoll von der Mauerfläche eiserne, oder kupferne Stäbe, welche die Sprossen der Leiter bilden und 1 Fuß von einander entfernt sind. Wegen der geringen Tiefe des Falzes ist dabei eine Verstärkung der Mauer nicht erforderlich, und eben so ist auch die Anbringung eines Geländers entbehrlich, während andererseits die Schiffe mit den Sprossen dieser Leiter gar nicht in Berührung kommen.

Bei Schleusen, die für den Durchgang von Flußschiffen bestimmt sind, kommen vielfach noch zwei andre Treppen vor, nämlich auf den Canal-Ufern oder in den Flügelmauern neben beiden Eingängen zur Schleuse. Man muß diese Treppen bei der gewöhnlichen Art des Schiffahrts-Betriebes als nothwendig be-

zeichnen, denn ein Theil der Mannschaft geht beim jedesmaligen Passiren einer Schleuse auf das Ufer, um theils den Schleusenwärter beim Oeffnen und Schliessen der Schütze und Thore zu unterstützen, theils aber auch um die Taue und Fangleinen, woran das Schiff gehalten und gezogen wird, zu befestigen und zu lösen, und die sonst etwa erforderliche Hülfe zu leisten. Wenn diese Treppen nicht vorhanden sind, so steigen die Leute auf den Dossirungen der Ufer auf und ab, und indem sie jedesmal die festesten Stellen wählen, so zertreten sie auf grofse Strecken den Rasen. Die Treppen, die man erbaut um dieses zu verhindern, müssen aber nicht nur bequem, sondern auch fest sein, und am vortheilhaftesten ist es, sie seitwärts in die Flügelmauern zu legen. Dieses geschieht fast jedesmal am Unterhaupt, während es bei niedrigen Ufern am Oberhaupt oft entbehrlich ist, wenn man nämlich hier unmittelbar aus dem Schiff auf die Mauer treten kann.

Unsere Schleusen werden jedesmal eben so, wie die Französischen und grofsentheils auch die Niederländischen mit Pegeln versehen, von denen einer den Stand des Oberwassers, und ein zweiter den des Unterwassers anzeigt. Diese Vorsicht begründet sich vollständig dadurch, dafs ein Blick auf die Pegel, deren Beziehung zu der Höhe der Drempe man kennt, genügend ist, um zu beurtheilen, ob ein Schiff von gewissem Tiefgange die Schleuse passiren kann, oder nicht. Ausserdem kann der Wärter einer Canalschleuse sich dadurch auch immer am leichtesten überzeugen, ob in der vorhergehenden und folgenden Strecke der normale Wasserstand gehalten wird, und ob er etwa, um diesen wieder darzustellen, die Schütze in der Schleuse, oder der Freiarche ziehn, oder die sonstigen Wasserlösen in Betrieb setzen soll.

Zur Beurtheilung der Wasserstände auf den Drempeeln ist es am bequemsten, die Nullpunkte der Pegel in die Horizonte dieser Drempe zu legen. Der am Pegel beobachtete Wasserstand zeigt alsdann unmittelbar die Höhe des Wassers über dem betreffenden Drempe an. Nichts desto weniger legt man häufig die Nullpunkte beider Pegel in denselben Horizont, und zwar in den des Unterdrempe, um aus der Differenz der beiden beobachteten Wasserstände das Gefälle der Schleuse leicht zu erkennen.

Gemeinhin stellt man die Pegel in die Dammfalze des Ober- und Unterhauptes, wo sie vor äussern Beschädigungen gesichert

sind, und sowohl von den durchgehenden Schiffen, als auch von der gegenüber stehenden Mauer bequem beobachtet werden können. Nichts desto weniger ist diese Stellung doch insofern nicht passend, als bei jeder Reparatur der Schleuse und selbst bei den oft wiederkehrenden Instandsetzungen der Schleusenthore die Dammbalken eingelegt, und zu diesem Zweck die Pegel beseitigt werden müssen, während sie beim spätern Einstellen leicht eine etwas andre Höhe erhalten. Passender ist es daher, sie in besondere flache Nischen zu legen.

Von den Laufbrücken auf den Schleusenthoren, die oft einer frequenten Passage von Fußgängern geöffnet werden müssen, ist schon bei Beschreibung der Thore mehrfach die Rede gewesen. Hier wäre nur zu erwähnen, daß man sie meist auf der nach dem Oberwasser gekehrten Seite vortreten läßt, damit sie beim Oeffnen der Thore über den Schleusenmauern stehn, und die Schleuse nicht beengen. Doch legt man sie zuweilen, wenn sie nur von den Wärtern betreten werden und aus einer einzigen Bohle bestehn, auch auf die andre Seite, sie müssen alsdann aber beim jedesmaligen Oeffnen des Thors aufgeklappt, und die Stützen, worauf sie ruhn, zurückgeschlagen werden.

Sollen größere Brücken, die für Fuhrwerk dienen, über einer Schleuse erbaut werden, so thut man wohl, sie auf das Unterhaupt und zwar noch unterhalb der Unterthore zu verlegen, weil sie alsdann beständig über dem Unterwasser liegen, und sonach höhere Ladungen darunter durchgehn können, ohne daß sie mit Vorrichtungen zum Oeffnen versehen sein dürfen. Hierbei tritt freilich der Uebelstand ein, daß die Schleusenmauern nahe um die volle Breite der Brücke verlängert werden müssen, was nicht nöthig wäre, wenn man die Brücke über die Schleusenkammer gelegt hätte. Zuweilen umgeht man auch diese Verlängerung, ohne den ersten Vortheil aufzuopfern, indem die Brücke über dem äußersten Theile der Thor-kammer und dem Hinterboden des Unterhauptes angebracht wird. Alsdann ist man aber gezwungen zum Oeffnen und Schließsen der Thore eine Vorrichtung zu wählen, die wenig Raum erfordert.

Wenn dagegen die durchgehenden Schiffe Masten führen, die nicht niedergelegt werden können, was namentlich bei Seeschiffen der Fall ist, so kommt es auf den geringen Höhen-Unterschied

zwischen Ober- und Unterwasser nicht an, und es ist alsdann gleichgültig, an welcher Stelle die Brücke erbaut wird.

Schliesslich muß noch der Vorrichtung zum Wiegen der Schiffe in den Schleusen Erwähnung geschehn, die man bei den Americanischen Canälen mehrfach angewendet hat, um die Ladungen sicher zu ermitteln. Dergleichen Vorrichtungen befinden sich an beiden Enden des Shuylkill-Canals in Pennsylvanien. Dieser Canal beginnt bei Mill-Creek auf dem Gebirgszuge Blue Ridge genannt, und zieht sich Theils neben, theils in dem Flusse Shuylkill bis zu dessen Mündung in den Delavare bei Philadelphia hin. Er wird beinahe ausschliesslich zum Transport der Anthracit-Kohlen benutzt, die von hier aus über einen grossen Theil der Freistaaten sich verbreiten, und eben dadurch diesem Canal Bedeutung geben.

Jedes Schiff wird leer gewogen, ausserdem wird es jedesmal, wenn es beladen herabgeht, in einer oder der andern Schleuse wieder gewogen. Das Bassin, worin die Wiegung vorgenommen wird, ist einer gewöhnlichen Schiffsschleuse gleich, es unterscheidet sich davon nur dadurch, dafs die Kammer auf beiden Seiten mit Oberhäuptern versehen ist, und durch Seitencanäle vollständig entleert werden kann. Die Weite der Schleuse in den Häuptern misst $17\frac{1}{2}$ Fufs und die Länge der Kammer von Thor zu Thor 85 Fufs. Der Eingang in jedes Haupt wird nur durch ein einzelnes Thor geschlossen und zwar durch ein solches, das sich um eine horizontale Achse dreht. Beide Thore werden nach der von der Kammer abgekehrten Seite zurückgeschlagen, so dafs beide Oberwasser abhalten.

Auf 57 Fufs Länge ist die Kammer um 2 Fufs verbreitet, und hier befindet sich der rostförmige Rahmen, auf den das zu wiegende Schiff gestellt wird. Dieser Rahmen hängt, wenn das Schiff einfährt, nahe über dem Boden der Schleuse. Beim Ablassen des Wassers sinkt das Schiff darauf herab, und mittelst eines Systems von fünf Hebeln bringt man es in ähnlicher Art, wie bei gewöhnlichen Brückenwaagen mit dem Gegengewichte ins Gleichgewicht. Man wiegt auf diese Weise Schiffe, deren Brutto-Gewicht bis 3000 Centner beträgt.

Zwölfter Abschnitt.

Eigenthümliche Schiffsschleusen.

§. 74.

Schiffsschleusen mit Spülthoren.

Außer den im vorigen Abschnitt beschriebenen Kammerschleusen giebt es noch verschiedene andere Schleusen und sonstige Vorrichtungen zum Heben oder Herablassen der Schiffe aus einem Wasserbassin in das andre, die zum Theil nicht nur den Uebergang der Schiffe vermitteln, sondern daneben noch andre Zwecke erfüllen, zum Theil aber so wesentliche Verschiedenheiten in der ganzen Anordnung zeigen, daß die Zusammenstellung derselben nöthig erscheint.

Zunächst mag von denjenigen Schiffsschleusen die Rede sein, welche zugleich als kräftige Entwässerungs- oder Spülschleusen dienen, die also zur Abführung großer Wassermassen geeignet sind. Bei der gewöhnlichen Schiffsschleuse lassen sich die Thore nur öffnen und schliessen, wenn die Niveau-Differenz zwischen den beiderseitigen Wasserständen vorher aufgehoben ist. Ihre ganze Oeffnung kann nicht früher frei werden. Wenn man aber das Oberwasser senken, oder das Unterwasser heben will, wie bei Canälen häufig erforderlich ist, so bleibt nur übrig, hierzu die Schütz-Oeffnungen in den Thoren oder die Umläufe zu benutzen, wodurch aber nur eine mässige Strömung dargestellt werden kann. Bei Entwässerungen ist das Gefälle fast immer nur sehr geringe, um daher große Wassermassen abzuführen, muß man bedeutende Profile darstellen, was mittelst solcher kleinen Schütz-Oeffnungen nicht möglich ist. Wichtiger ist bei den Seeschleusen noch das Bedürfnis zur Erzeugung eines kräftigen Spülstroms, und die Mehrzahl der Schleusen, die zunächst beschrieben werden sollen, bezwecken in der That nur die Spülung der Hafenumündungen. Der

in der kurzen Zwischenzeit von sechs Stunden wiederkehrende Wechsel zwischen Fluth und Ebbe bietet Gelegenheit, einen kräftigen Strom im Eingange des Hafens zu erzeugen und dadurch die Kies-, Sand- oder Thonmassen zu beseitigen, die vorzugsweise gerade hier sich abzulagern pflegen. Man fängt in einem weiten Bassin das Hochwasser auf, und sperrt es gewöhnlich mittelst einer nur zu diesem Zweck erbauten und keineswegs zum Durchgange von Schiffen dienenden Spülschleuse so lange ab, bis außerhalb der niedrigste Wasserstand eingetreten ist. Alsdann öffnet man plötzlich die Schleuse, und indem die Verbindung in großer Weite dargestellt wird, stürzt sich die aufgefangene Wassermasse in heftiger Strömung nach der See und reißt den Sand und Thon und selbst die Steine, welche in der Hafenmündung sich angesammelt hatten, mit sich fort. Es darf kaum darauf hingewiesen werden, daß die Wirkung fast verschwindet, wenn man dieselbe Wassermasse sehr langsam, oder durch eine kleine Oeffnung wollte abfließen lassen. Es ist daher Bedingung, daß in der Spülschleuse plötzlich eine weite Oeffnung frei werden muß.

Gewöhnlich befindet sich die Spülschleuse vor einem besondern Bassin, in welches die Fluth eintritt, und das man erst abschließt, sobald das Wasser den höchsten Stand erreicht hat. Diese Schleusen werden von Schiffen nicht passirt. Zuweilen benutzt man aber auch das Dock oder den Binnenhafen, worin das Hochwasser zurückgehalten wird, als Spülbassin und dieselbe Schleuse, durch welche die Schiffe aus- und eingehn, dient zugleich als Spülschleuse. Von den Uebelständen, welche diese Verbindung mit sich führt, wird bei Gelegenheit des Hafenbaues die Rede sein, es leuchtet aber ein, daß in einer solchen Schleuse die Thore nicht nur gegen einen starken Wasserdruck geöffnet, sondern auch geschlossen werden müssen, während noch eine heftige Strömung hindurch geht, da im Dock ein hoher Wasserstand gehalten werden muß, bei dem die darin liegenden Schiffe noch schwimmen. Die §. 67 und 73 beschriebenen Thore, die sich um horizontale Achsen drehn, sind für diesen Zweck ungeeignet, da sie sich nur in mäßiger Breite und Höhe ausführen lassen.

Am häufigsten hat man diese Aufgabe dadurch gelöst, daß man gewöhnliche Schleusenthore mit Spülthoren versehen hat. Die Figuren 348 und 349 auf Taf. II zeigen in der Seiten-

ansicht und im horizontalen Querschnitt diese Anordnung, wie solche namentlich in den Niederlanden vorkommt. In ähnlicher Weise, wie die zweiflügeligen Klappen in den Thoren zum Füllen und Leeren der Schleusenammer benutzt werden (§. 72 und Fig. 339), so dienen im vorliegenden Fall größere Klappen, welche die ganze Breite eines Thors schliessen, zum Durchlassen größerer Wassermassen.

Das Schleusenthor ist dabei wie Fig. 348 *a* zeigt, in gewöhnlicher Weise zusammengesetzt, und unterscheidet sich nur dadurch, daß der Zwischenraum zwischen dem Schwellrahm und dem untern Riegel bedeutend vergrößert, und ganz frei ist. In diesem Theile fehlt demnach die Bekleidung, so wie auch die Strebe erst weiter aufwärts in die Wendesäule verzapft ist. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß das Thor hierdurch geschwächt wird, man pflegt es zwar durch Zugbänder noch zu sichern, auch sämtliche Bekleidungs-Bohlen als Streben wirken zu lassen, und überdies für eine möglichst feste Zusammensetzung zu sorgen, nichts desto weniger würden diese Vorsichts-Maßregeln ungenügend sein, wenn ein solches Thor eine bedeutende Breite erhalten sollte. Man wendet demnach diese Construction nur bei kleinern Schleusen an, deren lichte Weite in den Häuptern sich auf 20 bis 24 Fuß beschränkt.

In die erste Figur, welche das Schleusenthor zeigt, ist das Spülthor nicht eingezeichnet, dieses vielmehr in Fig. 349 besonders dargestellt. Es zeigt sich in *a* von derselben Seite, wie das Schleusenthor. Es ist oben und unten mit vortretenden Zapfen versehen, und diese stehn in Pfannen, welche in die untere Fläche des untern Riegels und die obere Fläche des Schwellrahms eingesetzt sind. Letztere sieht man Fig. 348 *b*. Diese beiden Flügel des Spülthors sind gemeinhin nicht von gleicher Länge, vielmehr ist derjenige, der sich an die Wendesäule lehnt, um den achten bis sechsten Theil länger, damit das Thor durch den Wasserdruck schnell geöffnet wird, sobald man die Spülung eintreten läßt.

Die Construction dieser Spülthore stimmt wieder einigermaßen mit der der gewöhnlichen Schleusenthore überein, die Wendesäule befindet sich aber in der Mitte, und an jeder Seite eine Schlagsäule. Mittelriegel kann man dabei nicht füglich anbringen, weil sie durch die Ueberschneidung der Wendesäule sowohl selbst zu sehr geschwächt würden, als auch letztere dabei leiden müßte.

Ueberdies ist die Höhe dieses Thors so gering, daß man die Mittelriegel dabei entbehren kann. Vorzugsweise wird diesem Thor die nothwendige Steifigkeit durch den obern und untern Rahm gegeben, und man wählt dazu besonders breite Hölzer, die in der Mitte recht stark gehalten werden, während sie an den Seiten sich verjüngen. Hierdurch bestimmt sich der horizontale Querschnitt des Thors (Fig. 349 b). Um die Zapfen, welche die Drehungsachse bilden, anbringen zu können, werden die oben erwähnten Rahme an der dem Unterwasser zugekehrten Seite eingeschnitten, und die Wendesäule erhält die ganze Höhe des Spülthors. Offenbar veranlaßt diese Anordnung eine merkliche Schwächung des Thors und seine Steifigkeit leidet dadurch. Man bemüht sich indessen, diesen Uebelstand möglichst zu mäßigen, indem man die Rahme nur so weit einschneidet, daß die Zapfen ungeschwächt durchgreifen. Außerdem werden die Zapfen gewöhnlich aus der Mittellinie des Thors noch etwas nach der dem Unterwasser zugekehrten Seite versetzt (Fig. 349 b), und endlich wird durch sorgfältige Arbeit und durch Eisenbeschläge dem Durchbiegen der Rahme und des ganzen Thors thunlichst vorgebeugt. Man könnte leicht eine andre Construction wählen, wobei die beiden Rahme nicht in dieser Art geschwächt würden, aber alsdann wäre die Aufstellung des Spülthors noch schwieriger. Man kann dasselbe nämlich nicht in das fertige Schleusenthor einsetzen und bei vorkommenden Reparaturen herausnehmen, vielmehr ist seine Wendesäule aus dem letztern gar nicht zu entfernen, ohne dieses zu zerlegen. Die beschriebene Anordnung bietet die Erleichterung, daß man, so oft es nöthig ist, den ganzen übrigen Theil des Spülthors von seiner Wendesäule lösen und später wieder daran befestigen kann.

Die erwähnten Zapfen sind an die Wendesäule angeschnitten, und mit metallnen Ringen bekleidet, die Pfannen, worin sie sich drehn, bestehn gleichfalls aus Metall. Was im Uebrigen die Construction betrifft, so ergiebt dieselbe sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Figur. Die Schlagsäulen sind in die beiden Rahme eingezapft. An jeder Seite befindet sich eine Strebe, die zugleich einen Theil der Bekleidung bildet, und sich an die übrigen, in gleicher Richtung aufgenagelten Bohlen anschließt.

Der kürzere Flügel dieses Thors, der beim Aufgehn nach der

Seite des Oberwassers aufschlägt, wird wenn er geschlossen ist, durch den Wasserdruck gegen die Falze in der Schlagsäule und im Riegel und Schwellrahm des Schleusenthors fest angedrückt, dagegen wird der längere Flügel, soweit die Steifigkeit desselben es gestattet, durch den Wasserdruck von den umgebenden Verbandstücken entfernt, und die Fugen sind daher hier nicht sicher geschlossen. Die erwähnten vortretenden Ränder, welche die Falze in der untern Fläche des untern Riegels und der obern Fläche des Schwellrahms begrenzen, sind in Fig. 348 sichtbar. Es ergibt sich auch daraus, daß dergleichen Ränder in der Nähe der Wendesäule des Spülthors nicht angebracht werden können, weil dieses den nöthigen freien Raum zu seiner Drehung behalten muss. Diese Fuge, sowohl oben, wie unten bleibt daher offen.

Insofern derjenige Flügel des Spülthors, der nach dem Unterwasser aufschlägt, länger ist, als der entgegengesetzte, so würde das Thor, sobald einige Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser eingetreten wäre, und der Ueberschuß des Drucks des erstern die Reibung überwinden könnte, sich sogleich von selbst öffnen. Um dieses zu verhindern, ist das Schleusenthor noch mit einem hebelförmigen Vorreiber (den man in den Niederlanden den Praam oder Königs-Stiel nennt), versehen. Die Figuren 348 *a* und *b* zeigen ihn. An der Wendesäule des Schleusenthors befindet sich nämlich eine zweite Wendesäule von der Höhe des Spülthors, In ihrer Anordnung und Wirksamkeit entspricht sie der in Fig. 191 auf Taf. XXII dargestellten, und zum Zurückhalten und plötzlichen Lösen der Dammbalken in Freiarchen dienenden Wendesäule (§. 46). Wenn sie die in Fig. 348 gezeichnete Stellung einnimmt, so drückt sie gegen die Schlagsäule am längern Flügel des Spülthors, und hält dasselbe geschlossen. Um den gehörigen Druck auszuüben, ist sie mit einem längeren Hebelsarm versehen, der bis über den obern Rahm des Schleusenthors heraufreicht, und hier durch einen Ueberwurf zurückgehalten wird. Dieser Arm besteht gewöhnlich in einem krumm gewachsenen Holz, und ist mittelst eines Riegels in der Höhe des obern Rahms des Spülthors noch mit seiner Wendesäule verbunden, während Eisenbeschläge diese Verbindungen möglichst sichern. Die Wendesäule hat oben, wie unten Zapfen, die in eisernen Bügeln sich drehn. Soll die Spülung erfolgen, so braucht man nur den Ueberwurf zu lösen, worauf

sogleich der Hebel mit der Wendesäule durch den Wasserdruck zurückgeschlagen wird.

Zum Zurückdrehn des Spülthors ist in der Regel keine besondere Vorrichtung getroffen. Wenn gespült wird, so fließt, während aufwärts der niedrige Wasserstand statt findet, die ganze im Bassin aufgefangene Masse ab, und erst wenn die Durchströmung aufgehört hat, stößt man das Spülthor wieder zurück und befestigt es mittelst des beschriebenen Hebels. Man kann indessen auch leicht durch Taue oder Ketten das Spülthor gegen einen mäfsigen Wasserdruck zurückziehn. Dieser Druck läßt sich noch dadurch aufheben, daß man, wie zuweilen wirklich geschieht, beide Flügel einander gleich macht, und den einen mit einer Schütz-Oeffnung versieht. Dieses Schütz wird mittelst einer Kette gezogen, damit die Kette aber die Bewegung des Spülthors nicht hindert, muß sie in der Achse desselben, oder doch nicht weit davon entfernt gehalten werden. Alsdann ist der Wasserdruck gegen den Flügel, worin das Schütz sich befindet, minder stark, als gegen den andern, und das Thor öffnet sich von selbst, sobald der Hebel gelöst wird. Will man die Spülung unterbrechen, so löst man zuerst die Kette, woran das Schütz hängt, und dasselbe sinkt, wenn es hinreichend schwer ist, sogleich herab, indem es in dem vollständig geöffneten Thor von beiden Seiten gleichem Druck ausgesetzt ist. Hierdurch wird die Verschiedenheit des Drucks gegen beide Flügel des Thors aufgehoben, und mittelst der vorerwähnten Ketten oder Taue kann man, selbst bei bedeutender Niveau-Differenz und bei heftiger hindurchgehender Strömung das Spülthor schliefsen. Auf diese Weise ist die Spülung beliebig zu unterbrechen, und die Senkung des Wasserstandes im Hafen auf ein bestimmtes Maafs zu beschränken, falls dieses erforderlich sein sollte.

In andrer Beziehung ist dieses Spülthor keineswegs von bedeutenden Mängeln frei. Daß es nicht wasserdicht ist, ist bereits erwähnt worden. Man pflegt deshalb, sobald die Schleuse nicht zum Durchgange von Schiffen, oder zum Spülen benutzt wird, den Wasserdruck auf das zweite Thorpaar der Schleuse zu übertragen. Wichtiger ist der Mangel an Festigkeit, der durch die grofse freie Oeffnung im Thor veranlafst wird. Namentlich erhält die Strebe eine unzuweckmäfsige Stellung, und kann dem Sacken des

Thors nicht genügend vorbeugen. Sobald aber das Schleusenthor seine Form verändert, so schließt das Spülthor noch weniger, und wird bald unbrauchbar, indem es sich nicht mehr öffnet, oder wenn es gewaltsam geöffnet wurde, sich nicht wieder schliessen läßt. Dieser Uebelstand ist als besonders nachtheilig anzusehn, da er zu oft wiederkehrenden Reparaturen Veranlassung giebt. Endlich entspricht in vielen Fällen auch die Gröfse der freien Oeffnung nicht dem Bedürfnis. Man bringt freilich in beiden zusammengehörigen Stemthoren dergleichen Spülthore an, da aber die beiden Schlagsäulen und Wendesäulen der Schleusenthore, so wie auch die Wendesäulen der Spülthore die Weite der Oeffnung beschränken, die Höhe derselben aber vollends in mäßigen Grenzen zu bleiben pflegt, weil sonst die Verstrebung zu sehr leiden würde, so ist der Erfolg einer Spülung mit diesen Thoren in vielen Fällen nicht wesentlich von dem verschieden, den man erreichen würde, wenn man in den Thoren mehrere grofse Schütz-Oeffnungen angebracht hätte.

Zuweilen sieht man in den Niederlanden auch Thore dieser Art, wobei die Spülöffnung die ganze Höhe zwischen dem obern und dem Schwellrahm einnimmt. Ein solches Thor hat gar keine Strebe, auch keinen Mittelriegel, dagegen setzt sich die Wendesäule des Schleusenthors, welche in diesem Falle besonders stark gehalten wird, noch mehrere Fufs über das Halsband und die Schleusenmauer fort, und vom obern Ende desselben läuft ein Zugband bis zu dem obern Rahm des Thors in der Nähe der Schlagsäule herab. Indem dieses Band an beiden Enden mit starken Eisenbeschlägen versehen ist, so verhindert es, soweit seine flache Lage und die Steifigkeit der Wendesäule gestatten, ein starkes Durchsacken des Thors. Eine Schleuse dieser Art befindet sich bei Maassluys ohnfern Schiedam.

Der erste und wohl der gelungenste Versuch, eine grofse Schleuse unter starkem Wasserdruck schnell zu öffnen und wieder zu schliessen rührt von Donker her, wobei das betreffende Thorpaar an ein zweites, in entgegengesetzter Richtung aufschlagendes sich lehnt. Zwischen diesen Thoren bilden sich an beiden Seiten Räume, in welchen, wenn sie auch nicht ganz wasserdicht abgeschlossen sind, doch wenigstens annähernd der Stand des Ober- und Unterwassers dargestellt werden kann. Die verschiedene An-

füllung dieser Räume erzeugt diejenigen Pressungen, wodurch die Thore sich von selbst öffnen und schliessen, während noch Winden auf den Schleusenmauern ihre Bewegungen unterstützen. Im Jahre 1770 wurde die erste Schleuse dieser Art bei Gouda erbaut. Sie hatte nur die Weite von 15 Fufs. Acht Jahre später kam aber eine gleiche Schleuse von 30 Fufs lichter Weite bei Schiedam zur Ausführung. Beide stimmen in ihrer ganzen Anordnung sehr genau mit einander überein, und letztere ist in Fig. 350 *a* und *b* im Grundriß und im Längendurchschnitt dargestellt.

Die Seite, wo der Buchstabe *A* steht, ist die äufsere, oder der Maas zugekehrt, und hier befindet sich zur Abhaltung der höchsten Fluthen noch ein gewöhnliches Paar Stemmthore. Bei *B* steht die Schleuse mit dem Canal in Verbindung, dessen Wasser zur Zeit der Ebbe in die Maas abgelassen wird. Das der Canalseite zunächst befindliche Thorpaar *C* unterscheidet sich von einem gewöhnlichen durch die grofse Länge beider Flügel. Dieselben bilden, wenn sie geschlossen sind, zwei Seiten eines gleichseitigen Dreiecks. Im Uebrigen zeigt ihre Aufstellung und Construction nichts Eigenthümliches. Sie lehnen sich theils gegenseitig aneinander, indem die Schlagsäulen sich berühren, theils aber auch an Schlagschwellen, die, wie gewöhnlich, über den Thorkammerboden vortreten. Auch sind sie mit Schützöffnungen versehen, und um dem Sacken zu begegnen, was wegen ihrer grofsen Länge und der unvortheilhaften Stellung der Streben zu besorgen war, ruhen sie auf messingenen Rollen, die auf Bahnen von demselben Metall laufen. Ein zweites Thorpaar *D* ist diesem ersten entgegengerichtet, so dafs beide, wenn sie geschlossen sind, sich einander in den Spitzen der Dreiecke, die sie bilden, berühren. Auch dieses zweite Thorpaar schlägt unter einem Winkel von 60 Graden zusammen. Es ruht eben so wie das erste auf messingenen Rollen, die auf den Bahnen bei *E* laufen, und lehnt sich gleichfalls, wenn es geschlossen ist, an zwei Schlagschwellen. Die Schützöffnungen fehlen hier, dagegen liegen Umläufe in den Mauern, wie die Figuren zeigen. Diese zweiten Thore haben die eigenthümliche Einrichtung, dafs sie nicht unmittelbar gegen einander stemmen, vielmehr die Schlagsäule jedes dieser Thore sich an das entsprechende Thor des ersten Paares lehnt.

Soll die Schleuse geöffnet werden, so läfst man den Wasserdruck gegen das erste Thorpaar wirken, und indem dasselbe in

der beschriebenen Weise zwischen die andern beiden Thore greift, schiebt es dieselben vor sich zurück, und lehnt sie in die Thornischen. Beim Schließsen der Thore wirkt umgekehrt der Wasserdruck gegen das zweite Thorpaar, und alsdann schiebt dieses das erste vor, und bewegt es so weit, bis es sich an die Schlagswellen lehnt. Bei dieser Anordnung ist es nothwendig, die berührenden Flächen so darzustellen, daß sie, ohne zu starke Reibung zu veranlassen, übereinander gleiten und doch einigermaafsen einen wasserdichten Abschluß bilden. Dieselben Bedingungen müssen auch, soviel dieses möglich ist, zwischen den Thoren und dem Thorkammerboden erreicht werden.

Die Wirksamkeit der Schleuse ist nach vorstehenden Andeutungen leicht zu ermessen. Beide Thorpaare können, wenn sie geschlossen sind, von jeder Seite den höhern Wasserstand abhalten. Bei voller Fluth, oder wenn im Strom, also auf der Seite *A*, das Wasser höher, als im Canal steht, so werden die Thore *C* in derselben Art, wie gewöhnliche Schleusenthore, durch den Wasserdruck dicht geschlossen und können alsdann überhaupt nicht geöffnet werden. Die Thore *D* sind in diesem Fall ohne Wirksamkeit. Die ersten Thore schließsen alsdann aber auch eben so gut, wie gewöhnliche Schleusenthore, und werden noch durch die Fluththore *F* unterstützt, wenn das Wasser einen besonders hohen Stand erreicht, der ihre Höhe übersteigt. Wenn dagegen im Strom niedriges Wasser ist, also der höhere Stand auf der Seite *B* stattfindet, so würden die Thore *C* allein sich öffnen, und man muß daher in diesem Fall den Druck auf die Thore *D* übertragen, Dieses geschieht, indem man in den Räumen *E* hinter den Thoren den höheren Wasserstand des Canals darstellt. Hierdurch verschwindet der Druck gegen die Thore *C*, er überträgt sich aber auf die Thore *D*, die wieder, eben so wie gewöhnliche Schleusenthore, einen dichten Abschluß bilden. Um in den Räumen *E* den Binnwasserstand darzustellen, darf man nur die Schütze in den Thoren *C* öffnen, und die Umläufe schließsen.

Soll die Entwässerung eintreten, oder will man die Canal-mündung spülen, so ist nur nöthig, die eben erwähnten Schütze in den Thoren zu schließsen und die Umläufe zu öffnen. Dadurch wird der Druck gegen die Thore *D* aufgehoben, während derselbe die Thore *C* aufstößt. Letztere schieben die ersteren vor sich,

doch gelangen sie von selbst nicht bis in die Thornischen, und man muß sie mittelst Winden hineinziehn. Wenn aber endlich die Schleuse geschlossen werden soll, während noch auf der Binnen-seite das Wasser höher steht, als im Strom, so schließt man die Umläufe und öffnet die Schütze in den Thoren *C*. Das Wasser verbreitet sich alsdann hinter diesen Thoren (die zu diesem Zweck die Thornischen nicht vollständig sperren dürfen) bis zu den Thoren *D* und drängen diese zurück, wodurch auch erstere geschlossen werden. Der Grundriß zeigt in den ausgezogenen Linien die Stellung der Thore, wenn sie geschlossen, und in den punktirten wenn sie geöffnet sind.

Diese Schleuse besteht nur aus einem einzigen Haupte und Schiffe können nur so lange hindurchgehn, als der äußere Wasserstand mit dem innern übereinstimmt. Alsdann kann man aber augenscheinlich keinen Wasserdruck zur Bewegung der Thore benutzen, und die Winden, von denen bereits die Rede war, sind zum Oeffnen der Thore unentbehrlich. Das spätere Schließen erfolgt dagegen leicht in der beschriebenen Weise, sobald das äußere Wasser zu sinken anfängt.

Eine andre, zu gleichem Zweck dienende Anordnung, welche von Alewyn herrührt, ist, soviel bekannt, nur einmal, nämlich bei Ter-Neuzen zur Ausführung gekommen. In die südliche Mündung der Schelde, der Hund oder die Wester-Schelde genannt, ergießt sich bei dem genannten Orte das aus der Gegend von Gent herabkommende Binnenwasser. Dasselbe ist zugleich zur Darstellung eines Schiffahrts-Canals benutzt, der sich bis in das Belgische Flandern fortsetzt. Vor Ter-Neuzen spaltet sich der Canal in zwei Arme, die das Städtchen auf beiden Seiten umschließen und dicht vor ihrer Mündung in die Schelde sich wieder vereinigen. Ungefähr in der Mitte jedes dieser Arme befindet sich ein erweitertes Bassin, das theils als Hafen, theils auch als Spülbassin dient. Am untern Ende des westlich belegenen befindet sich eine Fächerschleuse, deren Einrichtung später beschrieben werden wird. Das östliche Bassin ist dagegen mit dem untern Theil des Canals durch die hier in Rede stehende $26\frac{1}{4}$ Fufs weite Schleuse verbunden, welche also theils zum Durchgange der Schiffe, theils auch als Spülschleuse dient.

Fig. 351 zeigt die gewählte Anordnung im Grundriß. Es

kommen dabei wieder zwei Paar Schleusenthore, wie bei der Donker-Schleuse vor, die jedoch in gleicher Richtung aufschlagen und unter einander durch dichte Kuppelwände verbunden sind, so daß wieder vor den Thornischen abgeschlossene Räume gebildet werden, die man beliebig mit dem Ober- und Unterwasser in Verbindung setzen und dadurch den erforderlichen Druck zum Oeffnen und Schliessen der Thore darstellen kann. Die mit *A* bezeichnete Stelle ist die äussere oder dem Strome zugekehrt. Die Thore *B* sind von der gewöhnlichen Einrichtung, und lehnen sich, wenn sie geschlossen sind an Schlagschwellen. Die Thore *C* sind etwas länger, insofern ihre Wendenischen weiter zurück liegen. Sie lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, nicht ihrer ganzen Länge nach an gewöhnliche Schlagschwellen, weil diese die Bewegung der Kuppelwände verhindern würden, vielmehr nur an eine einzelne Schlagschwelle, die in der Längenrichtung der Schleuse zwischen *E* und *F* liegt. An den Kopf derselben, bei *E*, lehnen sich die Thore *C*, an ihre beiden Seiten aber die Kuppelwände *D*. Letztere sind mittelst Charnieren mit den entsprechenden Thoren beider Paare verbunden, und wenn sie in die Thornischen zurückgeschlagen sind, so nehmen sie die in der Figur mit punktirten Linien angegebene Stellung ein, so daß die Schleuse in ihrer ganzen Weite frei wird.

Die Thore sowohl, als die Kuppelwände müssen den Thor-kammerboden ziemlich nahe berühren, damit die dazwischen liegenden Räume sowohl den Stand des Oberwassers, als auch den des Unterwassers annehmen. Zur Darstellung dieser Wasserstände dienen an jeder Seite der Schleuse zwei Umläufe. Ausserdem sind die Thore *C* auch noch mit Schützöffnungen und zwar unmittelbar neben den Schlagsäulen versehen, so daß mittelst derselben der Zwischenraum *EF* zwischen den beiden Kuppelwänden mit dem äussern Wasser in Verbindung gesetzt werden kann. Diese Schützöffnungen können beim gewöhnlichen Gebrauch der Schleuse auch entbehrt werden, wenn man die Thore *C* nicht unmittelbar zusammenschlagen läßt, sie vielmehr etwas kürzer macht, so daß sie einander nicht berühren. In dieser Weise hat Alewyn auch in der 1824 zu Brüssel erschienenen kleinen Abhandlung die Schleuse beschrieben, auch stellt sie Baud so dar. In der Ausführung hat sie jedoch die zuerst angegebene und in Fig 351 dargestellte An-

ordnung erhalten*), welche durch die gegenseitige Unterstützung der Thore *C* auch eine größere Festigkeit zu bedingen scheint.

Es ergibt sich schon aus vorstehender Beschreibung, daß die Thore *B* in gleicher Weise, wie gewöhnliche Schleusenthore, einen hohen Wasserstand von der äußern Seite oder von *A* her abhalten. In diesem Fall müssen die Räume hinter den Kuppelwänden mit dem Aufsenwasser in Verbindung gesetzt werden. Will man dagegen die Schleuse öffnen, so stellt man in diesen Räumen den niedrigeren Binnenwasserstand dar, während zugleich der zwischen beiden Wänden befindliche Raum *EF* mit dem höhern Aufsenwasser gefüllt ist. Letzteres drückt auf die Thore *C* und zugleich auf die Wände *D*, da diese aber länger sind, als jene, so öffnen sie die Thore *C*, und mit ihnen die Thore *B*, die in diesem Fall auf beiden Seiten gleichem Wasserdruck ausgesetzt sind. Auf solche Weise kann das höhere Aufsenwasser in den Canal gelassen werden.

Ist dagegen umgekehrt das Aufsenwasser (bei *A*) niedriger, als der Wasserstand im Bassin oder auf der Binnenseite, so kann man die Schleusen geschlossen erhalten, sobald man in die rautenförmigen Räume das Oberwasser, in den keilförmigen Raum zwischen beiden Kuppelwänden aber das Unterwasser eintreten läßt. Die Wände werden alsdann an die Schlagschwelle *EF* geprefst und zwar mit einem Druck, der stärker ist, als derjenige, den die Thore *C* erleiden. Jener Druck verschwindet indessen, wenn man die innern Umläufe schließt, und die äußern öffnet. Sobald dieses geschehn, erleiden weder die Thore *C*, noch die Kuppelwände *D* einen Druck, wohl aber stellt sich ein solcher gegen die Thore *B* ein, die sich daher öffnen, und zugleich die andern Thore, sowie auch die Wände mit sich fortstoßen. Dabei wird indessen die Oeffnung der Schleuse keineswegs ganz frei, vielmehr bleiben die Thore etwa auf halbem Wege stehn. Mittelst Winden kann man sie in die Thornischen vollständig zurückziehn, Alewyn hält dieses jedoch für entbehrlich, indem er vermuthet, daß die zwischen den halbgeöffneten Thoren durchströmende Wassermenge schon das Maximum sei. Die Richtigkeit dieser Annahme mag dahin gestellt

*) Hübbe, Beschreibung einer Schleusen-Construction mit gekuppelten Thüren, in Crelle's Journal für die Baukunst. Elfter Band. Seite 565 ff.

bleiben, zur Vervollständigung der Beschreibung der Wirksamkeit der Schleuse muß aber noch angeführt werden, daß man nur die äußern Umläufe zu schliessen, und die innern zu öffnen braucht, um durch den Druck gegen die Kuppelwände die Thore aufs Neue zu schliessen, wenn auch das Binnenwasser noch bedeutend höher, als das äußere steht.

Vergleicht man diese Anordnung mit der in Fig. 350 dargestellten, so kann man ihr vor der ältern, die von Donker herrührt wohl nicht den Vorzug einräumen. Beide erfordern eine bedeutende Verlängerung der Thornischen und sonach der Schleusenmauern vergleichungsweise gegen die gewöhnliche Einrichtung der Thore. Die längern Thore, die Donker wählte, scheinen aber in der Anlage und Unterhaltung weniger kostbar zu sein, als die beiden kürzern Thorpaare mit Einschluss der Kuppelwände.

Um das Durchbiegen dieser Wände zu verhindern, versah Alewyn dieselben mit Sprengwerken, doch konnten sie dadurch nur selbst gesichert werden, und indem sie an den äußern Enden der Thore befestigt waren, so mußten diese noch besonders vor dem Durchsacken geschützt werden. Alewyn sah sich zu diesem Zweck genöthigt, in jede Thornische noch einen Krahn zu stellen, woran die Kuppelwand gehängt wurde. Der Ausleger eines solchen Krahns ist in der untern Seite der Figur angegeben und mit *G* bezeichnet. Die Säule des Krahns ist in gleicher Weise, wie die Wendesäule eines Schleusenthors aufgestellt und befestigt, und sonach wird jene Wand in allen Stellungen, die sie annimmt, gleichmäÙig unterstützt.

Häufiger, als die beiden zuletzt erwähnten Schleusen, hat diejenige Anordnung der Thore Eingang gefunden, welche der spätere General-Inspector des Wasserstaates J. Blanken Jonszoon im Jahre 1808 bekannt machte. Er nannte diese Thore nach ihrer Gestalt, die von oben gesehen einige Aehnlichkeit mit einem Fächer zeigt, Waaijerdeuren oder Fächerthore. Gewöhnlich heißen die mit solchen Thoren versehene Schleusen Blanken-Schleusen.

In den Niederlanden fand diese Idee sogleich Anwendung. Schon 1809 wurden zwei kleine Schleusen bei Ysselstein und in der Nähe von Rotterdam versuchsweise mit solchen Thoren versehen. Indem sie brauchbar befunden wurden, folgte bald der

Bau mehrerer andern, und es mögen in der nächsten Zeit etwa funfzehn Schleusen dieser Art im Königreiche der Niederlande ausgeführt sein.

Grofsentheils sind dieselben, übereinstimmend mit der ursprünglichen Angabe von Blanken, nur Dockschleusen, d. h. sie bestehn aus einzelnen Schleusenhäuptern, und können nur, wenn der äufserer Wasserstand mit dem innern übereinstimmt, von Schiffen passirt werden. Außerdem dienen sie noch zur Spülung oder zur Entwässerung, indem die Thore auch bei ungleichem Druck sich öffnen und schliessen lassen. In der grofsen Schleusen-Anlage, die Wilhelm-Schleuse genannt, welche den Nordholländischen Canal mit dem Y verbindet, brachte indessen schon Blanken selbst, und zwar in der kleinern Nebenschleuse, die eine vollständige Kammerschleuse ist, Fächerthore an. Diese kleinere Schleuse, nur durch eine starke Mauer von der gröfseren getrennt, ist 19 Fufs weit. Dasjenige Haupt derselben, welches dem Y zugekehrt ist, hat zwei Paare gewöhnlicher Stemmthore, nämlich eins für die Ebbe und eins für die Fluth. In dem andern, nächst dem Canal belegenen Haupt befindet sich nur ein Thorpaar, und dieses sind Fächerthore. Sie schlagen nach der Canalseite, als Ebbethore auf. Aus der folgenden Beschreibung wird sich ergeben, wie sie sowohl zum Durchschleusen der Schiffe, als auch zum Durchlassen grofser Wassermassen benutzt werden können.*)

In England, America und Frankreich besteht, soviel bekannt, keine Schleuse dieser Art. In Deutschland ist eine in Bremerhaven und eine zweite bei Varel im Grofsherzogthum Oldenburg, von Niederländischen Ingenieuren erbaut. In den Niederlanden selbst sind solche in neuerer Zeit nicht mehr zur Ausführung gekommen. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die erste, nämlich diejenige in Bremerhaven, die in den Jahren von 1828 bis 1830 erbaut wurde.

Sie bildet den Eingang zu dem älteren Hafen-Bassin oder Dock, welches sich zur Seite des Städtchens Bremerhaven hinzieht. In diesem Bassin wird der Wasserstand der Futh gehalten. Der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser beträgt durch-

*) Die nähere Beschreibung der dortigen örtlichen Verhältnisse ist bereits §. 68 bei Gelegenheit der Thore in der Schleuse Wilhelm III. gegeben.

schnittlich $10\frac{1}{2}$ Fufs Bremisch, oder 9 Fufs 8 Zoll Rheinländisch*). Der Vorhafen, der zum Theil durch den Geeste-Fluss gebildet wird, ist sehr starken Verschlammungen ausgesetzt, indem das Fluthwasser, welches über die Watten in die Weser tritt, mit vielen Thontheilchen vermengt ist, die es überall, wo es zur Ruhe kommt, also vorzugsweise in den Buchten und in den Mündungen von Seitenzuflüssen in grosser Masse niederschlägt. Aus diesem Grunde wurde die Anlage einer Spülschleuse für nothwendig erachtet, und zwar sollte, um die Einrichtung zweier besonderer Bassins zu vermeiden, der Hafen oder das Dock selbst als Spül-Bassin benutzt werden. Die Fächerthore fanden sonach hier angemessne Anwendung. Die Schleuse unterscheidet sich von sonstigen Dockschleusen nicht nur durch diese Thore, sondern sie ist ausserdem auch vollständige Kammerschleuse, und hat zwei Häupter. Hierdurch ist der Vortheil erreicht, das die Zeit, in welcher die Schiffe ein- und ausgeholt werden können, sich sehr verlängert, was namentlich wegen der vielen Lichterfahrzeuge von geringerem Tiefgange wichtig ist.

Die lichte Weite der Schleuse beträgt in der halben Fluthhöhe 36 Fufs, auf den Böden und in den Häuptern dagegen wegen der Dossirung der Mauern nur 34 Fufs. Die Kammer zwischen beiden Häuptern ist 80 Fufs weit, also zur Aufnahme mehrerer Schiffe eingerichtet. Jedes Haupt ist mit Fluth- und Ebbethoren versehen, so das die Schleuse eben sowohl bei höherem Aufsenwasser, wie bei höherem Binnenwasser zum Durchlassen von Schiffen benutzt werden kann. Die äufsern Fluththore, die zugleich zum Schutz gegen besonders hohe Fluthen dienen, sind 9 Fufs höher, als die übrigen, und die Mauern, welche sich an dieselben anschliessen, liegen in der Höhe der Deiche oder 16 Fufs über ordinärer Fluth. Die sonstigen Schleusenmauern treten dagegen nur 6 Fufs darüber. Die Entfernung der Schlagschwellen der Fluththore in beiden Häuptern beträgt 190 Fufs. Die ganze Länge der Schleuse misst 263 Fufs. Die Schlagschwellen der sämtlichen Thore liegen nahe 19 Fufs Bremisch oder $17\frac{1}{2}$ Fufs Rheinländisch unter ordinärer Fluth.

Die innern Fluththore werden durch die in Rede stehenden

*) Die folgenden Angaben beziehn sich auf Rheinländisches Maafs.

Fächerthore gebildet und halten nicht nur das hohe Wasser im Hafen zurück, während Schiffe durchgeschleust werden, sondern lassen sich auch in der Zeit, wo das Aussenwasser niedriger steht, öffnen und wieder schliessen, und dienen sonach zur Spülung des Vorhafens, ohne das Dock ganz zu entleeren, oder demselben soviel Wasser zu entziehen, das die darin befindlichen Schiffe auf den Grund gestellt würden.

Fig. 352 auf Taf. L stellt das dem Dock zugekehrte Haupt dieser Schleuse im Grundrifs dar, doch muß bemerkt werden, das die Zeichnung nicht allen Einzelheiten der Ausführung entspricht, vielmehr so angeordnet ist, das daran zugleich manche Verschiedenheiten der Construction deutlich gemacht werden konnten. Auf der rechten Seite der Figur, bei *B*, bemerkt man noch einen Theil der erweiterten Schleusenkammer, die am andern Ende durch ein Paar Ebbethore und ein Paar hohe Fluththore mit dem äufsern Wasser, also durch die Geeste mit der Weser in Verbindung steht. Der Vor- und Hinterboden, sowie auch der Mittelboden des Hauptes sind mit verkehrten Gewölben überspannt, jedoch mit Radien beschrieben, welche etwas kleiner sind, als die halbe lichte Oeffnung der Schleuse. Sie bilden demnach nicht Halbkreise, sondern jedesmal zwei getrennte Quadranten, welche durch horizontale Mauern in der Höhe der Schlagschwellen mit einander in Verbindung stehn. Die Thorkammern haben hölzerne Böden, auch bestehn die Schlagschwellen aus Holz.

Die Anordnung und Wirksamkeit der Fächerthore ergibt sich aus der Figur. Eins derselben ist geschlossen gezeichnet, und das andre zum Theil geöffnet. Jedes besteht aus zwei Flügeln *C* und *D*. Zwischen diesen befindet sich noch eine verstrebtte Wand *E*, die nur zur sichern Verbindung der Flügel dient. Die Flügel *C* sind die eigentlichen Schleusen-, oder in diesem Fall die Ebbethore. Sie scheinen zwar als solche verkehrt gestellt zu sein, indem der höhere Wasserstand im Hafen, oder bei *A*, sie von den Schlagschwellen entfernen und öffnen würde, wenn sie gewöhnliche Schleusenthore wären. Die Flügel *D* werden jedoch, so lange die Thore geschlossen bleiben, dem gleichen Wasserdruck ausgesetzt, und verhindern daher das Oeffnen der erstern. Die Thore *D* lehnen sich in dieser Stellung auch sowohl mit den untern Rahmen an besondere Schlagschwellen, als auch mit ihren Schlagsäulen an

vortretende Ränder der Seitenmauern. Es ist nicht in Abrede zu stellen, daß die Flügel *C* weniger dicht schließeln, als wenn sie in gewöhnlicher Weise gegen einander und zugleich gegen Schlagwellen durch den Wasserdruck geprefst würden, aber man darf nicht unbeachtet lassen, daß die Wirksamkeit dieser Thore nur während der Dauer des Durchgangs von Schiffen in Anspruch genommen wird, und sobald das Durchschleusen aufhört, die Ebbe-thore des äußern Hauptes, die in gewöhnlicher Weise eingerichtet sind, den höhern Wasserstand im Hafen zurückhalten.

Die verschiedene Länge der beiden Flügel eines Fächerthors giebt nicht nur Gelegenheit, dasselbe gegen den höhern Wasserdruck geschlossen zu erhalten, sondern man kann vermöge derselben auch durch angemessene Vertheilung des Drucks die Thore beliebig öffnen und wieder schließeln, um die nöthigen Spülungen des Vorhafens zu bewirken. Die Räume *H* zwischen der Flügelmauer der Schleuse und dem Flügel *D* können nämlich durch Umläufe, sowohl mit dem Binnenwasser, als mit dem Außenwasser in Verbindung gesetzt, und sonach der Wasserstand darin beliebig gehoben oder gesenkt werden. Der Umlauf oder überwölbte Canal bei *F* setzt diesen Raum mit dem Dock in Verbindung, der Umlauf *G* dagegen mit der Schleusenkammer. Der letzte Umlauf setzt sich aber, wie die Figur zeigt, noch um die Schleusenkammer fort und mündet unmittelbar in den Vorhafen, wodurch das Oeffnen der Thore bewirkt werden kann, wenn auch der Wasserstand in der Schleusenkammer so hoch wie im Hafen, der Wasserstand im Vorhafen aber niedriger ist.

Um das Thor trotz eines niedrigern Wasserstandes in der Schleusenkammer geschlossen zu erhalten, darf man nur das Schütz *G* schließeln und *F* öffnen. Sobald aber die Spülung erfolgen soll, werden zunächst die übrigen drei Thorpaare geöffnet und die äußern Ebbethore festgestellt, damit sie nicht etwa von der Strömung gefaßt und gewaltsam zugeschlagen werden. Hierauf schließelt man das Schütz *F* und öffnet *G*. Dadurch stellt sich zu beiden Seiten des längern Flügels *D* ein gleicher Wasserstand, nämlich der äußere ein, und der gegen diesen Flügel bisher ausgeübte Druck hört auf. Der Druck des Binnenwassers auf den Flügel *C* bleibt daher allein wirksam, und das Thor wird zurückgedreht. Will man endlich die Spülung unterbrechen, so ist nur

nöthig, die Schütze *F* und *G* wieder in ihre frühere Stellung zu bringen, wodurch der Druck gegen den längern Flügel hergestellt, und dadurch das Thor geschlossen wird.

Der wichtigste Theil in der Zusammensetzung dieser Schleusen sind die Fächer-Thore, ich mache daher mit ihrer Beschreibung den Anfang. Die beiden mit einander verbundenen Flügel sind zugleich mit der nicht bekleideten Zwischenwand *E* an eine gemeinschaftliche Wendesäule befestigt. Fig. 353 zeigt dieses in größerm Maafsstabe. Die Wendesäule ist aus einem Eichenstamm von 22 und 26 Zoll Stärke geschnitten. An dem Theile, der in der flachen Wendenische ruht, ist sie cylindrisch geformt, und an diese Cylinderfläche schliessen sich tangential die äufsern mit Bohlen bekleideten Flächen der beiden Thorflügel an. Dieselben schliessen einen Winkel von etwa 75 Graden ein. Die Rahme und Riegel der beiden Flügel sind nach der in Holland üblichen Weise in die Wendesäule verzapft, und greifen überdies darin noch mit Brüstungen ein. Zu diesem Zweck muß die Wendesäule mit drei Anschlußflächen versehn werden, von denen jedoch die eine, nämlich diejenige, welche sich an den längern Flügel *D* anschliesst, nicht senkrecht gegen die Richtung desselben, sondern schräge gehalten ist, um das zur Wendesäule bestimmte Holzstück nicht zu sehr zu schwächen. Die Wendesäule ist ausserdem sowohl oben als unten mit cylindrischen Zapfen versehn, auf welche abgedrehte, metallne Ringe und Büchsen aufgesetzt sind, wie Fig. 316 auf Taf. XLV zeigt.

Die vordern und hintern Flügel der Fächerthore unterscheiden sich, wenn man von ihrer Verbindung mit einer gemeinschaftlichen Wendesäule absieht, in nichts von gewöhnlichen Schleusenthoren. Ihre Länge ist, wie bereits erwähnt, nicht gleich, vielmehr die des hintern Flügels gröfser. Gemeinhin verhalten sich ihre Längen wie 5 zu 6. Auch ihre Höhen sind verschieden, wiewohl die obern Rahme, sowie auch die sämtlichen Riegel Beider gleich hoch liegen. Der hintere Flügel reicht nämlich etwa 6 Zoll tiefer herab, als der vordere *C*. Dieses begründet sich dadurch, dafs letzterer über diejenige Schlagswelle fort sich frei bewegen muß, welche die Fächerkammer begrenzt und an die der Flügel *D* sich lehnen soll. Für diese Bewegung ist bei den unvermeidlichen Formveränderungen mindestens ein Spielraum von 2 Zoll erforderlich,

und geringer als 4 Zoll darf die Höhe des Anschlags füglich nicht sein.

Die Eisenbeschläge, welche bei diesen Flügeln die Verbindung der Rahmen und Riegel mit der Wendesäule darstellen, sind wesentlich verschieden von denen bei gewöhnlichen Schleusenthoren. Eckbänder können nur auf den äußern Flächen angebracht werden, und die Bügel, welche die Wendesäule umfassen, treffen hier nicht mehr auf die gegenüberstehenden Seiten derselben Riegel und Rahme. Man pflegt bei den Fächerthoren nach ihrer Größe zwei bis drei starke Bügel anzubringen, die an die obere Rahme und die obere Riegel beider Flügel und zwar an deren äußern Flächen befestigt sind, und die Wendesäule umfassen. An den untern Riegeln und dem untern Rahm werden Eckbänder und zwar auswärts angebracht. Die benannten Beschläge müssen selbstredend in die Holzflächen eingelassen werden, dürfen zum Theil auch nicht mit vortretenden Bolzenköpfen versehen sein. Auf den innern Seiten bringt man überall, wo auswärts der Beschlag liegt, eine Art von Bügel an, die sich von den Riegeln des einen Thors, an der Wendesäule vorbei, bis zu dem entsprechenden des andern Thors hinziehen. Gegen die Wendesäule werden sie mit einem oder zwei mit Widerhaken versehenen Spitzbolzen befestigt, während die Schraubenbolzen, welche den äußern Beschlag halten, auch durch sie hindurchreichen, und mit Schraubenmuttern daran befestigt sind. Nach der Figur könnte es scheinen, daß das Einziehen und Befestigen dieser Bolzen wegen des durch die Zwischenwand sehr beschränkten Raums Schwierigkeiten veranlassen möchte und vielleicht ganz unmöglich wäre, diese Schwierigkeit wird aber umgangen, indem man die Zwischenwand nicht früher einsetzt, als bis die Flügel vollständig verbunden, befestigt und bekleidet sind.

Die Bekleidung der Flügel mit Bohlen stimmt mit der oben beschriebenen, bei Niederländischen Schleusen sonst üblichen, überein. Der einfache Bohlenbelag wird in der Richtung der Streben aufgebracht und in Falze der beiden Stiele und der beiden Rahme eingelassen. Die Streben, deren bei Fächerthoren gewöhnlich zwei oder drei in jedem Flügel angebracht sind, bilden in der äußern Fläche selbst einen Theil der Bekleidung, und die nächsten Bohlen stoßen nur stumpf dagegen. Im Allgemeinen befindet sich bei allen Schleusenthoren, sowie auch bei jeder ähnlichen Verbindung

die Bekleidung oder der Belag an derjenigen Seite, die dem Wasserdruck ausgesetzt ist. Auf der andern Seite angebracht, würden die Bohlen sich nicht gegen die Riegel lehnen, also nur noch durch die Nägel gehalten werden. Hiernach würde im vorliegenden Fall der kürzere Flügel *C* in der äußern Fläche, der längere Flügel *D* dagegen in beiden Flächen bekleidet werden müssen, weil dieser bei dem beschriebenen Gebrauch des Fächerthors zuweilen von der einen und zuweilen von der andern Seite dem Druck ausgesetzt ist. In manchen Fällen kommt es indessen auch vor, daß die Flügel *C* oder die eigentlichen Schleusenthore nicht nur als Ebbe-Thore wirksam sind, sondern zu Zeiten auch die Stelle der Fluththore versehn müssen. Alsdann werden auch diese Flügel von beiden Seiten verkleidet, was bei den längern fast jedesmal geschieht. Eine solche zweifache Bekleidung vertheuert indessen die Anlage, und man hat daher zuweilen, wie in den Fächerthoren der Schleuse bei Ter-Neuzen selbst den längern Flügel nur mit einfacher Verkleidung versehn. Diese ist aber noch besonders gesichert, indem man über dieselbe bei jedem Rahm oder Riegel eine breite und starke eiserne Schiene legte, die wieder in der Mitte jeder Bohle durch einen Schraubenbolzen an den Riegel befestigt wurde.

Die beiden Flügel eines Fächerthors können in der beschriebenen Weise eben so sicher, wie andre Schleusenthore gegen Formveränderungen und sonstige Beschädigungen geschützt werden. Für dieselben tritt aber noch die Bedingung hinzu, daß auch ihre gegenseitige Verbindung und ihr Abstand von einander vollständig gesichert ist und keine Veränderung darin eintritt. Es ergiebt sich augenscheinlich, daß die Verzapfung in die gemeinschaftliche Wendesäule, sowie auch die zu diesem Zweck angebrachten Bügel und Eckbänder keine hinreichende Verbindung der beiden Flügel darstellen. Eine solche innige und dauernde Verbindung, welche keine Aenderung des gegenseitigen Abstandes weder im Ganzen, noch an einzelnen Theilen gestattet, ist aber dringend nothwendig, indem beide Flügel, sobald die Schleuse geschlossen wird, sich wasserdicht an ihre Schlagschwellen lehnen sollen, während nur ein Flügel durch den Wasserdruck dagegen gepreßt, der andere aber durch denselben Druck zurückgedrängt wird. Auch muß einem Mangel an Steifigkeit des einzelnen Flügels insofern vorge-

beugt werden, daß nicht etwa die Schlagsäulen der eigentlichen Schleusenthore am obern Theil durch den Wasserdruck zurückgedrängt und von einander entfernt werden. Um eine solche Verbindung darzustellen, werden die beiden Flügel eines Fächerthors durch Zwischenriegel oder Gordungen mit einander verbunden. Man wählt dazu gewöhnlich krumm gewachsene Holzstücke, wie die Figur auch solche zeigt. Gerade Riegel wären freilich insofern vorzuziehn, als sie unter starkem Druck nicht so leicht durchbiegen, dagegen ist aber auch nicht zu verkennen, daß ihre Verbindung mit den Riegeln der Thore, die in schwalbenschwanzförmigen Kämmen bestehen, dauerhafter ist, wenn die Holzfasern sich nahe unter rechten Winkeln kreuzen. Aufser dem Kamme wird die Verbindung in jeder Kreuzung noch durch einen hindurchgezogenen Schraubenbolzen dargestellt. Es ergibt sich aber, daß theils zur Vereinfachung der Construction, und noch mehr zur vollständigen Aufhebung des horizontal wirkenden Wasserdrucks diese Gordungen horizontal angebracht, oder die zu verbindenden Riegel beider Flügel in gleicher Höhe sich befinden müssen. Man kann diese Bedingung auch in Betreff der untern Rahme noch erreichen, wenn man diejenigen, die sich im Flügel *C* befinden, aus hochkantigem Holz ausschneidet, so daß ihre obern Flächen mit der Höhe der Rahme im Flügel *D* übereinstimmen.

Diese Gordungen werden zunächst an die äußern Enden der Rahme und Riegel, also in die Nähe der Schlagsäulen gelegt. Auf jeden der beiden Rahme eines Thorflügels, sowie auf jeden Riegel trifft eine solche Gordung. Indem aber die Gefahr des Durchbiegens der Schleusenthore bei deren verschiedenen Stellungen in größerer Höhe auch größer wird, so geschieht es nicht selten, daß man auf die obere Rahme und die obere Riegel und zwar in der Nähe ihrer äußern Enden doppelte Gordungen anbringt, und zwar alsdann neben den bogenförmigen noch gerade. Die Figur stellt diese Anordnung dar. Außerdem muß aber durch ähnliche Verbindungen auch dem Durchbiegen der Riegel vorgebeugt werden, daher trifft eine zweite Reihe von Gordungen, die in gleicher Weise aufgebracht und befestigt sind, die Mitte jedes Rahms und jedes Riegels. Bei einzelnen, besonders weiten Fächerthoren, hat man sogar drei Reihen von Gordungen angebracht.

Damit diese Gordungen ihren Zweck vollständig erfüllen,

müssen sie aus starkem Holz bestehen, gemeinhin wählt man dazu Stücke von 12 Zoll im Gevierten. Dieselben würden, wenn sie ohne weitere Unterstützung angebracht wären, und allein auf den Riegeln der Thorflügel ruhten, diese übermächtig belasten, und leicht das Durchsacken der Thore befördern. Um dieses zu verhüten, unterstützt man sie durch eine besondre Zwischenwand *E*. Dieselbe ist bei Anwendung krummer Gordungen auch schon zur Verhinderung des Kantens nothwendig. In der Schleuse bei Ter-Neuzen hat man zwei dergleichen Zwischenwände angebracht.

Die Construction der Zwischenwände ist bei der wesentlichen Verschiedenheit ihres Zwecks auch von der der Schleusenthore abweichend, dazu kommt noch, daß die Verbindung mit der Wendesäule durch Bügel oder Bänder dabei nicht angebracht werden kann. Man muß auch zur Befestigung der Rahme und Riegel dieser Wand an die Wendesäule eine Verbindungsart wählen, die sich noch darstellen läßt, wenn schon die beiden eigentlichen Flügel vollständig zusammengesetzt sind. Aus diesem Grunde läßt man die Rahme und Riegel der Zwischenwand mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen in die Wendesäule eingreifen, und sichert sie durch scharf eingetriebene Keile, wie Fig. 354 über dem obern Rahm und dem obern Riegel zeigt. In der Nähe ihrer äußern Enden werden diese Rahme und Riegel durch einen zur Seite aufgekämmten und mittelst Schraubenbolzen daran befestigten Stiel verbunden. Dieser Stiel wird durch eine Strebe unterstützt, die sowohl in ihn, als auch in die Wendesäule mit Zapfen und Versatzung eingreift, und außerdem mit den Riegeln durch Bolzen verbunden ist. In den Figuren 352 und 354 ist eine etwas verschiedene Anordnung dargestellt, die auch bei der Schleuse in Bremerhaven gewählt ist, und ohne Zweifel vor der eben beschriebenen den Vorzug verdient. Statt des einen Stieles sind nämlich deren zwei angebracht, die wie Zangen die sämtlichen Riegel umfassen. Sie werden aber, was besonders wichtig ist, durch zwei Streben unterstützt, die zu beiden Seiten der Riegel einander gegenüber stehn, und gleichfalls durch Schraubenbolzen verbunden sind. Zu bemerken ist dabei noch, daß diese Streben, deren untere Enden zwischen die untern Riegel der beiden Thorflügel treffen, nicht allein in die für die Zwischenwand bestimmte Fläche der Wendesäule eingreifen, sondern zu beiden Seiten noch etwas darüber

hinaustreten, und in den Kreuzungen mit den Riegeln der Zwischenwand möglichst wenig geschwächt, vielmehr die letztern eingeschnitten sind, was ohne Gefährdung der Sicherheit auch geschehn konnte.

Die Riegel der Zwischenwand unterstützen unmittelbar die Gordungen. Die Darstellung einer recht innigen Verbindung zwischen beiden ist zwecklos, da ein Verschieben zur Seite hier nicht denkbar ist, auch kaum die Steifigkeit dieser Wand einem solchen begegnen könnte. Aus diesem Grunde liegen die Gordungen auf diesen Riegeln nur stumpf auf, oder sind doch nur flach darin verkämmt, aber jedenfalls durch Schraubenbolzen verbunden. Die Verbindung der Gordungen mit den Rahmen und Riegeln der Thorflügel muß dagegen möglichst innig sein, und deshalb greift hier die Verkämmung einige Zolle tiefer ein. Dadurch erreicht man den Vortheil, daß die Riegel der Zwischenwand nicht mit denen der Thorflügel in gleicher Höhe liegen dürfen, und dieser Umstand bietet wieder die Gelegenheit, jene oben beschriebenen Bügel, welche beide Thorflügel an den innern Seiten verbinden, so anzubringen, daß sie das Einsetzen der Riegel der Zwischenwand in die Wendesäule nicht hindern.

Endlich muß bei Beschreibung der Fächerthore noch eines Nebentheils derselben Erwähnung geschehn, wenn er auch nur selten Anwendung gefunden hat. Bei Benutzung dieser Thore zur Darstellung einer kräftigen Spülung, öffnen sie sich nämlich keineswegs vollständig, oder treten ganz in die Fächerkammern zurück, vielmehr bleiben sie in ähnlicher Weise, wie die Thore der Alewynschen Schleuse halb geöffnet stehn, und man kann sie sogar auch mittelst der Winden nicht zurückziehn, da der Stofs des strömenden Wassers überwiegend ist. Eine solche Stellung der Flügel verursacht sehr unregelmäßige Bewegungen des Wassers, denen man durch das Spiel der Schütze, die bald mehr, bald weniger geöffnet werden, sowie durch die Winden, die unmittelbar die Thore halten sollen, möglichst zu begegnen sucht. Nichts desto weniger nehmen die Thore doch oft plötzlich sehr bedenkliche Bewegungen an, die vielleicht durch das Einfallen des Stroms in den Zwischenraum zwischen das äußere und innere Thor veranlaßt werden. Um diesem zu begegnen, hat man zuweilen diesen Zwischenraum durch eine dichte Bohlenwand geschlossen, die man in den

Niederlanden *Stroomschott* nennt. Die vordere Reihe der Gordungen bietet eine bequeme Gelegenheit zur Anbringung solcher Wand, ob dadurch aber wirklich dem Hin- und Herschlagen der Thore vorgebeugt wird, dürfte zweifelhaft sein. Diese Wände dürfen den Raum zwischen den Flügeln keineswegs wasserdicht abschließen, also nicht die Darstellung der zu ihrer Bewegung erforderlichen Wasserstände beeinträchtigen.

Der längere Flügel jedes Fächerthors bewegt sich in einem freien Raum zur Seite der Schleuse, der durch eine cylindrische Mauer begrenzt wird. Dieser Raum ist in vorstehender Beschreibung schon mit dem Namen der Fächer-Kammer bezeichnet, die Holländischen Baumeister nennen ihn *Waaier-Kas*. Der Boden dieser Kammer besteht wieder aus Holz, und seine Construction ist von den § 64 und 65 beschriebenen, in den Niederlanden üblichen hölzernen Schleusenböden nicht wesentlich verschieden. Auch unter den Fächerkammern befinden sich doppelte Querbalken, die Pfannenträger oder *Complaten* haben aber eine grössere Länge und Höhe, indem sie zugleich als Schlagwellen für die Fächerthore dienen, wenn die kürzern Flügel oder die eigentlichen Schleusenthore geschlossen sind. Sie ragen deshalb über den Schleusenboden 6 Zoll vor und erstrecken sich über die ganze Länge der Fächerkammer. In Fig. 352 bemerkt man dieselben. Am hintern Ende der Fächerkammer wird eine ähnliche Schwelle zur Schließung des Spielraums bei geöffnetem Thore nicht angebracht. Sie ist daselbst auch überflüssig, weil das Thor, wie schon erwähnt, beim Spülen doch nicht soweit zurückschlägt, und beim Durchschleusen der Schiffe der Druck zum Schließen der Thore sich in hinreichender Gröfse darstellt, wenn auch durch diesen freien Zwischenraum etwas Wasser abfließt.

Die cylindrisch geformte Umschließungsmauer der Fächerkammer erfordert eine besonders sorgfältige Ausführung, da der Spielraum zwischen derselben und der Schlagsäule des längern Thorflügels möglichst klein bleiben muß, damit bei jeder Stellung des Thors die zu dessen Bewegung und Unterstützung erforderlichen Wasserstände sich wirklich darstellen, und nicht etwa soviel Wasser neben und unter dem Thorflügel abfließt, dafs zu beiden Seiten nahe dasselbe Niveau eintritt. Andreerseits muß aber jeden-

falls auch eine Berührung des Thors mit dieser Mauer vermieden werden, wodurch die leichte Beweglichkeit des ersten aufgehoben würde.

Die Pfanne für die Wendesäule läßt man schon vor der Ausführung der Mauern der Fächerkammer in den Pfannenträger ein, und stellt einen mit passendem Zapfen versehenen beweglichen Stiel hinein, der durch eine feste Verstrebung auch oben durch ein Halsband gefast wird, also dieselben Bewegungen, wie später die Wendesäule machen kann. An diesen Stiel, der in seiner ganzen Länge regelmäsig bearbeitet sein muß, befestigt man einen Arm, der also den Radius der innern cylindrischen Fläche darstellt, und als Chablone beim Mauern dient. Derselbe kann aber, wie die Mauer höher wird, auch gehoben werden, ohne dabei seinen Abstand von der Drehungsachse zu verändern. Er wird bei jedem einzelnen Stein, den man versetzt, vor denselben geschoben und der Stein so nahe daran gelegt, daß er ihn fast berührt. Sein Kopf ist mit Eisen beschlagen, damit er sich nicht abnutze. Die Mauer wird aus gebrannten Steinen ausgeführt, ist aber oben mit einer Schicht Werksteine überdeckt, die an der innern Seite nach derselben Krümmung bearbeitet sind und mit Hülfe der erwähnten Chablone gleichfalls sorgfältig versetzt werden. Der am äußern Ende dieser cylindrischen Mauer vortretende Pfeiler, der den Anschlag für den längern Flügel bildet, und der einen wasserdichten Schluß darstellen muß, besteht dagegen ganz aus Werksteinen, die in das Ziegelmauerwerk gehörig einbinden. Um den wasserdichten Schluß möglichst vollständig zu bilden, wird zuweilen eine Feder von weichem Holz an die Schlagsäule befestigt, die den Unebenheiten der Steine sich besser anschließt, und sobald sie schadhast wird, leicht durch eine neue ersetzt werden kann. In ähnlicher Weise tritt die Mauer auch gegen das hintere Ende der Fächerkammer etwas vor. Dieser Vorsprung hat indessen nur den Zweck, das zu weite Zurückschlagen des Thors zu verhindern, auf wasserdichten Abschluß kommt es bei demselben nicht an, und er wird daher nicht anders, als der übrige Theil der Mauer behandelt.

Die Wendenischen unterscheiden sich von denjenigen der gewöhnlichen Schleusenthore wesentlich dadurch, daß sie sehr flach sind. Ihre Tiefe beschränkt sich in der That auf wenige Zolle, und man kann sie nicht tiefer machen, als einerseits der

kürzere Flügel, wenn er geschlossen, und andererseits der längere Flügel, wenn das Thor geöffnet ist, dieses gestatten. Innerhalb dieser Grenzen wird die Wendenische cylindrisch und zwar mit sorgfältiger Beobachtung aller Vorsichtsmaafsregeln zur Bildung einer recht regelmässigen Fläche in Werkstücken ausgeführt.

Die Umläufe müssen hinreichende Höhe und Breite haben, damit sie bedeutende Wassermassen der Fächerkammer schnell zuführen, oder daraus entfernen. Sie ziehn sich der Länge nach durch die beiderseitigen Schleusenmauern hindurch, und damit sie diese nicht zu sehr schwächen, giebt man ihnen eine grössere Höhe, als Breite. Der Umlauf *F*, der die Verbindung mit dem Binnenwasser darstellt, mündet jederzeit etwa in der Mitte der ebenen Mauer, welche die Fächerkammer abschliesst. Dagegen befindet sich meistens auch die Mündung des zweiten Umlaufs in derselben Mauer unmittelbar daneben. Angemessener erscheint die in der Figur dargestellte Anordnung, wobei der zweite Umlauf bedeutend abgekürzt und ausserdem auch eine nochmalige Biegung desselben vermieden wird.

Das Halsband, womit man die Wendensäule eines Fächerthors faßt, kann nicht die sonst übliche Verankerung mittelst mehrerer divergirenden Arme erhalten, indem es in einer vortretenden Mauerecke sich befindet. Es hat gewöhnlich die in Fig. 322 oder 324 auf Taf. XLV dargestellte und schon oben § 69 beschriebene Einrichtung. Man giebt demselben aber jedesmal eine sehr kräftige Unterstützung, indem man über das äussere Ende der Fächerkammer und zwar in die Richtung der Schleusenmauer einen starken Balken legt, den Fig. 352 in der obern Hälfte zeigt. Derselbe trifft über den Kopf der Wendensäule, und ist auf der untern Seite mit einer durch Versatzung und Schraubenbolzen daran befestigten Knagge versehen, die sich scharf gegen den vorderen Theil des Halsbandes lehnt. Eine ähnliche Knagge befindet sich an der andern Seite und stemmt gegen die Schleusenmauer.

Der eigentliche Zweck dieses Balkens ist die Ueberbrückung der Fächerkammer. Wenn dieselbe offen bliebe, so würde sie den Verkehr auf der Schleusenmauer, und sonach die von hier aus den durchgehenden Schiffen zu leistende Hülfe behindern. Fig. 352 zeigt in dem obern Theil die gewöhnliche Zusammensetzung dieser Ueberbrückung. Sie ist ganz in die Schleusenmauer versenkt, so

dafs sie mit der Oberfläche derselben in einer Ebene liegt. Zu diesem Zweck sind die sämmtlichen Decksteine, welche die Fächerkammer umgeben, mit Falzen von angemessner Weite und Tiefe versehen, worin die Verbandstücke der Brücke liegen.

Neben der cylindrischen Mauer befinden sich in der Brücke mehrere Klappen. Diese dienen vorzugsweise zum Durchziehen der Taue, mittelst deren man die Bewegung der Fächerthore unterstützt, sie auch ganz zurückzieht, falls Schiffe hindurchgehn sollen. Zu diesem Zweck sind an den Köpfen der Schlagsäulen Bügel angebracht, in welche man die Taue einknüpft und letztere werden mittelst Erdwinden, so oft es nöthig ist, angezogen. Indem jedoch kein Raum vorhanden ist zur Aufstellung einer Erdwinde, welche unmittelbar das Thor schliessen könnte, so wird an dem bereits erwähnten Balken, der die Thorkammer an ihrem Ende überspannt, eine Scheibe befestigt, und indem man das an die Schlagsäule des längern Flügels befestigte Tau über diese zieht, kann eine weiter zurückgestellte Erdwinde auch zum Schliessen des Thors benutzt werden.

Einige allgemeine Bemerkungen über die Leistungen der Fächerthore müssen dieser Beschreibung noch zugefügt werden, da die Behandlung derselben keineswegs so einfach und sicher ist, als man glauben möchte. Es handelt sich hierbei vorzugsweise um die Benutzung der Schleuse zum Spülen, denn wenn es nur darauf ankommt, Schiffe hindurchzulassen, so ist die Strömung niemals besonders heftig, und man kann mittelst der beschriebenen Erdwinden die Thore immer leicht in die beabsichtigte Lage bringen. Bei der Spülung dagegen öffnen sich die Thore, sobald durch gehöriges Einstellen der Schütze in den Umläufen der nöthige Wasserdruck wirksam ist, zwar sehr sicher, sie schlagen aber keineswegs ganz zurück, bleiben vielmehr auf halbem Wege stehn, und bewegen sich nunmehr fortwährend hin und her, indem theils der heftige Strom schon an sich dergleichen Schwankungen verursacht, diese aber ohne Zweifel durch die verschiedene und stets wechselnde Stellung der Thore noch vermehrt werden. Der Grund, weshalb die Thore sich nicht ganz öffnen, liegt sehr nahe. Sie würden vollständig zurückschlagen, wenn während der Durchströmung der Druck noch in gleicher Weise stattfände, wie im Augenblick, wo die Thore sich öffnen. Der auf den kürzern Flügel wirkende Druck

vermindert sich aber beim Oeffnen des Thors, indem das hindurchströmende Wasser eines Theils hier ein starkes Gefälle annimmt, also nicht mehr in der ganzen Länge des Flügels den frühern hohen Stand behält, andererseits aber entspricht der Druck, den es ausübt, auch nicht mehr dieser geringeren Höhe, und würde ganz aufhören, wenn die volle Geschwindigkeit, der Niveau-Differenz entsprechend, einträte. Die Erfahrung, dafs die Thore sich von selbst wieder etwas schliesen, wenn man sie gewaltsam zurückzuziehen versucht, beweist sogar, dafs in entgegengesetzter Richtung ein überwiegender Druck vorhanden ist, der zum Theil durch die wirbelnde Bewegung des zwischen die Thore fallenden Wassers veranlafst wird, grofsentheils aber wohl seinen Grund darin hat, dafs an der hintern Seite des kürzern Flügels sich auch ein höherer Wasserstand bildet, der, wenn er auch an allen Stellen unter dem Niveau des Stroms in der Schleuse bleibt, doch wegen der Geschwindigkeit und der daraus entspringenden Verminderung des Drucks, diesem das Gleichgewicht hält, und ein weiteres Zurückgehn der Thore verhindert. Dieser Umstand ist indessen, wenn dadurch auch allerdings der Effect der Spülung etwas verringert wird, an sich von wenig Bedeutung. Viel bedenklicher ist aber das Hin- und Herschwanken der Thore, die oft in so heftige Bewegung versetzt werden, dafs man besorgen mufs, sie möchten sich vollständig schliesen oder ganz zurückschlagen, wodurch sie bei ihrer künstlichen Verbindung und Aufstellung einer augenscheinlichen Gefahr ausgesetzt wären. Die Erdwinden werden daher mit hinreichender Mannschaft besetzt und so gedreht, dafs sie den Bewegungen der Thore entgegenwirken. Ausserdem müssen auch die Winden zum Heben der Schütze besetzt, und letztere fortwährend so umgestellt werden, dafs sie gleichfalls die Schwankungen der Thore vermindern. Dieser Vorsichts-Maafsregeln ohnerachtet wagt man dennoch nicht die Spülung vorzunehmen, wenn die Niveau-Differenz zwischen Binnen- und Aussenwasser gröfser als etwa 3 Fufs ist. Indem man aber dem Dock nicht viel Wasser entziehn und daher die Spülung auch bald wieder unterbrechen mufs, so bleibt die Wirkung derselben meist sehr geringe.

§. 75.

Schiffsschleusen mit Seitenbassins.

Diejenigen Schiffsschleusen, welche neben einem Wehr zur Seite eines größern Flusses oder Stroms liegen, bedürfen keiner besondern Vorrichtungen, um den Wasserverbrauch beim Durchschleusen der Schiffe auf das möglichst geringste Maafs zu beschränken. Selbst bei anhaltender Dürre, wenn der Wasserstand des Flusses stark herabsinkt, bleibt seine Reichhaltigkeit vergleichungsweise zu derjenigen Wassermenge, die zum Füllen der Schleuse verbraucht wird, so überwiegend groß, daß kein Grund vorliegt, noch besondere und jedenfalls kostbare Anlagen auszuführen, um diese zu verringern. Anders verhält es sich dagegen mit Schiffahrts-Canälen, die durch Wasserleitungen gespeist werden, und wo die disponible Wassermenge oft so beschränkt ist, daß sie für die trockne Jahreszeit nicht ausreicht und die Schiffahrt alsdann unterbrochen werden muß. Bei der Beschreibung der Schiffahrts-Canäle wird über den Verbrauch des Wassers in denselben die Rede sein, von besondrer Bedeutung ist dabei aber, und zwar vorzugsweise bei Canälen, die stark benutzt werden, die wiederholte Anfüllung der Schleusen beim Durchgehn der Schiffe. Hieraus erklärt es sich, daß so vielfache und zum Theil auch sehr sinnreiche Vorschläge gemacht wurden, diesen Verbrauch zu mäßigen. Einige derselben sind auch in der That zur Ausführung gekommen und haben zufriedenstellende Resultate gegeben, während andre bisher zu große Schwierigkeiten zu bieten schienen, als daß man ihre Ausführung versucht hätte. Es sollen im Folgenden nicht nur die Erstern beschrieben, sondern auch die Letztern angedeutet werden.

Die sämtlichen hieher gehörigen Erfindungen lassen sich in drei Gruppen eintheilen. Die meiste Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Schiffsschleusen haben diejenigen, welche mit gewissen Seitenbassins versehen sind, die als Magazine für das Wasser dienen. Diese nehmen einen großen Theil des aus der Kammer ausfließenden Wassers auf, und sobald letztere wieder gefüllt werden soll, fließt dasselbe in sie zurück. Die zweite Gruppe umfaßt diejenigen Schleusen, welche bewegliche Kammern haben, die sich zu-

gleich mit den darin befindlichen Schiffen bald dem Ober- und bald dem Unterwasser anschließen. Zuletzt sind hier noch diejenigen Anordnungen zu behandeln, wobei die Schiffe auf Wagen gestellt und mittelst Eisenbahnen oder auch wohl senkrecht gehoben und gesenkt werden. Letztere darf man kaum noch zu den Schleusen zählen, nichts desto weniger sind sie so vielfach angewendet worden und haben zum Theil sich so sehr bewährt, daß ihre Beschreibung nicht umgangen werden durfte.

Was zunächst die Einrichtung von Seitenbassins behufs Ermäßigung des Wasserverbrauchs beim Füllen der Schleusen betrifft, so liegt die Idee sehr nahe, die lebendige Kraft des Wassers, welches beim Entleeren der Schleuse zum Theil unter starkem Druck, also mit großer Geschwindigkeit abfließt, zum nächsten Füllen der Kammer wieder zu benutzen. Wenn man die verschiedenen Reibungen und Widerstände beseitigen, und jene lebendige Kraft, die bei der gewöhnlichen Einrichtung der Schleusen ganz nutzlos bleibt, zum Theil sogar schädlich wirkt, vollständig auffangen könnte, so würde sie unter denselben Voraussetzungen genügen, um die Kammer aus dem Unterwasser zu füllen, so daß der Bedarf an Wasser zum Füllen der Schleuse gar nicht durch den Zufluß von oben her gedeckt werden dürfte.

Man hat in dieser Beziehung zuweilen eine ziemlich nahe liegende Idee angeregt. In einer zum Theil mit Wasser gefüllten, weiten gekrümmten Röhre, deren beide Schenkel lothrecht aufwärts gerichtet und oben offen sind, stellt sich in diesen das Wasser gleich hoch. Saugt man aber aus einem Schenkel die Luft ein wenig aus, und schließt die Oeffnung mit dem Finger, so steht das Wasser hier höher, als im andern Schenkel. Wenn man nun plötzlich den Finger entfernt, so tritt es in den andern Schenkel über, bleibt aber in Folge des Trägheits-Moments nicht sogleich stehn, wenn es auf beiden Seiten den gleich hohen Stand erreicht hat, setzt vielmehr seine Bewegung so weit fort, bis es im zweiten Schenkel nahe dieselbe Höhe erreicht, die es früher im ersten hatte, und nunmehr erfolgt die entgegengesetzte ähnliche oscillirende Bewegung, bis es nach vielfachen, immer schwächeren Schwankungen endlich zur Ruhe kommt. Könnte man ein Seitenbassin von gleicher Grundfläche wie die Kammer, mit dieser durch einen Canal verbinden, dessen Querschnitt dieser Grundfläche gleich

wäre, und wäre es möglich, diesen Canal momentan zu eröffnen und ihn eben so schnell wieder zu verschliessen, sobald das Wasser im Bassin den höchsten Stand erreicht hat, so würde man die Kammer plötzlich bis zum Unterwasser entleeren, und in gleicher Weise sie später mit derselben Wassermenge wieder beinahe eben so hoch wie früher füllen können. Diese Bedingungen sind indessen bei Schiffsschleusen nicht zu erfüllen. Der Verbindungs-Canal liefse sich mit grossen Kosten zwar ausführen, aber der plötzliche und vollständige Verschluss desselben, sowie auch seine momentane Eröffnung in voller Weite sind unmöglich.

Der Englische Ingenieur Josuah Field schlug vor*), diese Idee dadurch ausführbar zu machen, dass man dem viel engeren Verbindungs-Canal eine sehr grosse Längen-Ausdehnung giebt, damit er eben so viel Wasser fasst, als übergeführt werden soll. Dabei ist indessen übersehn, dafs es auf die möglichste Erhaltung der lebendigen Kraft ankommt, die augenscheinlich in dem langen Canal und noch mehr beim Austritt des Wassers aus demselben in das Bassin so vollständig zerstört wird, dass die Bewegung aufhören muss, sobald das Gleichgewicht sich dargestellt hat.

Lanz und Bétancourt wollten die Kammer aus dem Seitenbassin dadurch füllen, dafs sie in letztern einen grossen Kasten eintauchten. Derselbe sollte so beschwert sein, dafs er von selbst bis zur erforderlichen Tiefe niedersank. Er hing aber an dem kürzern Arme eines Hebels, dessen längerer Arm bei dieser Eintauchung des Kastens nahe senkrecht stand und der horizontalen Lage um so mehr sich näherte, je weiter der Kasten aus dem Wasser trat. Sie zeigten, dafs durch passende Belastung des Hebels das Gleichgewicht in allen Stellungen sehr nahe sich erreichen lässt. Es kommt also nur darauf an, das Gleichgewicht zu stören und das Wasser in Bewegung zu setzen, wozu eine Menschenkraft genügen soll. Auf grosse Geschwindigkeit wäre dabei freilich nicht zu rechnen. Auch dieser Vorschlag ist nie zur Ausführung gekommen.

Einen andern Vorschlag, den D. Girard machte**), beurtheilte

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers.* Vol. 1, pag. 61.

**) *Rapport et mémoire sur le nouveau système d'écluse à flotteur de M. D. Girard.* Paris 1845.

die Pariser Academie der Wissenschaften sehr günstig, und erkannte dessen Brauchbarkeit vollständig an. Doch ist derselbe, soviel bekannt, noch nie versucht worden. Fig. 355 auf Taf. L zeigt die betreffende Anordnung der Schleuse, *a* im Grundrifs und *b* und *c* in zwei Längendurchschnitten, die beide durch die punktirte Linie des Grundrisses gelegt sind und die verschiedenen Stellungen des Schwimmers bezeichnen. In diesen Figuren ist ein sehr starkes Schleusengefälle angenommen, um die Höhenverhältnisse klar darstellen zu können.

Das zur Seite der Schleuse befindliche Bassin ist kreisförmig, und sein horizontaler Querschnitt ist etwas größer, als der der Schleusenkammer. Es steht mittelst eines Canals mit letzterer in Verbindung, ohne weder mit dem Oberwasser, noch mit dem Unterwasser verbunden zu sein. Der Schwimmer, aus einem eisernen Cylinder mit doppeltem Boden bestehend, hängt wie ein Gasometer an drei Ketten, die über feste Rollen gezogen und durch Gegengewichte gespannt werden, welche das Gewicht des leeren Schwimmers vollständig aufheben. Indem die Wände und Böden desselben aus Blechen gebildet sind, deren Raum-Inhalt vergleichungsweise zu den von ihnen eingeschlossnen Räumen als verschwindend klein angesehen werden kann, so wird auch bei allen Einsenkungen das eigne Gewicht des Schwimmers durch das Gegengewicht beinahe aufgehoben, und seine Eintauchung und Bewegung bleibt von dem Gewicht der Füllung abhängig.

Sowohl das Oberwasser, als das Unterwasser des Canals wird bis nahe an das Bassin geführt, wie der Grundrifs zeigt, und jenes wie dieses ist durch weite abwärts gekrümmte gusseiserne Röhren mit den beiden Abtheilungen des Schwimmers in Verbindung gesetzt, nämlich das Oberwasser mit der obern, und das Unterwasser mit der untern Abtheilung. Die durch das Bassin hindurchgeführten, vertikal aufwärts gerichteten Schenkel dieser Röhren müssen sich wasserdicht an die Böden des Schwimmers anschließen, ohne das Auf- und Abgehen desselben zu verhindern, sie sind daher abgedreht und geschliffen und mit Stopfbüchsen umschlossen. Die obere Abtheilung des Schwimmers, oder der Raum *B* ist oben offen, und unten mit einer Oeffnung versehen, an deren Rand sich eine Röhre anschließt, die bis zum untern Boden des Schwimmers herabreicht. Auf diese Weise besteht keine Verbindung zwischen

der obern und untern Abtheilung des Schwimmers, durch welche Wasser hindurchtreten könnte, vielmehr communicirt der Raum *B* allein mit dem Oberwasser. Letzteres kann aber durch die gebogene Röhre, welche in die betreffende Röhre sich einschiebt, in den Raum *B* frei aus und eintreten, so lange nicht das Kegelventil bei *D* geschlossen wird. Die untere Abtheilung des Schwimmers, oder der Raum *A*, steht in gleicher Weise mit dem Unterwasser in Verbindung, indem die zweite gekrümmte Röhre wieder durch den Boden hindurchtritt, und wenn er am tiefsten herabgesunken ist, nahe seine Decke, oder den Zwischenboden des Schwimmers berührt. Auch diese Verbindung kann mittelst eines Kegelventils bei *E* geschlossen werden. Außerdem hat die äußere Luft sowie zur obern, auch zur untern Abtheilung freien Zutritt, indem eine Röhre, und zwar in der Verlängerung der eben erwähnten, durch die obere Abtheilung hindurchgeführt ist, ohne eine Verbindung mit der letztern darzustellen.

Die Schleusenkammer sei leer, oder der Wasserstand darin mit dem Unterwasser im Niveau. Alsdann müssen auch beide Abtheilungen des Schwimmers leer sein, so daß derselbe nur wenig eintaucht, wie Fig. 355 b zeigt. Die Gegengewichte sind so abgeglichen, daß sie in diesem Zustande den Schwimmer in solcher Höhe halten, daß seine beiden Böden um 2 Zoll mit ihren Oberflächen tiefer liegen, als das Ober- und Unterwasser im Canal. Sobald man daher die beiden Ventile *D* und *E* öffnet, so tritt das Wasser gleichmäfsig in beide Abtheilungen ein. Dadurch wird der Schwimmer stärker belastet, sinkt also tiefer herab, und die anfängliche Niveau-Differenz von 2 Zoll bleibt unverändert während dieser ganzen Bewegung, so daß die Einströmung sich gleichmäfsig fortsetzt, bis der Schwimmer die tiefste Stelle erreicht hat. Dabei bleibt aber der Wasserspiegel im Seitenbassin nicht derselbe. Wäre er constant, so würde der Schwimmer unter den obigen Voraussetzungen doppelt so tief herabsinken, als der Wasserstand in jeder der beiden Abtheilungen zunimmt. Seine Eintauchung nimmt auch wirklich in dieser Weise zu, aber der Wasserstand im Bassin ist derselbe, wie in der Schleusenkammer, und dieser steigt wegen des gleichen horizontalen Querschnitts des Schwimmers eben so hoch, wie letzterer tiefer herabsinkt. Die absolute Senkung des Schwimmers ist daher nur halb so groß, als die Zunahme der Eintauchung,

oder sie entspricht der Zunahme des Wasserstands in jeder der beiden Abtheilungen, woher die Niveau-Differenzen gegen das Ober- und Unterwasser unverändert dieselben bleiben.

Der Schwimmer wird am weitem Herabsinken gehindert, sobald das ihn umgebende Wasser, welches im Niveau des Wassers in der Schleusenammer steht, bis auf 2 Zoll dem Oberwasserstande des Canals sich genähert hat. Er stellt sich alsdann auf einen am Boden des Bassins angebrachten vortretenden Rand auf. Eine weitere Erhebung des Wasserstandes in der Schleuse findet nicht statt, man läßt indessen, ehe die Oberthore geöffnet werden, einige Zeit verstreichen, damit der Wasserstand in beiden Abtheilungen des Schwimmers sich mit dem Ober- und Unterwasser vollständig ins Niveau setzen kann. Alsdann schließt man die beiden Ventile *D* und *E*, und öffnet die Oberthore. Der geringe gegen dieselben noch wirkende Wasserdruck kann unmittelbar durch die Winden überwunden werden, woher Schütze in den Thoren entbehrlich sind.

Soll nunmehr die Kammer wieder entleert, oder der Wasserstand in derselben bis zum Niveau des Unterwassers gesenkt werden, so muß der Schwimmer sich heben, damit der Inhalt der Kammer wieder in das Bassin zurücktritt. Der Schwimmer hat beim Füllen der Kammer die in Fig. 355 *c* angedeutete Stellung angenommen. Nachdem das Schiff in die Kammer gebracht ist, und die Oberthore geschlossen sind, so öffnet man die Ventile *D* und *E*, und stellt dadurch wieder die Verbindung beider Abtheilungen des Schwimmers mit dem Ober- und Unterwasser her. Die beiderseitigen Wasserstände, welche durch jene gekrümmte Röhre verbunden werden, stehn nunmehr aber wieder nicht im Niveau. Sie hatten freilich beim Schließsen der Ventile gleiche Höhe, aber beim Oeffnen der Oberthore der Schleuse trat in der Kammer und sonach auch im Seitenbassin ein um 2 Zoll höherer Wasserstand ein. Um eben soviel wurde auch der Schwimmer, und mit demselben das darin befindliche Wasser gehoben. Aus diesem Grunde fließt nunmehr der Inhalt der beiden Abtheilungen des Schwimmers wieder nach den beiden Theilen des Canals ab, und die anfängliche Niveau-Differenz ändert sich auch nicht, weil der Schwimmer in demselben Maasse aufsteigt, wie das Wasser abfließt. Indem er sich aber hebt, tritt das Wasser aus der Schleusenammer

in das Seitenbassin zurück, und erstere nimmt den niedrigen Stand des Unterwassers an. Doch auch dieses geschieht wieder nicht vollständig, vielmehr ist alles Wasser aus den Abtheilungen des Schwimmers schon abgeflossen, und die weitere Bewegung desselben hört demnach schon auf, sobald die Niveau-Differenz zwischen der Schleusenammer und dem Unterwasser 2 Zoll beträgt. Nachdem die Ventile alsdann wieder geschlossen sind, öffnet man gegen den geringen Wasserdruck die Unterthore, und senkt dadurch den Schwimmer so weit, daß beim spätern Oeffnen der Ventile die Füllung des Schwimmers von selbst beginnt.

Es ist nicht in Abrede zu stellen, daß die Anordnung des Apparates höchst sinnreich ist. Das beim Füllen der Kammer aus dem Ober- und Unterwasser in den Schwimmer hineingezogene Wasser, wird beim nächsten Entleeren der Kammer wieder vollständig nach derjenigen Seite zurückgegeben, von wo es entnommen war. Dasjenige Wasser dagegen, welches abwechselnd die Schleusenammer und das Seitenbassin füllt, erleidet einen geringen Verlust indem bei jedem Oeffnen der Unterthore dasselbe 2 Zoll tief abfließt, und daher bei jedem Oeffnen der Oberthore eben so viel wieder hinzugelassen werden muß. Dieser Bedarf für die jedesmalige Füllung der Schleuse ist so unbedeutend, daß er auch durch schwache Zuflüsse gedeckt wird, und man daher in dieser Beziehung die Aufgabe als gelöst ansehen kann. Als die Commission der Academie dieses Project beurtheilte, wies sie darauf hin, daß in der Nähe von Paris eine sehr passende Gelegenheit zur Erbauung einer solchen Schleuse sich darbiete. Der Flufshafen bei St. Ouen liegt nämlich bedeutend höher, als der gewöhnliche Wasserspiegel der Seine, woher zur Verbindung beider eine Schleuse erbaut worden. Die Quellen, durch welche man den Hafen ursprünglich speisen wollte, haben sich bald als ungenügend gezeigt. Der Versuch, die Speisung durch Artesische Brunnen zu bewirken, ist auch mißglückt, und man hat daher endlich zu einer Schöpfmaschine sich entschließen müssen, welche durch eine Dampfmaschine in Betrieb gesetzt wird. Letztere muß durchschnittlich in jedem Jahre neun Monate hindurch im Gange bleiben, um den Wasserspiegel im Hafenbassin auf der erforderlichen Höhe zu erhalten. Die sehr starke Wasser-Consumtion des Hafens rührt aber beinahe ausschließlich von dem so häufigen Füllen der großen

Schleusenkammer her, weshalb gerade hier das Bedürfnis sich besonders dringend herausstellt, das Wasser aus der Schleusenkammer beim Entleeren derselben in einem Seitenbassin aufzufangen, um es zu den spätern Füllungen wieder benutzen zu können.

Der Grund, weshalb man diese Schleuse weder hier, noch sonst irgendwo zur Ausführung gebracht hat, beruht vielleicht in den großen Kosten der ersten Anlage und Unterhaltung, indem leicht Beschädigungen eintreten und namentlich die Stopfbüchsen undicht werden können. Dazu kommt noch, daß das Ueberfließen des Wassers aus dem Canal in den Schwimmer, und rückwärts aus diesen in jenen bei der geringen Druckhöhe und der durch die Stopfbüchsen bedingten mäfsigen Weite der Röhren überaus langsam erfolgen wird, woher bei frequenter Schifffahrt eine Schleuse dieser Art unbrauchbar wäre.

Es giebt noch eine andre und an sich viel einfachere Art der Benutzung solcher Seitenbassins, wobei freilich nur ein Theil des aus der Kammer abfließenden Wassers aufgefangen, und zur spätern Füllung derselben wieder verwendet wird, die aber den wesentlichen Vorzug vor den beschriebenen besitzt, daß sie nur die Anlage der Seitenbassins nebst verschließbaren Verbindungscanälen fordert und keiner sonstigen Vorrichtungen zur Darstellung des Gleichgewichts bedarf. Sie besteht darin, daß, so lange das Wasser in der Kammer noch höher steht, als in einem Seitenbassin, es nicht in die nächste Canalstrecke, sondern in dieses abgelassen wird, bis beide im Niveau stehn. Als dann schließt man den Verbindungscanal, und beim nächsten Füllen der Kammer läßt man in diese das aufgefangene Wasser wieder zurückfließen. Seitenbassins solcher Art sind mehrfach angewendet, und haben sich sehr nützlich gezeigt, um den Wasserverbrauch der Schleusen zu ermäßigen. Man hat aber in den meisten Fällen sich nicht mit einem Seitenbassin begnügt, sondern deren zwei, nämlich zu jeder Seite der Schleuse eins angebracht. An einigen Schleusen auf Englischen Canälen kommen sogar deren vier vor. Sobald ihrer mehrere sind, werden sie der Reihe nach benutzt, indem man das Wasser beim Entleeren der Kammer zuerst in das höchste Bassin treten läßt, bis in diesem der Wasserspiegel der Kammer sich dargestellt hat. Nachdem die Verbindung beider geschlossen ist, füllt man in gleicher Weise das nächst tiefer gele-

gene, und so fort, bis man den letzten Rest des Füllwassers der Kammer in das Unterwasser abfließen läßt. Beim Füllen der Schleuse werden 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.

Schon Bélidor beschreibt eine Schleuse dieser Art*), die von Dubié im Jahre 1643 erbaut wurde und welche die nach Furnes und Ypern führenden Canäle verbindet. Er rühmt sie als die schönste Schleuse, die er gesehn habe, und dieses sowohl wegen der guten Ausführung, als auch besonders wegen der in Rede stehenden Seitenbassins. Die Kammer ist 124 Fufs lang und 21 Fufs weit. Das Schleusen-Gefälle beträgt nahe 21 Fufs. Sowohl im Ober- als Unterhaupte sind Umläufe angebracht, die des Oberhaupts stehn aber mit den zu beiden Seiten befindlichen Bassins in Verbindung, so dafs dieselben Mündungen theils zur Zuleitung aus dem Oberwasser und aus den Seitenbassins, theils auch zur Ableitung des Wassers in letztere dienen. Bélidor sagt, dafs durch diese Anordnung der Verbrauch an Wasser auf den dritten Theil ermäßigt werde, und dafs es bei den spärlichen Zuflüssen des Canals von Ypern ohne diese Verminderung des Bedarfs nicht möglich sein würde, in demselben den erforderlichen Wasserstand zu erhalten. Indem die Gröfse der Seitenbassins nicht angegeben wird, so läßt sich nicht beurtheilen, ob die Ersparung an Wasser wirklich so grofs ist. Jedenfalls verdient dieser Gegenstand aber eine nähere Untersuchung.

Zunächst setze man voraus, dafs jedes Seitenbassin denselben horizontalen Querschnitt wie die Kammer hat. Wenn daher im Seitenbassin eine Wasserschicht von der Höhe m abfließt, so steigt in der Kammer das Wasser eben so hoch. Damit aber das Wasser beim Abfließen in einer oder der andern Richtung möglichst vollständig aufgefangen wird, so fließt es jedesmal so lange, bis im Seitenbassin und der Kammer ein gleiches Niveau sich darstellt. Sodann ist es auch Bedingung, dafs nach dem Füllen oder Entleeren der Kammer das Wasser in allen Seitenbassins sich wieder eben so hoch stellt, wie es vor dem vorhergehenden Entleeren oder

*) *Architecture hydraulique* IV. pag. 411.

Füllen der Kammer war, weil nur in diesem Fall die Operation in gleicher Weise wie früher sich wiederholt. Wenn aber beim Entleeren der Kammer das Wasser in der Höhe m in ein Seitenbassin abgelassen wird, so dient dieses Wasser später zur Füllung des nächst darunter befindlichen Theiles der Kammer, dieser muß daher gleiche Höhe haben, und dasselbe gilt wieder von dem nächst folgenden Bassin, weil dahin dieselbe Wassermenge beim Entleeren der Schleuse geführt wird. Dieselbe Wassermenge fließt daher bei dem nach einander erfolgenden Füllen und Leeren der Schleuse aus der obern Schicht der Kammer in das erste Seitenbassin, aus diesem in die zweite Schicht der Kammer, dann in das zweite Seitenbassin und so fort. Da aber die horizontalen Querschnitte einander gleich sind, so folgt daraus, daß auch die Höhen aller Schichten in der Kammer so wie auch die Höhen der Füllung in allen Seitenbassins dieselben, nämlich gleich m sein müssen.

Man denke nun die Kammer gefüllt, und in allen Bassins das Wasser bis zum niedrigen Stande gesenkt, alsdann fängt man das Wasser der ersten Schicht der Kammer im ersten Bassin, der zweiten im zweiten auf und so fort. Das unterste Bassin, welches beim spätern Füllen der Kammer die unterste Schicht derselben anfüllen soll, muß aber mit seiner Sohle (oder der untern Grenze des gesenkten Wassers in ihr) in der Oberfläche der untern Schicht liegen. Der Wasserstand in diesem Bassin, wenn es gefüllt ist, liegt also zwei Abtheilungen höher als das Unterwasser.

Wenn sonach n Seitenbassins vorhanden sind, so beträgt die ganze Anzahl der Schichten von der Höhe m zwischen Ober- und Unterwasser $n + 2$, und von denselben werden n zur spätern Füllung wieder benutzt oder erspart. In das Unterwasser des Canals fließen 2 Schichten, und ebensoviel müssen, wenn sonst kein Wasserverlust stattfindet, bei der nächsten Füllung der Kammer aus dem Oberwasser wieder entnommen werden. Man spart also relativ gegen den Wasserverbrauch einer Schleuse ohne Seitenbassins

$$\frac{n}{n + 2}$$

also bei 1 Seitenbassin	$\frac{1}{3} = 0.33$
„ 2 „	$\frac{2}{4} = 0.50$
„ 3 „	$\frac{3}{5} = 0.60$
„ 4 „	$\frac{4}{6} = 0.67$

Noch vortheilhafter werden die Seitenbassins, wenn man ihnen eine gröfsere Ausdehnung giebt. q bezeichne den horizontalen Querschnitt der Schleusenammer und rq denjenigen der Seitenbassins. Letztere mögen beim Aufnehmen des Wassers um m sich höher anfüllen. Die oben aufgestellten Bedingungen gelten auch für diesen Fall, und man betrachte das Entleeren der Kammer, deren Höhe vom Oberwasser bis zum Unterwasser des Canals in Schichten von der Höhe m eingetheilt ist. Die ersten Schichten, deren Anzahl gleich r ist, werden in das obere Bassin geleitet. Das zweite Bassin nimmt wieder r Schichten aus der Kammer auf, und jedes füllt sich dabei um eine Schicht von der Höhe m . Dasselbe geschieht auch im letzten, oder dem n ten Bassin. Alsdann muß aber das gemeinschaftliche Niveau $r + 1$ Schichten über dem Unterwasser liegen, weil beim spätern Füllen der Schleuse die eine Schicht aus diesem Bassin den Wasserstand in der Kammer um r Schichten heben soll. Hiernach beträgt die ganze Anzahl der gleich hohen Schichten zwischen Ober- und Unterwasser des Canals

$$(n + 1) r + 1$$

während der Inhalt von rn Schichten in den Seitenbassins zurückgehalten wird. Man erspart also relativ gegen eine gewöhnliche Schleuse

$$\frac{rn}{(n + 1) r + 1}$$

Hätten die horizontalen Querschnitte der Seitenbassins die doppelte Gröfse von denen der Kammer, oder wäre $r = 2$, so würde die relative Ersparung von Wasser sein

$$\frac{2n}{n + 3}$$

bei 1 Seitenbassin	$\frac{2}{5} = 0.40$
„ 2 „	$\frac{4}{7} = 0.57$
„ 3 „	$\frac{6}{9} = 0.67$
„ 4 „	$\frac{8}{11} = 0.73$

Es ergibt sich hieraus, daß man den Wasserbedarf zum Füllen der Schleusen durch Anlage von Seitenbassins allerdings erheblich vermindern kann, besonders wenn dieselben in großer Anzahl vorhanden sind und jedes eine bedeutende Ausdehnung hat. Der Schleusenbau wird indessen dadurch sehr vertheuert, auch

mufs jedes Bassin durch einen gehörig weiten Canal mit der Kammer verbunden werden, und in ihm müssen sich zwei Schütze befinden, die den Druck sowohl von einer, als von der andern Seite aufheben, ferner müssen die Bassins in den Seitenwänden, wie in den Sohlen wasserdicht geschlossen werden, und die Sohlen müssen etwas tiefer liegen, als die Niveaus, bis zu welchen das Wasser daraus abgelassen wird, weil der Abflufs über einem beinahe trocknen Boden gar zu langsam erfolgen würde. Der grofse Zeitverlust bei der vielfachen Zu- und Abführung des Wassers bis zur Darstellung eines gleichen Niveaus ist aber bei frequenter Schiffahrt ganz unstatthaft, und dazu kommt noch, dafs die angegebenen relativen Ersparungen nur die äufsersten Grenzen bezeichnen, die man niemals vollständig erreichen kann.

Hieraus erklärt es sich, dafs man bei dem so vielfach in Canälen eintretenden Wassermangel, der oft Monate hindurch die Schiffahrt unterbricht, dennoch nur in seltenen Fällen zur Anlage von Seitenbassins sich entschlossen, und wo dieses geschehn ist, meist nur auf zwei derselben sich beschränkt hat.

Zuweilen hat man zwei gewöhnliche Schleusen unmittelbar neben einander erbaut, und indem die Kammern durch einen verschließbaren Canal verbunden waren, jede dieser Kammern als Seitenbassin der andern benutzt. Dieses System ist in dem Regents-Canal in England zur Ausführung gebracht und soll auch in Rußland Anwendung gefunden haben. Der Nutzen desselben in Bezug auf die Verminderung des Wasserbedarfs ist nicht zu verkennen, und derselbe stellt sich sogar in Betreff des Zeitgewinnes noch günstiger dar, als wenn das Wasser zunächst in ein Bassin seitwärts geführt und später wieder in die Kammer geleitet würde. Wenn zwei Schiffe sich an der Schleuse begegnen, indem eines herab-, das andre heraufgeht, und zum Einlassen derselben in die Schleuse eine Kammer gefüllt und die zweite entleert werden mufs, so wird, nachdem die sämmtlichen Thore geschlossen sind, die Verbindung beider Kammern eröffnet, und in beiden stellt sich ein Wasserstand dar, der bei vorausgesetzter gleicher Gröfse beider Kammern in die Mitte zwischen Ober- und Unterwasser fällt. Auf diese Weise füllt sich die zweite Kammer schon bis zur halben Höhe, und zu ihrer vollständigen Anfüllung braucht man aus dem Oberwasser nur halb soviel Wasser zu entnehmen, als bei einer

gewöhnlichen Schleuse erforderlich wäre. Denselben Vortheil erreicht man aber auch noch, wenn ein Schiff herabgegangen ist, und später ein andres herabgeht, oder wenn umgekehrt die heraufgehenden Schiffe einander folgen. Im letzten Falle würde man nämlich, nachdem ein Schiff sich bereits im Oberwasser befindet, die Hälfte des Inhalts der ersten Kammer in die zweite gießen, nachdem diese das zweite Schiff schon aufgenommen hat. Zur vollständigen Füllung derselben würde also wieder nur die halbe Füllmasse erforderlich sein.

Eine eigenthümliche Einrichtung zur Ermäßigung des Wasserbedarfs beim Durchschleusen von Schiffen ist noch von dem Niederländischen General-Inspector des Wasserstaats Goudriaan angegeben, und im Jahr 1816 bei mehreren Schleusen des Schmilder-Canals in der Provinz Drenthe zur Ausführung gebracht. Seitenbassins kommen dabei nicht vor, vielmehr wird die lebendige Kraft des beim Füllen und Leeren der Kammer durch die Umläufe strömenden Wassers zum Betriebe eines Schöpfwerkes verwendet, wodurch einiges Wasser aus dem Unter canal in den Ober canal gehoben werden soll. Die Schöpfmaschine muß aber schnell in Wirksamkeit kommen, und selbst bei abnehmender Geschwindigkeit noch einigen Effect haben. Das Wurfrad, das man hierzu gewählt hatte, entsprach keineswegs diesen Bedingungen. Der Versuch ist daher mißglückt, was sowohl L. Baud*) als Storm Buysing**) anerkennen, wengleich Beide Goudriaan's Erfindung, die sie nur kurz andeuten, „sehr vernünftig“ nennen. Beide sagen überdies, wiewohl sie keineswegs gleichzeitig geschrieben haben, daß die Maschinen „seit einiger Zeit“ nicht mehr gebraucht werden. Ich muß dazu bemerken, daß schon im Jahre 1823, als ich dort war, der Schleusenwärter derjenigen Schleuse, die das stärkste Gefälle hat, mir erzählte, er sei bereits seit fünf Jahren angewiesen, die Maschine ohne besondern Befehl nicht in Thätigkeit zu setzen, und solcher Befehl sei ihm seitdem nicht zugegangen.

Fig. 356 zeigt die Anordnung einer dieser Schleusen, deren Gefälle etwa 7 Fufs beträgt. Zwei Canäle, ein weiterer und ein engerer, ziehn sich neben der Schleusen kammer vom Oberwasser

*) *Cursus over de Waterbouwkunde*. 1838. II. pag. 284.

**) *Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde*. 1845. II. pag. 153.

nach dem Unterwasser hin. Der erste, der zugleich die Stelle der gewöhnlichen Umläufe versieht, liegt zunächst der Schleuse, und in ihm fließt das Betriebswasser der Maschine. Er dient, sobald die Schütze passend geöffnet und geschlossen werden, sowohl zum Füllen, als zum Leeren der Kammer. In dem andern, mit zwei scharfen Krümmungen versehenen Canal sollte das Wasser in Folge der Wirksamkeit der Maschine aus dem Untercanal in den Obercanal zurückfließen. Die Maschine besteht aus zwei Rädern an einer gemeinschaftlichen Welle. Sie haben etwa 16 Fufs Durchmesser, und unterscheiden sich vorzugsweise dadurch von einander, daß das eine, nämlich das Betriebsrad, 4 Fufs breit ist, während die Breite des andern, das als Wurfrad dienen soll, nur 2 Fufs beträgt. Indem beide Räder sich in gleicher Richtung drehn, kann das letzte das Wasser nur in der Richtung des Unterwassers heben. Damit dieses aber dennoch dem Oberwasser zufließt und vom Unterwasser gespeist wird, mußten beide Theile dieses Canals noch zurückgeführt werden, woher derselbe die eigenthümlichen Krümmungen erhalten hat, welche die Figur zeigt.

Unmittelbar oberhalb jedes Rades ist ein Schütz angebracht, nämlich vor dem Mühlenrade das Schütz *C*, und vor dem Wurfrade das Schütz *E*. Außerdem befindet sich ohnfern der obern Mündung jedes Canals ein Schütz, und die beiden untern Mündungen des breiten Canals sind gleichfalls mit Schützen versehen. Während des Gebrauchs der Maschine sind die Schütze des engern Canals geöffnet, sowie auch im breitem das Schütz *C*. Die beiden mit *A* oder die beiden mit *B* bezeichneten Schütze sind aber immer zugleich entweder geöffnet oder geschlossen. Beim Füllen der Schleuse werden die Schütze *A* und *A'* geöffnet, während *B* und *B'* geschlossen sind. Das Wasser strömt alsdann aus dem Oberwasser in die Schleusenkammer, und treibt das Mühlrad. Letzteres setzt unmittelbar das Wurfrad in Bewegung, welches das Wasser im engern Canal nach dem Oberwasser treiben soll. Beim Entleeren der Schleuse werden die Schütze *A* und *A'* geschlossen, und dagegen *B* und *B'* geöffnet. Alsdann treibt wieder das aus der Schleusenkammer abfließende Wasser in gleicher Richtung das Mühlrad und das Wurfrad.

Die ganze Dauer des jedesmaligen Betriebes beschränkt sich auf wenige Minuten. Indem die beiden Räder aber nicht momentan

in Bewegung versetzt werden können, so verstreicht ein Theil der Betriebszeit, ehe die Räder die nöthige Geschwindigkeit angenommen haben, und bald darauf hat die Niveau-Differenz zwischen dem jedesmaligen Ober- und Unterwasser des Mühlrades schon so sehr abgenommen, daß das Wurfrad nicht mehr die nöthige Kraft hat, um das Wasser bis zur Höhe des ganzen Schleusengefalles heraufzuwerfen. Der Schleusenwärter erzählte, die Maschine hätte in dem engern Canal gar keine Strömung nach dem Oberwasser hervorgebracht, wohl aber sei im Anfange und am Ende des jedesmaligen Betriebes auch durch diesen Canal das Wasser stark nach dem Unterwasser geflossen.

§ 76.

Senkrechtes Heben der Schiffe.

In den vorstehend beschriebenen Schleusen werden die Schiffe zwar auch gehoben und gesenkt. Dieses geschieht aber, indem man durch Zuführen oder Ableiten des Wassers in die Kammer, oder aus derselben, den Wasserstand in dieser verändert. Dagegen hat man auch versucht, die Schiffe entweder zugleich mit einer beweglichen Kammer, in der sie dauernd schwimmen, oder ohne solche, durch gewisse mechanische Vorrichtungen in ein andres Niveau zu versetzen, so daß sie aus einer tiefer belegenen Canalstrecke in eine höhere, oder umgekehrt übergeführt werden. Hiervon soll gegenwärtig die Rede sein.

Wie bekannt, taucht ein schwimmender Körper so tief ein, daß das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit seinem eigenen gleich ist. Wenn daher ein Schiff in eine Schleusenkammer hineingezogen wird, so fließt aus dieser eine Wassermasse heraus, die eben so schwer ist, als das Schiff, und tritt in diejenige Canalstrecke, aus welcher das Schiff kommt, und füllt genau denjenigen Raum, den dieses früher einnahm. Beim Ausfahren des Schiffes aus der Schleusenkammer findet wieder dasselbe statt, nur mit dem Unterschiede, daß das Wasser aus der Canalstrecke, in welche das Schiff gezogen wird, in die Schleusenkammer fließt. Hieraus ergibt sich, daß das Gewicht der gefüllten Schleusenkammer genau

dasselbe bleibt, mag ein Schiff sich darin befinden, oder nicht. Hat man demnach eine bewegliche Schleusenammer, die durch irgend welche mechanische Vorrichtungen so gehoben und gesenkt werden kann, daß der Spiegel des darin befindlichen Wassers abwechselnd an das Ober- und Unterwasser sich anschliesst, so ändert das Gewicht dieser Kammer sich nicht, wenn ein beladenes oder leeres Schiff von der einen oder der andern Seite hineingebracht oder herausgezogen wird. Ein constantes Gegengewicht hält also einer solchen beweglichen Schleusenammer das Gleichgewicht, und zu ihrer jedesmaligen Bewegung, d. h. zum Heben oder Senken braucht man nicht mehr Kraft, als zur Ueberwindung der Reibung und des Trägheits-Momentes erforderlich ist.

Es liegt demnach die Idee sehr nahe, die Schleusenammer als einen besondern Kasten mit verschließbaren Zugängen an beiden Seiten darzustellen, und so aufzuhängen, daß er durch Gegengewichte in beliebiger Höhe schwebend erhalten werden kann. Die Schwierigkeiten der Ausführung sind dabei freilich sehr bedeutend, und man hat demnach die wenigen Anlagen dieser Art nur auf kleine Canal-Schleusen beschränkt. Bei dieser Einrichtung tritt gemeinhin der günstige Umstand ein, daß nicht nur der Wasserverlust beim Gebrauch dieser Schleusen ganz aufhört, selbst in dem Fall, wenn man die Betriebskraft durch ein geringes Uebergewicht der jedesmaligen Füllung aus dem Oberwasser darstellt, sondern daß sogar etwas Wasser gehoben, oder das Oberwasser aus dem Unterwasser gespeist wird. Wenn nämlich der ganze Güterverkehr, wie gewöhnlich, abwärts gerichtet ist, also die Schiffe in der Schleuse beladen herabsteigen, und leer zurückgehn, so ist die Wassermenge in der aufsteigenden Schleusenammer jedesmal um das Gewicht der Schiffsladung größer, als in der herabsinkenden, und dieser Ueberschuß wird durch die aufsteigende Kammer dem Oberwasser aus dem Unterwasser zugeführt.

Im Jahr 1792 wurde in England an einen gewissen Robert ein Patent auf Schleusen-Anlagen ertheilt, wobei die Kammer in einem von allen Seiten und auch von oben, wasserdicht verschlossenen Cylinder bestand, der in einen Brunnen versenkt wurde. Das Wasser im letztern sollte aber sich noch bedeutend über den Wasserstand der anschließenden obern Canalstrecke er-

heben, und der Cylinder mußte durch das in ihm befindliche Wasser mit Einschluss des eingefahrenen Schiffes, so wie auch durch sonstigen Ballast so beschwert sein, daß er genau soviel wog, wie das Wasser, welches er verdrängte. Er befand sich daher, so lange er vollständig eintauchte, bei jeder Tiefe im Gleichgewicht, und eine geringe Kraft genügte, um ihn zu heben oder zu senken. Dieses sollte durch eine Druckpumpe geschehn, mittelst deren die auf dem Schiff befindlichen Leute eine Quantität Wasser aus dem Brunnen dem Cylinder zuführten, oder aus diesem in jenen übertreten ließen. Wenn in dieser Weise die passende Höhe erreicht war, mußte der Cylinder wasserdicht an die Brunnenwand angeschlossen werden, um das Abfließen des Wassers aus dem Brunnen zu verhindern, und nunmehr konnte man das große Schütz ziehn unter welchem das Schiff aus dem Cylinder in die anschließende Canalstrecke oder aus dieser in jenen trat.

Wie abenteuerlich diese Erfindung auch war, so wurde sie wirklich ausgeführt. Der Ingenieur William Smith erbaute in den Jahren 1796 und 1797 auf einer Abzweigung des Sommerset-Canals bei Dunkerton ohnfern Bath eine solche Schleuse von 44 Fufs Gefälle, die für Schiffe von 70 Fufs Länge und 7 Fufs Breite bestimmt war. Im Frühjahr 1798 sollen auch, ehe der anschließende Canal noch eröffnet wurde, versuchsweise einige Schiffe herauf- und herabgelassen sein. Bald darauf stürzten aber die Mauern des Brunnens ein, und man hat seitdem weder diese Schleuse in Stand gesetzt, noch einer andern dieselbe Einrichtung gegeben.

Im Jahr 1794, wurde gleichfalls in England auf eine ähnliche Erfindung ein Patent genommen. Die Schleusen-kammer bestand dabei aber aus einem Kasten, welcher der gewöhnlichen Kammer ähnlich, mit Boden und Seitenwänden versehen und oben offen war, sie bildete jedoch nicht selbst den im Wasser versenkten und angemessen beschwerten Schwimmer, sondern stand auf diesem mittelst mehrerer Stützen von sehr geringem Querschnitt auf. Sie durfte nie das Wasser berühren und ließ sich daher wieder mit geringer Kraft heben und senken. Der Wasserstand im Schacht muß in diesem Fall angemessen tief unter dem der untern Canalstrecke gehalten werden. Nach der Mittheilung von Chapman soll eine Schleuse dieser Art auf dem Ellesmere-Canal

ausgeführt sein, Dutens*) suchte dieselbe aber vergeblich, und überzeugte sich, daß keine solche in England existirte. Sehr genau dieselbe Einrichtung ist in neuster Zeit nochmals in England patentirt worden, und zwar hat Simpson die Erfindung unter dem Namen des hydro-pneumatischen Elevators in Anspruch genommen**).

Schon im vergangenen Jahrhundert wurde von James Anderson in Edinburgh eine andre Art der Darstellung des Gegengewichts für die bewegliche Schleusenkammer angegeben, die später Brownnill in Sheffield wiederholte, die aber, wie es scheint, erst viel später am Grand-Western-Canal zur Ausführung gebracht ist. Sie unterscheidet sich von den beschriebenen Einrichtungen wesentlich dadurch, dass zwei bewegliche Kammern angebracht werden, die sich gegenseitig in allen Stellungen im Gleichgewicht halten, und von denen die eine heraufsteigt, während die andre herabsinkt, ohne daß dabei ein Eintauchen in Wasser erfolgt. Auf diese Art kann gleichzeitig ein Schiff gehoben und eins herabgelassen werden, und die Gewichte derselben sind ohne Einfluß, da jedesmal eine denselben entsprechende Wassermenge aus der Kammer entweicht, Beide anschließenden Canalstrecken müssen in zwei Arme gespalten werden, von denen jeder mit einer Schleusenkammer in Verbindung gesetzt wird. Diese Anordnung, die bereits ausgeführt und zweckmäÙig befunden ist, verdient eine nähere Beschreibung. Die folgenden Angaben sind aus den Mittheilungen des Ingenieur James Green***) entnommen.

Fig. 357 auf Taf. LI stellt die Einrichtung dieser Schleuse dar, nämlich *a* in der Ansicht von oben, *b* im Längendurchschnitt und zwar nach zwei verschiedenen Vertikal-Ebenen, so daß man die beiden beweglichen Schleusenkammern darin sieht, und *c* die Ansicht des ganzen Baues von der Seite des Unter-Canals.

Der Grand-Western-Canal, bei dessen Anlage im Jahre 1796 bereits auf die Erbauung von geneigten Ebenen und andern Mitteln zur Ueberwindung der starken Gefälle Rücksicht genommen war, verbindet zwar die Themse mit der Severn, wird aber wegen seiner

*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre.* Paris 1819. pag. 37.

**) *The Engineer and Machinist.* November 1850. pag. 259.

***) *Transactions of the Institution of Civil Engineers II.* pag. 185.

ungünstigen Lage nur zum Zwischenverkehr benutzt, und vorzugsweise werden darauf die aus nahe gelegenen Bergwerken kommenden Kohlen so wie auch Kalk transportirt. Sehr kleine Schiffe, die nur 26 Fufs lang und $6\frac{1}{2}$ Fufs breit sind und 2 Fufs 3 Zoll eintauchen, wenn sie beladen sind, befahren ihn. Die Ladung derselben beträgt 8 Tons oder 160 Centner. Die Transportkosten wurden aber sehr vertheuert, indem der Zug häufig durch Schleusen unterbrochen war, wobei jedesmal die Schiffe von einander getrennt und einzeln durchgebracht werden mußten, und das Pferd nebst dem Treiber zu warten gezwungen waren, bis das letzte Schiff des Zuges hindurchgegangen war. Dieser Umstand gab Veranlassung, eine andre Einrichtung zu wählen, wobei das ganze Gefälle von 46 Fufs Engl. oder 44 Fufs 8 Zoll Rheinländisch auf eine einzige Schleuse concentrirt wurde, und alle übrigen fortfielen. Außerdem hatte es diesem Canal, so lange die gewöhnlichen Schleusen darauf benutzt wurden, auch an Wasser gefehlt. Dieses war ein zweiter ebenso wichtiger Grund zu seiner Veränderung.

Die beiden Arme des Ober-Canals, sowie die des Unter-Canals endigen vor starken Stirnmauern, welche unter sich durch zwei Seitenmauern und einen Mittelpfeiler verbunden sind, und ein kräftiges Wehr bilden. Der Mittelpfeiler, der sich sowohl auf- als abwärts fortsetzt, trennt die beiden Canalarme auf jeder Seite auferhalb der Schleuse, und in derselben die beiden senkrechten Schachte, in denen die beweglichen Kammern auf- und abgehn. Letztere finden in diesen Schachten hinreichenden Spielraum, um sich frei bewegen zu können, auch muß der Wasserstand in diesen so tief gehalten werden, daß die Kammern dasselbe mit dem Boden nicht berühren, wenn sie auch mit dem Unter-Canal in Verbindung gesetzt werden.

Jede Kammer ist so groß, daß eins der beschriebenen Schiffe hineinfahren kann, und den nöthigen Spielraum von einigen Zollen findet. Sie besteht aus hölzernem Boden und hölzernen Wänden in den langen Seiten. Die Verbindung zwischen diesen ist durch eiserne Kniee im Innern dargestellt, während auf der äussern Seite denselben gegenüber, starke Schienen angebracht und mittelst durchgehender Bolzen mit den Knien verbunden sind. Die Fugen zwischen den Bohlen, die sämmtlich nach der Länge der Schleuse laufen, sind in gleicher Art, wie bei Schiffen durch eingetriebenes

Werg und Pech gedichtet. Die beiden kürzern Seitenwände jeder Kammer werden durch gusseiserne Rahmen gebildet, die mit den Enden der Bohlen fest verbolzt, vorzugsweise die Stellung der Seitenwände gegen den Boden sichern. In diese Rahmen sind Nuthen eingehobelt, und hierin bewegen sich die gusseisernen Schütze welche die Kammern an beiden Enden abschliessen. Vor jeder der vier Canal-Mündungen ist ein gleicher Rahmen mit einem gleichen Schütz angebracht, und sobald die Verbindung zwischen einer Schleusen-kammer und einem dieser Canäle dargestellt werden soll, so lehnt man die Rahmen aneinander und indem ein Flechtwerk von getheerten Tauen sich dazwischen befindet, so läßt sich leicht ein ziemlich wasserdichter Schluß darstellen. Wenn alsdann die beiden Schütze gezogen werden, die sich schon beinahe berühren, so stellt sich die freie Verbindung zwischen der Schleusen-kammer und dem Canale dar.

Von den oben erwähnten Eisenschienen, welche die Kammer an der äußern Seite umfassen, setzen sich drei Paare bis über die Wände fort, und greifen im Abstände von etwa 3 Fuß in die Enden von drei gusseisernen Querbalken, woran die ganze Kammer hängt. Durch die Mitte eines jeden derselben ist, wie Fig. 357 *c* zeigt, eine starke Stange gezogen, die mit einem Schraubengewinde auf metallner Mutter den Balken trägt. Mittelst dieser Muttern kann man die drei Balken gleichmäfsig belasten, und die ganze Kammer in die angemessene Höhe bringen. Die Tragstangen unterstützen auferdem noch durch je zwei Seitenketten die Enden der Balken, um das Durchbiegen oder Brechen derselben zu verhindern. Auch diese Ketten können durch Schrauben nach Bedürfnis gespannt werden.

Die Tragstangen stehn in unmittelbarer Verbindung mit den Hauptketten, welche über drei grofse Räder gezogen sind, und beide Kammern tragen. Die Ketten sind aus platten Gliedern vom vorzüglichsten Eisen zusammengesetzt, die durch kurze doppelte Zwischenglieder, wie in Uhrketten, mit einander verbunden sind. Diese Verbindung ist durch stählerne Bolzen dargestellt. Die erwähnten drei grofsen Räder aus Gufseisen sind in den Rillen, worin die Ketten laufen, mit flachen Zähnen versehen, die regelmäfsig zwischen die Verbindungs-Glieder der Kette eingreifen, und dadurch das Gleiten der letztern verhindern. Die Räder halten 16 Fuß

im Durchmesser, und das mittlere ist neben der Rille noch mit einem gezahnten Kranz versehen, in welchen an jeder Seite ein Getriebe eingreift, das theils mit zwei Bremsen, theils aber auch durch Räderwerk mit zwei Kurbeln in Verbindung steht, um, wenn es nöthig sein sollte, die Kammern auch ohne Gegengewicht bewegen zu können.

Auf den Seitenmauern, so wie auch auf den Mittelpfeilern stehn gusseiserne hohle Säulen von 9 Fufs Höhe und 1 Fufs Durchmesser. Sie tragen einen gusseisernen Rahmen, auf welchem die zweimal gekuppelte schmiedeeiserne Achse der drei Räder aufliegt. Letztere ist 10 Zoll stark und im Ganzen 22 Fufs lang. In Betreff des Mauerwerks ist noch zu erwähnen, dafs der Mittelpfeiler mit überwölbten Galerien und Treppen versehen ist, so dafs man darin zu den Schleusenammern hinabsteigen kann, wenn sie sich in der Höhe des Unter-Canals befinden. Ausserdem ist der Mittelpfeiler auch nach der Quere durch sechs grofse überwölbte Oeffnungen unterbrochen, um theils die Mauermasse etwas zu verringern, theils aber auch um die Räume zu erleuchten.

Es ist schon erwähnt worden, dafs die eisernen Rahmen an den kurzen Seiten der Schleusenammern sich an diejenigen, welche an den Enden der Canäle angebracht sind, scharf anschliessen, sobald sie dagegen geprefst werden. Die Vorrichtungen zur Darstellung dieses Drucks, sind für die Ober-Canäle nicht dieselben, wie für die Unter-Canäle. Bei jenen sind jedesmal durch den Rahmen, der einen Canal begrenzt, zwei starke eiserne Stangen gezogen, die sich horizontal zu beiden Seiten des Schachtes bis an dessen hinteres Ende fortsetzen. Hier sind sie mit Schraubengewinden versehen, welche durch einen starken gusseisernen Arm greifen, und indem die Schraubenmuttern hinter demselben durch eine Winde in Bewegung gesetzt werden, so lehnt dieser Arm sich an den hintern Rahmen der Kammer und prefst die ganze Kammer gegen den Ober-Canal, so dafs sie sich scharf an diesen anschliessen.

Neben der Sohle jedes Schachtes sind dagegen zu demselben Zweck zwei aufwärts gerichtete gusseiserne Keile angebracht, gegen welche die herabsinkende Schleusenammern mit dem hintern Rahmen sich lehnt, und dadurch von selbst an den Rahmen vor dem Canal mit hinreichendem Druck geprefst wird.

Eine wesentliche Störung des Gleichgewichts würde durch die stets wechselnde Vertheilung des Gewichts der Tragketten entstehen, woran die Schleusenammern hängen. Sobald die Bewegung nämlich beginnt, befindet sich der größte Theil dieser Tragketten auf der Seite derjenigen Kammer, welche gehoben werden soll, und es wäre daher ein bedeutender Ueberschuss an Kraft erforderlich, um die Bewegung eintreten zu lassen. Sobald letztere aber begonnen hat, würde sich sogleich das Uebergewicht der ansteigenden Kammer vermindern, in der Mitte des Weges ganz aufhören, und weiterhin auf der entgegengesetzten Seite, nämlich auf der Seite der herabsinkenden Kammer, eintreten. Diese Uebelstände sind dadurch vermieden, daß an den Boden jeder Schleusenammern noch drei Hinterketten gehängt sind, welche dem Gewichte nach mit den Trageketten übereinstimmen. Bei jeder Stellung der Ammern sind diese Ketten in Verbindung mit den Trageketten im Gleichgewicht.

Um die Bewegung der Ammern eintreten zu lassen, wird nicht sowohl das Räderwerk mittelst der beiden Kurbeln in Betrieb gesetzt, als man vielmehr jedesmal in derjenigen Kammer, die mit dem Oberwasser verbunden wird, durch geringe Ueberhöhung des Wasserstandes einiges Uebergewicht darstellt, so daß sie von selbst herabsinkt, und man die Bewegung beider Ammern allein durch die Bremse reguliren kann. Man hat gefunden, daß ein Uebergewicht von 1 Ton zu diesem Zweck schon genügt. Indem aber jede Kammer im Innern 29 Fufs lang und 7 Fufs breit ist, so stellt dieses Uebergewicht sich schon dar, wenn der Wasserstand um etwa 2 Zoll vermehrt wird. Man regulirt demnach die Tragestangen so, daß während das Niveau der einen Kammer sich an das des Unter-Canals anschließt, das Niveau der andern 2 Zoll unter dem des Ober-Canals steht. Wenn in dieser Lage die Verbindung mit dem Ober-Canal dargestellt wird, so fließt aus demselben soviel Wasser hinzu, daß das Uebergewicht von selbst eintritt.

Außer dieser Wassermenge muß man auch noch auf einigen Verlust wegen Undichtigkeit der Fugen und wegen jedesmaliger Füllung des Raums zwischen den beiden Schützen rechnen. Green schätzt denselben wieder zu 1 Ton für jede Schleusung. Alsdann

würde der ganze Bedarf, der jedesmal aus dem Oberwasser entnommen wird, 2 Tons betragen. Indem jedoch auf diesem Canal alle beladenen Schiffe herabgehn, und nur leere heraufkommen, so bringt jede aufsteigende Schleusenammer dem Ober-Canal 8 Tons Wasser mehr zu, als sie beim Herabgehn wieder zurücknimmt. Das Oberwasser wird demnach mit Rücksicht auf jene Verluste dennoch bei jeder Schleusung mit 6 Tons oder mit 180 Kubikfufs Wasser gespeist.

Noch verdient die Geschwindigkeit Erwähnung, womit die Schiffe durch diese Schleuse hindurchgeführt werden. Die Kammern nehmen, nachdem die obere gelöst ist, von selbst eine schnelle Bewegung an, die man mittelst der Bremse mäfsigen mufs. Die untere Kammer schliesst sich schon in Folge des Drucks, den jene Keile auf sie ausüben, an den Unter-Canal an, die obere mufs man dagegen mittelst der erwähnten Schrauben herandrücken. Einige Umdrehungen der Kurbel sind indessen hierzu genügend. Die Schütze der Kammer und des anstofsenden Canals werden durch besondere Windevorrichtungen gleichzeitig gefafst, und indem entsprechende Gegengewichte angebracht sind, hebt man beide sehr schnell so hoch, dafs die Schiffe darunter fortfahren können. Die ganze Dauer einer Schleusung mit allen dabei vorkommenden Vorrichtungen beschränkt sich auf 3 Minuten. In dieser Zeit wird also ein Schiff 46 Fufs hoch gehoben und ein andres eben so tief gesenkt, es ist indessen keineswegs erforderlich, dafs jedesmal zwei Schiffe sich hier begegnen vielmehr stellt die nur mit Wasser gefüllte Schleusenammer schon das nöthige Gegengewicht dar.

Nach dieser Mittheilung scheint die Einrichtung ihrem Zweck vollständig zu entsprechen, und sogar überraschende Resultate ergeben zu haben, doch ist nach den vorangehenden Aeuferungen von Green zu vermuthen, dafs grössere Vorsicht, als beim Gebrauch gewöhnlicher Schleusen, hier erforderlich ist, um den Betrieb zu sichern und leicht mögliche Unfälle zu vermeiden.

Man nennt in England die bisher beschriebenen Einrichtungen, wobei die Schleusenammern lothrecht gehoben und gesenkt werden, *Perpendicular Lift* oder lothrechten Hub, doch begreift dieser Name auch diejenigen Anstalten, wodurch nicht die ganze Schleusenammer mit dem Schiffe, sondern das Schiff allein, auch wohl nur

die Ladung desselben aus dem in der einen Canalstrecke liegenden Schiffe in dasjenige senkrecht heraufgewunden oder herabgelassen wird, welches sich in der andern Strecke befindet.

Augenscheinlich sind die Gewichte der Schiffe, und vollends die der Ladungen allein, viel geringer, als wenn man daneben noch die Schleusenkammern mit dem darin befindlichen Wasser heben und senken müßte. In dieser Beziehung dürfen also die nöthigen Vorrichtungen weniger kräftig sein. Dabei verschwindet freilich das erwähnte Gleichgewicht der auf- und absteigenden Lasten, doch ist dieser Umstand nicht von Bedeutung, in so fern auf kleinern Canälen, um welche es sich hier allein handelt, die Schiffe nur in den Thalfahrten beladen sind, während sie leer heraufgehn. Das beladene Schiff kann also schon das leere heben.

Das Bedenken in Betreff der Formveränderung des Schiffs während es beladen aus dem Wasser gehoben wird, ist gleichfalls von wenig Bedeutung, da diese Fahrzeuge wegen ihrer mäßigen Größe leicht hinreichend fest construirt werden können, sie auch immer mit flachem Boden versehen sind, der auf der passend gestalteten Tafel sicher aufsteht, wenn nicht das Schiff so gebaut ist, daß es ohne Nachtheil in Ketten gehängt werden kann.

Die verschiedenen Vorrichtungen, die zum unmittelbaren Heben der Schiffe dienen, sind zwar nicht mehr Schiffsschleusen, und gehören also eigentlich nicht in diesen Abschnitt, da ihr Zweck jedoch mit dem der letztern übereinstimmt und sie so wichtig sind, daß sie nicht übergangen werden dürfen, so schien es am passendsten, sie hier zu behandeln.

Zunächst muß von solchen Anlagen die Rede sein, wodurch nicht die Schiffe selbst, sondern deren Ladungen aus einer Canalstrecke in die andre übergeschafft werden. Nicht selten ist solches Umladen schon geboten, sobald eine Schleuse umgebaut oder wesentlich ausgebessert wird, so daß sie während längerer Zeit nicht passirt werden kann. Man bemüht sich alsdann durch Krähne und durch Einrichtung bequemer Wege das Umladen möglichst zu erleichtern, doch tritt dabei jedesmal eine wesentliche Störung des Verkehrs ein, woher man meist die neue Schleuse zur Seite der alten erbaut, so daß diese noch so lange benutzt werden kann, bis jene eröffnet wird.

Zuweilen erfolgt das Umladen auch fortwährend. So fehlte es zum Beispiel dem seit einer Reihe von Jahren bereits eingegangenen Max-Clemens Canal bei Münster an den nöthigen Zuflüssen, um die sehr große sogenannte steinerne Schleuse (§. 63) in Betrieb setzen zu können. Dieselbe wurde daher, wahrscheinlich unmittelbar nach ihrer Ausführung, im Oberhaupte durch einen Fangedamm geschlossen, und ein hier aufgestellter Krahn diente zum Ueberladen der Güter aus dem in der untern Strecke liegenden Schiff in das auf dem Oberwasser schwimmende, oder umgekehrt.

R. Fulton wollte gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts diese Aufgabe dadurch lösen, daß durch eine Winde-Vorrichtung die in einem Kasten befindlich Ladung des Schiffs nur senkrecht gehoben und herabgelassen würde. Wenn aber auch der obere Canal bis über den untern geführt wurde, also ein Schiff lothrecht über dem andern stand, so hinderte der äußere Theil des ersten dennoch die Verbindung der Winde mit dem zweiten. Eine horizontale Bewegung war daher noch nothwendig. Diese wollte Fulton einer Schleuse geben, die sich an den Ober-Canal anschloß, und die auf einer weitspurigen Eisenbahn zur Seite geschoben werden konnte. Augenscheinlich wäre es einfacher gewesen, der Ladung allein, als der mit Wasser gefüllten Schleuse diese Bewegung zu ertheilen.

Das lothrechte Anheben und Niederlassen der Schiffe, verbunden mit der erforderlichen Seitenbewegung, ist wohl nur sehr selten gewählt worden, doch hatte man es in der Gegend von Freiberg in Anwendung gebracht, woselbst vor fünfzig Jahren die mit gepochten Erzen beladenen kleinen Fahrzeuge in dieser Weise die Amalgamirwerke erreichten. Ein Canal von etwa 13 Fufs Breite zog sich im Thal der Mulde hin, und an ihn schloß sich die 35 Fufs höher belegene Canalstrecke auf dem Hochufer an. Der Ober-Canal war bis über den untern zwischen Mauern herübergeführt und am Ende durch einen wasserdichten Fangedamm abgeschlossen. Diese Mauern setzten sich in gleicher Höhe noch soweit über den Unter-Canal fort, daß die zu hebenden Böte auch hier zwischen ihnen sich befanden. Auf den Mauern ruhte eine leichte Bedachung, sowie auch eine Holzbahn, die nach älterer Art mit hölzernen Zähnen versehen war, indem man die Reibung glatter Räder zur sichern Bewegung der Wagen nicht für genügend er-

achtete. Auf der Bahn stand der Wagen mit der Winde. Ein Getriebe, das durch eine Kurbel von zwei oder vier Mann in Bewegung gesetzt wurde, griff in die Zahnräder zweier Trommeln von gleichem Durchmesser, die also übereinstimmend sich drehen. Die herabhängenden Taue waren durch Flaschenzüge von je vier Scheiben geschoren, und von den untern Blöcken gingen je zwei Ketten aus, die man in vier am Bord jedes Schiffes befindliche Ringe einhakte. Mittelst dieser Vorrichtungen wurde das Fahrzeug so hoch gehoben, daß es über den Fangedamm fortgeschoben werden konnte. Alsdann stellte man die Winde fest und setzte durch eine zweite Kurbel mittelst eines Vorgeleges eine Achse des Wagens, woran sich die mit Zähnen versehenen Räder befanden, in Bewegung, bis er über dem Unter-Canal stand, und nun wurde mittelst Bremsen das Fahrzeug herabgelassen. Die Ladung hatte jedesmal nur das Gewicht von 20 Centner.

Ohne Zweifel sind Vorrichtungen dieser Art nur bei sehr kleinen Fahrzeugen anwendbar, gröfsere müßten ähnlich, wie in solchen Schiffsschleusen, worin sie gewogen werden (§. 73), auf grofse Tafeln, die ihren ganzen Boden umfassen, gestellt werden. Es ist indessen nicht bekannt, daß man hiervon irgend wo Gebrauch gemacht hätte.

§. 77.

Geneigte Ebenen.

Wenn es darauf ankommt, ein Schiff bedeutend zu heben, oder es tief herabzulassen, so hat das Ansteigen auf geneigten Ebenen vor der senkrechten Bewegung den grofsen Vorzug, daß man das Schiff nicht aufzuhängen braucht, es vielmehr auf einen Wagen gestellt werden kann, der auf einer angemessenen Anzahl von Rädern ruht. Auf diese Weise lassen sich auch gröfsere Schiffe sicher aus einem Niveau in das andre versetzen, und bei der vollkommeneren Darstellung der Schienen und Räder haben Anlagen solcher Art in neuerer Zeit vielfach Eingang gefunden, und sich vollständig bewährt, namentlich bei grofsen Niveau-Differenzen.

Dieser Vorzug der geneigten Ebenen vor gewöhnlichen Schiffsschleusen beruht zunächst in dem geringeren Wasserver-

brauch. Selbst wenn am obern Ende eine Schleuse angebracht wird, so erfordert die Füllung derselben weniger Wasser, als wenn alle Schleusen, die zur Darstellung derselben Nivean-Differenz erforderlich wären, gefüllt werden müßten, wie dieses später (§. 81) nachgewiesen werden wird. Jenes Wasser braucht aber nicht bis zum Unter-Canal abzuziessen, man kann es vielmehr in geringer Tiefe wieder auffangen und wenn eine Dampfmaschine zum Betriebe der Ebne benutzt wird, es in den Zwischenzeiten wieder in das Oberwasser zurückführen. Wenn aber auch, wie gewöhnlich geschieht, die Schiffe durch Wasserkraft gehoben werden, und das Betriebswasser aus dem Ober-Canal entnommen wird, so ist in den meisten Fällen der Bedarf nicht bedeutend, insofern die beladenen Schiffe herab- und nur leere heraufgehn, also jene schon das nöthige Uebergewicht darstellen und die Maschine nur im Anfange und am Ende der Bewegung die volle Kraft zu entwickeln braucht.

Sodann sind auch die Anlage-Kosten geringer, und zwar bleiben sie vergleichungsweise um so mälsiger, je grösser die zu überwindende Niveau-Differenz ist, je mehr Schleusen also dabei erspart werden. Die Terrain-Verhältnisse müssen freilich die Concentrirung des Gefälles an einer Stelle gestatten, und es ist von der Anlage der geneigten Ebenen abzusehn, wenn in der Nähe der Canal-Linie der Boden sehr sanft und gleichmälsig abfällt, da gar zu lange Einschnitte oder hoch liegende Canalstrecken die Anlage- und selbst die Unterhaltungs-Kosten sehr erhöhen würden. Hierbei muß auch auf die Ersparung in Bezug auf das Schleusenwärter-Personal hingewiesen werden.

Einen höchst wichtigen Vortheil bieten endlich die geneigten Ebenen noch in Bezug auf die Beschleunigung der Fahrten. Ungefähr in derselben Zeit, in welcher ein Schiff durch eine gewöhnliche Schiffsschleuse geht, kann ein solches hier gegen 100 Fufs gehoben werden, während meist gleichzeitig ein andres auch aus dem Oberwasser in das Unterwasser herabgelassen wird.

Dieser letzte Umstand, verbunden mit dem zuerst erwähnten geringern Wasserverbrauch, der bei Benutzung der Dampfkraft sich auf ein Minimum reducirt, hat in neuerer Zeit vielfach auf die geneigten Ebenen bei Canälen die Aufmerksamkeit gelenkt.

Die ältesten und einfachsten geneigten Ebenen sind die sogenannten Rollbrücken (Overtoom) die man in den Niederlanden

nicht selten sieht. In ihrer Anordnung sind sie kleinen hölzernen Wehren sehr ähnlich. Ihre Ober- und Hinterböden steigen flach an und setzen sich bis unter das Wasser der anschließenden Canäle fort. Ihre Rücken erheben sich nur wenig über das Niveau der Ober-Canäle. Die darüber gehenden kleinen Kähne werden oft nur aus freier Hand herüberschoben, und da die Böden hierdurch bald sehr glatt werden, so ist dieses meist nicht besonders schwierig.

Vielfach befindet sich in angemessener Höhe über dem Scheitel des Wehrs eine hölzerne Welle, woran ein Tau befestigt ist, welches um das zu hebende Boot geschlungen wird. Die Welle hat an jeder Seite ein Laufrad, zuweilen auch ein Spillrad, mit deren Hülfe man den nöthigen Zug ausübt. Sobald das Boot, das gemeinhin nur mit Milch, Butter u. dgl. beladen ist, an die Rollbrücke gelangt, bringen die beiden Leute, die dasselbe führen, es in die passende Richtung und befestigen an sein hinteres Ende das um die Welle geschlungene Tau. Wenn das Boot den Scheitel erreicht hat, so kann es durch die Winde noch bis auf die abwärts geneigte Ebne gebracht werden, auf der es leicht herabgeschoben wird.

Zuweilen wird die Anlage dadurch etwas vervollkommnet, daß man auf beiden Rampen Rollen anbringt, auf welchen die Kähne hinübergezogen werden. Fig. 358 auf Taf. LI zeigt eine Rollbrücke dieser Art. *a* im Grundrifs und *b* im Längendurchschnitt. Die Rollen sind etwa 6 Fuß lang und 8 bis 9 Zoll stark, und an den Enden mit eisernen Achsen und aufgetriebenen eisernen Ringen versehen. Die Achsen laufen in hölzernen Pfannen, aus kurzen Holzstücken bestehend, und diese sind auf die Schwellen genagelt. Der Abstand der Rollen von einander beträgt etwa 3 Fuß, und sie liegen zu jeder Seite in einer Ebne, die etwa um den fünften Theil ihrer Länge gegen den Horizont geneigt ist.

Anlagen dieser Art findet man auch mehrfach in England, doch beschränken sie sich wieder nur auf den Verkehr kleiner mit flachem Boden versehener Kähne, und gemeinhin nur auf geringe Niveau-Differenzen. In den Niederlanden dagegen sind sie nicht selten gewählt worden, um Binnendeiche, die durch keine Schleuse unterbrochen werden durften, zu überschreiten, wobei also die Kähne zu gröfserer Höhe gehoben werden müssen.

Kommt es darauf an, gröfsere Canalschiffe aus einem

Niveau in das andre zu versetzen, während das zum Durchschleusen erforderliche Wasser nicht zu beschaffen ist, oder eine grössere Höhe erstiegen werden muß, so finden die geneigten Ebenen noch Anwendung, doch müssen alsdann die Fahrzeuge vollständig unterstützt und auf Wagen gestellt werden.

Die erste geneigte Ebne dieser Art in England wurde nicht auf einem für den öffentlichen Verkehr bestimmten Canal ausgeführt, sondern auf einem kleinen isolirten Canal in der Grafschaft Shropshire, der nur den Zweck hatte, die Anfuhr der Eisenerze und Kohlen aus der Gegend von Oaken-Gates nach dem Hüttenwerke bei Ketley zu erleichtern. Es handelte sich darum, einen Schiffahrtsweg darzustellen, der nur 640 Ruthen, also noch nicht ein Drittel Meile lang war, und ein Gefälle von 70 Fufs erhalten mußte. Die Erbauung gewöhnlicher Schleusen würde nicht nur die Anlage übermäfsig vertheuert, sondern auch den Uebelstand herbeigeführt haben, dafs die kleinen Schiffe einzeln von einer Schleuse zur andern hätten fahren müssen, während mehrere derselben bequem durch ein Pferd gezogen werden konnten, wenn der Weg ohne Unterbrechung zurückzulegen gewesen wäre. Dieses veranlafste William Reynolds, der dem Hüttenwerk bei Ketley vorstand, eine Canalanlage auszuführen, wobei das ganze Gefälle mittelst einer einzigen geneigten Ebne überwunden wurde. Dieselbe ist im Jahre 1788 erbaut. Sie ist aber nicht allein als die erste Anlage dieser Art von Wichtigkeit, sondern ihre ganze Anordnung ist auch so zweckmäfsig gewählt, dafs schon in dieser Beziehung eine ausführliche Beschreibung derselben sich rechtfertigen wird, wengleich mit Rücksicht auf die Fortschritte im Maschinenbau die genaue Wiederholung der Constructionen sich nicht mehr rechtfertigen würde. Die folgende Beschreibung ist vorzugsweise einem mir vorliegenden Reisejournal aus den ersten Jahren dieses Jahrhunderts entlehnt, sie ist aber in manchen Einzelheiten vervollständigt durch die Mittheilungen, die Dutens*) über die geneigten Ebenen des Shropshire-Canals macht, die zum Theil jener bei Ketley nachgebildet sind, indem beide Canäle mit einander in Verbindung stehn.

Fig. 359a zeigt den Längendurchschnitt durch den obern Theil

*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre.* Paris 1819.

der ersten geneigten Ebne. Die hier benutzten Schiffe sind sehr klein und von kastenförmiger Gestalt ohne Zuschärfung auf der einen oder der andern Seite. Sie werden, wie bereits erwähnt, unmittelbar eins an das andre befestigt, so daß sie beim Befahren einer Canalstrecke ein langes Schiff bilden. Sie sind 19 Fufs lang, nahe 6 Fufs breit und 3 Fufs hoch, und werden mit 100 Centnern beladen, wobei sie etwa 2 Fufs tief gehn. Die Wagen, auf welche sie gestellt werden, sind mit vier Rädern versehen, von denen das eine Paar $2\frac{1}{2}$, das andre dagegen nur $1\frac{1}{4}$ Fufs hoch ist. Ueber dem erstern findet außerdem noch eine Auffütterung statt, und die geneigte Ebne nimmt an beiden Enden eine flachere Neigung an, so daß das Fahrzeug, wenn es aus dem Wasser gehoben oder wieder in dieses gestellt wird, nahe horizontal steht. An den langen Seiten der Wagen befinden sich leichte Verstrebungen aus Holz, durch eiserne Zugstangen unterstützt, die theils die Seitenwände bilden, und theils auch zur Befestigung des Seils dienen, woran die Wagen heraufgezogen und herabgelassen werden. Zu diesem Zweck sind die beiderseitigen Stiele oben durch einen Riegel verbunden, wie die vordere Ansicht des Wagens Fig. 359*b* zeigt. An diesem Riegel befinden sich aufser jenem Haken zur Befestigung des Windetaues noch zwei Ketten, und jedes Schiff ist vorn und hinten mit einem Haken versehen, in welche die Ringe an den Enden der Ketten eingreifen. Soll ein Schiff in der mit dem Obercanal verbundenen Schleuse, oder im Unterwasser auf den Wagen gebracht werden, der so tief im Wasser steht, daß nur der obere Riegel und die Seitenstiele darüber vorragen, so zieht man das Schiff in dieses Portal hinein und befestigt die eine Kette an den vordern Haken des Schiffs, wodurch schon ein zu weites Vortreten des letztern nach vorn verhindert wird. Hierauf hängt man den Ring der zweiten Kette an den hintern Haken des Schiffs. Diese Operation und ebenso auch das Lösen der Ketten bietet keine Schwierigkeit, indem die Ketten, so lange das Schiff noch schwimmt, schlaff bleiben, und erst gespannt werden, sobald das Schiff sich auf den Wagen aufsetzt. Der Spielraum zwischen den erwähnten Verstrebungen und den Schiffswänden ist aber so geringe, daß beim Sinken des Wassers das Schiff sich schon von selbst mit hinreichender Genauigkeit auf den Wagen aufstellt.

Die Räder sind mit doppelten Spurkränzen versehen, umfassen

also von beiden Seiten die schmalen auf Langschwellen genagelten Schienen. Querswellen stellen in geringen Entfernungen die Verbindung der Langschwellen dar, um die parallele Lage der Schienen zu sichern. Zwei Bahnen führen in gleicher Neigung herab, indem gleichzeitig immer ein Wagen ansteigt, während ein anderer herabfährt, und beide Bahnen setzen sich so weit in die untere Canalstrecke fort, daß die beladenen Schiffe, während sie von den Wagen noch nicht gelöst sind, schon aufschwimmen. Die Wagen sind aber durch die starken Eisenbeschläge so beschwert, daß sie auch unter Wasser noch sicher auf den Schienen ruhn.

Die Bahnen sind mit Ausschluss der erwähnten kurzen Endstrecken im Verhältniß von 1 zu 2 gegen den Horizont geneigt. Sie führen aber nicht unmittelbar in den anschließenden Obercanal, sondern da sie keinen wasserfreien Scheitel haben, so wird der Uebergang durch eine Schleuse vermittelt.

Die Spurweite jedes Geleises mißt 6 Fufs, und zwischen beiden befindet sich ein 7 Fufs breiter Zwischenraum, den man zur Darstellung eines Bassins benutzt hat, in welches bei der jedesmaligen Entleerung einer Schleusenkammer deren Inhalt hineinfließt. Dieses geschieht durch Schütze, von denen man eins bei *D* sieht. Das im erwähnten Bassin aufgefangene Wasser wird durch einen in der Fundamentmauer angebrachten Canal, den man bei *G* bemerkt, seitwärts abgeleitet, und in einem zweiten größern Bassin aufgefangen. In letzteres fließt auch das Wasser, welches aus der Kammer wegen mangelhaften Schlusses hinausquillt, indem es in einem ausgemauerten Canal am obern Ende der geneigten Ebne aufgefangen wird. Beide Leitungen haben nur schwache Gefälle und sonach beträgt die Niveau-Differenz zwischen dem letzten Bassin und dem Oberwasser des Canals nur etwa 15 Fufs, und eine kleine Dampfmaschine genügt, um dieses Wasser in den Obercanal zurückzupumpen.

Jede Schleusenkammer ist so weit, daß sie so eben den Wagen aufnehmen kann. Indem die Eisenbahn sich über ihren Boden fortsetzt, fährt der Wagen jedesmal sicher aus und ein, ohne die Wände zu berühren. Den Abschluß gegen das Oberwasser bildet ein einfaches Schleusenthor, welches die geringe Oeffnung überspannt. Die Figur zeigt dasselbe geschlossen und die

Kammer entleert. Darin befindet sich ein Schütz zum Füllen der Kammer.

Ueber der geneigten Ebne wird die Kammer durch ein Schütz geschlossen, welches man geöffnet sieht. Dasselbe hängt an zwei Ketten, die zweimal um dieselbe hölzerne Welle geschlungen an den andern Enden durch ein daran gehängtes prismatisches Stück Gufseisen *C* gespannt werden, welches sonach als Gegengewicht des Schützes dient. Wenn das Schütz gehoben und das Gegengewicht herabgelassen ist, schweben beide so hoch, daß der Wagen noch darunter fortfahren kann. Das am Wagen befestigte Windetau hindert aber nicht die Bewegung des Schützes, indem dieses nur herabgelassen wird, wenn der Wagen sich in der Kammer befindet. Das Schütz ist so abgeglichen, daß es mit geringem Uebergewicht von selbst herabsinkt. An dem Ende der erwähnten Welle befindet sich eine Trommel *H*, um welche gleichfalls ein Seil geschlungen ist, welches sich um eine kleinere Trommel windet, deren Achse mit der Kurbel *F* und außerdem mit einem Sperrrade versehen ist. Mittelst dieser Kurbel wird das Schütz gehoben und gesenkt.

Jedes Windetau, woran ein Wagen heraufgezogen und herabgelassen wird, schwebt über der Mitte der Bahn und der Schleuse. Wenn es weit ausgezogen ist, so hängt es bis auf die geneigte Ebne herab, und damit es auf derselben nicht schleift, so sind längs der Bahn in Entfernungen von etwa 15 Fufs Leitrollen angebracht. Dieses Tau, mittelst einer kurzen Kette an den Riegel des Portals auf dem Wagen befestigt, ist zunächst über eine große Scheibe *L* gezogen, die keinen weitem Zweck hat, als den Wagen in die Schleuse hineinzuziehen, indem die bequeme Behandlung der ganzen Maschine ein so weites Zurückstellen der Haupttrommel nicht gestattete. Diese letzte Trommel in der Figur mit *M* bezeichnet, befindet sich über der Schleusenkammer und ist aus Holzstäben zusammengesetzt. Sie verlängert sich aber über das Zwischen-Bassin fort bis über die zweite Kammer. Die Windetaue für beide Bahnen sind um sie geschlungen und mit ihren Enden daran befestigt. Die Windungen sind aber entgegengesetzt, so daß bei Drehung der Trommel das eine Tau nachgelassen, und das andre angezogen wird. Die ausgezogene Linie zeigt das vordere Tau, die punktirte Linie dagegen das der hintern Kammer.

Wäre die Trommel sich demnach selbst überlassen, so würde bei der starken Neigung der Bahnen das beladene Schiff mit zunehmender Geschwindigkeit herablaufen, und in gleicher Art das unbeladene heraufkommen. Um die Bewegung zu mäfsigen, befindet sich auf der Mitte der Trommel 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. Auferdem dient hierzu aber auch noch die unter dem Rade angebrachte, gleichfalls mit Holz gefütterte Bremskette, die mittelst des Hebels *T* gespannt wird.

Diese verschiedenen Einrichtungen sind so angebracht, daß der Maschinenwärter, ohne weit herumgehn zu dürfen, alle einzelnen Theile in Bewegung setzen kann. Sobald der aus dem Unterkanal heraufgezogene Wagen sich in der Schleusenkammer befindet, läßt der Wärter mittelst der Kurbel *F* das Schütz herab, welches die Stelle des Unterthors versieht. Demnächst zieht der im Schiff stehende Arbeiter das Schütz des Oberthors, öffnet das Thor, sobald die Kammer gefüllt ist, mittelst des Drehbaums, löst das Schiff vom Wagen und schiebt dasselbe ins Oberwasser. Ein beladenes Schiff wird darauf hineingeführt und dieses sowohl, wie gleichzeitig auch im Unterwasser ein leeres, auf die Wagen gestellt. Eine Glocke, deren Zug bis zum Unterwasser reicht, giebt das Signal, daß auch dort Alles vorbereitet sei. Hierauf tritt der Maschinenwärter mit dem Fuß auf den Hebel *E* und öffnet dadurch das Schütz *D*, wodurch die Schleusenkammer sich entleert. Während dieses geschieht, drückt er den Hebel *P* fest an, um ein Herablaufen des Wagens, sobald derselbe durch das Schiff belastet wird, zu verhindern. Er stellt den Hebel *P* und mit ihm die Bremse fest, indem er die gezahnte eiserne Stange *Q* einhakt. Hierauf wendet er mit der Kurbel *F* das große Schütz auf, und setzt dadurch die Schleusenkammer mit der geneigten Ebene in Verbindung. Indem die Bahn, welche innerhalb der Schleuse liegt, nur wenig geneigt ist, so kommt der Wagen, nachdem die Bremse festgestellt worden, nicht früher in Bewegung, als bis diese etwas gelöst wird. Sobald aber der Wagen die Schleuse verlassen hat, muß die Bremse wieder festgestellt werden, und selbst dieses verhindert nicht, daß die Geschwindigkeit zuweilen eine bedenkliche

Größe annimmt. Alsdann tritt der Maschinenwärter auf den Hebel *B*, der den Winkelhebel *T* und durch diesen die Bremskette in Wirksamkeit setzt. Hierdurch kann die Bewegung vollständig geregelt werden. Die Zeit des Herauf- oder Herablassens eines Wagens beträgt zwischen 2 und 3 Minuten.

Der beladene Wagen verliert, sobald er in das Wasser tritt, einen Theil seines Gewichts, und wiewohl der Zug des leeren Wagens bei dessen Eintritt in die Schleuse wegen der geringern Neigung der Bahn auch etwas geringer wird, so kann der erstere doch nicht so tief herablaufen, daß das Schiff sich abhebt und aufschwimmt. Sobald man aber das nunmehr davor gespannte Pferd anziehn läßt, so schiebt es den Wagen so weit vor, daß die Berührung mit dem Schiff aufhört und das folgende leere Schiff einfahren und an demselben befestigt werden kann. Hierdurch wird zugleich der leere Wagen, wenn er nicht vollständig bis in die Kammer gekommen sein sollte, vollends hineingezogen. Zu diesem Zweck ist indessen noch eine besondere Vorrichtung angebracht. Es befindet sich nämlich an der Rolle *L* ein gezahntes Rad, und hierin greift ein doppeltes Vorgelege, das mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Mit Hülfe dieser Kurbel, und wenn zugleich einige Arbeiter das große Bremsrad an den Speichen fassen und es drehn, kann man sogar den Wagen mit dem leeren Schiffe heraufwinden, falls auch kein beladenes herabgeht. Dieser Fall kommt freilich beim gewöhnlichen Betriebe der Schifffahrt nicht vor, wohl aber wenn ein Schiff verunglückt ist, und durch ein neues ersetzt werden muß.

Man hat in gleicher Weise, wie bei der senkrechten Hebung, auch den Versuch gemacht, die Schiffe schwimmend, also zugleich mit den gefüllten Schleusenkammern, auf Wagen zu stellen, welche auf schrägen Bahnen die obere Canalstrecke mit der untern verbinden. Dieses ist beispielsweise auf dem Monkland-Canal geschehn, der sich ohnfern Glasgow an den Forth- and Clyde-Canal anschließt.

Schon bei der ersten Anlage dieses Canals, im Jahr 1839, hatte der Ingenieur Thomson wegen der vorhandenen sehr großen Niveau-Differenzen dieses System empfohlen. Die Actien-Gesellschaft entschloß sich aber Anfangs zur Erbauung gewöhnlicher Schiffsschleusen, wodurch sie den Verkehr mehr gesichert glaubte.

Die Erfahrung zeigte indessen bald, daß die Zuflüsse des Canals zur Speisung dieser Schleusen nicht genügten. Man war daher gezwungen, hiervon wieder abzugehn, worauf Thomson's Plan mit einigen Abänderungen durch Leslie zur Ausführung gebracht wurde.

Die Schiffe, welche diesen Canal befahren, haben weit größere Dimensionen, als jene, die in den beweglichen Kammern des Grand-Western-Canals auf- und absteigen. Sie sind 70 Fufs lang und 12 Fufs 8 Zoll Englisch breit. Auch das zu überwindende Gefälle war hier viel bedeutender. Es mißt nämlich nahe 93 Fufs. Die Ebne, welche den Obercanal mit dem Untercanal verbindet, ist um ein Zehnthheil ihrer Länge geneigt, und im Ganzen $83\frac{1}{2}$ Rheinländische Ruthen lang. Ihre Länge zwischen beiden Canälen mißt 960 Fufs, sie setzt sich aber noch 70 Fufs in den Untercanal fort, indem die beweglichen Schleusenammern jedesmal so tief in das Unterwasser herablaufen, bis der innere und äußere Wasserstand gleiche Höhe hat.

Obwohl Thomson ursprünglich nur eine bewegliche Schleuse einzurichten beabsichtigte, so hat Leslie doch deren zwei ausgeführt, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Hierdurch wurde die Darstellung doppelter Anschlüsse, sowohl an den Unter-, als an den Obercanal bedingt, und diese sind dadurch gebildet, daß beide Canäle sich in je zwei Arme spalten. Die beiden obern Arme schliessen sich an eine starke Futtermauer an, die zugleich die geneigte Ebne begrenzt. In der Mündung jedes Canalarms und zwar in der Oeffnung der erwähnten Mauer ist ein einfaches Schleusenthor angebracht, das um eine horizontale Achse in der Sohle gedreht werden kann, und den Canal abschließt, sobald er nicht mit der Schleusenammer verbunden ist. Zur Bewegung dieser Thore ist jedes derselben an einer Seite mit einem gezahnten Quadranten versehen, der durch eine Schraube gedreht wird.

Auf der geneigten Ebne liegen zwei Geleise von 7 Fufs Spurweite, welche die gegenüberstehenden obern und untern Canalarms mit einander verbinden, und sich bis zu der erforderlichen Tiefe in den letztern fortsetzen. Der Abstand beider Geleise von einander beträgt 18 Fufs.

Die auf Rädern ruhenden Schleusenammern bestehn ganz aus Eisen, und sind in gleicher Weise wie eiserne Schiffe aus starken Blechen und Eckeisen zusammengenietet. An beiden Enden be-

finden sich eiserne Schütze, die an Ketten gehängt und mit Gegengewichten versehen, mittels Kurbeln gehoben und herabgelassen werden. Ein hölzerner Ueberbau von etwa 6 Fufs Höhe befindet sich auf jeder Kammer. Derselbe dient theils zur Befestigung der darin befindlichen Schiffe, vorzugsweise aber wird an ihm mittelst Drahtseilen die Kammer heraufgezogen und herabgelassen.

Damit die Kammer stets die horizontale Stellung behält, muß sie an einem Ende um 7 Fufs höher über der Bahn stehn, als am andern. Dieses ist erreicht durch die verschiedene Höhe der Stützen über den Achsen, sowie der Räder selbst. Sie ruht auf zehn Achsen oder zwanzig Rädern, davon sind sechszehn 3 Fufs, zwei $2\frac{1}{4}$ und zwei $1\frac{1}{2}$ Fufs hoch. Die Räder wie auch die Schienen, worauf sie laufen, sind wie bei Eisenbahnen geformt. Das Gewicht jeder Kammer mit Unterbau und Füllung beträgt 1380 Centner.

Die Drahtseile, woran die Kammern aufgezogen und herabgelassen werden, sind 2 Zoll stark. Unter jeder Kammer sind mehrere starke eiserne Hebel in der Art angebracht, daß sie von selbst niederfallen und das Herabrollen des Wagens verhindern, sobald das Seil reißt und seine Spannung verliert.

Die aufwärts gehende Schleusenammer hat dasselbe Gewicht wie die abwärts gehende, indem man in beiden gleichen Wasserstand erhält. Hiernach ist eine äußere Kraft erforderlich, um die Bewegung hervorzubringen, sowie um die verschiedenen Reibungen zu überwinden, und um das Uebergewicht des ausgelaufenen Drahtseils auszugleichen. Zu diesem Zweck sind am obern Ende der geneigten Ebne zwei mit einander verbundene Hochdruck-Maschinen aufgestellt. Dieselben treiben eine Welle, woran sich in der Mitte zwischen beiden Geleisen oder beiden Armen des Obercanals ein Getriebe befindet. Dieses greift in ein eisernes Stirnrad von 10 Fufs Durchmesser, und letzteres setzt ein zweites eben so großes Stirnrad in Bewegung. Diese beiden Stirnräder drehn sich daher in entgegengesetzter Richtung. Jedes derselben ist mit einer großen Trommel von 16 Fufs Durchmesser und $3\frac{1}{2}$ Fufs Breite verbunden. Diese Trommeln liegen zwischen den Schienen beider Geleise, und zwar in solcher Höhe, daß sie noch etwas darüber hinaufreichen, ohne jedoch von den Wagen berührt zu werden. Die Enden der Drahtseile sind an die Trommeln befestigt, sobald

daher das eine Seil sich aufwindet, wird das andre in gleichem Maasse nachgelassen, und während der eine Wagen ansteigt, geht der andre herab.

Um ein regelmäßiges Aufwinden der Seile zu veranlassen, ist vor den Trommeln noch eine besondere Führung angebracht, wodurch die Seile bei jeder Umdrehung um 2 Zoll seitwärts geschoben werden, und sich daher regelmäßig, und ohne starke Pressung und Reibung aufrollen.

Bevor die Bewegung beginnt, steht der eine Wagen so tief im Unterwasser, daß nur der Oberbau und der obere Rand der Schleuse darüber hervorragt. Unter dem mit Gegengewichten versehenen Schütz fährt das Schiff in die Schleuse ein. Der andre Wagen dagegen ist unmittelbar an die Mauer geschoben, welche den Obercanal begrenzt, und nachdem das Schiff, das herabgehn soll, hineingebracht und das Schütz, so wie auch das Thor des Canals geschlossen ist, setzt man die Dampfmaschinen in Gang. Die Wagen nehmen nach und nach, wie das eine Seil sich weiter auszieht und das andre sich verkürzt, eine schnellere Bewegung an, so daß eine zu starke Beschleunigung gegen das Ende des Wegs durch vorsichtige Behandlung der Dampfmaschine verhindert werden muß. In fünf Minuten ist der erste Wagen bis an den Obercanal aufgestiegen, während der zweite in den Untercanal herabgelaufen ist. Ueber Letztern ist nichts zu erwähnen, aber der erstere muß so gestellt werden, daß zwischen der auf ihm ruhenden Schleusenkammer und der Stirn der Canalmauer ein möglichst wasserdichter Verschluss sich bildet. Zu diesem Zweck ist auf dem Rande der Kammer ein Flechtwerk von getheerten Tauen befestigt, der Wagen wird aber noch durch eine kräftige Winde scharf gegen die Mauer geprefst. Ein gewisser Wasserverlust ist hierbei unvermeidlich, da wenigstens der Raum zwischen dem Schütz der Kammer und dem Thor des Canals jedesmal gefüllt und entleert werden muß. Doch auch dieses Wasser läßt man nicht unbenutzt abfließen, fängt es vielmehr in einem möglichst hoch aufgestellten Bassin auf, und in der Zwischenzeit, daß die Dampfmaschine zur Bewegung der Schleusenkammern nicht benutzt wird, pumpt sie das aufgefangene Wasser wieder in den Obercanal zurück. *)

*) *The engineer and Machinist.* Juli- und August-Heft 1850.

Geneigte Ebenen, auf deren Wagen unmittelbar grössere Canal-schiffe gestellt werden, kann man nach zwei wesentlich verschiedenen Systemen anordnen. Die Ebenen setzen sich nämlich entweder mit constantem Gefälle von dem Untercanal bis zu dem Obercanal fort, wobei sie aber nicht unmittelbar in den letztern, sondern in eine mit diesem verbundene Schleusen-kammer eintreten, die abwechselnd mit Wasser gefüllt und geleert wird, — oder zwischen beiden Canälen befindet sich ein erhöhter Rücken, der von den Wagen mit den Schiffen übersteigen werden muß.

Die letzte Anordnung gewährt den wesentlichen Vortheil, daß jeder Wasserverlust zum Füllen der Schleuse aus dem Obercanal vermieden, außerdem auch die Schleuse entbehrt wird, deren Benutzung überdies einige Zeit in Anspruch nimmt. Dagegen tritt hierbei der Uebelstand ein, daß der Wagen, der das Schiff trägt, insofern er den Scheitel übersteigen muß, nothwendig nur auf zwei Achsen ruhen darf. Wenn jede derselben auch wie bei achtradrigen Eisenbahnwagen auf einem besondern vier-radrigen Gestell liegt, das wieder von zwei Achsen getragen wird, so lassen sich dabei dennoch nicht mehr als acht Räder anbringen, die eben so wie die Schienen, auf welchen sie laufen, zu sehr in Anspruch genommen würden, wenn man die größten beladenen Flufsschiffe darauf stellen wollte. Bei der gleichmäßigen Neigung der Bahnen im ersten Fall hindert dagegen nichts, die Last auf eine beliebige Anzahl von Achsen und Rädern unter dem Wagen zu vertheilen. Hiernach darf, wie die bisherigen Erfahrungen dieses bestätigen, die geneigte Ebene mit dem Scheitel nur gewählt werden, wenn das Gewicht der Schiffe und ihrer Ladungen eine gewisse Grenze nicht übersteigt.

Es fehlt freilich nicht an Vorschlägen, mit Wagen von beliebiger Anzahl der Räder die Scheitel zu passiren, doch sind solche, soviel bekannt, bisher noch nie versucht, auch dürften dabei manche wesentliche Uebelstände nicht zu umgehen sein. Hieher gehört zunächst der Vorschlag, die Schiffe, während sie nach der Quere gestellt sind, die Ebenen passiren zu lassen. In diesem Fall würden aber für jeden Wagen nicht zwei Schienenstränge genügen, sondern die Anzahl derselben müßte dem Gewicht und der Länge des Schiffs entsprechend vermehrt werden. Die Anlage würde also bedeutend kostbarer, und dieses um so mehr, als auch

die Ebne eine viel gröfsere Breite erhalten müfste. Ein andrer Uebelstand wäre, dafs bei der grofsen Breite und geringen Länge des Wagens eine einfache Zugkette kaum genügen dürfte, um eine schräge Stellung und sonach das Entgleisen des Wagens zu verhindern. Wollte man nun vollends, wie doch jedesmal geschieht, einen Wagen herablassen, während gleichzeitig ein zweiter ansteigt, so müfste die geneigte Ebne, die doch immer künstlich angeschüttet oder durch Abgrabung dargestellt wird, eine übermäfsige Breite erhalten.

Ein andrer Vorschlag geht dahin, das Schiff in seiner Längen-Richtung bei constantem Gefälle bis zu solcher Höhe über den Obercanal ansteigen zu lassen, dafs es auf einem zweiten, von hier seitwärts abgehenden Geleise wieder bei demselben Gefälle in ein Bassin herabgelassen werden kann, das mit dem Obercanal in Verbindung steht. Zur Ueberführung in das zweite Geleise müfste entweder eine Drehscheibe oder eine Weiche angewendet werden. Die Vertheilung der Last auf eine beliebig grofse Anzahl von Rädern wäre dabei freilich zulässig, insofern der Wagen auf dem einen, wie auf dem andern Geleise, mit Einschlufs der Drehscheibe und der Weiche stets dasselbe Gefälle verfolgt. Es bleibt indessen sehr fraglich, ob die Drehscheibe, welche ein grofses beladnes Flufsschiff trägt und dabei nicht horizontal steht, sondern stark geneigt ist, überhaupt bewegt werden kann, oder aber ob die zahlreichen, hinter einander laufenden Räder dem starken Seitendruck beim Passiren der Weiche widerstehn und nicht eine so starke Reibung erfahren werden, dafs die Bewegung dadurch verhindert wird. Jedenfalls müfsten die Curven der Weiche möglichst flach gewählt werden, da aber ihre Neigung dieselbe, wie in der geraden Strecke sein soll, so würde das Schiff weit über das Niveau des Obercanals gehoben werden müssen. Hierzu kommt endlich noch, dafs von der wesentlichen Erleichterung des Verkehrs durch gleichzeitige Beförderung zweier Schiffe, von denen eines zu Berg und das andre zu Thal geht, ganz abgesehen werden mufs. Letzteres wäre nothwendig, weil bei einer festen Verbindung der beiden Wagen mit einander der untre, nachdem er bereits unter Wasser steht, wieder eine kurze Strecke hinausgehn würde, oder das gleichzeitige Einstellen und Ausfahren beider Schiffe in und aus dem Wagen unmöglich bliebe.

Bei langen Schiffen, namentlich wenn sie beladen sind und nur wenig freie Bordhöhe haben, ist es nothwendig, sie ohne Aenderung ihrer Neigung, also horizontal aus dem Wasser zu heben, und sie ebenso auch später wieder eintauchen zu lassen. Dieses ist leicht zu erreichen, wenn die geneigte Ebne keinen Scheitel hat, also mit constanter Neigung bis in jene Schleuse ansteigt. Auch wenn ein Scheitel vorhanden ist, oder die Ebne von diesem nach beiden Seiten abfällt, läßt sich die Bedingung erfüllen, insofern die vordern und hintern Räder auf verschiedenen Schienen laufen. Man könnte sogar, wie Fig. 363 auf Taf. LII zeigt, das Schiff, ohne dafs es seine Neigung ändert, von dem Oberwasser bis zum Unterwasser führen, doch ist diese Vorsicht entbehrlich, da die schräge Stellung ohne Nachtheil ist, sobald das Schiff sich über Wasser befindet. Es genügt daher, nur an den beiden untern Enden der Bahn die Nebenschienen anzubringen, auf welche die vordern oder hintern Räder sich aufstellen, um die horizontale Richtung dem Schiffe zu geben. In welcher Weise dieses geschieht, wird im Folgenden gezeigt werden. Wenn aber der Wagen auf mehr, als auf zwei Hauptachsen, also auf mehr als acht Rädern hinter einander ruht, so genügt nicht mehr ein zweiter Strang, sondern die Anzahl derselben muß derjenigen der Hauptachsen gleich sein, und dieses wäre ein neuer Grund, bei geneigten Ebenen, die von grofsen Schiffen befahren werden, keinen Scheitel, vielmehr am obern Ende jene Schleuse anzubringen. Alsdann wird das constante Gefälle auf dem ganzen Wege erhalten, und man bedarf nur eines einzelnen Geleises.

Zunächst mag eine geneigte Ebne dieser letzten Art, die also nicht über den Spiegel des Ober-Canals ansteigt, beschrieben werden. Sie befindet sich auf dem Morris-Canal in den vereinigten Staaten Nord-America's. Dieser Canal dient vorzugsweise zum Transport der Anthracit-Kohlen, die den Lehigh-Flufs herabkommen. Der Lehigh ist mittelst 29 Schleusen schiffbar gemacht und wird von ziemlich grofsen Schiffen befahren. Bei Easton mündet er in den Delaware, und wenn letzterer auch weiter aufwärts mit dem Hudson in schiffbarer Verbindung steht, so war dieser Umweg doch zu bedeutend, als dafs die Kohlen auf demselben, und zwar etwa 15 deutsche Meilen stromaufwärts, noch mit Vortheil nach New-York gebracht werden konnten. Dieser Umstand gab

zur Erbauung des in Rede stehenden Canals in den Jahren 1825 bis 1831 Veranlassung. Er mündete ursprünglich nicht New-York gegenüber in den Hudson, sondern weiter südwärts, man hat ihn aber später bis Jersey-City verlängert. In den Delaware mündet er bei Philippsborg, Easton gegenüber. Von hier aus steigt er 739 Rheinl. Fufs bis zur Wasserscheide, und fällt auf der andern Seite 888 Fufs herab. Sein ganzes Gefälle beträgt daher 1627 Fufs. Davon werden 1399 Fufs durch drei und zwanzig geneigte Ebenen und 228 Fufs durch fünf und zwanzig gewöhnliche Schiffsschleusen aufgehoben. Seine Länge mißt nahe 22 deutsche Meilen und er wird gespeist durch den Hopatcong-See, der bei einer Ausdehnung von nahe 2 deutschen Quadratmeilen hinreichende Zuflüsse zu haben schien, so daß die Rücksicht auf Beschränkung des Wasserbedarfs nicht Veranlassung zur Wahl der geneigten Ebenen war.

Die geneigten Ebenen sind verschiedenartig eingerichtet, indem sie zum Theil nur einfache, theils aber und namentlich bei größserer Ausdehnung doppelte Geleise haben. Ihre Höhen wechseln zwischen 35 und 97 Fufs. Dagegen stimmen ihre relativen Gefälle ziemlich nahe überein, und betragen bei allen nicht über ein Zehntel und nicht unter ein Zwölftel der Länge. Die Verschiedenheit in ihrer Aeordnung ist in neuerer Zeit beim Umbau derselben noch größser geworden.

Chevalier*) beschreibt die mit zwei Geleisen versehene Ebne bei Philippsburg, wie er sie 1835 sah. Sie ist die größte von allen, indem ihre Höhe 97 Fufs beträgt. Ihre Länge mißt 89 Ruthen, sie ist daher nahe mit 11facher Anlage geneigt. Fig. 360 *a* zeigt den obern Theil derselben mit den beiden Schleusenkammern, welche sie mit dem Obercanal verbinden. Die eine der Kammern ist leer, und die andre gefüllt gezeichnet. In Fig. 360 *b* sieht man den Längendurchschnitt der ersten und in *c* den der zweiten Schleuse. Endlich stellt Fig. 361 in *a* und *b* noch das untre Ende der Ebne und einen Wagen dar, dessen vordere Ansicht Fig. 361 *c* gezeichnet ist.

Die Schiffe, welche den Canal befahren, haben nur mäfsige Dimensionen, ursprünglich trugen sie nicht mehr als 500 Centner,

*) *Histoire et description des voies de communication aux Etats-Unis.* Tome II, pag. 476.

später hat man durch Erweiterung der Schleusen ihre Ladungsfähigkeit auf 700 Centner gebracht, und wie es scheint, ist man in neuester Zeit damit noch weiter gegangen. Nach Chevalier sind die Schleusen $10\frac{1}{2}$ Fufs weit, im Ganzen 76 Fufs lang, die Schiffe dagegen 10 Fufs breit und 60 Fufs lang. Indem diese beim Befahren der geneigten Ebenen auf Wagen stehn, und letztere bis in die Schleusen kommen, so müssen die Unterhäupter und Kammern derselben angemessen erweitert sein. Die Wagen haben acht Räder von gleicher Höhe, wie achtradrige Eisenbahnwagen. Je zwei Achsen liegen ziemlich nahe zusammen und sind durch ein besonderes Gestell oder einen Schemel verbunden, der in seiner Mitte die Hauptachse und auf dieser den Rahmen trägt, worauf das Schiff gestellt wird. Man erreicht hierdurch den Vortheil, dafs die Last sich auf beide Achsen jedes Schemels, oder auf dessen vier Räder gleichmäfsig vertheilt. Der Rahmen, aus mehreren starken Langschwelen bestehend, ist, wie Fig. 361 zeigt, auf jeder Seite mit einem Hängewerk versehen. Auf die Unterstützungspunkte über den Schemeln sind vier Säulen gestellt, welche die Streben der Hängewerke tragen. Die Hängesäulen der letztern unterstützen die Mitte des Rahmens, und von den äufsern Enden der beiderseitigen Wände reichen noch eiserne Zugstangen herab. Endlich verbinden drei Riegel die beiderseitigen Hängewände, und diese sind so hoch gelegt, dafs die Schiffe darunter fortfahren können, während sie auf die Wagen gestellt, oder davon entfernt werden.

In der Mitte des Bodens jeder Schleuse befindet sich eine Bohle *A*, hieran sind die beiden Enden einer langen Kette befestigt, die über drei eiserne Rollen läuft, von denen eine *G* zwischen beiden Schleusen liegt, und die beiden andern an den abwärts gekehrten Enden der Wagen sich befinden. Sobald die Kette beim Herabgehn eines Wagens über ein Geleise sich hinzieht, legt sie sich auf Leitrollen auf. Die Figuren 360 und 361 zeigen diese Kette. Die Bewegung wird derselben ertheilt durch die Treibrolle *G*. Diese hat eine schräge Lage, hält 8 Fufs im Durchmesser und befindet sich unter den beiden Schleusenböden. Ein gezahntes konisches Rad ist daran angegossen, und dieses wird durch mehrere Verbindungsräder von dem grofsen Wasserrade *B* in Bewegung gesetzt. Letzteres ist halbschlächting und wird vom Wasser des Obercanals getrieben. Die Verbindung mit der Treibrolle ist aber in

der Art eingerichtet, daß zwei konische Räder an einer gemeinschaftlichen Achse in das erste konische Rad eingestellt werden können. Auf diese Art ist die Treibrolle beliebig in einer oder der andern Richtung zu bewegen, obwohl das Wasserrad stets in demselben Sinne sich dreht.

Der Raum, worin das Räderwerk sich befindet, darf nicht in freier Verbindung mit den Schleusenammern stehn, weil sonst der Wasserverlust beim jedesmaligen Füllen einer Schleuse zu groß wäre. Chevalier äußert sich nicht über die hier vorgesehene Dichtung, die wahrscheinlich durch Stopfbüchsen bewirkt war, durch welche auch die Kette beim Durchgange durch den Boden lief. Die Kette hatte die Stärke von $8\frac{1}{2}$ Linien, und man muß annehmen, daß sie aus besonders geformten Gliedern bestand, die von der Rolle *G* sicher gefaßt wurden.

Die Schleusen, aus Holz erbaut, liegen unmittelbar neben einander. Ihre Unterthore bestehn aus einzelnen Flügeln, die sich um horizontale Achsen drehn. Wenn sie geschlossen sind, stehn sie, wie Fig. 360 *c* zeigt, nicht senkrecht, sondern hängen nach der Kammer über, indem die Falze in den Seitenwänden, wogegen sie anschlagen, diese Richtung haben. Dabei bedarf es keiner besondern Vorrichtung, um sie zu öffnen, vielmehr schlagen sie von selbst herab, sobald der Wasserstand in der Kammer sich senkt. Sie legen sich indessen nicht ganz auf den Boden und indem sie auf der Rückseite mit Schienen versehen sind, so schliessen sich diese an die beiderseitigen Geleise an. An den obern Seiten werden die Schleusen durch Schütze geschlossen, die aber, wenn sie geöffnet werden sollen, sich nicht heben, sondern senken, damit die Schiffe darüber fortgehn können. Jedes dieser Schütze ist an der der Kammer zugekehrten Seite mit zwei eisernen gezahnten Stangen versehen, und in diese greifen zwei Getriebe an einer gemeinschaftlichen Achse. Diese Getriebe werden durch ein zweites, kleineres Wasserrad *D* in Bewegung gesetzt (Fig. 360 *a*). Indem aber beide Schütze ganz unabhängig von einander bewegt, und zwar theils gehoben, theils gesenkt werden müssen, so genügte hier nicht die beim andern Wasserrade gewählte Einrichtung, vielmehr mußte das kleinere Wasserrad in entgegengesetzten Richtungen gedreht werden können. Es besteht daher aus zwei mit einander verbun-

denen oberflächlichen Rädern, deren Zellen entgegengesetzt gestellt sind.

An den untern Enden der Kammerböden befindet sich jedesmal eine große Oeffnung, die zu einem darunter befindlichen Canal führt. Letzterer verbindet sich mit dem Untergraben der beiden Wasserräder und ergießt sich mit starkem Gefälle in den Unter canal, oder wird, wenn dieser einer solchen Speisung nicht bedarf, anderweitig abgeführt. Jene Oeffnungen im Kammerboden werden durch horizontale Schütze geschlossen, und die damit verbundenen Zugstangen, die flach auf den Schleusenböden liegen, sind an hochkantig gestellte Bohlen *E* befestigt. Außerdem greifen hier die Ketten *F* ein, welche um jene bereits erwähnten Achsen geschlungen sind, durch welche die großen Schütze gezogen werden, die den Verschluss der Oberhäupter bilden. Diese Ketten sind so abgeglichen, daß sobald die Schütze beinahe den höchsten Stand erreicht haben, also die Verbindung mit dem Oberwasser aufhört, sie alsdann das horizontale Schütz am Boden der Schleuse zurückziehn.

Die Kammer sei leer, das Schütz sei gehoben, bilde daher den Abschluss gegen das Oberwasser, während das Unterthor geöffnet und unter demselben die Oeffnung frei ist, durch welche die Kammer sich entleert hat. Die sämtlichen Theile befinden sich alsdann in derjenigen Stellung, welche Fig. 360 *b* zeigt, und die Kammer ist zur Aufnahme des Wagens bereit. Derselbe fährt über das herabgeschlagene Unterthor von der geneigten Ebne in sie hinein, und nachdem dieses geschehn, setzt der Wärter das kleinere Wasserrad in der Art in Bewegung, daß die Getriebe *C* die gezahnten Stangen am Schütz und mit dieser das Schütz selbst herabdrücken. Die um die Achse des Getriebes geschlungene Kette wird dabei abgewunden, wodurch jedoch der Schieber am Boden der Schleusenkammer, der das horizontale Schütz bewegt, noch nicht zurückgestoßen wird. Dagegen fängt das Oberwasser bald an, über das Schütz sich in die Schleusenkammer zu ergießen, und indem es auf dem stark geneigten Boden derselben hinströmt (dessen Neigung bedeutend steiler, als die der Bahn ist, wie Fig. 361 *c* zeigt), so stößt es theils gegen die hochkantige Bohle *E*, welche mit dem Schieber verbunden ist, theils aber bedeckt es auch den Boden, indem die Oeffnung nicht groß genug ist, den immer stärkern Zu-

flufs abzuführen. Hierdurch vermindert sich das Gewicht des Schiebers, und indem es durch das umgebende Wasser bald ganz aufgehoben wird, so verschwindet auch die Reibung, die den Schieber Anfangs verhinderte, dem Stofs des Wassers zu folgen. Der Schieber kommt daher plötzlich in Bewegung und schließt die Oeffnung. Das Wasser, welches noch der Oeffnung zuströmt, übt, indem der Ausweg plötzlich geschlossen ist, rings umher einen starken Seitendruck aus, und stößt das Unterthor auf. Wie dasselbe sich hebt, sammelt das Wasser davor sich noch stärker an, und drängt das Thor soweit zurück, daß das Unterhaupt vollständig geschlossen wird.

Alle beweglichen Theile der Kammer befinden sich alsdann in der Stellung, welche Fig. 360 *c* zeigt. Das Schiff, welches aber bisher auf dem Wagen stand, wird durch das steigende Wasser abgehoben, und indem es frei über dem Wagen schwimmt, kann es sogleich in das Oberwasser gezogen, und durch ein andres ersetzt werden.

Sobald dieses geschehn ist, setzt der Wärter wieder das Wasserrad *D* in Bewegung, indem er aber jetzt das zweite Schütz vor dem Rade öffnet, und das Wasser in den andern Zellenkranz des Rades einströmen läßt, so wird das Getriebe *C* in entgegengesetzter Richtung gedreht, also das Schütz vor der Schleusenkammer gehoben. Anfangs wird hierdurch keine weitere Aenderung in der Stellung der beweglichen Theile, oder des Wasserstandes in der Kammer veranlaßt. Sobald aber das Schütz das Niveau des Ober-Canales beinahe erreicht hat, so wird durch das Getriebe *C* die Kette *F* angezogen, und indem der Schieber am Boden der Schleusenkammer zurückweicht, wird die Abflufs-Oeffnung frei, und nunmehr entleert sich die Kammer. Dadurch verliert das Unterthor seine Unterstüzung und fällt flach nieder, wodurch die Eisenbahn in der Kammer mit der auf der geneigten Ebene in Verbindung gesetzt wird. Der Wagen, auf welchen das Schiff sich bereits aufgestellt hat, kann alsdann herabgelassen werden.

Diese Anordnung entspricht wahrscheinlich den dortigen Bedürfnissen, welche eine rasche Förderung der Schiffe, und zugleich die möglichste Ersparung an Menschenkraft fordern. Nichts desto weniger dürfte doch immer ein starker Wasserverlust bei jedem

Durchgange eines Schiffes eintreten, auch erwähnt Chevalier, daß vielfache Beschädigungen der Anlage vorkommen.

Ueber die Bewegung der Wagen auf den geneigten Ebenen muß noch Einiges hinzugesetzt werden. Wenn ein beladenes Schiff die Ebne herabfährt, so bildet dasselbe bei der starken Neigung der letztern ohne Zweifel schon hinreichendes Uebergewicht, um den andern Wagen mit einem leeren Schiffe hinaufzuziehn. Dieser Fall kommt indessen nur bei den zwölf geneigten Ebenen auf dem östlichen Abhange vor, wogegen auf den elf Ebenen des westlichen Abhanges stets die beladenen Schiffe aus dem Thal des Delaware hinansteigen, und die leeren herabgehn. Es muß daher in diesem Fall nothwendig eine äußere Kraft angewendet werden, um die erstern heraufzuwinden. Dieses geschieht mittelst des großen halb-schlächtigen Wasserrades *B*, welches die Treibrolle unter den Schleusenkammern sowohl rechts, als links dreht, je nachdem man das eine, oder das andre der beiden an der gemeinschaftlichen Achse befindlichen conischen Getriebe in das conische Rad an der Treibrolle eingreifen läßt.

Gegen das Ende der Bewegung tritt der herabgehende Wagen und mit ihm das darauf stehende Schiff in das Unterwasser, und dadurch wird sein Uebergewicht aufgehoben. Andererseits ist die Neigung der Bahn in der Schleusenkammer noch geringer, als die der Ebne, daher bedarf es nur eines schwächern Zuges, um den ansteigenden Wagen vollends an das Ende des Schienenstranges zu ziehn. Jedenfalls bietet das Wasserrad hierzu Gelegenheit. Anders verhält es sich dagegen mit dem herabgehenden Wagen. Soweit der ganze Apparat bisher beschrieben, ist derselbe nicht geeignet, diesen Wagen bis zu solcher Tiefe in das Wasser herabzuziehn, daß das darauf stehende Schiff gehoben würde, und leicht fortgezogen werden könnte. Bei dem größern Gewichte der Wagen und der Schiffe ist es auch nicht leicht, durch eine andre Kraft, wie etwa durch ein Pferd den Wagen noch weiter ziehn zu lassen, nachdem er bereits vollständig zur Ruhe gekommen ist. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes ist eine Vorrichtung gewählt, die bereits Fulton im Jahre 1796 angegeben hatte. Man verbindet nämlich die beiden Wagen noch durch ein zweites Seil oder eine zweite Kette, die über eine Rolle am Fufs der geneigten Ebne geschlungen ist. Alsdann zieht der heraufsteigende Wagen mittelst

dieser Kette den herabgehenden tiefer in das Wasser hinein, wenn das Gewicht des letztern auch schon beinahe vollständig durch den Druck des Wassers aufgehoben ist, und zur Ueberwindung der Reibung nicht mehr genügt.

Chevalier erwähnt, daß diese zweite oder die Hinterkette bedeutend schwächer, und nur aus halbzölligen Stäben geschmiedet ist. Sie ist aber nicht in der Mittellinie der Wagen, vielmehr an der einen Seitenwand befestigt, und zwar an derjenigen, welche dem andern Geleise zugekehrt ist. In Fig. 361 bemerkt man diese Kette nebst der Rolle, um welche sie geschlungen, und der Rüstung welche letztere trägt. Die Befestigung der Kette zur Seite des Wagens ist augenscheinlich nur gewählt, um die Rolle nebst der zugehörigen Rüstung, nicht vor die Wagen treten zu lassen, wodurch das Aus- und Einfahren der Schiffe behindert wäre.

Chevalier theilt in Betreff der Dauer des Ueberganges eines Schiffes noch mit, daß einschließlichs des Befestigens und Lösens desselben an den Wagen, bei einer geneigten Ebne, deren Gefälle 77 Fufs betrug, an einem Tage siebenundneunzig solche Uebergänge stattgefunden haben, und noch mehr Schiffe hätten befördert werden können, wenn solche davor gelegen hätten.

Bald nach Beendigung des Morris-Canals sollten im Staat New-York Canäle am Genesee und Black-River erbaut werden, und es entstand die Frage, ob man dabei geneigte Ebenen oder gewöhnliche Schleusen wählen sollte. Es wurde daher 1836 eine Commission nach dem ersten Canal geschickt, um über den Betrieb auf den geneigten Ebenen sich gutachtlich zu äußern. In dem darüber erstatteten Bericht wurde zuerst auf die wesentliche Verschiedenheit zwischen dem Morris-Canal und den in Aussicht stehenden hingewiesen. Jener hatte viel geringere Tiefe und Breite und die Schiffe luden auf ihm nur halb so viel, als sie hier laden sollten. Die dort gewählte Ladungsfähigkeit sei aber die äußerste Grenze für Schiffe, die ohne Beschädigung aus dem Wasser gehoben werden könnten, namentlich wenn die Güter sich nicht in sich selbst fest ablagern, wie Kohlen, und vielmehr auf die Seitenwände einen erheblichen Druck ausüben. Ein solcher würde die feste Verbindung eines Schiffes beeinträchtigen, sobald der Gegendruck des Wassers aufhört. Die Commission sprach sich daher für gewöhnliche Schleusen aus, obwohl sie unter Umständen die geneigten Ebenen

als sehr vortheilhaft für den Verkehr und zur Erreichung wohlfeilerer Frachten dienlich erklärte.

Die geneigten Ebenen des Morris-Canals haben indessen seit jener Zeit wesentliche Veränderungen erfahren, wodurch manche Uebelstände beseitigt sind, und der Betrieb grössere Sicherheit erreicht hat. Die Verbesserungen mögen hier nur kurz angedeutet werden.

Die wichtigste Aenderung bezog sich wohl darauf, dafs in allen grössern Ebenen, die Kammerschleuse im Anschlufs an die obere Strecke beseitigt und dafür ein Scheitel eingeführt wurde, von welchem aus geneigte Ebenen bis unter die beiderseitigen Canalstrecken herabgeführt sind. Sodann vertauschte man die Ketten mit Drahtseilen, und diese wurden durch Trommeln angezogen, um welche sie mehrfach umgeschlungen waren, um nicht darüber zu gleiten. Zur Bewegung der Trommeln diente wieder das Wasser, und um dieses möglichst vortheilhaft zu benutzen, mußte das ganze Gefälle vom Ober- bis zum Unter-Canal verwendet werden. Die Maschine konnte sonach nicht über den Scheitel gestellt, sondern mußte an eine tiefe Stelle verlegt werden, wo das verwendete Betriebswasser freien Abflufs fand, während es in hohen Gerinnen zugeführt wurde. Die Gefälle waren meist zu grofs, als dafs man noch Mühlräder anwenden konnte, man wählte daher andre und vorzugsweise Reactions- oder Segner'sche Maschinen.

Die Drahtseile waren an die stromabwärts gekehrten Seiten der Wagen befestigt. An den andern Seiten derselben setzten sie sich aber fort und waren hier über eine in der Sohle des obern Canals versenkte Scheibe geführt. Fig. 362 zeigt diese Anordnung, *a* im Grundrifs und *b* im Längenprofil. Nach der durch die Maschine gedrehten Trommel *A* werden die Seile über zwei Leitrollen geführt, doch sind wenn die Maschine etwa bei *C* aufgestellt werden muß, drei solche erforderlich, wie die punktirtten Linien ergeben.

Indem ein wasserfreier Scheitel eingeführt wurde, von welchem aus die geneigten Ebenen nach beiden Seiten abfielen, so neigte sich auch der Wagen, wenn er auf demselben Geleise blieb, bald nach vorn und bald nach hinten. Indem die Bahnen an beiden Enden sehr flache Neigungen erhielten, liefs sich zwar das Eintauchen der Schiffsboote vermeiden, aber die Ladungsfähigkeit wurde hier-

durch dennoch beschränkt, oder man mußte die Seitenwände am Vorder- und Hintertheil höher ansteigen lassen, als ohne dieses nöthig gewesen wäre, und die Schiffe wären hierdurch wieder zum Nachtheil ihrer Tragfähigkeit ansehnlich beschwert worden. Man wählte daher doppelte Geleise, von denen das eine soweit über das andre vortrat, als das Gefälle zwischen den vordern und hintern Rädern des Wagens betrug. Es mußten alsdann aber auch Räder mit je zwei Reifen benutzt werden, von denen die zweiten in der Nähe der Canäle auf andere und zwar auf höhere Schienen traten.

Geneigte Ebenen, die mit Scheiteln versehen sind, also nach beiden Seiten abfallen, kamen in England schon am Ende des vorigen Jahrhunderts am Shropshire-Canal zur Ausführung. Dieser Canal beginnt ohnfern Oaken-Gates im Kirchspiel Lilliskall und mündet in die Severn bei Coals-Port unterhalb Coalbrook-Dale. Er ist etwa 1,6 deutsche Meilen lang und fällt 395 Rheinl. Fufs herab. Drei geneigte Ebenen, von denen die eine bei Hay 201 Fufs hoch ist, vermitteln dieses Gefälle. Sie sind sämmtlich mit je zwei Geleisen versehen, so daß auf ihnen immer gleichzeitig ein beladenes Schiff herab- und ein leeres heraufgeht. Die ganze Anordnung der Geleise, Wagen und Betriebsmaschinen ist denjenigen ähnlich, die den Verkehr nach dem in der Nähe belegenen Hüttenwerk Ketley vermitteln, und die oben beschrieben sind (Fig. 359). Hier hat man aber um den Wasserverlust zu vermeiden, und um zugleich den Bau der Schleuse zu umgehen, wehrartige Rücken angebracht, die sich bis über das Oberwasser erheben, wobei die Bahnen sich über den Scheitel nach der andern Seite und zwar mit entgegengesetztem Gefälle fortsetzen.

Die Maschine ist ziemlich dieselbe geblieben, nur sind die Leitrollen *L* (Fig. 359 *a*) bedeutend von der Trommel *M* und dem Bremsrade entfernt, und zwischen beiden befindet sich der Scheitel oder Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebenen zusammenstoßen. Auf diese Weise kann das Tau den Wagen bis über den Rücken hinüberziehn. Soll der Wagen aber umgekehrt vom Oberwasser aus auf den Rücken gezogen werden, so geschieht dieses mittelst eines andern Taus, welches unmittelbar mit der Trommel ihn verbindet. Bei dieser Anordnung bildet die Ladung des herabgehenden Schiffes keineswegs fortwährend ein genügendes Ueber-

gewicht, wodurch beide Wagen in Bewegung gesetzt werden. Anfangs müssen nämlich beide Wagen ansteigen, bis der beladene über den Rücken herüber gezogen ist. Hierzu ist eine äußere Kraft erforderlich, und diese wird von der Dampfmaschine ausgeübt, die in den Zwischenzeiten die obere Canalhaltung mit Wasser versorgt, beim Beginn der Ueberführung von Schiffen aber die Trommel *M* in einer oder der andern Richtung dreht, bis das Uebergewicht sich darstellt, und alsdann das Bremsrad zur Fortsetzung der Bewegung genügt.

Der Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebenen zusammenstoßen, liegt 1 Fuß über dem Oberwasser, daher die diesem zugekehrte Ebene nur eine geringe Ausdehnung hat. Nichts desto weniger würde der Wagen, indem er sich auf derselben befindet, eine sehr starke Neigung gegen den Horizont annehmen, wobei die Schiffe, während sie aus dem Wasser gehoben, oder in dasselbe herabgeführt werden, leicht schöpfen und wenn sie beladen sind, versinken könnten. Um dieses zu verhindern, hat man diejenige Achse des Wagens, woran die beiden niedrigen Räder sich befinden, seitwärts verlängert, und darauf noch zwei andre Räder aufgesetzt, die während der Fahrt auf der längern Ebne frei schweben, und keine Schienen berühren. Sobald der Wagen dagegen auf die kürzere geneigte Ebne kommt, so stellen sich diese äußern Räder auf ein zweites Geleise auf, das höher als das innere liegt. Alsdann schweben die innern Räder frei, während die Räder der andern Achse noch auf dem innern Geleise laufen. Auf diese Art behält der Boden des Wagens, worauf das Schiff steht, beständig die horizontale Richtung, und die Gefahr, das letzteres Wasser schöpfen möchte, ist vollständig beseitigt.

Wenn man später diese Anordnung der geneigten Ebenen auch im Allgemeinen beibehalten hat, so dürfte es sich doch rechtfertigen, hier noch eine detaillirte Beschreibung solcher folgen zu lassen. Dieselben sind auf einem Canal zur Ausführung gekommen, der die ausgedehnte und hochgelegene Seen-Kette im südlichen Theil des Königsberger Regierungs-Bezirktes mit dem Elbinger Hafen verbindet.

§. 78.

Der Oberländische Canal.

Bevor ich zur Beschreibung der geneigten Ebenen auf diesem Canal übergehe, müssen die eigenthümlichen Verhältnisse desselben kurz erwähnt werden.

In der Nähe von Preussisch-Holland erhebt sich eine Anhöhe ziemlich steil aus der Niederung, von der sie auf der nördlichen und westlichen Seite begrenzt wird. Diese Höhe setzt sich in östlicher Richtung durch den Königsberger und selbst den Gumbinner Regierungs-Bezirk fort, und bildet ein Plateau, das durchschnittlich etwa 300 Fuß über dem Spiegel der Ostsee liegt. Dieser höhere Landstrich heisst in dortiger Gegend das Oberland. (Im östlichen Theile derselben, in Masuren, besteht der Boden grosentheils aus Sand und Kies, während derselbe im Königsberger Bezirk vielfach sehr fruchtbar ist.) Dieses hohe Plateau, das ohne irgend welche Spuren von Felsbildung zu zeigen, nur aus aufgeschwemmten Boden besteht, zeichnet sich noch besonders dadurch aus, dafs eine große Anzahl von Seen darin liegt, die zum Theil durch natürliche Wasserläufe mit einander verbunden sind.

Schon vor 50 Jahren beabsichtigte die Regierung, durch Canäle Wasserstraßen darzustellen, wodurch theils das Holz aus den weit ausgedehnten Waldungen und theils das hier gewonnene Getreide der Küste zugeführt werden konnte. Im Jahre 1824 war ich mit der Untersuchung beschäftigt, in welcher Weise die Masurischen Seen mit dem Pregel durch die Alle in schiffbare Verbindung gesetzt werden könnten. Eine Verbindung derselben mit der Weichsel bestand zwar, doch verfolgte diese den Pisch-Fluß und den Narew, und wurde, da sie durch russisches Gebiet sich hinzog, beinahe gar nicht benutzt. Unter damaligen Verhältnissen erschien die beabsichtigte Canal-Verbindung wegen der großen Kosten unausführbar, und ist auch bis jetzt unterblieben, wenn gleich in neuester Zeit ein ähnliches Project, nämlich die Verbindung dieser Seen mit dem Pregel durch die Angerapp aufs Neue bearbeitet wird.

Vor dem westlichen Theile dieses Plateaus oder dem sogen-

nannten Oberlande ist dagegen in den Jahren 1845 bis 1860 der Elbing-Oberländische oder Oberländische Canal herabgeführt. Der Elbing-Fluß stellt für kleinere Fahrzeuge die schiffbare Verbindung zwischen dem Drausen-See und dem Frischen Haff dar. In diesem See beginnt der in Rede stehende Canal und steigt, indem er ungefähr dem Kleppe-Fluß folgt, der den natürlichen Abfluß aus dem Pinnau-See bildet, (derselbe liegt in der Mitte der Verbindungslinie zwischen Pr.-Holland und Saalfeld) bis zum Spiegel dieses Sees und zugleich bis zur Scheitelstrecke 317 Fufs an. Der größte Theil dieses Gefälles, nämlich 273 Fufs fällt aber auf eine Strecke die noch keine deutsche Meile lang ist.

Als der jetzige Baurath Steenke im Jahr 1837 den Auftrag erhielt, das Project zu diesem Canal zu entwerfen, stand es fest, daß mittelst gewöhnlicher Schiffsschleusen eine solche Niveau-Differenz in einer so kurzen Canalstrecke nicht ausgeglichen werden könne.

Als passendstes Auskunftsmittel zur Ueberwindung dieser Schwierigkeit wählte er daher eine ähnliche Anordnung, wie solche dem Patent Slip von Morton zum Grunde liegt, daß nämlich die Schiffe auf Wagen gestellt, und auf Eisenbahnsträngen heraufgezogen werden. Wenn man aber auf diese Weise selbst vollständig ausgerüstete Ostindien-Fahrer hob, so konnte kein Zweifel sein, daß beladene Canalschiffe ganz sicher eben so behandelt werden durften. Dieselbe Ueberlegung führte zu den geneigten Ebenen, die Steenke bald darauf bei seiner Reise nach America näher kennen lernte.

Der Oberländische Canal, den Steenke ausgeführt hat, und der auch noch heute unter seiner Aufsicht steht, ist mit vier geneigten Ebenen versehen. Die ersten 44 Fufs steigt er in fünf hölzernen Doppelschleusen an, alsdann folgen in einer Länge von 1694 Ruthen diese Ebenen. Die Gefälle derselben betragen

bei Buchwald	65 Fufs
bei Kanten	60 -
bei Schönfeld	78 -
und bei Hirschfeld	70 -

Oberhalb der letzten geneigten Ebne beginnt die Scheitelstrecke. Der bereits genannte Pinnau-See, wie auch der darauf folgende Samrodt-See hielten vor der Canal-Anlage einen noch höheren

Wasserstand, doch war die Ausdehnung des Terrains, von dem sie gespeist wurden, nicht genügend, um dem Canal den erforderlichen Wasserbedarf zu sichern. Der Spiegel der Scheitelstrecke konnte daher nicht höher, als in das Niveau des Geserich-Sees verlegt werden, der von Deutsch-Eylau in nördlicher Richtung sich hinzieht und nahe eine Quadratmeile in der Wasserfläche einnimmt. Die beiden ersten Seen mußten demnach um 17 Fufs, und mehrere der folgenden in geringerem Grade gesenkt werden.

Bald hinter dem Samrodt-See tritt der Canal in den Röhloff-See und aus diesem in den Eiling-See, der sich bis Liebemühl hinzieht und noch mit dem ostwärts belegenen Bärting-See in schiffbarer Verbindung steht.

Die Scheitelstrecke setzt sich ferner von Liebemühl in westlicher Richtung nach dem kleinen Abiszgar-See fort, der aber nur auf einem durch denselben geschütteten Damme passirt werden konnte, da er nach dem Unterwasser der Schleuse bei Liebemühl entwässert und nicht aufgestaut werden durfte. Sein Niveau liegt daher 5 Fufs unter dem des Canals und unter dem letztern mußte noch eine Verbindung zwischen beiden Hälften des Sees dargestellt werden. Diese Leitung, in Holz ausgeführt, ist im Lichten 4 Fufs weit und 4 Fufs hoch. Etwa eine Viertelmeile weiter tritt der Canal in den Daben- und aus diesem in den Geserich-See, der sich in südlicher Richtung bis Deutsch-Eylau fortsetzt. Er trifft hier mit zwei Eisenbahnen zusammen, nämlich mit der Thorn-Insterburger und der Marienburg-Mlavaer.

In nördlicher Richtung ist der Geserich-See durch einen kurzen Canal mit dem Ewing-See bei Saalfeld verbunden, so wie auch die auf der Ost- und Westseite sich abzweigenden Arme des Geserich die Abfuhr des Holzes aus den angrenzenden Forsten vermitteln.

Die Gesammtlänge aller Schiffahrtswege in dieser Scheitelstrecke mißt über 16 deutsche Meilen. Die Verbindungen dehnen sich aber noch weiter aus. In zwei Schleusen senkt sich der Canal von Liebemühl nach dem Drewenz-See um 14 Fufs, und hierdurch eröffnet sich für die Schiffe der Weg nach Osterode, und über diesen ganzen See, der meist von Forsten umgeben ist. Außerdem wird gegenwärtig noch der westwärts von Osterode belegene Schilling-

See wegen der daran liegenden Forsten mit dem Canalnetze verbunden.

In dieser Ausdehnung stellt der Canal Schiffsfahrtswege von 26 Meilen Länge dar, doch der bei Weitem größte Theil derselben fällt in die verschiedenen Seen, denen vielfach durch Baggern die nöthige Tiefe gegeben werden mußte. Die Gesammt-Länge aller Canal-Strecken mißt aber noch nicht 7 Meilen.

Die nähere Beschreibung der einzelnen Anlagen und der bei der Ausführung theilweise vorgekommenen Schwierigkeiten gehört nicht hieher. Es mag nur bemerkt werden, daß einige Einschnitte bis zu 50 Fufs Tiefe gemacht werden mußten und daß mehrfach sehr bedeutende Rutschungen der Dossirungen, wie auch Versackungen des Leinpfades und dergleichen eintraten, die jedoch sämmtlich beseitigt sind.

Die Füllung der Scheitelstrecke, die ein weit ausgedehntes Sammel-Bassin bildet, ist von der Reichhaltigkeit der atmosphärischen Niederschläge abhängig, der Wasserstand ist daher hier sehr veränderlich, und die darin liegenden Canalstrecken, wie auch manche Theile der Seen mußten soweit vertieft werden, daß selbst bei dem voraussichtlich niedrigsten Wasserstande die Schifffahrt nicht unterbrochen würde. Andererseits mußte aber auch dafür gesorgt werden, daß die Anschwellungen niemals eine gewisse Grenze übersteigen, also nicht etwa über die Seitendämme des Canals sich ergießen. Zu diesem Zweck sind an geeigneten Stellen kräftige Abflüsse angebracht. Insofern es jedoch nicht unmöglich ist, daß durch Unvorsichtigkeit oder durch sonstige Zufälligkeiten veranlaßt, ein solcher Durchbruch dennoch erfolgt und die mehrere Quadratmeilen enthaltende Wasserfläche alsdann sich tief senken und die Strömung enorme Verwüstungen anrichten würde, so sind an vier passenden Stellen in diesem Canal Sicherheits-Thore aufgestellt, die alsdann sich schliessen, und die nächst belegenen Strecken absperren.

Ein sehr günstiger Umstand für die Anordnung der geeigneten Ebenen war es, daß der ganze Oberländische Canal mit allen Verzweigungen ein für sich abgeschlossnes System bildet, welches sich an keinen Fluß anschließt, dessen Schiffe in ihn eintreten könnten. Bei Elbing beginnt die See- und Haffschifffahrt, welche anders geformte Fahrzeuge fordert, und auf der Ost-, Süd- und Westseite

ist eine Verbindung mit den nächsten schiffbaren Flüssen und Strömen undenkbar. Die Form und Gröfse der Canalschiffe konnte daher den örtlichen Verhältnissen und der Anordnung der geneigten Ebenen angepaßt werden, oder vielmehr waren beide gegenseitig von einander abhängig. Es war daher nicht nur das Project für den Canal nebst allen zugehörigen Anlagen, sondern auch für die denselben befahrenden Schiffe zu entwerfen. Auch diese Aufgabe ist durch Steenke befriedigend gelöst.

Diese Schiffe sind, mit Ausnahme einiger kleinen Dampf- und Segelböte, nahe von gleicher Form und Gröfse. Nach dem Canal-Polizei-Reglement vom 11. April 1861 dürfen ihre Dimensionen die nachstehenden Maafse nicht überschreiten.

Länge über Steving 78 Fufs,

Breite 9,5 Fufs, auch dürfen die Ladungen darüber nicht hinausreichen,

Eintauchung 3,5 Fufs.

Die letzte Bestimmung wird nicht immer genau inne gehalten, da die Controle schwieriger ist, und oft mißt der Tiefgang einige Zolle mehr. Die Schiffe laden bei Innehaltung dieser Vorschriften meist etwas über 1000 Centner, doch kommen Ladungen bis zu 1400 Centner vor.

Indem der Verkehr auf dem Canal großen Theils auch in Holzflößerei besteht, so sind auch dafür Bestimmungen getroffen. Die Flöße müssen fest verbunden sein und mindestens aus zwei Lagen Hölzer über einander bestehn. Die untre darf nicht über 8 Fufs und die obere nicht über 9,5 Fufs breit sein, und der größte Tiefgang muß sich wieder auf 3,5 Fufs beschränken. Die größte zulässige Länge eines Flosses darf 96 Fufs nicht überschreiten, doch dürfen auf den freien Canalstrecken wie auf den Seen mehrere solche Flöße verbunden werden.

Die Form der Canalschiffe ergibt sich aus Fig. 389 *a*, *b* und *c*, auf Taf. LVII und man ersieht daraus, daß die Schiffe Masten führen, welche jedoch auf den Canalstrecken niedergelegt werden. Der Gebrauch der Segel ist hier nicht gestattet, wogegen zwischen den Seen Leinpfade von 8 Fufs Breite (auf höhern Dammschüttungen von 10 bis 12 Fufs Breite) angelegt sind, auf denen der Zug durch ein oder mehrere Pferde erfolgt, die jedoch nicht neben, sondern hinter einander gespannt werden müssen.

Beim Durchgange durch die Seen werden die Segel benutzt, dieses sind meist Sprietsegel, oder Gaffelsegel, doch kommen auch Lateinische Segel vor*).

Die Schiffe müssen vorschriftsmäßig einen Handkahn mit sich führen, der beim Uebergang über die geneigten Ebenen, wie Fig. 389c zeigt, an die aus den Wagen vortretenden eisernen Krahne gehängt und mit dem Schiff zugleich aus dem Wasser gehoben wird.

Die Besatzung besteht aus dem Schiffer, einem Matrosen und einem Schiffsjungen, gemeinhin ist nur die Familie des Schiffers an Bord und die Frau versieht den Dienst des Matrosen.

Der Canal hat 4 Fufs Wassertiefe, die Breite der Sohle mißt 24 Fufs, und darüber erheben sich die Seitenwände mit dreifüßiger Dossirung. In den letztern sind noch 2 Fufs breite Bankete angebracht, welche 6 Zoll unter Wasser liegen. Seine Breite im Wasserspiegel mißt sonach 52 Fufs.

Nach diesen allgemeinen Mittheilungen über den Canal und die darauf fahrenden Schiffe gehe ich zur Beschreibung der geneigten Ebenen über.

Auf denselben befinden sich zwei Geleise, deren Spurweite 10 Fufs 5 Zoll mißt, und die von dem Scheitel-Punkte nach beiden Seiten so tief unter das Ober- und Unterwasser herabführen, daß die auf den Wagen stehenden Schiffe aufschwimmen. Die Wasserstände in den anschließenden Canalstrecken können leicht durch Zuleitung aus den nächst oberhalb belegenen Strecken oder durch Ableitung in die untern auf der normalen Höhe erhalten werden, woher die Wagen stets bis zu gegebenen Stellen herabfahren. Die oberste oder die Hirschfelder Ebne begrenzt jedoch die Scheitelstrecke des Canals und hier wechselt der Wasserspiegel sogar bis 5 Fufs. Die daselbst benutzten Wagen müssen daher bei hohem Wasserstande bedeutend tiefer herablaufen, und haben demnach in den seitwärts vortretenden Wänden, welche die Laufbrücken tragen, gröfsere Höhe und sind schwerer, als die übrigen.

Die Scheitel der Ebenen erheben sich im Planum 1 Fufs über das Oberwasser, im Niveau des letztern beträgt die Stärke des

*) Im dritten Theil dieses Handbuchs, § 31, sind die verschiedenen Segel beschrieben.

Dammes, den sie bilden, gegen 40 Fufs, und sonach ist jede Gefahr eines möglichen Durchbruchs beseitigt. Die Neigung der Ebenen ist 1 : 12. Indem Anfangs, und zwar so lange der aus dem Oberwasser tretende Wagen noch zum Scheitel ansteigt, beide Wagen mit den darauf stehenden Schiffen (zuweilen 2400 Centner) gehoben werden müssen, so ist den Ebenen für diese Theile gleichmäfsig auf beiden Seiten nur die Neigung 1 : 24 gegeben. Fig. 384 und 385 auf Taf. LVI zeigt dieses.

Das Schiff mufs, während es aus dem Wasser gehoben und darin wieder herabgelassen wird, in horizontaler oder derselben Richtung gehalten werden, in welcher es schwimmt, damit es an keinem Ende tiefer eintaucht, noch auch irgend wo einem besonders starken Druck ausgesetzt wird. Wenn die geneigte Ebne nur einseitiges Gefälle hätte, also wenn sie am obern Ende in eine mit dem Oberwasser verbundene Schleuse führte, so wäre dieses leicht durch verschiedene Höhe des Bodens, worauf das Schiff steht, über den Radachsen zu erreichen gewesen, da jedoch Scheitelpunkte vorkommen, also jede Ebne von letztern an nach entgegengesetzten Seiten abfällt, so mußte diese Bedingung in andrer Weise erfüllt werden. Hierzu boten sich verschiedene Mittel, die sämmtlich darin übereinstimmen, daß man gewisse Nebenschienen anbringt, auf welche andre Radkränze der Räder auftreten, als diejenigen, welche auf dem Hauptgeleise bleiben. Im vorliegenden Fall ist die Anordnung getroffen, die Fig. 390a zeigt, daß nämlich sämmtliche Räder, welche den Wagen tragen, mit je zwei, durch den Spurkranz getrennte Reifen versehen sind.

Die dem Unterwasser zugekehrten Räder laufen, bis der Wagen der untern Canalstrecke sich nähert, auf den äufsern Reifen, die der obern Strecke zugekehrten dagegen auf den innern. Das punktirt angegebene Rad ist dem Oberwasser zugekehrt, das ausgezogene dagegen dem Unterwasser. Solange die Bahn nur einfaches Geleise hat, also an dieser Seite nur die Schienen *A* ausliegen, laufen beide Räder auf denselben und der Wagen, wie der darauf befindliche Boden nebst dem Schiff nehmen dieselbe Neigung an, wie die geneigte Ebne. Wo dagegen das Geleise unter das Oberwasser tritt, beginnt das Geleise *B*. Dasselbe liegt Anfangs in gleicher Höhe mit *A*, während letzteres aber dauernd sich senkt, ist dieses auf die Länge des Radstandes horizontal geführt. Indem

die äußern Reifen dieses fassen, stellt der Wagen sich horizontal, und indem weiterhin die Schienen *B* dieselbe Neigung wie *A* haben, so behält der Wagen die horizontale Stellung bis ans Ende seines Weges. Beim Einfahren in das Unterwasser heben sich dagegen die diesem zugekehrten Räder, indem sie mit dem innern Reifen sich auf das zunächst horizontal geführte Geleise aufstellen, während die Räder am andern Ende des Wagens mit dem innern Reifen auf dem Hauptgeleise bleiben. Die horizontale Strecke des ersten Geleises ist auch hier eben so lang wie der Radstand, und später haben beide Geleise gleiche Neigung.

Beide Wagen werden, wenn auch nur ein Schiff zu befördern ist, immer gleichzeitig in Bewegung gesetzt. Der eine läuft aus dem Oberwasser ins Unterwasser und der andre macht den entgegengesetzten Weg. Die Bewegung wird beiden durch die Maschine mitgetheilt, welche eine große eiserne Trommel abwechselnd in einer und in der entgegengesetzten Richtung dreht. Zwei Drahtseile, deren Enden an die Wagen befestigt sind, winden sich in entgegengesetzten Richtungen um diese Trommel. Das eine Tau windet sich also auf und zieht den einen Wagen, während das andre mit gleicher Geschwindigkeit sich abwindet und dem andern Wagen die Freiheit giebt, den entgegengesetzten Weg in gleicher Länge zurückzulegen.

Sobald der Wagen mit dem darauf stehenden Schiffe ins Wasser tritt und letzteres schon beinahe schwimmt, so übt es keinen hinreichenden Zug mehr aus, um den Wagen soweit zu treiben, daß das Schiff frei wird. Um beide Wagen stets bis ans Ende der Bahnen herabzulassen, sind dieselben daher noch unter sich durch ein etwas schwächeres drittes Drahtseil verbunden, welches den abwärts fahrenden Wagen hinreichend weit herabzieht. Durch dieses sogenannte Hinterseil wird noch der Vortheil erreicht, daß durch Vermittlung desselben auch der zweite Wagen aus dem Obercanal bis zum Scheitel gezogen wird, während die Maschine nur den ersten Wagen aus dem Unterwasser bis ins Oberwasser zieht.

Die Leitung der Seile ergibt sich schon aus den Figuren 384 und 385, ist aber noch specieller in Fig. 386 und 387 dargestellt. Die Trommel ist so groß, daß auf ihrem Mantel nicht nur ein Zugseil von der Länge der ganzen Bahn Platz findet, sondern auch

noch das Ende des in entgegengesetzter Richtung aufzuwindenden zweiten Seils daran befestigt ist. Letzteres muß bei der eintretenden Drehung den Zug ausüben. Es windet sich also auf die Trommel auf, während das andre Seil sich in gleichem Maasse davon abwindet, beide liegen in schraubenförmig eingeschnittenen Rillen und die nächsten Windungen beider bleiben stets gleich weit von einander entfernt, während der schmale freie Zwischenraum zwischen Beiden nach und nach von der einen Seite der Trommel nach der andern herüberrückt.

Das Maschinenhaus steht zur Seite des Obercanals und von hier aus sind beide Seile nach den 12 Fufs im Durchmesser haltenden eisernen Rollen geführt, welche Fig. 386 in der Stirnansicht zeigt. Sie sind (Fig. 385) etwas gegen einander verstellt, damit die Seile sich nicht berühren. Von ihren Rillen gehn beide Seile im Abstände von 14 Fufs von einander vertical abwärts zu zwei andern eben so grofsen Rädern, deren Flächen rechtwinklig gegen die ersten gerichtet sind. Man sieht diese von der Seite, und sie führen die Seile bis nahe an die Sohle des Canals und zwar parallel zur Richtung desselben und der geneigten Ebenen.

Fig. 385 zeigt *a* im Längendurchschnitt und *b* im Grundrifs das obere Ende der geneigten Ebne mit einem Theil des Obercanals und der Scheitelstrecke. Darauf ist auch ein Wagen gezeichnet, der so tief herabgelassen ist, dafs ein Schiff schwimmend in denselben einfahren kann. Man sieht auch, dafs das Mauerwerk, welches die verschiedenen Räder trägt, einen grofsen Theil des Canals sperrt, woher derselbe hier verbreitet werden mußte und dennoch nur an einer Seite die freie Durchfahrt für die Schiffe offen läfst.

Beim Uebergang über die geneigte Ebne wird jedes Drahtseil im Abstände von je 30 Fufs von einer eisernen Leitrolle gefafst, um zu verhindern, dafs es nicht auf dem Boden schleift und dadurch sich schnell abnutzt.

Fig. 384 zeigt wieder in *a* den Längendurchschnitt und in *b* den Grundrifs vom untern Ende der geneigten Ebne mit einem Theil des Untercanals. Auch bemerkt man, dafs bei *A* die Neigung von 1:24 in diejenige von 1:12 übergeht. Der mit dem Schiffe belastete, aufwärts fahrende Wagen befindet sich schon an der letztern, die sich bis zum Scheitel fortsetzt.

Die Seilleitung ist bis in den Untercanal herabgeführt. Beide Seile liegen auch hier eben so weit, wie die Mittellinien beider Geleise, nämlich 17 Fuſs von einander entfernt und legen sich in gleichem Abſtande nahe über der Canal-Sohle in die Rillen zweier aufrecht stehenden, 12 Fuſs im Durchmesser haltenden Räder, und indem sie von diesen vertical aufwärts steigen, vereinigen sie sich über dem dritten, 17 Fuſs im Durchmesser haltenden Rade, welches Fig. 387 von der Seite zeigt. Das Mauerwerk, welches diese drei Räder trägt, steht mitten im Canal und die Schiffe können es von beiden Seiten umfahren, indem der Canal auch hier angemessen verbreitet ist. Damit aber die vorübergehenden Schiffe nicht gegen die Mauern stoſen, sind eben so, wie im Obercanal auch hier Pfähle eingerammt, in welche die Schiffer die Haken einsetzen dürfen.

Es ergiebt sich hieraus, wie die ganze Seilleitung von der Trommel über die geneigte Ebne fort, und zurück bis wieder zur Trommel vollständig geschlossen ist. Dieselbe muß aber immer in der erforderlichen Spannung erhalten werden, damit beim Uebergang über den Scheitelpunkt nicht etwa ein Wagen frei herabläuft, und indem er plötzlich vom Seil zurückgehalten wird, dieses zerreiſt. Um dieses zu verhindern, vermitteln starke Backenkluppen, welche die Seile umfassen, ihre Verbindung mit den Wagen.

Die Mitte der geneigten Ebne ist genau markirt. Auf diese stellt man beide Wagen, und unter demjenigen, an welchem die Befestigung regulirt werden soll, werden beide Kluppen geöffnet und die Enden beider Seile durch einen Flaschenzug möglichst scharf gegen einander gezogen, worauf man die Kluppen schließt. Wenn neue Seile eingeschoren sind, die vorher auf das Dreifache der stärksten möglichen Spannung geprüft worden, pflegt das erwähnte Nachziehn mehrmals nöthig zu werden, während es später selten erforderlich ist.

Die Drahtseile werden aus der Fabrik von Felten et Guillaume in Cöln bezogen. Die Zugseile haben nach Maafsgabe der geneigten Ebenen verschiedene Längen. Sie bestehn aus 7 Strehnen, deren jede aus 7 Drähten No 9 zusammengewunden ist. Der Schlag darf in ihnen nicht zu kurz sein, weil sich sonst ihre Länge zu sehr verändert. Die Nachmessung ergab, daß die Länge des

Schlages, oder die Länge einer Windung der Strehnen 13,5 bis 14 Zoll war. Der Umfang des Seils mißt 4 Zoll 4 Linien; und der laufende Fuß wiegt 3,14 Pfund.

Beim Hinterseil, aus Drähten No. 11 bestehend, hatte der Schlag die Länge von 9,5 Zoll. Der Umfang mißt 3 Zoll 9 Linien und der laufende Fuß wiegt 2,05 Pfund.

Für die Schienen war dasselbe Profil gewählt, welches bereits für die Ostbahn angenommen war, und das sich aus Fig. 390 ergibt. Der laufende Fuß der Schienen wiegt 22 Pfund. Im Hauptgeleise sind sie, wie dieselbe Figur zeigt, auf eichene Langschwelen genagelt, die in Abständen von 3,5 Fuß auf Querschwellen ruhn.

Von dieser Construction geht man indessen in neuerer Zeit nach und nach ab, da einestheils die eichenen Langschwelen, wie auch die darunter befindlichen Querschwellen keine lange Dauer haben und namentlich die Erneuerung der erstern sehr kostbar wird, andererseits aber auch die Schienen auf dieselben nicht hinreichend sicher befestigt werden können und daher Entgleisungen namentlich bei starken Seitenwinden nicht ungewöhnlich waren.

Steenke versuchte daher die Schwelen durch abgestumpfte vierseitige Pyramiden aus Béton zu ersetzen. Fig. 388 zeigt dieselben *a* in der Ansicht von oben und *b* im Durchschnitt. Wenn die abgestumpften Kanten für voll gerechnet werden, bilden ihre Querschnitte Quadrate, deren Seiten unten 20 und oben 26 Zoll messen, während sie 20 Zoll hoch sind, und nahe 6 Cubikfuß enthalten. Um die Schienen darauf zu befestigen, sind Dübel von Kiefernholz in die Form gestellt, worin die Bétonblöcke gebildet werden. Diese Dübel sind nach dem Erhärten der Masse sehr fest eingespannt, und die Nägel haften darin durchaus sicher. Die Blöcke werden, wie die Figur zeigt, nach der Richtung der Diagonalen an einander gereiht, und zwar so, daß der lichte Abstand von je zweien meist 15 Zoll, bei weniger festem Boden aber weniger und sogar nur 8 Zoll mißt.

Die Wagen haben das Gewicht von etwa 500, auf der Buchwalder Ebne von 520 Centnern, die Schiffe leer wiegen 160 Centner und die Ladungen derselben bis 1400 Centner. Die Brutto-Last eines Wagens steigert sich also bis 2000 und sogar 2400 Centner. Jedes der acht Räder ist alsdann mit 275 Centner be-

lastet. Die eisernen Reifen derselben brachen nach wenigen Wochen, und mußten sogleich durch stählerne ersetzt werden, die indessen auch kaum die erforderliche Festigkeit haben und schneller als jeder andre Theil des Betriebs-Materials abgängig werden.

Aehnlich verhält es sich mit den Schienen, die, wie erwähnt, Schienen der Ostbahn sein sollten. Das Profil derselben mußte auch unverändert beibehalten werden, obwohl die Rundung ihres Kopfes den cylindrisch geformten Radreifen nicht entsprach, und wegen der geringen Breite der Berührungsfläche, die Abnutzung der Schienen und Reifen verstärkt wurde. Dieser Uebelstand liefs sich nicht beseitigen, da die Kosten zu groß geworden wären, wenn bei der geringen Ausdehnung der Ebenen besondere Walzen zur Fabrikation der Schienen erforderlich gewesen wären. Dagegen ist man in neuester Zeit mit gutem Erfolg zu Gußstahl-Schienen übergegangen.

Sobald die Bahn unter den Wasserspiegel tritt, liegen die Schwellen, auf welche die Schienen befestigt sind, auf eingerammten Pfählen. Die daneben befindlichen Seitenschienen, auf welche die Räder mit den andern Reifen auflaufen, sind dagegen auf gußeiserne Stühle gelegt, die Fig. 390 *a* und *b* von zwei Seiten zeigen. Man hat diesen Stühlen vier verschiedene Höhen gegeben, um die Seitenschienen nach und nach in angemessner Weise über das Hauptgeleise zu erhöhen. Damit diese aber in den Zwischenräumen nicht durchbiegen, sind sie dadurch verstärkt, daß man andre Schienen von derselben Form darunter gelegt, und die breiten Basen beider gegen einander vernietet hat.

Endlich wäre in Betreff der Schienen noch zu erwähnen, daß dieselben am Fuß beider geneigten Ebenen aufgebogen sind, damit die Wagen nicht über das Geleise hinaus laufen. Doch gehn die Wagen beim regelmässigen Betriebe niemals soweit herab, der Maschinenmeister, der die Stellen, wo die Wagen sich befinden, an den Marken der Trommel und des Seils jederzeit genau kennt, unterbricht die Bewegung immer schon früher, sobald die Schiffe aus den Wagen aufschwimmen.

Die Wagen, welche Fig. 389 auf Taf. LVII *a* in der Ansicht von der Seite und im Längendurchschnitt, *b* in der Ansicht von oben mit und ohne Schiff und *c* von vorn zeigen, sind ganz aus Eisen construiert. Eine Ausnahme hiervon machen nur die hölzer-

nen Bohlen, also der Boden, auf welchen das Schiff sich aufstellt, und die Laufbrücke. Der Boden bildet indessen keine vollständige Ebne, vielmehr ist er in der Längenrichtung ein wenig gekrümmt, übereinstimmend mit der Form, welche die Schiffe beim Durchsacken anzunehmen pflegen.

Der Wagen ruht, wie ein achträdriger Eisenbahnwagen, auf zwei Gestellen, deren jedes vier Räder hat. Die Gestelle sind jedoch mit keiner Drehscheibe versehen, vielmehr tragen sie je eine starke horizontale Achse, worauf der Oberwagen ruht. Bei dieser Einrichtung kann der Wagen über den Scheitel der geneigten Ebne hinübergehn, ohne daß die Räder die Schienen verlassen, und die Vertheilung der Last auf dieselben wesentlich geändert wird. Die Vorder- und Hinterräder in jedem Gestell tragen hochkantige eiserne Träger, in welche ihre Achsen eingreifen. Die beiderseitigen Trägerpaare waren indessen ursprünglich nicht mit einander verbunden, und es zeigte sich der Uebelstand, daß sie nicht immer parallel blieben, wodurch Entgleisungen veranlaßt wurden. In neuerer Zeit hat man Querstangen an den Enden beider Trägerpaare hindurchgezogen und dieselben durch Schrauben befestigt.

Die erwähnten beiden Hauptachsen, welche den Oberwagen mit den Gestellen verbinden, sind 29 Fufs von einander entfernt, soll daher der Wagen, während die Bahn im Verhältniß von 1 zu 24 geneigt ist, die horizontale Richtung annehmen, so muß die dem Scheitel der Ebne zugekehrte Achse um $\frac{29}{24}$ Fufs oder um 14,5 Zoll tiefer liegen, als die andre. Zu diesem Zweck sind die Nebenschienen, wie bereits erwähnt, zuerst auf eine Länge von 29 Fufs horizontal geführt worden, und alsdann fallen sie mit derselben Neigung, wie das Hauptgeleise ab, oder liegen 14,5 Zoll höher, als dieses. Von den Rädern, deren eines Fig. 390a dargestellt ist, war schon oben die Rede.

Der Wagen trägt an jeder Seite einen starken eisernen Träger, an welchen hochkantige doppelt T förmige Querschienen befestigt sind. Auf letztern liegen die Bohlen auf, worauf das Schiff gestellt wird.

Ueber die erwähnten Träger erhebt sich an jeder Seite des Wagens eine leichte Laufbrücke, die auswärts mit einfachem Geländer versehen ist. Hier tritt auch die Achse einer Bremse vor, welche auf alle acht Räder des Wagens wirkt. Außerdem befinden

sich daselbst die zwei eisernen Krahn, woran der Handkahn gehängt wird. Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs sowohl das Zugseil, wie das Hinterseil, an den Oberwagen und zwar neben den Hauptachsen befestigt sind.

Die specielle Beschreibung der Maschinen, welche die Wagen auf die Scheitel der geneigten Ebenen heraufziehen, und sie von hier sicher herablassen, gehört nicht hieher, und es wird genügen, ihre Anordnung im Allgemeinen anzudeuten.

Eine gusseiserne Röhrenleitung, 3 Fufs im Durchmesser haltend, führt das Oberwasser in das Maschinengebäude und zwar in einen eisernen Trog, dessen Boden etwas höher liegt, als die Achse des grofsen Wasserrades. Letzteres besteht wieder ganz aus Eisen, hält 27 Fufs im Durchmesser und ist 12 Fufs breit. An seinem Umfange befinden sich 60 Zellen, die mit Wasser gefüllt werden und das Rad in Betrieb setzen, sobald der Maschinist mittelst einer Kurbel das Schütz am Troge senkt. Zuvor mufs aber das Ventil geöffnet sein, welches die Verbindung zwischen dem Oberwasser und dem Troge darstellt.

An die Stirn des Wasserrades ist ein gezahnter Kranz angeschoben, dessen Zähne nach innen, also gegen die Drehungs-Achse gekehrt sind. In diese greift ein Getriebe ein, welches bei seinem geringen Durchmesser von 4 Fufs vergleichungsweise zum Wasserrade eine sehr grofse Umdrehungs-Geschwindigkeit annimmt. Diese mufste bedeutend vermindert werden, da die Trommel, um welche die Drahtseile sich aufwinden, nur eine geringe Geschwindigkeit annehmen durfte. Zu diesem Zweck war eine zweimalige Uebertragung durch Rad und Getriebe erforderlich, und dadurch ist die Geschwindigkeit im Umfange der Trommel, also auch die der Wagen, auf den fünften Theil der Umfangs-Geschwindigkeit des Wasserrades zurückgeführt.

Indem abwechselnd das eine und das andre Seil angezogen wird, die beide in entgegengesetzter Richtung auf die Trommel gewunden sind, und dem Wasserrade nicht die entgegengesetzte Drehung gegeben werden konnte, so mufste in der Anordnung der Getriebe eine solche Umsetzung vorgesehn werden. Dieses ist dadurch erreicht, dafs das Getriebe, welches in das Stirnrad der Trommel eingreift, aus diesem ausgerückt, und dafür ein andres an derselben Achse befindliches mit einem Zwischenrade von

gleicher Größe in Verbindung gesetzt werden kann, das mit derselben Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung die Trommel umdreht.

Letztere, aus Gußeisen bestehend, hält 12 Fufs im Durchmesser und ist der Länge der betreffenden geneigten Ebenen entsprechend 7 bis $8\frac{1}{2}$ Fufs lang. Ihr Mantel ist mit einer schraubenartig gewundenen Rille versehen, in welche beide Seile sich regelmäßig einlegen. Das eine Seil ist an dem einen, das andre an dem andren Ende der Trommel befestigt, und wenn eins sich ganz aufgewunden hat, so hat das andre bis auf sein äußeres Ende die Trommel verlassen. Beide Seile winden sich daher keineswegs immer an derselben Stelle auf und ab, sie rücken vielmehr abwechselnd von einer Seite zur andern und treffen daher auch nicht normal gegen die Achsen der Scheiben, welche sie auf die geneigten Ebenen führen. Dieser Umstand ist indessen ohne wesentlichen Nachtheil, da die Maschinengebäude hinreichend weit von diesen Scheiben entfernt sind, und sonach der seitliche Ausschlag der Seile äußersten Falls nur 2 Grade mißt. Damit aber die Seile sich nicht gegenseitig berühren, sind die Leitscheiben, wie Fig. 385 *b* zeigt, etwas versetzt.

Die Betriebskraft kann nach Bedürfnis verstärkt und gemäßigt werden, jenachdem das Schütz tiefer gesenkt oder gehoben, und dadurch die dem Rade zufließende Wassermasse vergrößert oder verringert wird. Im Anfange der Bewegung, wenn beide Wagen mit den darauf stehenden Schiffen ansteigen, ist die größte Kraft erforderlich, dieselbe darf aber wesentlich geschwächt werden, wenn der aus dem Oberwasser kommende Wagen den Scheitel überschritten hat, und nunmehr vielleicht ein beladnes Schiff die Ebene ersteigt, während nur ein leeres oder gar keins herabgeht. Wenn aber vollends das beladne Schiff herabgeht, und ein leeres oder der Wagen allein heraufkommt, so bildet jenes schon ein starkes Uebergewicht. Es ist alsdann nicht nur gar keine Betriebskraft erforderlich, sondern der Maschinist muß zu der Bremse greifen, welche eine auf der Achse des ersten Getriebes (das in die Zähne des Wasserrades eingreift) befindliche Scheibe umspannt.

Die ganze Anordnung, die vom Director der Dirschauer Maschinenbau-Anstalt Krüger entworfen und ausgeführt wurde, und seit der Eröffnung des Betriebes auf allen vier Ebenen sich voll-

ständig bewährt hat, ist in der Art getroffen, daß der Maschinist ohne seinen Stand wesentlich zu verändern und ohne fremde Hülfe die Schiffe ins Oberwasser ansteigen läßt, oder sie ins Unterwasser herabführt.

Sobald die Glocke das Zeichen giebt, daß beide Schiffe in die Wagen eingefahren und daran befestigt sind, und schon vorher durch Einrücken des letzten Getriebes die Richtung, in welcher die Trommel drehn soll, gegeben ist, so senkt der Maschinist mittelst einer Kurbel das Schütz, und mäsigt oder sperrt vollständig den Zufluß, sobald der eine Wagen den Scheitel passirt. Er greift aber zur Bremse, wenn die Geschwindigkeit sich vergrößert, die er an der Bewegung der Maschine sehr sicher beurtheilen kann. Aus der Anzahl der Windungen der Seile auf der Trommel ersieht er aber auch die Stellen, an welchen beide Wagen sich befinden, und sonach ist er im Stande, die letztern jedesmal so weit herabzulassen, daß die Schiffe aufschwimmen. Dabei muß aber für den letzten Theil des Weges, wenn nämlich das Schiff, welches das Uebergewicht bildet, vom Wasser beinahe gehoben wird, wieder die nöthige Nachhülfe durch die Maschine gegeben werden.

Nach vorstehender Beschreibung der Einzelheiten der geneigten Ebenen ist über den Betrieb derselben wenig hinzuzufügen. Nicht selten werden zwei Schiffe, oder ein aufwärtsgehendes und ein herabkommendes Floß gleichzeitig befördert, doch läßt man auch ein einzelnes nicht warten, wenn keins in der entgegengesetzten Richtung sichtbar ist. Beide Wagen stehn so tief unter Wasser, daß ein Schiff oder Floß, ohne dagegen zu stoßen, darüber fahren kann. Ist dieses geschehn, so wird es mittelst Ketten oder Tauen an die beiden Gitter befestigt, so daß es dem Wagen folgen muß. Auch der Handkahn wird, während er noch schwimmt, an Ketten, die von den Krahen herabhängen, befestigt. Vom Unterwasser aus wird mittelst einer Glocke das Zeichen gegeben, daß dieses geschehn und das Schiff zum Auffahren bereit ist. Vom Oberwasser her bedarf es keines besondern Signals, da der Wagen nicht weit entfernt ist.

Der Maschinist senkt nunmehr das Schütz am Troge und giebt der Trommel solche Geschwindigkeit, daß diese, also auch die der Wagen in den Grenzen von 2 Fuß 6 Zoll bis 3 Fuß 3 Zoll bleibt. An der Abwindung der Seile, wie an den daran

gezeichneten Marken, kann er den jedesmaligen Stand beider Wagen richtig beurtheilen und er läßt sie so tief unter Wasser laufen, bis die Bohlen, worauf die Schiffe stehn, sich im Niveau der Sohlen der anschließenden Canalstrecken befinden. Alsdann schwimmen wieder sowohl die Schiffe, wie die Handkähne und beide lassen sich leicht vom Wagen lösen.

Sobald ein Wagen mit dem Schiff in Bewegung gesetzt wird, muß der Matrose auf die Laufbrücke steigen und während der ganzen Fahrt über die geneigte Ebne neben der Bremse stehn bleiben, damit diese bei etwanigem Reißen des Seils sogleich in Wirksamkeit gesetzt werden kann. Die Bremse ist freilich nicht so kräftig, daß sie den Wagen mit dem beladenen Schiff auf der stärksten Neigung der Ebne zum Stillstand bringt, wohl aber vermindert sie seine Geschwindigkeit so sehr, daß jede Gefahr verschwindet. Es ist bisher bei solchem Ereigniß auch noch nie ein namhafter Unfall eingetreten.

Die Zeit der Ueberführung eines Schiffes mit Einschluss des Ein- und Ausfahrens in die Wagen beschränkt sich etwa auf eine Viertelstunde. Das Schiff braucht also nur ungefähr eine Stunde um die vier geneigten Ebenen zu passiren, deren Gefälle zusammen 273 Fufs beträgt. Um dieses in gewöhnlicher Art durch Schleusen zu überwinden, wären derselben mindestens drei und zwanzig nöthig gewesen, und wenn der Durchgang durch jede wieder eine Viertelstunde dauerte, so hätte die Ersteigung oder der Herabgang von solcher Höhe wenigstens sechs Stunden erfordert. Diese Ersparung an Zeit ist ein wesentlicher Vorzug der geneigten Ebenen vor den Schleusen. Ueber die Ebne bei Schönfeld, die wie erwähnt, die höchste ist, sind bereits an einzelnen Tagen drei und siebenzig Fahrten gemacht, wobei nach beiden Richtungen ein hundert und sechs und vierzig Fahrzeuge hätten befördert werden können, was wohl mehr ist, als eine Kammer-schleuse je geleistet hat.

Ein zweiter Vortheil ist die Ersparung von Betriebswasser. An solchem ist hier bisher noch niemals Mangel eingetreten, wenn gleich einst bei lange anhaltender Dürre der Wasserspiegel der obern Strecke sich etwas niedriger senkte, als man erwartet hatte. Sollte dieses sich vielleicht in störender Weise wiederholen, so ließe sich durch Verwendung von Dampfkraft das Betriebswasser

ganz entbehren. In den meisten Fällen und selbst im Sommer und Herbst ist solches überreichlich vorhanden, so dass man durchschnittlich etwa 10 Cubikfufs in der Secunde für industrielle Zwecke verwenden könnte. Bei dem disponiblen grossen Gefälle von etwa 280 Fufs würde dieses eine sehr werthvolle Kraft darstellen, doch hat sich bisher noch nicht Gelegenheit gefunden, hiervon Gebrauch zu machen.

Der Canal dient vorzugsweise zur Abfuhr von Holz, Getreide und andern landwirthschaftlichen Produkten, so wie auch von Ziegelsteinen. Die Rückfrachten sind weniger bedeutend. Wie sehr aber die Umgebungen durch die Erleichterung des Verkehrs gewonnen haben, ergibt sich aus der Steigerung der Preise. Beim Beginn des Baues kaufte man die Klafter Kiefernholz für 5 Silbergroschen, während sie gegenwärtig 5 Thaler kostet. Die Gutsbesitzer dortiger Gegend erkennen den Nutzen, den der Canal ihnen gebracht hat, auch vollständig an, und es mag erwähnt werden, dass dieselben dem Baurath Steenke, als er vor Kurzem sein fünfzigjähriges Dienstjubiläum feierte, neben dem Scheitel der Buchwalder Ebene eine Pyramide aus polirtem Granit, mit einer Inschrift, die ihren Dank ausspricht, errichtet haben.

Der Canal ist kein Privatunternehmen, sondern von der Preussischen Regierung für 1,430,000 Thlr. ausgeführt. Die Abgaben sind so mäfsig gestellt, dass sie keineswegs die Anlagekosten amortisiren oder verzinsen, sondern nur die Unterhaltungs- und Betriebskosten decken sollten. Doch auch hierzu hat selbst der starke Verkehr bisher nicht genügt, da die Gefälle noch nicht 10,000 Thlr. eingetragen haben, während die Betriebs- und Unterhaltungskosten mit Einschluss der Gehalte der Beamten sich auf mehr als 20,000 Thaler stellen. Nichts desto weniger ist der Nutzen des Canals im öffentlichen Interesse unverkennbar.

§. 79.

Klapp-Schleusen.

Unter den eigenthümlichen Schiffs-Schleusen darf endlich die sogenannte Klapp-Schleuse nicht mit Stillschweigen übergangen werden, wenn dieselbe auch nur für den Durchgang kleiner Kähne

und bei sehr geringen Gefällen benutzt werden kann. Sie hat indessen vor allen andern Schiffs-Schleusen den wesentlichen Vorzug, dafs sie durch das von der einen oder der andern Seite ankommende Fahrzeug selbst geöffnet wird, und sich darauf wieder von selbst schliesst, woher die Anstellung eines Wärters ganz entbehrlich ist, auch die Kähne ohne Unterbrechung ihrer Fahrt darüber fortgehn. In der Thalfahrt geschieht dieses sogar ohne Mäfsigung der Geschwindigkeit, während bei der Bergfahrt der Zug allerdings verstärkt werden mufs, und der Durchgang langsamer, als im freien Canal geschieht.

Schleusen dieser Art findet man, soviel bekannt, nur in den Marschen ohnfern Bremen. Der Wasser-Baudirector Blohm in Bremen erbaute zuerst solche im Anfange dieses Jahrhunderts in den Niederungen der Wümme, die nach der Vereinigung mit der Hümme, Lessum heisst und oberhalb Vegesack sich in die Weser ergiesst. Die kleinen Canäle in welchen diese Schleusen lagen, dienten theils zur Entwässerung und theils zur Schifffahrt, doch gingen nur Kähne von geringen Dimensionen hindurch. Diese ersten Schleusen sind indessen vollständig verschwunden, indem bei einer andern Anordnung der Cultur-Verhältnisse die partiellen Anstauungen entbehrlich wurden.

Dagegen führte Blohm auf der rechten Seite der Wümme, also im ehemaligen Hannoverschen Gebiet, etwas später eine Anzahl solcher Schleusen aus, die auch noch im Gebrauch sind. Es existirten hier früher Stauschleusen, in welchen vor dem jedesmaligen Durchgange eines Kahns, das Schütz ausgehoben und darauf wieder eingestellt werden mufste, wodurch theils ein grosfer Zeitverlust veranlafst wurde, theils aber auch bei trockner Witterung der Wasserstand sich tiefer senkte, als es für die umgebenden Wiesen vortheilhaft war.

Die Klapp-Schleusen haben keine Kammern, bestehn vielmehr nur wie Stauschleusen, aus einzelnen Häuptern. Fig. 391 auf Taf. LVII zeigt in *b* den Grundrifs und in *a* den Längendurchschnitt einer solchen. Der wichtigste Theil dabei ist die aus Latten zusammengesetzte Klappe, die in *c* in gröfserm Maafsstabe dargestellt ist. Die punktirten Linien in *a* zeigen, wie ein herabkommender Kahn die Klappe unter sich niederdrückt, und dadurch den Weg frei macht.

Die Gefälle sind sehr geringe und betragen durchschnittlich nur etwas über 6 Zoll. Das Gefälle der Freiarche bei Lilienthal war, als ich die Schleusen sah, 5 Fufs $1\frac{1}{2}$ Zoll, und dieses vertheilte sich auf zehn Klapp-Schleusen, da die eilfte und letzte überfluthet wurde.

Der Grundbau, wie die Böden und Seitenwände sind überaus einfach construirt. An den Seitenwänden befinden sich aber zwei nach Kreisbogen zugeschnittene und durch je zwei Bolzen befestigte $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Leisten, gegen welche die Klappen sich lehnen. Der obere Bolzen muß sich leicht beseitigen und wieder einbringen lassen.

Die Klappen bestehn aus einer Anzahl mit einander verbundenen Latten, die einzeln beweglich sind. In den zuerst erbauten Schleusen soll man eiserne Charniere benutzt haben, welche jedoch zu kostbar waren, auch die Klappen so sehr beschwerten, daß sie nach einiger Zeit nicht mehr aufschwammen und daher den Dienst versagten. Es wurden dafür drei lederne Riemen hindurchgezogen.

Fig. c zeigt den Durchschnitt durch den untern Theil der Klappe. Die Breite derselben maafs 6 Fufs. Sie lehnte sich an jeder Seite an die erwähnten Leisten, woher die lichte Weite der Schleuse hier nur 5 Fufs 8 Zoll betrug. Dieses genügte für den Durchgang der Kähne, die größtentheils bei der Länge von 25 Fufs noch nicht 5 Fufs breit waren. Die Länge der Klappe in der Rundung gemessen, war 4 Fufs 6 Zoll, und ich zählte darin 14 Latten, woher jede von diesen durchschnittlich nahe 4 Zoll breit ist. Die Stärke der Latten war verschieden, nämlich am untern Theil der Klappe $2\frac{1}{4}$ Zoll und am obern noch nicht voll 2 Zoll. Die unterste Latte war mittelst der erwähnten Riemen noch mit einer dreizölligen Bohle verbunden, welche die Figur gleichfalls zeigt.

Die Latten berührten einander mit ziemlich scharfen Kanten, in welchen auch die hindurchgezogenen Riemen sich befanden. Zu beiden Seiten waren sie abgestumpft, so daß sie nicht nur beim Anlehnen an die Leisten die Krümmung derselben annehmen, sondern auch in ebner Fläche auf den Boden gelegt und selbst in entgegengesetzter Krümmung gebogen werden konnten, was immer geschah, sobald Kähne von einer oder der andern Seite dagegen fuhren und sie zurückdrängten.

Zur Zurichtung und Verbindung der Latten diente ein Block, dessen Oberfläche die innere Krümmung der Leisten darstellte, und auf diesem wurden nach Schablonen die Enden der Latten mit cylindrischen Flächen versehen, so daß sie sich an jene Leisten scharf anschlossen. Alle Schleusen hatten aber gleiche Weite und waren so übereinstimmend gebaut, daß jede Klappe für jede derselben paßte.

Wenn nach vorstehender Beschreibung jede Latte sich auch gut schließend an die Leiste anlehnte, so mußten dennoch die Fugen zwischen je zwei Latten geschlossen werden, und dieses geschah durch Lederstreifen, die man an den untern Rand jeder Latte nagelte. Dieselben überdeckten die Fugen und wurden durch den Wasserdruck scharf gegengepreßt, während sie das Drehn der Latten um die Kanten nicht verhindern. Verschiedene Klappen waren zur Auswechslung vorbereitet, und sobald eine schadhaft wird, was oft genug geschehn soll, so wird sie durch eine andre ersetzt,

Das Ausheben und Einstellen der Klappen geschieht sehr schnell, und zwar gemeinhin, ohne daß die Schleuse geschlossen werden darf. Die geringe Niveau-Differenz zwischen den beiden anliegenden Canalstrecken gleicht sich bald aus, so daß die Durchströmung aufhört, man kann aber auch, wenn es nöthig wird, den Stau erhalten, indem man auf der obern Seite zwischen die Flügelwände eine Tafel einschiebt, die sich gegen die beiderseitigen Pfosten lehnt. Die Beseitigung des Wassers in der Schleuse ist aber entbehrlich, wenn eine andre Klappe eingestellt werden soll.

Die gekrümmten und an beide Seitenwände gebolzten Leisten haben nicht nur den Zweck, der Klappe die passende Stellung zu sichern, sondern dienen auch zur Befestigung derselben, indem sie mit ihren untern Enden die mit den Latten verbundene Bohle fest gegen die Schleusenboden drücken. Jede dieser Leisten ist durch zwei Bolzen befestigt. Sobald man den obern löst, kann sie um den untern gedreht werden, und alsdann läßt sie sich gegen das Oberwasser herabdrücken, wobei jene Bohle frei wird und herausgezogen werden kann. Nachdem eine andre Bohle mit der neuen Klappe eingeschoben ist, braucht man nur die beiden Leisten wieder aufzurichten, und die obern Bolzen, die ungefähr in der Höhe des Wasserspiegels sich befinden, einzuschrauben.

Fig. a zeigt, wie die obern Latten der Klappe sich niederlegen, sobald sie von dem Fahrzeuge gefaßt werden. Beim Aufwärtsfahren erfolgt dieses noch leichter, indem der Kahn sie nicht nur herabdrückt, sondern sie auch vor sich hinschiebt. Der vordere Bug dieser Kähne steigt aber flach an, um bei der Thalfahrt die Latten niederzudrücken, und damit sie sich leicht unter dem Boden fortschieben, befinden sich unter letzterm zwei flache eiserne Schienen, die sich bis zur Spitze fortsetzen. Sobald die Latten nicht mehr niedergedrückt werden, schwimmen sie sogleich auf und bilden wieder die Stauwand, indem sie sich gegen die Lasten lehnen.

Das Herabfahren der Kähne geschieht sehr schnell. Sobald die obere Latte nur etwas herabgedrückt ist, bildet sich sogleich einige Strömung die das Fahrzeug erfafst. Beim Aufwärtsfahren pflegt der Mann, der sich im Kahn befindet, diesen vor der Schleuse in möglichst schnelle Bewegung zu setzen, damit er beim Gegenstoß des Wassers nicht sogleich zum Stillstande kommt. Durch starkes Abstossen mit der Stange gelingt es ihm auch gemeinhin über die Klappe fortzukommen, bevor das Wasser in der nächsten Canalstrecke in heftige Bewegung versetzt wird. Indem der Verkehr hier nur darin besteht, daß vorzugsweise Torf, außerdem auch wohl Milch und andre landwirthschaftliche Produkte herabgehn, die Kähne aber nur leer zurückkommen, so ist das Aufbringen derselben nicht schwer, und nur ausnahmsweise folgen sich mehrere in geringer Entfernung und die Bemannung derselben zieht gemeinschaftlich eins nach dem andern durch die Schleuse.

Es darf kaum erwähnt werden, daß diese Klappen keinen so dichten Schluß bilden, wie man solchen bei Stemmthoren darstellt. Der geringe Wasserverlust, der bei der bezeichneten Druckhöhe nicht bedeutend ist, darf indessen hier nicht als Uebelstand bezeichnet werden, da die Zuflüsse in dem sumpfigen Boden nie versiegen. Steigt das Wasser bei starkem Regen oder beim Schmelzen des Schnees höher an, als man es halten will, so fließt es über die Klappen fort, und wenn man diese ganz niederdrückt und flach auf den Boden legt, indem sie beschwert werden, so ist die Oeffnung der Schleuse ganz frei und es erfolgt die ungehinderte Abströmung.

Ohne Zweifel würde der Wasserverlust und zugleich die Schwierigkeit beim Heraufgehn der Kähne sich wesentlich vermindern, wenn man in geringer Entfernung hinter einander zwei solche Klapp-Schleusen erbaute, so dafs sich dazwischen eine vollständige Schleusenammer bildet, die sich schnell mit derjenigen Canalstrecke ins Niveau setzt, vor der die Klappe niedergedrückt wird, Geschieht dieses, so stände auch nichts im Wege etwas gröfsere Gefälle zu überwinden. Anlagen solcher Art, kommen jedoch nicht vor.

Dreizehnter Abschnitt.

Schiffahrts-Canäle.

§. 80.

Anordnung der Canäle.

Wenn Flüsse und Ströme nur den von der Natur vorgezeichneten Weg der Schifffahrt eröffnen, so läßt sich dieser durch Canäle weiter landeinwärts und sogar über die Wasserscheiden zweier Stromgebiete hinaus ausdehnen. Die Schiffsschleusen und geeigneten Ebenen bieten Gelegenheit über schwächere und grössere Erhebungen des Bodens und über Bergrücken die schiffbaren Verbindungen darzustellen. Dieses ist in England und Frankreich und in Nord-America vielfach in grossem Maafsstabe geschehn, auch in Deutschland giebt es Canäle, die beispielsweise von der Elbe nach der Oder, von dieser nach der Weichsel und Nogat und durch Vermittelung des frischen Haffes in den Memel-Strom, also bis nach Rußland führen.

Viele Canäle haben dagegen nur den Zweck, die Schifffahrt auf oder neben solchen Flüssen zu ermöglichen, die von der Natur dazu nicht geeignet waren, oder deren Beschaffenheit dem weitern Aufgange der Fahrzeuge eine Grenze setzte. Andre Canäle dienen ausschliesslich zur Abfuhr gewisser in grosfer Masse gewonnener Produkte, wie namentlich der Steinkohlen und Erze.

In neuerer Zeit sind die Eisenbahnen mit den Canälen in lebhaftere Concurrrenz getreten, und vielfach macht sich die Ansicht geltend, dafs jene den Verkehr auf diesen ganz unterdrücken möchten. Wenn die Erfahrung bisher auch noch keineswegs dafür gesprochen hat, so verdient die Frage doch nähere Erwägung.

Auf den Eisenbahnen erfolgen die Transporte viel schneller, als auf Canälen, auch finden bei vorsichtiger Verwaltung niemals, oder doch nur auf wenig Stunden Unterbrechungen statt, während die

Eisdecken in unserm Klima die Canäle regelmässig auf mehrere Monate unbrauchbar machen. Der wesentlichste Punkt in dieser Concurrenz ist indessen wohl der Umstand, daß die Gesellschaft welche eine Eisenbahn baut, zugleich den Verkehr auf derselben übernimmt, also alleiniger Fuhrherr wird. Das große Betriebsmaterial, welches sie braucht, darf nicht lange unbenutzt bleiben, und wenn die vortheilhafteste Verwendung desselben großen Gewinn bringt, so hat sie Gelegenheit auch aus einer wenig einträglichen Benutzung noch Gewinn zu ziehn. Der Ueberschuß des Ertrages über die Selbstkosten mag bei manchen Zügen nur sehr geringe sein, aber derselbe ist dennoch nicht zurückzuweisen, insofern alle Erfordernisse des Betriebes vorhanden sind, und sonach die Selbstkosten nicht im ganzen Betrage, sondern nur in dem Ueberschuß den diese Verwendung verursacht, in Rechnung gestellt werden. Hierdurch erklären sich die überaus billigen Transport-Preise für manche Güter auf Eisenbahnen. Vielleicht tritt hin und wieder auch die Absicht hinzu, ohne allen Vortheil, sogar mit Schaden, die Transporte zu übernehmen, um zunächst die Concurrenz ganz zu unterdrücken, sobald dieses aber erreicht ist, durch Steigerung der Preise diese Verluste zu decken.

Die Frachtsätze sowohl auf Flüssen, als auf Canälen stellen sich ihrer Natur nach im Allgemeinen wegen der niedrigern Betriebskosten geringer als auf Eisenbahnen, Die langsamere Förderung ist für manche Güter und namentlich für Rohprodukte, wenn nicht etwa ein unvorhergesehener Bedarf eintritt, kein Uebelstand, und selbst diesem läßt sich in gewisser Beziehung entgegenreten.

Auf manchen Canälen in England sind Eilböte eingerichtet, die nur zur Förderung von Reisenden dienen und die deutsche Meile in einer halben Stunde zurücklegen. Sie sind 70 Fuß lang 5,5 Fuß breit und fassen etwa 60 Personen. Sie werden durch drei Pferde gezogen, die jedesmal nach kurzen Strecken durch andre ersetzt werden, aber in vollem Galopp den Weg zurücklegen. Vorn sind zwei Pferde angespannt, auf dem folgenden dritten sitzt der Führer. Sie sind also ähnlich, wie vierspännig gestellt, nur fehlt das Handpferd, weil die Zugleine schräg abgeht. Diese ist am Boot an einen Haken befestigt, der bei dem geringsten Druck sich öffnet, und sie auslaufen läßt. Die Vorsicht ist dringend nöthig, um ein Umschlagen des Bootes zu verhindern, wenn es bei Unachtsamkeit

des Steuermanns vielleicht sich seitwärts wenden und überscheeren sollte. An Bequemlichkeit steht diese Art des Reisens keiner andern nach, übertrifft vielmehr wohl jede. Man fühlt keine, auch nicht die leiseste Erschütterung und bemerkt die Bewegung nur an dem schnellen Vorübergange der Gegenstände auf den Ufern. Der größte Theil der Reisenden pflegt auch sogleich einzuschlafen. köpfl

Die Benutzung von Dampfbooten auf Canälen war früher ziemlich allgemein verboten, weil man zu große Beschädigungen der Ufer besorgte. Diese Besorgniß ist allerdings nicht unbegründet, aber das Verbot läßt sich nicht aufrecht erhalten, wenn man den Verkehr auf den Canälen nicht zu sehr beschränken will. Man muß also für gehörige Befestigung der Ufer sorgen, oder wenn diese einbrechen, sie sicherer als früher decken. Es ist aber schon § 57 erwähnt, daß es ziemlich gleichgültig ist, ob das Boot durch Räder oder Schrauben bewegt wird, die Welle, welche die Ufer beschädigt, rührt vorzugsweise vom Bug des Bootes her, ihre Höhe wird also durch die Geschwindigkeit und die Größe des Querschnitts bedingt. Selbst ein Reactions-Boot, in welchem das umgebende Wasser gar nicht fortgestoßen wird, erregte heftige Wellen, als es einst durch den Canal bei Berlin ging.

Daß die Warpschiffahrt auch auf Canälen Anwendung findet, ist gleichfalls bereits erwähnt. Wenn aber eine Warpkette ausgelegt wird, so wird dadurch der freie Verkehr mehr oder weniger beschränkt und der Betrieb der Schiffahrt geht größtentheils auf die Gesellschaft über, welche die Kette ausgelegt hat. Bei der gleichmäßigen Tiefe eines Canals dürfte dagegen die Anwendung von kurzen geschlossnen Ketten, oder Ketten ohne Ende sich hier vorzugsweise empfehlen, die auch kein Monopol bedingen.

Der wesentliche Vorzug eines Canals vor einer Eisenbahn beruht darauf, daß er eine dem freien Verkehr eröffnete Straße bildet, die ein Jeder für die festgesetzten Gebühren und nach den sonstigen Vorschriften mit seinem eignen Schiffe befahren darf.

Daß nichts desto weniger die Transporte selbst von Rohproducten von den Canälen auf die Eisenbahnen zum Theil übergegangen sind, leidet keinen Zweifel. Lamarle theilt darüber die wichtige Notiz mit*), wie in dieser Beziehung das Verhältniß der

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1859. II. pag. 330.

auf Canälen und Eisenbahnen aus Belgien nach Frankreich übergeführten Steinkohlen in wenig Jahren sich verändert hat. Diese Verhältniszahlen sind

	auf	
	Canälen	Eisenbahnen
1852:	0,92 . .	0,08
1854:	0,80 . .	0,20
1856:	0,75 . .	0,25
1858:	0,52 . .	0,48

Derselbe bemerkt dabei, daß wohl die unpassende Einrichtung der zum Theil sehr alten Canäle hierzu Veranlassung gegeben hat.

Beim Entwerfen eines Canal-Projectes ist vorzugsweise zu untersuchen, ob das erforderliche Speisewasser für denselben unter allen Verhältnissen beschafft werden kann. Irrungen sind in dieser Beziehung sehr häufig vorgekommen, oder haben sich im Lauf der Zeit herausgestellt. Die fortschreitende Cultivirung des Bodens und besonders die Trockenlegung sumpfiger Flächen, wie auch das Ausrodern ausgedehnter Waldungen und Gebüsche tragen wesentlich dazu bei, die ursprünglich vorhandenen Quellen in trockener Jahreszeit zu schwächen oder ganz versiegen zu machen*). Manche Canäle, die unmittelbar nach ihrer Anlage hinreichend gespeist wurden, sind gegenwärtig bei anhaltender Dürre nicht mehr zu befahren. Man hat daher, wie in England mehrfach geschehn, zu ihrer Speisung kräftige Pumpen erbaut, die durch Dampf betrieben werden. Auch für den Canal, der die Sambre mit der Oise verbindet, sah man sich gezwungen, nachträglich nicht nur mehrere Dampfmaschinen aufzustellen, welche das Wasser auf die Scheitelstrecke pumpten, sondern man richtete auch Reservoirs ein, die im Frühjahr und bei starkem Regen sich füllten und deren Inhalt später nach Bedürfnis wieder dem Canal zugeführt wird.

Häufig ist die vorhergehende Untersuchung aber auch nicht vollständig. Besonders in neuerer Zeit tritt die Absicht, einen Canal, wie eine Eisenbahn, zu erbauen, plötzlich auf, und die Ausführung soll sogleich begonnen werden. Die zur Speisung zu benutzenden Quellen kann man zwar leicht messen, aber die so ge-

*) Vergl. Theil I. § 1 dieses Handbuches.

fundenen Resultate sind nicht maassgebend, wenn die Witterungsverhältnisse sich ändern und eine ungewöhnliche Dürre eintritt. Darf letztere nicht abgewartet werden, so ist es noch am sichersten, aus der Ausdehnung und Beschaffenheit des Quellengebiets auf die geringste Ergiebigkeit der Zuflüsse zu schliessen*).

Bei manchen Canal-Anlagen sind die erwähnten Untersuchungen entbehrlich, nämlich wenn aus gröfsern Flüssen oder selbst aus Strömen das Speisewasser entnommen wird. Dieses geschieht, wenn die Canäle zur Seite eines nicht schiffbaren Flusses geführt werden, oder vielleicht nur natürliche oder künstliche Hemmnisse der Schifffahrt an einzelnen Stellen umgehn. Zuweilen verbindet auch ein Canal zwei Stromgebiete, ohne eine dazwischen liegende Höhe zu übersteigen, indem er von dem einen Strom zum andern abfällt. Dieses ist zum Beispiel der Fall beim Plauenschen Canal, der von der Elbe nach der Havel führt, und durch erstere gespeist wird. Doch traten auch hier zu Zeiten wesentliche Störungen ein, indem der Wasserspiegel der Elbe in trockner Jahreszeit so tief sank, dafs die Schiffe die nächste Strecke nicht befahren konnten. Es mußte daher dieser Canal durch den sogenannten Ihle-Canal verlängert und zur Seite der Elbe so weit aufwärts geführt werden, dafs der erforderliche Wasserstand sicher stets gehalten werden kann.

Wo Scheitelstrecken vorkommen, die nach beiden Seiten abfallen, darf die in Rede stehende Frage nie unbeachtet bleiben. Je tiefer man die Scheitelstrecke verlegt, um so reichhaltiger werden die Zuflüsse. Wenn aber die Bergrücken oder die zwischen zwei Stromgebieten liegenden Höhenzüge nicht hinreichend tiefe Einsenkungen haben, so bleibt nur übrig, für die Canäle sehr tiefe, also sehr kostbare Einschnitte zu machen, oder vielleicht zu unterirdischen Strecken sich zu entschliessen. Letzteres ist in England und Frankreich vielfach geschehn, aber nicht nur die Ausführung solcher ist sehr kostbar, sondern auch der Verkehr auf denselben wird bei längern Strecken höchst beschwerlich und der Leinenzug durch Pferde sogar unmöglich. Dieses soll später durch die am Canal von Saint-Quentin gemachten Erfahrungen nachgewiesen werden.

Wie grofs der Bedarf an Wasser bei einem neu anzulegenden

***) Theil I. § 6 und § 26.

Canal sein wird, ist schwer zu ermitteln. Am sichersten läßt sich noch der Verbrauch zum Füllen der Schleusen feststellen, doch muß man zu diesem Zweck schon wissen, wie groß die Anzahl der durchgehenden Schiffe ist, und ob dieselben in gleicher oder entgegengesetzter Richtung sich folgen. Welche Wassermengen durch Filtration und Verdunstung in trockner Zeit verloren gehn, hängt freilich von der Beschaffenheit des Grundes, von der Höhe des Spiegels des Canals über dem Grundwasser, und von seiner mehr oder minder freien Lage ab, doch wird man hierüber nicht leicht ein ganz sicheres Urtheil sich bilden können.

Es ergibt sich schon aus Vorstehendem, daß es vorzugsweise darauf ankommt, der Scheitelstrecke die nöthigen Zuflüsse zuzuweisen. Die folgenden Strecken werden theils durch diese gespeist, und theils bietet sich auch leichter Gelegenheit, denselben noch andre Quellen zuzuweisen. Aus diesem Grunde wird man bemüht sein müssen, dem Canal nur eine Scheitelstrecke zu geben, und von dieser, die nicht umgangen werden kann, ihn stätig nach beiden Seiten bis zu den Strömen, welche er verbindet, abfallen zu lassen.

Zuweilen leitet man die Quellen und Bäche, die das Speisewasser liefern, unmittelbar in den Canal, häufig ist dieses aber nicht thunlich und alsdann muß man Zuleitungs-Canäle oder sogenannte Rigolen anlegen, die oft mehrere Meilen lang sind.

Indem die Reichhaltigkeit der Bäche nach den Jahreszeiten sehr verschieden und namentlich im Frühjahr größer als das Bedürfnis ist, so hat man vielfach Reservoirs oder Sammel-Bassins von bedeutender Ausdehnung angelegt, in welchen dieser Ueberschuß aufgenommen und später, so bald es nöthig, zur Füllung des Canals verwendet wird. Obwohl diese Fürsorge, wo es leicht geschehn kann, gewis zu empfehlen ist, so sind die dabei angesammelten Wassermengen doch meist zu geringe, als daß sie während längerer Zeit dem Bedürfnis entsprechen könnten.

Von den sonstigen Einrichtungen und Anlagen, die bei Schiffahrts-Canälen vorkommen, ist im Allgemeinen wenig zu sagen.

Für die nöthige Wassertiefe, den darauf gehenden Schiffen entsprechend, muß gesorgt werden. Man bestimmt schon bei Anlage eines Canals den Wasserstand, der in jeder von zwei Schleusen begrenzten Strecke dauernd gehalten werden soll, und hiervon

ist die Höhenlage der Sohle, oder die Tiefe der Ausgrabung abhängig. Die Füllung jeder solcher Strecke und zwar aus der nächst oberhalb belegenen ist leicht möglich, wenn es der obersten oder der Scheitelstrecke nicht an Wasser fehlt.

Bei besonders starken Niederschlägen, oder beim plötzlichen Schmelzen großer Schneemassen können aber Ueberfüllungen einzelner Strecken eintreten, in welchem Fall nicht nur für die Ableitung gesorgt, sondern auch darauf Rücksicht genommen werden muß, daß möglicher Weise die betreffenden Schütze nicht schnell genug geöffnet werden und alsdann das Wasser bis zur Krone der Canal-dämme ansteigt und diese überströmt, wobei die Dämme zerstört werden und die ganze im Canal enthaltene Wassermasse abfließt. In solchem Falle treten nicht nur die äußersten Verwüstungen der betroffenen Bodenfläche ein, sondern der Canal wird auch auf große Länge entleert. Um diesen möglichen Uebelständen zu begegnen oder sie auf das geringste Maas zu beschränken, werden theils sehr kräftige Ableitungen vorgerichtet, die von selbst in Thätigkeit treten, sobald der Wasserspiegel eine gewisse Höhe erreicht (hiervon war bereits im ersten Theile dieses Handbuchs § 19 die Rede), theils aber erbaut man auch sogenannte Sicherheitsthore, die sich von selbst schliessen, wenn eine merkliche Strömung im Canal sich bildet, und die alsdann das dahinter befindliche Wasser zurückhalten.

Die Breite des Canals wird gewöhnlich nur so groß angenommen, daß zwei beladene Schiffe bequem an einander vorbeifahren können. An solchen Stellen aber, wo Schiffe anlegen, genügt dieses Maas nicht. Auch muß hin und wieder Gelegenheit zum Drehen der Schiffe gegeben werden.

Die Anlage von Leinpfaden und zwar für Pferde und wo möglich auf beiden Seiten des Canals erleichtert wesentlich den Verkehr und wird in England und Frankreich meist als dringend nöthig angesehen.

Bei Auswahl der Linie wird man die durch den Canal zu verbindenden Punkte, soweit es geschehn kann, ohne zu große Umwege zu erreichen suchen, während man tiefe Einschnitte und noch mehr große Erhebungen über das umgebende Terrain vermeidet.

Bei Aufstellung eines Canal-Projects ist vorzugsweise der darauf zu erwartende Verkehr zu berücksichtigen, also die Anzahl der

Schiffe, die Richtung der Frachten, die Zwischenpunkte, in welchen der Verkehr zum Theil abbricht oder sich verändert und dergleichen. In Bezug auf Wasserbedarf, Transportzeit und sonstige Erleichterung der Schiffahrt ist die Länge der Canalhaltungen und besonders die Anordnung der Schleusen, deren Gefälle, Weite, ob nämlich ein oder zwei Schiffe darin aufgenommen werden, ferner ob einfache oder gekuppelte Schleusen zu erbauen sind, von überwiegendem Einfluß. Im Folgenden wird hierauf hingewiesen werden, sehr ausführlich sind diese Beziehungen von M. Comoy behandelt*). Derselbe macht aber auch darauf aufmerksam, daß man vorzugsweise die Zeiten des stärksten Verkehrs berücksichtigen muß, der keineswegs im ganzen Jahr derselbe bleibt. Nach dreijährigem Durchschnitt, 1843 bis 1845, vertheilte sich auf dem Canal du Centre der Verkehr auf die verschiedenen Monate in folgender Art:

Januar	0,052
Februar	0,047
März	0,104
April	0,131
Mai	0,137
Juni	0,125
Juli	0,106
August	0,000
September	0,018
October	0,106
November	0,107
December	0,067
	1,000

Während Juli, August und September fand die Sperre statt, die 60 bis 80 Tage anhielt, woher im Monat August der Verkehr vollständig unterbrochen war.

*) *Principes généraux, d'après lesquelles on doit disposer les ouvrages des canaux au point de vue de leur fréquentation.* In den *Annales des ponts et chaussées*. 1849. I. pag. 1.

§ 81.

Wasserbedarf der Canäle.

Das Wasser, welches die einzelnen Canalstrecken füllt, erhält sich darin nicht dauernd, sondern wird sowohl beim Durchgange der Schiffe durch die Schleusen, als auch durch die Einwirkung des Bodens und der Atmosphäre vermindert. Wenn der Canal über eine Wasserscheide geführt werden soll, wo nur mäfsige Quellen zu seiner Speisung benutzt werden können, so ist es dringend nöthig, sich schon vorher davon zu überzeugen, dafs diese zur Erhaltung des erforderlichen Wasserstandes genügen. Sollte dieses bei demjenigen Entwurfe nicht der Fall sein, welcher den sonstigen Terrain-Verhältnissen am meisten entspricht, so mufs man eine andre Linie und andre Höhenlagen der einzelnen Strecken aufsuchen. Bei einer neuen Anlage mufs man auch die Cultur-Verhältnisse und deren mögliche Veränderungen, die vielleicht durch den Canal selbst veranlafst werden, nicht unbeachtet lassen.

Man beruhigt sich allerdings zuweilen, wenn man sieht, dafs ein Canal nicht dauernd gespeist werden kann, mit der Erwägung, dafs eine Unterbrechung der Schifffahrt zur Ausführung der nothwendigen Reparaturen doch nicht zu umgehn ist, und gerade die Zeit der grössten Dürre sich hierzu am meisten eignet. Dagegen wäre aber zu erinnern, dafs solche Reparaturen, welche eine Sperrung von mehreren Wochen erfordern, bei gehöriger Vorbereitung sich nicht in jedem Jahr wiederholen, und dafs man auferdem die Zeit des grössten Wassermangels nicht bestimmt vorhersehn kann. Solche Schifffahrts-Sperren mufs man, um sie weniger störend zu machen, dem Publicum schon lange vorher anzeigen, und es ereignet sich alsdann leicht, dafs schon früher wegen Wassermangel die Schifffahrt unterbrochen war, oder dafs derselbe auch später noch nicht gehoben ist. Hierzu kommt noch der ungünstige Umstand, dafs die grösste und anhaltendste Dürre gemeinhin in die Zeit nach der Ernte fällt, also in diejenigen Monate, wo die Schifffahrt am lebhaftesten zu sein pflegt.

Bei einigen wenigen Canälen tritt ein entgegengesetztes Bedürfnifs ein, indem nicht sowohl die Zuführung, als die Ablei-

tung des Wassers Schwierigkeiten verursacht. Dieses geschieht indessen nur in eingedeichten und tief liegenden Niederungen, die eines natürlichen Abflusses entbehren. Ein Beispiel davon ist der Nordholländische Canal, der die Anlage von besondern Schöpfmühlen erforderte, um das durch die Schleusen zugeführte Wasser wieder zu entfernen.

Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dafs dem Wassermangel vorgebeugt sei, mufs man das Bedürfnifs kennen, und es entsteht daher zunächst die Frage, welche Wassermenge einem Schiffahrts-Canal zugeführt werden mufs, damit er stets hinreichend gefüllt bleibt. Der Wasserverlust wird durch verschiedene Ursachen veranlafst, die hier näher erörtert werden sollen, wenn sich ihr Einflufs auch nicht ganz sicher angeben läfst.

Zunächst wäre die Verdunstung zu nennen, die auf der ganzen Oberfläche des Canals eintritt. Der Werth derselben läfst sich nach den früheren Mittheilungen (Theil I. § 4) ungefähr angeben, er würde, wenn man die Regenmenge in Abzug bringen wollte, für unsere Gegenden sich während eines Jahrs etwa auf 1 Fufs stellen. Zur Wiederersetzung des verdunsteten Wassers brauchte man daher im Laufe eines Jahres nur eine Masse hineinzuleiten, die dem Rauminhalt eines Prismas entspräche, dessen Grundfläche der Wasserspiegel des Canals, und dessen Höhe 1 Fufs wäre. Die Untersuchung, in dieser Weise geführt, stellt aber kein brauchbares Resultat dar, denn es handelt sich nicht um den jährlichen Bedarf, sondern um denjenigen, der während des Sommers und namentlich während der grössten Dürre eintritt. In gewissen Jahreszeiten hat jeder Canal überreiche Zuflüsse, die man nicht vollständig benutzen kann, und anderweit ableiten mufs, um den Canal nicht zu hoch anschwellen zu lassen. Eine Ausgleichung findet demnach nicht statt, und man darf den Regen, der zu andrer Zeit niederfällt, nicht in Betracht ziehn. Bei trockner Luft und grofser Hitze verdunsten nach den angeführten Beobachtungen täglich etwa 2 Linien, vielleicht sogar auf den ausgedehnten freien Wasserflächen, die vor dem Winde und der Sonne grosentheils nicht geschützt sind, bisweilen noch mehr. Man kann hiernach den Werth der Verdunstung nur annähernd angeben, doch bleibt derselbe vergleichungsweise gegen die sonstigen Verluste ziemlich gering.

Wichtiger ist die Filtration, deren Einfluss jedoch in so hohem Grade durch äufere Verhältnisse bedingt wird, dafs ihr Werth auch nicht entfernt mit einiger Sicherheit angegeben werden kann. Die Höhen-Differenz zwischen dem Wasserspiegel des Canals und dem des Grundwassers bezeichnet die Druckhöhe, welche das Wasser durch den Boden treibt, falls der Canal ganz in das Terrain eingeschnitten und nicht etwa durch Dämme eingeschlossen ist. Der Stand des Grundwassers ist aber sehr verschieden. Dasselbe erreicht eine gröfsere Höhe nach anhaltendem Regen, als während der Dürre. Es bilden sich in dem Boden Anschwellungen, wie im freien Strom, die aber wegen der vielfachen Hindernisse der Bewegung des Wassers sich weit langsamer verziehn. Interessant sind die Beobachtungen, die Woltman in den Jahren 1793 bis 1800 über den Stand des Grundwassers anstellte*). Der Beobachtungsort war Cuxhaven, also eine niedrige Marschgegend, in der Nähe der See. Die achtjährigen Beobachtungen ergaben für die einzelnen Monate die Höhe des Grundwassers über dem mittlern Stande desselben in folgender Art:

im Januar . . .	+	1,34	Fufs,
im Februar . . .	+	1,45	"
im März . . .	+	0,92	"
im April . . .	+	0,43	"
im Mai . . .	-	0,46	"
im Juni . . .	-	1,37	"
im Juli . . .	-	2,17	"
im August . . .	-	1,49	"
im September . . .	-	1,18	"
im October . . .	+	0,10	"
im November . . .	+	1,26	"
im December . . .	+	1,17	"

Man bemerkt, dafs die mittlern Werthe aus den achtjährigen Beobachtungen zwischen den Wasserständen im Februar und Juli eine Differenz von 3,62 oder nahe $3\frac{2}{3}$ Fufs zeigen. Am höchsten stieg das Grundwasser im December 1797, nämlich 2,62 Fufs über den mittlern Stand, und es sank am tiefsten im Juli 1794, näm-

*) Beiträge zur Bankunst schiffbarer Canäle. Göttingen 1802. Seite 262.

lich 3,01 Fufs darunter. Der Unterschied zwischen diesen Höhen beträgt 5,63 Fufs Hamburger Maafs oder 5 Fufs Rheinländisch.

Die Höhe über dem mittleren Stande der See hat Woltman nicht angegeben. Man kann aber wohl annehmen, dafs im Binnenlande, wo eine solche sehr constante Höhe in einem nahe liegenden Becken nicht statt findet, die Unterschiede sich gröfser herausstellen. Es ergibt sich jedoch schon hieraus, wie verschieden die Wasserverluste in Folge der Filtration zu verschiedenen Jahreszeiten sind, und dafs sie bei anhaltender Dürre am gröfsten werden.

Anders verhält es sich, wenn das in den Boden eindringende Wasser nicht bis zum Grundwasser herabsinkt, vielmehr schon in geringerer Tiefe einen Ausweg zur Seite findet, durch welchen es leichter abfliefsen kann. Dieser Fall wiederholt sich sehr häufig und namentlich wenn das nebenliegende Terrain auf beiden, oder auf einer Seite niedriger ist, als der Wasserspiegel im Canal. Besonders wenn dieser sich zur Seite eines steilen Abhanges hinzieht, pflegen sich bedeutende Quellen daneben zu bilden, die nicht nur wegen des Wasserverlustes, den sie verursachen, nachtheilig sind, sondern auch in den nebenliegenden Aeckern und Wiesen Versumpfungungen erzeugen, oder andre Beschädigungen verursachen. Nach der ersten Füllung des Caledonischen Canals zeigten sich am Fufs eines Seitendamms so starke Quellen, dafs die herausdringende Wassermenge sogar ein Gebäude unterspülte und zerstörte.

Man sollte meinen, dafs die letzte Art der Filtration von den Witterungs-Verhältnissen ganz unabhängig wäre, insofern die Tiefe, zu der das Wasser herabsinkt, unverändert dieselbe bleibt. Dieses ist indessen, nach manchen Beobachtungen, nicht der Fall, vielmehr stellt sich auch hierbei in trockner Jahreszeit ein stärkerer Wasserverlust heraus. Minard erklärt diese Erscheinung dadurch, dafs ein thonhaltiger Boden beim Trocknen sich zusammenzieht, und zerklüftet, wobei die Fugen, durch welche das Wasser hindurchdringt, weiter geöffnet werden. Es ist indessen kaum anzunehmen, dafs an den Stellen, wo die Quellen liegen, wirklich ein vollständiges Austrocknen statt finden sollte.

Es läfst sich jedoch der Einflufs der Filtration von dem der Verdunstung nicht ganz trennen. Die verschiedenen Erdarten, insofern sie mehr oder weniger Sand enthalten, oder aus reinem

Sand bestehn, ziehn das Wasser vermöge der Capillar-Attraction an. Bis zu einer gewissen Höhe über dem Grundwasser, also oft bis zur Oberfläche des umgebenden Terrains, werden sie durch das Wasser des Canals feucht erhalten. Sobald nun die Witterung eine kräftige Verdunstung gestattet, so verflüchtigen sich die Wassertheilchen, welche bis zur Oberfläche hinaufgestiegen waren, und in gleichem Maasse werden wieder andre Theilchen heraufgezogen, und sonach veranlaßt auch die Filtration bei trockner Witterung stärkere Wasserverluste, als wenn der mit Wasser gesättigte Boden die Feuchtigkeit nicht verliert, und vielleicht sogar diese durch hinzutretenden Regen noch vermehrt wird. Zu der Verdunstung kommt noch ein andrer Umstand, der die Filtration verstärkt. Dieses ist der Pflanzenwuchs. In gleichem Maasse, wie derselbe die Feuchtigkeit dem Boden entzieht, muß sich diese aus dem Canal ersetzen.

Die Beschaffenheit des Bodens hat endlich noch wesentlichen Einfluß auf die Filtration. Je mehr freie Zwischenräume vorhanden sind, um so größer ist unter übrigens gleichen Umständen der Wasserverlust. Im festen Thonboden ist letzterer sehr unbedeutend und oft gar nicht bemerkbar. Je mehr aber Sand beigemischt ist, um so leichter dringt das Wasser hindurch, und in reinem, besonders in grobkörnigem Sande ist die Filtration sehr bedeutend. Am übelsten ist es aber, wenn die Canaldämme und deren Untergrund aus Kies bestehn. Auch in klüftigem Gestein zeigen sich Wasserverluste, die zuweilen die dauernde Erhaltung des Wasserstandes im Canal unmöglich machen. So ist die eine unterirdische Strecke im Canal von St. Quentin in so klüftigem Kalk ausgeführt, daß sie in wenig Stunden vollkommen trocken wurde, und indem das Speisewasser während des Sommers nicht genügte, um diesen übermäßigen Verlust zu decken, so füllte man sie in jeder Woche nur einmal, und schloß sie sogleich an beiden Seiten wieder ab, nachdem die Schiffe, die sich inzwischen davor angesammelt hatten, hindurch gegangen waren. In neuerer Zeit soll es gelungen sein, die Quellen beträchtlich zu mäfsigen. Der größte Theil dieses Canals verliert ührigens sein Wasser auch gegenwärtig noch so stark, daß bei unterbrochener Speisung der Wasserstand sich täglich um nahe 4 Fuß senkt. Noch auffallender war in dieser Beziehung der Seiten-Canal, der bei Hüningen den

Rhein-Rhone-Canal mit dem Rhein in Verbindung setzt, dem es freilich nicht an hinreichendem Zuflufs fehlt, indem man beliebige Wassermengen aus dem Rhein hineinleiten kann. Man fand, dafs an einem Tage der ganze Inhalt des Canals fünfunddreifsigmal erneut werden mufste, um den Verlust durch Filtration zu decken. Der Untergrund besteht hier aus grobem Rhein-Kies.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs auch Maulwurfs-Gänge zuweilen in einem guten Boden zum Entstehn von Quellen Veranlassung geben.

Ueber die Mittel, welche man zur Dichtung der Canäle anwendet, soll später die Rede sein, es ergiebt sich aber aus Vorstehendem, dafs es unmöglich ist, die Gröfse des Wasserverlustes in Folge der Filtration auch nur annähernd zu bezeichnen. Woltman nimmt, auf die Beobachtungen am Canal du Midi gestützt, sehr willkürlich an, dieser Wasserverlust sei fünfmal so grofs, als derjenige, der von der Verdunstung herrührt. Minard meint dagegen, man könne sehr zufrieden sein, wenn ein Canal in 24 Stunden nicht mehr als 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll an seiner Wasserhöhe in Folge der Filtration verliere. Doch gilt dieses wohl nur für höher belegene Canalstrecken.

Von der Filtration rührt auch der sehr starke Wasserverlust her, der in neuen Canälen bei der ersten Füllung eintritt, und der bei ältern Canälen sich gleichfalls zeigt, wenn sie einige Zeit hindurch trocken gelegen haben. Man hat in Frankreich bemerkt, dafs Canäle, deren Sohlen durch Bétonbetten gedichtet waren, und deren Seitenwände aus massiven Mauern bestanden, dennoch in den ersten 24 Stunden eine Senkung des Wasserstandes von 3 Zoll erfuhren. Offenbar ist dieser Verlust ohne Vergleich viel gröfser, wenn nur eine unbefestigte Sohle und Erd-Dossirungen das Canalbett bilden, und oft wird zur Füllung eines Canals das Doppelte seines Rauminhalts gebraucht.

Die Filtration kommt nicht allein bei den Schiffahrts-Canälen selbst, sondern auch bei den Rigolen in Betracht, die ihnen das Wasser zuführen, und insofern man diesen kein starkes Gefälle geben mag, um die Bäche möglichst tief abzufangen, so zeigt sich häufig der Uebelstand, dafs die Wassermenge beim Durchfliefsen solcher Gräben sich wesentlich vermindert. Dieser Verlust ist offenbar von der Zeit abhängig, während welcher jedes Wasser-

theilchen darin bleibt, er ist daher um so größer, je kleiner die Geschwindigkeit ist. Aus diesem Grunde darf man das Gefälle solcher Speisegräben nicht zu geringe annehmen, und bis zu einer gewissen Grenze ist es vortheilhafter, den Bach in größerer Höhe abzufangen, also eine geringere Wassermenge in den Graben zu leiten, als ein schwächeres Gefälle darzustellen, und dadurch den Wasserverlust während des Durchfließens zu vermehren. Die scharfe Lösung der Aufgabe, bei welchem Gefälle die möglichst größte Wassermenge aus dem Bach dem Canal zugeführt wird, ist gewiß unmöglich, da man selbst durch eine Local-Untersuchung die Werthe der in die Rechnung einzuführenden Constanten nicht mit hinreichender Genauigkeit für jeden Fall wird bestimmen können. Es soll hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß man nicht hoffen darf, alles Wasser, welches man den Speisegräben zuführt, in den Canal fließen zu sehn. Es ergibt sich aber aus dieser Betrachtung noch, daß die Zuflüsse aus Speisebassins, deren Reichhaltigkeit man beliebig verstärken kann, weniger verlieren, wenn man kürzere Zeit hindurch recht kräftige Strömungen eintreten läßt, als wenn man ununterbrochen geringe Wassermassen abzieht. Die Geschwindigkeit in den Gräben bleibt nämlich in beiden Fällen nicht dieselbe, sondern verstärkt sich ungefähr im Verhältnisse zur Quadratwurzel aus der mittlern Tiefe; daher durchläuft jedes einzelne Theilchen des verstärkten Stroms den Graben schneller, und erleidet einen geringern Verlust. Die Richtigkeit dieser Schlußfolge leuchtet ein, wenn man ein sehr schwaches Fließen voraussetzt, welches so geringe gedacht wird, daß das Wasser auf dem Wege vollständig in den Boden hineingezogen wird, und sonach das Verhältniß der in den Graben hineintretenden zu der heraustretenden Wassermenge unendlich groß ist.

Eben so wenig wie der Verlust durch die Filtration sich vorher bestimmen läßt, kann man auch die Wassermengen angeben, welche von einer Canalstrecke in die andre durch die Fugen in den Schleusenthoren, und zwischen diesen und den Schlagwellen und Thornischen abfließen. Dieser Verlust ist indessen vergleichungsweise gegen andre ziemlich unbedeutend. Bei gehöriger Unterhaltung der Thore darf man ihn wohl, wie Minard an-

giebt, nicht höher, als auf den achten Theil eines Cubikfusses in der Secunde anschlagen.

Nach den an mehreren französischen Canälen gesammelten Erfahrungen berechnet Hefs*) den Wasserverlust durch Verdunstung, Filtration und Undichtigkeit der Schleusen auf 1,2 bis 2 Cubikfuss in der Secunde und auf 1 deutsche Meile Länge. Der Unterschied zwischen beiden Grenzen beruht auf der tiefern oder höhern Lage des Canals gegen das umgebende Terrain und auf der Beschaffenheit des Bodens, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dafs dieser nicht sehr durchlässig sei. Es wird hinzugefügt, dafs bei sorgfältiger Dichtung der Verlust bis auf 0,54 ermäßigt werden kann, während er bei Americanischen Canälen zuweilen sogar 3,70 beträgt.

Die Französischen Ingenieure nehmen gegenwärtig an, dafs die erwähnten Verluste im mittlern Theil von Frankreich auf 1 Kilometer Canallänge sich täglich auf 650 Cubikmeter stellen. Dieses giebt für die Secunde und Meile 1,94 Cubikfuss.

Endlich kommt bei Ermittlung des Wasser-Bedarfs für einen Canal auch der Verbrauch beim Durchschleusen der Schiffe in Betracht, und dieser ist bei lebhafter Schiffahrt sehr bedeutend, so dafs er demjenigen durch die Filtration gleichkommt, denselben auch oft noch bedeutend übertrifft. Seine Gröfse läfst sich, wenn man die Schiffahrts-Verhältnisse kennt, genauer, als die übrigen Wasserverluste ermitteln, und es sind manche interessante Untersuchungen hierüber angestellt. Einige der wichtigern Resultate, die namentlich auf die zweckmäfsige Anordnung der Canalstrecken und der Schleusen von Einflufs sind, dürfen hier nicht umgangen werden.

Beim Durchgang eines Schiffes durch eine Schleuse sind zwei verschiedene Wassermengen in Betracht zu ziehn, nämlich zunächst diejenige, welche erforderlich ist, um den Wasserstand in der Schleusenkammer vom Unterwasser bis zum Oberwasser zu heben. Man nennt sie die Füllmasse, und es ist klar, dafs sie unverändert dieselbe bleibt, wenn ein Schiff in der Schleusenkammer sich befindet, oder nicht. Dieses taucht nämlich in das Oberwasser ebenso tief ein, wie in das Unterwasser. Sobald das Schiff dagegen in die Schleusenkammer hinein, oder aus derselben herausgezogen wird, so füllt sich der leere Raum, den der eintauchende Theil des

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. Seite 539.

Schiffes bisher einnahm, mit Wasser, und eine Wassermenge, deren Gewicht dem des Schiffes gleich ist, wird aus der Kammer hinaus, oder in dieselbe hineingedrückt. Man nennt diese die Flottmasse. Außerdem wäre noch diejenige Wassermenge zu erwähnen, welche sich in der Kammer befindet, während die Verbindung mit dem Unterwasser dargestellt ist. Diese kommt indessen nicht in Betracht, da sie bei einfachen Schleusen stets in der Kammer bleibt, auch bei gehörigem Gebrauch der Kuppelschleusen aus den Kammern nie abgelassen wird.

Zunächst mag der Durchgang eines Schiffes durch eine einfache Schleuse untersucht werden. M sei die Füllmasse, und m die Flottmasse. Das Schiff komme aus dem Unterwasser, und ein andres Schiff sei ihm in derselben Richtung vorangegangen. Es findet daher die Schleuse gefüllt. Ehe das Schiff hineingehn kann, muß diese entleert werden, daher fließt dem Unterwasser die Masse M zu. Indem aber das Schiff in die Schleuse fährt, drängt es noch die Masse m zurück, dem Unterwasser ist daher $M + m$ zugeflossen. Sobald das Schiff in der Schleuse sich befindet, erfolgt die Füllung aus dem Oberwasser, und beim Heraus-treten in dieses fließt noch die Masse m in die Schleusen-kammer. Der Verlust des Oberwassers ist daher eben so groß, wie der Gewinn des Unterwassers, nämlich $M + m$.

Wenn dagegen ein Schiff herabfährt, also aus dem Oberwasser in die Schleuse tritt, während wieder ein andres in derselben Richtung ihm vorangegangen ist, so stellt sich das Resultat etwas anders. Die Schleuse ist leer, d. h. die Kammer ist bis zur Höhe des Unterwassers abgelassen. Ehe das Schiff hineingehn kann, muß sie gefüllt werden, dem Oberwasser wird daher die Masse M entzogen. Sobald jedoch das Schiff in die Schleuse fährt, wird von diesem wieder ein Theil, nämlich m zurückgedrängt. Der Verlust des Oberwassers beträgt daher nur $M - m$, und die weitere Betrachtung ergibt leicht, daß der Gewinn des Unterwassers eben so groß ist. Die beim Auf- und Abgehn eines Schiffes hindurch-gelassene Wassermenge ist daher gleich $2M$.

Die Resultate stellen sich günstiger, wenn die Schiffe abwechselnd in einer und der andern Richtung durch die Schleuse gehn. Ein Schiff sei herabgekommen, und es gehe ein andres aufwärts. Letztres findet daher die Kammer leer, und kann ohne Weitres

hineingezogen werden. Indem dieses aber geschieht, so drängt es die Masse m in das Unterwasser, darauf wird die Kammer gefüllt, und sobald das Schiff herausfährt, drängt es in gleicher Weise noch die Masse m aus dem Oberwasser in die Kammer, das Oberwasser hat daher wieder $M + m$ verloren, aber das Unterwasser nur m gewonnen. Das nächste Schiff geht abwärts. Indem es aus dem Oberwasser in die schon gefüllte Kammer fährt, stößt es die Wassermenge m zurück, so daß das Oberwasser statt einen Verlust zu erleiden, sogar um die Masse m vermehrt wird. Das Unterwasser gewinnt dagegen beim Entleeren der Kammer die Füllmasse, wovon aber beim Austreten des Schiffs wieder ein Theil, nämlich m in die Kammer zurück gedrängt wird. Beim Herabschleusen hat daher das Oberwasser $-m$ verloren und das Unterwasser $M - m$ gewonnen. Für beide in entgegengesetzten Richtungen erfolgte Durchgänge der Schiffe wird der Verlust des Oberwassers wieder dem Gewinn des Unterwassers gleich, nämlich M .

Es ergibt sich hieraus zunächst, wie vortheilhaft es ist, die Schiffe abwechselnd aus dem Ober- und dem Unterwasser in die Schleuse treten zu lassen. Soviel es geschehn kann, werden die Schleusenwärter auch jedesmal hierzu angewiesen, aber die Verkehrs-Verhältnisse gestatten dieses häufig nicht, vielmehr geschieht es gewöhnlich, daß zeitweise die große Mehrzahl der Schiffe sich in einer Richtung, und dann wieder in der andern bewegt. Vielfach treten nämlich in diejenigen Canalstrecken, die unmittelbar mit den Flüssen in Verbindung stehn, gleichzeitig viele Schiffe, die sämmtlich in gleicher Richtung den Canal durchfahren.

Es ergibt sich aus der vorstehenden Untersuchung, daß die Wassermasse m oder diejenige, deren Gewicht dem des Schiffs gleich kommt; beim Auf- und Abgange eines Schiffs aus der Rechnung fällt, daher bei Ermittlung des Wasserbedarfs für den ganzen Schiffsverkehr in beiden Richtungen unberücksichtigt bleiben darf. Dieses ist jedoch nur der Fall, wenn die Schiffe, während sie in einer Richtung fahren, eben so schwer beladen sind, als wenn sie zurückkommen. Findet dieses nicht statt, so behält diese Wassermasse allerdings Einfluß. Indem ihre Größe sich jedoch nur unter gewissen Voraussetzungen nachweisen läßt, diese Voraussetzungen aber meist sehr unsicher sind, so kann hier davon abgesehen werden. Es wäre nur der eine Fall zu erwähnen, wobei der

Wasserbedarf für das Durchschleusen der Schiffe sich sehr ermäßigt.

Wenn alle Schiffe leer herauf- und beladen herabgehn, wie dieses nicht selten geschieht, namentlich wenn der Canal zum Transport der Producte des Bergbaues dient, so entspricht der Werth von m für die heraufgehenden Schiffe nur dem Gewicht derselben, für die herabgehenden dagegen dem Gewicht der Ladung und des Schiffes. Die Wassermenge, deren Gewicht dem des leeren Schiffes gleich ist, sei m , und diejenige, die so schwer ist, wie die Ladung, gleich μ . Man muß alsdann in den oben gefundenen Werth des Wasserbedarfs für das herabgehende Schiff $m + \mu$ für m einführen. Nimmt man nun an, daß der Verkehr so eingerichtet ist, daß die Schiffe abwechselnd in der einen und der andern Richtung durch die Schleuse gehn, so ist der ganze Bedarf für den doppelten Durchgang gleich $M - \mu$, und derselbe wird gleich Null, wenn

$$M = \mu$$

ist. In der Wirklichkeit kommt dieser Fall niemals vor, denn wenn die Schiffe auch eine solche Form haben, daß sie möglichst die Schleusenkammer füllen, und mit senkrechten Seitenwänden und mäfsiger Zuschärfung, also nahe kastenförmig gebaut sind, so muß ihr horizontaler Querschnitt doch immer merklich kleiner, als der der Schleusenkammer, bleiben, weil sie sonst nicht hinein- und herausgebracht werden könnten. Das äußerste Verhältniß beider dürfte etwa 5 : 6 sein. Bezeichnet nun h das Schleusengefälle und t die Tiefe, um welche das Schiff während der Beladung herabsinkt, so müßte

$$6 \cdot h = 5 \cdot t.$$

sein. Nähme man nun an, daß t gleich 3 Fufs wäre, oder das beladene Schiff 3 Fufs tiefer ginge, als das leere, so dürfte das Schleusengefälle doch nur $2\frac{1}{2}$ Fufs betragen, wenn der Wasserverlust beim Durchschleusen ganz aufhören sollte. Um diese Bedingung zu erreichen, wäre man gezwungen, das vorhandene Gefälle auf sehr viele Schleusen zu vertheilen, und dadurch theils die Anlage- und Unterhaltungs-Kosten ansehnlich zu vergrößern, theils aber den Durchgang der Schiffe durch den Canal vielfach zu unterbrechen, und sehr zu verzögern.

Liegen mehrere Schleusen hintereinander, die auf gleiche Weise benutzt werden und unter sich gleich sind, so ist der Wasserbedarf der einen eben so groß, wie der der andern, und der Speisegraben darf nur so viel liefern, wie jede einzelne verbraucht. Hiernach kann man leicht den Wasserbedarf finden, der zur Speisung eines Canals mit Abhängen nach beiden Seiten erforderlich ist. Dieser Fall ist der wichtigste, insofern die Beschaffung eines hinreichenden Zuflusses nach der Scheitelstrecke, oder nach der Wasserscheide zwischen zwei Flussgebieten immer die größten Schwierigkeiten macht. Es mögen aber hierbei die verschiedenen Beladungen der einzelnen Schiffe nicht mehr berücksichtigt werden, da es sich im Allgemeinen nicht bestimmen lässt, ob die Schiffe beladen in der einen, oder der andern Richtung fahren. Auch ergibt sich bereits aus dem Vorstehenden, dass die von den Schiffen verdrängten Wassermassen m theils an sich bei den üblichen Schleusen-Gefällen von wenig Bedeutung sind, theils aber auch beim Hin- und Hergange der Schiffe, sofern sie dieselben bleiben, ganz aus der Rechnung fallen. Die nachfolgende Untersuchung soll sich daher allein auf die Wassermassen beziehen, die zum Füllen der Schleusenkammern erforderlich sind.

Wenn ein Schiff durch den Canal fährt, während ein andres ihm in gleicher Richtung vorangegangen ist, so findet dasselbe beim Ansteigen nach der Scheitelstrecke die sämtlichen Schleusen gefüllt. Es fließt aber jedesmal 1 M in das Unterwasser, und eben soviel muss das Oberwasser abgeben, um das Schiff in jeder Schleuse zu heben. Die Scheitelstrecke ist daher nichts andres, als das Oberwasser der letzten Schleuse, und verliert die Wassermasse M , sobald das Schiff sie erreicht hat. Auf dem andern Abhänge des Canals sind alle Schleusen entleert. Bevor das Schiff in die erste Schleuse hineintreten kann, muss diese daher gefüllt werden, oder die Scheitelstrecke muss wieder 1 M abgeben, und dieselbe Masse fließt beim Herabsinken des Schiffs in die nächste Strecke. Dasselbe geschieht in allen folgenden. Der Wasserstand ist sonach in allen einzelnen Strecken der beiden Abhänge derselbe geblieben, der er früher war, da in jedem dieselbe Masse hinzugekommen und abgelassen ist. Nur die Scheitelstrecke hat 2 M verloren.

Wenn dagegen das vorhergehende Schiff in entgegengesetzter Richtung gefahren war, so findet das folgende Schiff in allen Schleusen den Wasserstand, den es zum Einfahren gebraucht. Während es ansteigt, fließt daher kein Wasser in die vorhergehende Strecke, wohl aber wird bei jeder Schleuse 1 *M* aus dem Oberwasser entnommen, um das Schiff zu heben. Eben soviel muß auch die Scheitelstrecke abgeben, sie erleidet aber keinen Verlust, während das Schiff die erste Schleuse des andern Abhanges durchfährt, weil diese bereits gefüllt war. Der Inhalt dieser Schleuse fließt in die nächste Strecke ab, und dasselbe geschieht beim Durchgange durch jede folgende Schleuse. Die Scheitelstrecke hat sonach in diesem Falle nur 1 *M* eingebüßt, während in jede Strecke des ersten Abhanges eben soviel zugeflossen, und aus jeder des zweiten Abhanges eben soviel entnommen ist. Die Wasserstände auf beiden Abhängen haben sich daher etwas verändert.

Es ergibt sich sonach aus der Betrachtung des ganzen Canals dasselbe Resultat, welches bei der einzelnen Schleuse sich schon herausgestellt hatte, daß es nämlich vortheilhafter sei, wenn die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung fahren, als wenn sie einander folgen. Nichts desto weniger tritt dieser Vortheil doch nicht in allen Fällen ein. Die letzte Untersuchung zeigte nämlich, daß bei abwechselnder Richtung der Schiffe die Canalstrecken nicht denselben Wasserstand behalten, ihr Inhalt vielmehr bald durch eine Füllmasse Wasser vergrößert, und bald um eben soviel vermindert wird. Bei längern Strecken ist dieser Umstand ohne Bedeutung, doch kann er von Wichtigkeit sein, wenn die Strecke nur kurz ist. Er verändert aber bei gekuppelten Schleusen vollständig das Resultat der frühern Betrachtung. Die einzelnen Kammern einer gekuppelten Schleuse sind für diese Untersuchung nichts anders, als besondere Schleusen, die aber zwischen sich keine Canalstrecke haben, welche den Ueberschufs des zufließenden Wassers aufnehmen, oder den Bedarf zur Füllung der untern Kammer hergeben könnte.

Zur nähern Prüfung des verstärkten Wasserbedarfs der gekuppelten Schleusen mag beispielsweise angenommen werden, daß jeder Abhang des Canals mit einer solchen versehen ist, und zwar bestehe diejenige auf dem östlichen Abhange aus drei Kammern, und die auf dem westlichen aus zwei. Dieses Beispiel wird ge-

nügen, das ganze Verhältniß aufzuklären, und zur Herleitung der allgemeinen Regel dienen.

Es sei ein Schiff in der Richtung von Osten nach Westen gefahren, und ein zweites folge ihm. Dieses wird beim Aufsteigen alle Schleusen, sowie auch die drei zur gekuppelten Schleuse gehörigen Kammern gefüllt antreffen. Um das Schiff in die untere Kammer hineinbringen zu können, muß man den Inhalt derselben ins Unterwasser ablassen. Nachdem das Schiff darin ist, wird die untere Kammer aus der zweiten gefüllt, wodurch sich letztere entleert, so daß das Schiff in diese treten kann. In gleicher Weise gelangt es in die obere Kammer, und aus dieser in das Oberwasser der gekuppelten Schleuse. Die folgende Canalstrecke giebt also nur eine Füllmasse ab. In dem westlichen Abhange sind alle Schleusen entleert. Sobald das Schiff an die gekuppelte Schleuse kommt, muß aus dem Oberwasser derselben ein Füllmasse entnommen werden, um die obere Kammer zu füllen. Sobald es darin ist, fließt dieselbe Füllmasse in die zweite Kammer, und genügt hier, um den Durchgang des Schiffes zu bewirken. Man überzeugt sich aber leicht, daß, wenn die Schleuse auch noch mehr Kammern hätte, dieselbe Wassermasse den Durchgang durch alle vermitteln würde. Für den Fall, daß die Schiffe einander in derselben Richtung folgen, ist es daher ganz gleichgültig, ob gekuppelte oder nur einfache Schleusen im Canale liegen. Der Wasserverlust beträgt in beiden Fällen 2 *M*.

Wenn dagegen die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung fahren, so findet jedes Schiff die Schleuse in solchem Zustande, daß es sogleich hineingehn kann. Es mag wieder ein von Osten nach Westen gehendes Schiff betrachtet werden. Dasselbe tritt unmittelbar in die untere Kammer der gekuppelten Schleuse. Damit es aber in derselben gehoben werde, muß die Kammer gefüllt werden, und das dazu erforderliche Wasser läßt sich weder aus der nächsten, noch aus der dritten Kammer entnehmen, weil beide leer sind. Es bleibt daher nur übrig, dieses aus dem Oberwasser durch beide Kammern hindurchfließen zu lassen. Das Schiff gelangt alsdann in die zweite Kammer, während die obere wieder leer ist. Aus dem Oberwasser der Schleuse muß daher wieder eine Füllmasse abgelassen werden, und dasselbe geschieht endlich noch zum dritten Mal, während das Schiff vollends zur Höhe des Oberwassers ansteigt. Es ergiebt sich augenschein-

lich, daß in diesem Fall die Füllmasse so oft abgegeben werden muß, als die gekuppelte Schleuse Kammern enthält. Die davor liegende Canalstrecke kann diesen Verlust aber nicht tragen, wenn er nicht durch verstärkten Zufluß ersetzt wird, weil derselbe Verlust bei jedem Aufsteigen eines Schiffes unter denselben Verhältnissen sich immer wiederholt. Sollten aber vielleicht in demselben Abhänge mehrere gekuppelte Schleusen vorkommen, so würde unter der Voraussetzung, daß die zwischenliegenden Strecken hinreichende Ausdehnung haben, um die ganze Wassermenge der einmaligen Schleusung aufnehmen oder abgeben zu können, der Mehrbedarf der einen gekuppelten Schleuse auch von der andern benutzt werden, und aus dem Oberwasser dürften nur so viel Füllmassen entnommen werden, als diejenige gekuppelte Schleuse Kammern enthält, bei der diese Anzahl am größten ist. Nach dem gewählten Beispiele würde das Aufsteigen eines Schiffes im östlichen Abhänge drei Füllmassen erfordern, im westlichen dagegen nur zwei, also durchschnittlich zwei und eine halbe.

Beim Herabgehn findet das Schiff alle Kammern gefüllt, daher ist kein Zufluß aus der Scheitelstrecke erforderlich. Es ergießen sich aber große Wassermassen in die untern Canalstrecken, welche von den daselbst befindlichen einfachen Schleusen nicht verbraucht werden, und die man durch die Schütze ablassen muß, um die Strecken zu entlasten.

Wenn sonach die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen fahren, und der Canal in beiden Abhängen gekuppelte Schleusen hat, so findet man den durchschnittlichen Wasserbedarf, wenn man die Füllmasse mit dem arithmetischen Mittel aus denjenigen Zahlen multiplicirt, welche der größten Anzahl der in jedem Abhänge zu einer gekuppelten Schleuse verbundenen Kammern entsprechen. Bestehn die gekuppelten Schleusen jedesmal nur aus zwei Kammern, und befinden sich solche auf beiden Abhängen, so ist der Wasserbedarf eben so groß, wenn die Schiffe in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung fahren. Er ist aber, da Kreuzungen oft vorzukommen pflegen, schon bedeutender, als wenn der Canal nur mit einfachen Schleusen versehen wäre. Viel ungünstiger wird aber das Verhältniß, wenn auch nur eine einzige Schleuse mehr als zwei Kammern hat.

Es ergibt sich hieraus der große Nachtheil der gekuppelten

Schleusen auf einem Canal, der nur mässige Zuflüsse hat. Angewöhnlich tritt aber beinahe derselbe Uebelstand ein, wenn man einfache Schleusen so nahe hinter einander erbaut, daß die zwischenliegenden Strecken nicht hinreichende Ausdehnung haben, um eine oder mehrere Füllmassen aufnehmen, oder abgeben zu können, ohne daß das Wasser in nachtheiliger Weise ansteigt oder die zur Schiffahrt erforderliche Tiefe sich verliert. Die Frage, wie lang eine Canalstrecke sein muß, damit diese Nachtheile nicht eintreten, läßt sich unter Voraussetzung bestimmter Verhältnisse leicht beantworten. Der Canal sei beispielsweise im Wasserspiegel 60 Fufs breit, die Schleusenammern dagegen 130 Fufs lang 17 Fufs breit, und das Gefälle einer Schleuse betrage 8 Fufs. Der Werth einer Füllmasse wird alsdann 17680 Cubikfufs sein. Wenn diese aber den Wasserspiegel des Canals nicht mehr als einen Zoll heben oder senken soll, so muß die Länge der Strecke mindestens 3536 Fufs, oder etwas mehr als den siebenten Theil einer Meile betragen. Senkt sich der Boden so stark, daß man die einzelnen Strecken nicht so lang machen kann, so läßt sich noch durch Verbreitung des Canals derselbe Vortheil erreichen. Man darf nämlich nur die Breite in demselben Verhältniß wachsen lassen, wie die Länge der Strecke sich verkürzt. Könnte man vielleicht in dem gewählten Beispiel die Länge der zwischenliegenden Strecke nur halb so lang machen, als vorstehende Rechnung ergibt, so würde man durch Verdoppelung der Breite denselben Vortheil erreichen, daß nämlich eine Füllmasse den Wasserspiegel nur um einen Zoll hebt. Auf dem Marne-Rhein-Canal hat man dieses Mittel auf dem Abhange der dem Rhein zugekehrt ist, gewählt, um den Wasserverlust beim Durchgange der Schiffe durch die hier ziemlich nahe belegenen Schleusen nicht zu groß werden zu lassen.

Bei der verschiedenen Länge der einzelnen Canalstrecken, und der Verschiedenheit ihrer Wasserverluste durch Filtration, sowie auch bei der unvermeidlichen Unregelmäßigkeit des Schiffahrtsbetriebes kann es nicht fehlen, daß einzelne Strecken eine stärkere Speisung erfordern, als andre. Das dazu nöthige Wasser liefern zwar oft Bäche, die man hier einleiten kann, doch bietet sich hierzu auch oft keine Gelegenheit, und man muß alsdann die erforder-

liche Speisung durch Ziehn der Schütze in den davorliegenden Schleusen bewirken. In gleicher Weise wird auch gemeinhin der Ueberschufs an Wasser, der in einzelnen Strecken sich darstellt, beseitigt.

Auf einem Theil des Canals du Centre, wo die Schleusen sehr nahe neben einander liegen, war die Füllung der Strecken wegen des ungleichmäfsigen Wasserverbrauches besonders schwierig, und indem die Wärter nicht die gehörige Aufmerksamkeit hierauf verwendeten, so wurde die Schifffahrt zuweilen wesentlich verhindert. Man führte daher neben dem Canal noch eine besondere Anlage aus, die wenigstens ein übermäfsiges Anschwellen des Wassers in den einzelnen Strecken verhinderte. Es wurde nämlich ein Seitengraben gezogen, der mit jeder Strecke in offener Verbindung stand, aber unmittelbar hinter jeder Abzweigung eines solchen Verbindungsgrabens mit einem Wehr versehen war, welches den Wasserstand davor normirte. Wenn nun in eine Strecke so viel Wasser gekommen war, dafs der normale Wasserstand überschritten wurde, so flofs ein Theil über das Wehr im Seitengraben nach der nächsten Strecke ab. War diese aber schon gefüllt, so setzte es über das folgende Wehr seinen Weg weiter fort. Das Speisewasser wurde auch nicht mehr unmittelbar in den Canal, sondern in den Seitengraben geleitet, und dieser führte es in diejenigen Strecken, die dessen bedurften. Diese Einrichtung wurde als sehr zweckmäfsig anerkannt.

Der Wasserbedarf für das Durchschleusen der Schiffe ist nach der vorstehenden Untersuchung durch ein gewisses Vielfaches der Füllmasse ausgedrückt, man kann daher den Bedarf vermindern, sobald man den Werth der Füllmasse verringert. Diese ist das Product aus dem horizontalen Querschnitt der Kammer in das Schleusengefälle. Der erste Factor ist durch die Gröfse der Schiffe bedingt, kann also nicht willkürlich vermindert werden, dagegen ist das Schleusengefälle beliebig zu wählen, da man eine gegebene Höhe auch mittelst Schleusen von geringem Gefälle ersteigen kann, wenn ihre Anzahl in demselben Verhältniss vergrößert wird, wie das Gefälle sich verkleinert. Bei sparsamen Zufüssen verdient dieser Umstand allerdings berücksichtigt zu werden, und es wäre gewifs sehr unpassend, wenn man in solchem Fall Schleusen mit

sehr starkem Gefälle erbauen wollte. Man darf indessen nicht unbeachtet lassen, daß durch die Vermehrung der Anzahl der Schleusen auch die Anlage- und Unterhaltungskosten wesentlich gesteigert, und zugleich die Fahrten verzögert werden.

Die Seiten-Bassins an den Schleusen, von denen oben (§. 75) die Rede war, haben keinen andern Zweck, als das ganze Gefälle in mehrere kleinere zu zerlegen, wodurch die Füllmasse, und in gleichem Verhältniß der Wasserbedarf vermindert wird. Die eben erwähnten Uebelstände, welche bei der Vertheilung des Gefalles auf eine grössere Anzahl von gewöhnlichen Schleusen eintreten, zeigen sich zwar auch bei ihnen, doch bieten sie Gelegenheit, die Verzögerung nur eintreten zu lassen, wenn die Zuflüsse zum Canal sich vermindern. Man kann nämlich bei hinreichender Wassermenge die Seitenbassins abschliessen und die Schleuse in derselben Art, wie gewöhnliche Schleusen gebrauchen, also die Schiffe schnell befördern. Wenn aber in trockner Jahreszeit die Speisung hierzu nicht mehr genügt, so kann mit Hülfe der Seitenbassins die Schifffahrt dennoch erhalten werden, wenn es auch nicht möglich ist, ihr noch dieselbe Bequemlichkeit, wie früher zu bieten.

Nachdem die verschiedenen Ursachen des Wasserverlustes behandelt sind, mag noch die Gröfse des ganzen Wasserbedarfs zur Zeit der größten Dürre für einen bestimmten Canal gesucht werden. Derselbe mag in der Scheitelstrecke durch einen Graben, der aus einem Reservoir das Wasser erhält, gespeist werden. Dieser Zuflufs versorgt zugleich die nächst anliegenden Strecken auf beiden Abhängen, bis man in grösserer Tiefe andre Bäche dem Canal zuleiten kann. Die Gesammtlänge derjenigen Strecken, die keinen weitem Zuflufs erhalten, als den in die Scheitelstrecke mündenden Graben betrage 4 Meilen. Der Canal sei im Wasserspiegel 50 Fufs breit. Die Schleusenammern seien 100 Fufs lang und 16 Fufs breit, und die Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser in jeder Schleuse 8 Fufs. Endlich werde angenommen, daß in jedem Tage 20 Schiffe den Canal passiren, die eben so oft einander folgen, als sie sich vor einer Schleuse kreuzen. Jedes Schiff bedarf daher zu seinem Durchgange durch den Canal $1\frac{1}{2}$ Füllmassen.

Hieraus ergibt sich der tägliche Wasserbedarf in folgender Weise:

1) Der Verlust durch Verdunstung	
$4 \cdot 24000 \cdot 50 \cdot \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{6} =$	66667 Cubikfufs
2) Desgleichen durch die Filtration, wenn diese den Wasserstand täglich um 1 Zoll vermindert,	
$4 \cdot 24000 \cdot 50 \cdot \frac{1}{12} =$	400000 „
3) Der Abflufs durch die geschlossenen Schleusenthore $\frac{1}{4} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 =$	21600 „
4) Der Bedarf zum Durchschleusen der Schiffe $1\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 16 \cdot 8 \cdot 20 =$	384000 „
	<hr/>
	Summe 872267 Cubikfufs.

Es ist daher erforderlich, dafs in der Secunde 10,1 Cubikfufs zufliefsen. Das Gebiet, auf dem diese Quellen gesammelt werden, mufs jedenfalls mehrere Quadratmeilen enthalten, und um so gröfser sein, je weniger Waldungen darin vorkommen, und je mehr es sich in gutem Culturzustande befindet.

§. 82.

Wahl der Canallinie.

Wenn das Project zu einem neuen Canal aufgestellt werden soll, so sind die beiden Endpunkte desselben durch den Zweck der ganzen Anlage gegeben. In einzelnen Fällen wird jedoch nur die Verbindung zweier Ströme beabsichtigt, und dem Baumeister, der mit den Vorarbeiten beauftragt ist, bleibt es überlassen, diejenige Linie aufzusuchen, welche die wenigsten Anlagekosten bedingt und die gröfste Sicherung des Verkehrs verspricht. Dagegen geschieht es auch zuweilen, dafs die Aufgabe noch bestimmter gefafst, und Zwischenpunkte bezeichnet werden, über welche der Canal gezogen werden mufs. Dergleichen Bestimmungen können überaus störend sein, und Veranlassung geben, dafs der Canal mit wesentlichen Mängeln behaftet bleibt, die durch eine andre Linie zu vermeiden gewesen wären. Minard führt in dieser Beziehung mehrere Canäle Frankreichs als Beispiele an.

Die verschiedenen Umstände, die bei der Wahl der Linie berücksichtigt werden müssen, sind zum Theil bei allen Canälen die-

selben, mögen diese entweder nur auf kurze Strecken neben einem schiffbaren Fluß gezogen sein, etwa um ein Wehr zu umgehn, oder mögen sie nach einem vom Fluß entfernten Handelsorte führen, oder aber die Verbindung zwischen zwei schiffbaren Strömen darstellen; zum Theil aber erhalten sie ihre Bedeutung nur in dem letzten Fall, wenn nämlich der Canal über eine hochgelegene Wasserscheide zwischen zwei Stromgebieten geführt werden soll.

Die Wahl der Linie wird vorzugsweise durch die Höhenlage des Terrains bedingt, also durch das dem Canal zu gebende Längenprofil, und indem man sich für eine gewisse, durch die Horizontal-Projection bezeichnete Linie entscheidet, so ist auch das Längenprofil des Canals, also die Höhenlage der Scheitelstrecke und die Vertheilung der Schleusen und deren Gefälle ungefähr gegeben.

Der Canal besteht aus einzelnen Theilen, die mit stehendem Wasser gefüllt, horizontale Wasserflächen bilden, und durch zwischenliegende Schleusen von einander getrennt sind. Man nennt diese Theile Canalstrecken oder Haltungen. Die höchste derselben, die auf der Wasserseite liegt, und an welche sich die beiderseitigen Abhänge des Canals anschließen, heißt die Scheitelstrecke. Jede Canalstrecke wird von der nächst oberhalb belegenen mit Wasser versehen, wozu die Seitenzuflüsse kommen, die vielleicht hineingeleitet und mit zur Speisung benutzt werden. Hierauf kommt es indessen meist weniger an, und der schwierigste Theil der Aufgabe besteht gewöhnlich darin, der Scheitelstrecke die erforderliche Wassermasse zuzuweisen.

Besteht die Wasserscheide aus einer sumpfigen Ebne, in der vielleicht noch Seen liegen, so ist die Linie, die sich zum Uebergang am meisten eignet, leicht zu finden. Man darf nur den höchsten Rücken der Wasserscheide durch ein Nivellement verfolgen, und die tiefste Einsenkung darin aufsuchen. In einer solchen findet der Canal den passendsten Uebergang, weil er hier durch die Quellen der höherliegenden Theile der Wasserscheide gespeist werden kann, und außerdem ist es auch vortheilhaft, die Scheitelstrecke möglichst niedrig zu halten, weil dadurch die geringste Anzahl von Schleusen in den beiderseitigen Abhängen bedingt wird.

Auch in dem Fall, daß ein hoher Gebirgskamm die

beiden Stromgebiete von einander trennt, pflegte man sonst in ähnlicher Weise zu verfahren, doch war alsdann die Schwierigkeit in Betreff der Speisung der Scheitelstrecke immer sehr groß, und man sah sich gezwungen, Reservoirs in den höhern Thälern anzulegen, und diese durch lange Zuleitungsgräben mit dem Canal in Verbindung zu setzen, wodurch indessen, wie bei dem Canal du Midi, der Zweck dennoch nur höchst unvollständig erreicht wurde. Später sind unterirdische Canalstrecken vielfach ausgeführt. Man suchte daher für den Canal nicht mehr die Stelle auf, wo der Kamm am niedrigsten, vielmehr wo er am schmalsten war, wo man also mit dem kürzesten Stollen ihn durchschneiden konnte. Dieses Verfahren bietet den überwiegenden Vorzug, daß die Scheitelstrecke niedriger bleibt, also ihre Speisung in höherm Grade gesichert ist, auch die Anzahl der Schleusen in den beiderseitigen Abhängen sich vermindert.

Bei Aufsuchung des Uebergangspunktes kommt es indessen nicht allein auf die Form des Kammes, sondern auch auf die Seitenthäler an. Man ist gezwungen, beim Ansteigen eines Gebirges die letztern zu verfolgen, weil sonst die Anlage wegen der Unebenheiten des Bodens zu schwierig wäre. Das Thal eines Baches gewährt immer die wesentliche Erleichterung, daß das Gefälle, wenn auch bald stärker, bald schwächer, doch dauernd nach der Thalseite gekehrt ist, ein abwechselndes Steigen und Fallen darin also nie vorkommt. Außerdem sind diese Gefälle, obwohl sie mitunter sehr bedeutend sind, doch mit denjenigen nicht zu vergleichen, die man antreffen würde, wenn man etwa auf dem kürzesten Wege den Kamm ersteigen wollte. Dazu kommt noch, daß man den zur Ausführung der Seitendämme erforderlichen Boden in Gebirgsgegenden nur in den Thälern antrifft.

Hiernach dürfte es scheinen, daß besonders solche Stellen für den Uebergang sich eignen, wo auf beiden Seiten des Kammes Quellen liegen, deren Thäler normal gegen die Richtung des Gebirgszuges gekehrt sind, also ungefähr in eine gerade Linie fallen. Es kommen indessen häufig noch günstigere Verhältnisse vor. Nicht selten entspringen nämlich auf derselben Stelle des Kammes zwei Quellen, auf jedem Abhange eine, die sich nicht sogleich in die Tiefe stürzen, vielmehr zunächst zur Seite des Kammes und zwar mit demselben parallel, und in gleicher Richtung fließen.

Je länger sie diese Richtung behalten, um so tiefer werden ihre Thäler, und um so größer ist die Wassermenge, die sie führen. Wenn man daher möglichst weit abwärts die Verbindung zwischen beiden darstellt, ehe sie stark divergiren, so hat man die Scheitelstrecke schon um so tiefer verlegt und deren Speisung mehr gesichert.

Die Betrachtung einer Charte, welche die Bäche und Thäler des Gebirges darstellt, wird schon zu einem ungefähren Urtheil über die passendste Wahl der Uebergangsstelle führen, oder doch erkennen lassen, wo man solche mit einigem Erfolg suchen darf. Alsdann ist die specielle Untersuchung des Terrains verbunden mit ausgedehnten Nivellements vorzunehmen, und die gefundenen Resultate muß man so übersichtlich zusammenstellen, daß man die Höhenlage der einzelnen Punkte mit hinreichender Sicherheit entnehmen kann. Dieses geschieht am zweckmäßigsten, wenn man horizontale Ebenen in gleichen Abständen, wie etwa von 10 Fufs über einander legt, und die Durchschnittslinien derselben durch das Terrain aufsucht, und diese in die Situations-Charte einträgt, (I. Theil §. 24). Diese Methode zur Bezeichnung der Gestaltung des Terrains ist heutiges Tages so bekannt, daß sie keiner nähern Beschreibung bedarf.

Die Charte, welche in solcher Art die Situation darstellt, gewährt vollständige Uebersicht der Höhen-Verhältnisse. Man kann daraus unmittelbar ersehn, an welchen Stellen der Bergkamm in den verschiedenen horizontalen Ebenen am schmalsten ist, und die nähere Untersuchung der Charte, die jedenfalls die beiderseitigen Thäler noch hinreichend umfassen muß, bietet vorzugsweise die nöthigen Unterlagen, um die Stelle zu erkennen, die sich am passendsten zum Uebergange eignet. Man wird aber immer bemüht sein, die Scheitelstrecke so viel wie möglich zu senken. Die Charte gestattet außerdem ein sicheres Urtheil über die Einführung des Canals in die Thäler, die er verfolgen soll. Zu scharfe Krümmungen müssen dabei vermieden werden, doch darf man hierbei nicht entfernt so weit gehn, wie bei Eisenbahn-Anlagen, indem es nur darauf ankommt, daß die Schiffe bei langsamer Bewegung noch unbehindert die Krümmungen durchfahren können, wenn sie darin auch sich begegnen sollten. Der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser für die Mittellinie des Canals ist daher durch

die Größe, und namentlich durch die Länge der Schiffe bedingt. Bei französischen Canälen vermindert man diesen Halbmess oft bis auf 100 Fufs, das Doppelte würde gewifs für alle Fälle zulässig sein. Mäfsige Krümmungen sind ohne Nachtheil, da alsdann der Bogen nur wenig länger, als seine Sehne ist, sollte aber besorgt werden, dafs der Durchgang der Schiffe erschwert werden könnte, so läfst sich dieser Uebelstand oft durch Verbreitung solcher Strecken beseitigen.

Endlich läfst sich aus der Charte auch leicht die Ausdehnung der Scheitelstrecke bestimmen. Man mufs, so weit es geschehn kann, vermeiden, den Canal über die Oberfläche des umgebenden Terrains zu legen, weil alsdann die Filtration viel stärker wird. Ganz besonders ist diese Rücksicht in der Scheitelstrecke von überwiegender Wichtigkeit, indem hier das Speisewasser am spärlichsten zufließt, und es am meisten an einer guten Erde zum Dichten der Seitendämme zu fehlen pflegt. Dagegen ist es auch nothwendig, der Scheitelstrecke eine bedeutende Länge zu geben, damit sie zugleich als Reservoir dient, und die Wasserverluste bei dem ungleichmäfsigen Durchschleusen der Schiffe einigermaßen ausgeglichen werden.

Die Wahl der Uebergangsstelle über die Wasserscheide ist indessen keineswegs allein durch die Gestaltung des Gebirges und der anschließenden Thäler bestimmt. Von besonderer Wichtigkeit bleibt dabei die Menge des Speisewassers, die man mit Sicherheit herbeiführen kann. Wie man das zur Speisung nöthige Wasserquantum annähernd bestimmt, ist bereits im vorigen Paragraph erörtert worden, die Messung der Reichhaltigkeit der Bäche ist zwar nach den Theil I. §. 18 und Theil II. §. 15 angegebenen Methoden nicht schwierig, doch mufs man dieselbe zu verschiedenen Zeiten und namentlich auch während anhaltender Dürre wiederholen. Aufserdem ist es aber auch nothwendig, den Ursprung der Quellen zu verfolgen, und die Ausdehnung der Fläche, worin sie sich sammeln, oder das Gebiet des Baches kennen zu lernen. Dabei kommt es darauf an, ob dieses Gebiet bewachsen oder kahl ist, und im ersten Falle, ob zu besorgen steht, dafs die Waldungen oder das Buschwerk vielleicht ausgerodet werden, wozu die durch den Canal erleichterte Verbindung selbst Veranlassung geben kann. Am vortheilhaftesten ist es, wenn ausgedehnte Sümpfe den Canal

speisen, weil solche ein Reservoir bilden, worin sich das Wasser der stärksten Niederschläge ansammelt, und woraus es gleichmäßiger, als unter andern Bodenverhältnissen abfließt. Befinden sich diese Sümpfe aber unmittelbar neben dem Canal, und stellt man in demselben einen tiefern Wasserstand dar, so giebt er wieder Veranlassung zur Senkung des Grundwassers, und der Sumpf, der im ursprünglichen Zustande einen überreichen Wasserschatz und zwar nachhaltig zu versprechen schien, trocknet nach und nach aus, und die von ihm erwartete Speisung hört auf. Wenn der Sumpf aber auch weiter entfernt liegt, und eine unmittelbare Einwirkung des Canals auf ihn nicht besorgt werden darf, so bleibt dennoch zu untersuchen, ob eine Melioration und Urbarmachung dieser Sumpffläche vielleicht zu erwarten ist.

Sollte es sich ergeben, daß der Wasserreichthum der Bäche, die unmittelbar neben der Scheitelstrecke sich befinden, nicht genügt, oder bei möglichen Aenderungen der Culturverhältnisse sich so vermindern kann, daß er dem Bedürfnis nicht mehr entspricht, so wird man zunächst zu untersuchen haben, ob vielleicht andre Bäche in der Nähe sind, die man herbeileiten kann. Alsdann werden ausgedehnte Rigolen oder Speisecanäle erforderlich, für welche, wie bereits erwähnt, der Verlust durch Filtration nicht unberücksichtigt bleiben darf. Je höher man diese Bäche abfängt, um so geringer ist die Wassermenge, die der Speisegraben aufnimmt, aber um so größer ist auch sein Gefälle und die Geschwindigkeit des darin fließenden Wassers.

Finden sich entferntere Bäche, die man nach der Scheitelstrecke leiten kann, nicht vor, oder ergänzen sie die Wassermenge noch nicht zu dem erforderlichen Maas, und zwar zur Zeit anhaltender Dürre, so muß man untersuchen, ob vielleicht einzelne Thäler sich zu Reservoirien einrichten lassen, in welchen im Frühjahr und bei heftigem Regen während des Sommers große Massen aufgefangen werden können, die man in der Dürre dem Canal zuleitet. Es ist bereits erwähnt worden, daß man den Nutzen solcher Anlagen nicht zu hoch anschlagen darf. Die Verluste in diesen Reservoirien, theils durch Verdunstung und theils durch Filtration pflegen sehr groß zu sein, und in den Gräben, worin das Wasser aus ihnen dem Canal zufließt, tritt wieder ein neuer starker Verlust durch die Filtration ein, der gerade hier um

so bedeutender ist, und sich auch im Lauf der Zeit nicht vermindert, als darin nur reines Wasser fließt, welches keine erdigen Theilchen enthält, die nach und nach die Zwischenräume füllen und dadurch endlich die Seitenwände und die Sohle des Grabens hinreichend dichten.

Sollte sich keine Uebergangs-Stelle über die Wasserscheide finden, wobei die erwähnten Mittel zur Beschaffung des nöthigen Wasserbedarfs genügen, selbst wenn man zu einer unterirdischen Strecke von mässi-ger Länge sich entschließen wollte, so müßte man zu solchen Schleusen oder geneigten Ebenen seine Zuflucht nehmen, die wenigstens den Wasserverlust beim Durchschleusen der Schiffe möglichst vermindern oder denselben ganz aufheben. Andererseits bleibt aber noch die Möglichkeit, die Scheitelstrecke durch ein kräftiges Pumpwerk mit Wasser zu versehen. Es giebt wohl kein Beispiel, daß ein Canal gleich nach der ersten Anlage in der letzten Art gespeist wäre, oder daß man dieses Mittel ursprünglich beabsichtigt hätte, aber wenn bei zunehmendem Verkehr oder vielleicht auch in Folge anderer Ursachen dem Canal nicht mehr das erforderliche Wasser zufließt, so bietet eine kräftige Dampfmaschine, die dieses aus tiefen und reichlich gespeisten Bassins hebt, am einfachsten die Gelegenheiten, den Canal im schiffbaren Zustande zu erhalten. Endlich könnte man, wie auf einigen americanischen Canälen geschieht, die Ueberführung der Ladungen über einen wasserarmen Bergrücken auch durch eine Eisenbahn vermitteln.

Zur Beurtheilung des passendsten Uebergangs über die Wasserscheide wäre noch der geognostischen Untersuchung des Bodens zu erwähnen. Dieselbe dient theils, um die Schwierigkeiten vorher kennen zu lernen, welche bei der Ausführung tiefer Einschnitte oder eines Stollens zu erwarten sind, vorzugsweise aber, um besonders starke Filtration zu vermeiden, die bei manchen Gebirgsarten eintreten.

Hat man nach solchen Untersuchungen die passendste Stelle für die Scheitelstrecke ermittelt, so kommt es darauf an, die Mittellinie des Canals bestimmt anzugeben, auch die Endpunkte für die Strecke, oder die Lage der beiden sie begrenzenden Schleusen zu finden. Für den Theil, der unterirdisch geführt wird, giebt es, wofern nicht etwa verschiedene Gebirgsarten vorkommen, keine

andre Rücksicht, als das er möglichst kurz sein muß. Bei den offenen Strecken sind dagegen die Erhebungen oder Vertiefungen des Bodens und dieselben Umstände als maafsgebend zu betrachten, die auch weiter abwärts die Wahl der Canallinie bedingen. Von diesen wird in Folgendem die Rede sein. Hier wäre nur zu bemerken, das die erwähnte Aufnahme der Situation zur vollständigen Bearbeitung des Projects noch nicht genügt, vielmehr die Canallinie mit ihren nächsten Umgebungen, sobald sie im Allgemeinen aufgefunden ist, noch speciell vermessen und nivellirt werden muß, um ihre Lage den örtlichen Verhältnissen entsprechend überall zu berichtigen, und die Kosten für Erdarbeiten zu ermitteln.

In den beiderseitigen Abhängen kommen zunächst die Schleusen in Betracht. Es ist bereits nachgewiesen worden (§ 81), wie das Gefälle, welches sie erhalten, einen grossen Einfluß auf den Wasserbedarf ausübt. Wenn letzterer daher nur mäfsig ist, so rechtfertigt es sich, auch die Schleusengefälle nicht zu gross annehmen, bis andre Bäche in die weiter abwärts belegenen Strecken geleitet werden können. Durch Einführung gar zu kleiner Gefälle vermehrt man aber die Anzahl der Schleusen in nachtheiliger Weise, wodurch die Anlage- und Unterhaltungskosten vergrößert und der Durchgang der Schiffe verzögert wird. Der Umstand, das die einzelnen Canalstrecken in diesem Fall kürzer werden, ist ohne Bedeutung, weil das Verhältniß der Füllmasse bei Verkleinerung des Schleusen-Gefälls, zur Länge der einzelnen Strecken, also zur Oberfläche des darin enthaltenen Wassers, dasselbe bleibt.

Das an solchen Stellen, wo Wassermangel zu besorgen ist, keine Kuppelschleusen angelegt werden dürfen, und sehr kurze Strecken angemessen verbreitet werden müssen, ist bereits erwähnt. Die Regel, das die sämtlichen Schleusen bis zum nächsten Speise-Canal einander gleich sein müssen, um für alle Strecken gleiche Füllmassen zu erhalten, ist nur unter der Voraussetzung begründet, das der sonstige Wasserverlust in diesen sämtlichen Strecken derselbe ist, auch die Schiffe sie gleichmäfsig durchfahren. Ist dieses nicht der Fall, und tritt in den abwärts belegenen Strecken ein stärkerer Verbrauch ein, als in der obern, so ist man gezwungen, in den obern Schleusen die Schütze zu ziehn, um den Wasserspiegel der folgenden Strecke zu heben. Wenn es daher feststeht, das durch die hintereinander liegenden Schleusen verschiedene

Wassermassen abgeführt werden müssen, so wird eine vollständigere Benutzung derselben durch Einführung ungleicher Gefälle nützlicher sein, als wenn man in den obern Schleusen große Massen unbenutzt abfließen läßt. Besonders in solchen Fällen, wo eine große Anzahl von Strecken keinen neuen Zufluß erhalten kann, dürfte auf diese Weise leicht eine Schleuse entbehrlich werden.

Sobald man weiß, welche Gefälle die Schleusen erhalten sollen, so ergibt sich hieraus bei der bekannten Abdachung der Thäler die Länge der einzelnen Strecken. Die Stellen, wo die Schleusen zu erbauen sind, müssen indessen mit Vorsicht ausgesucht werden, damit ihre Erbauung und namentlich ihre Gründung nicht zu viele Kosten verursacht, auch ein starkes Durchquellen aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser nicht besorgt werden darf. Außerdem hängt die Höhenlage des Canals häufig von manchen äußern Umständen ab, wohin namentlich die Straßensübergänge zu rechnen sind, sowie auch zuweilen Gebäude, Gärten u. dgl. Sobald in dieser Beziehung gewisse Bedingungen gestellt sind, muß denselben durch angemessene Verlegung der Schleusen nachgekommen werden.

Gewöhnlich verlegt man die Schleusen an solche Punkte, wo das Terrain um die Höhe des halben Schleusengefälles unter den Wasserspiegel sich senkt. Hiernach liegt das Oberwasser neben der Schleuse eben so hoch über dem Terrain, wie das Unterwasser darunter. Die Regel leidet indessen vielfache Ausnahmen, die zum Theil durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt werden. Man muß, wenn starke Filtration zu besorgen ist, die Schleuse schon weiter aufwärts verlegen, um die Erhebung des Wasserspiegels über das angrenzende Terrain zu vermeiden. Es kommt dabei aber noch das Seitengefälle der Thäler in Betracht.

Legt man den Canal zur Seite, also auf den flach ansteigenden Rand des Thals, oder auf den Fuß der Seitenwand, so ist er vor dem Angriff des Baches zur Zeit der Anschwellungen mehr gesichert, als wenn er in größerer Nähe desselben läge, die Besorgniß, daß er das Profil des letztern beschränken möchte, tritt auch in geringerem Maße ein. Man erreicht überdies den Vortheil, daß man wegen der größeren Höhe des Canals die von der Seite hinzutretenden Bäche unter ihm hindurch dem Hauptbach zuführen kann. Selbst wenn es nöthig werden sollte, den Canal

von dem einen Ufer nach dem andern zu führen, so ist die Anlage des Brückencanals um so leichter und um so sicherer, in je größerer Höhe derselbe gehalten wird. Dagegen ist nicht zu verkennen, daß der Fufs der Thalwände fast niemals gleichmäfsig vortritt, vielmehr sich bald zurückzieht, und dann wieder vorspringt. Man kann daher diesen nicht vollständig verfolgen, ohne den Canal übermäfsig zu verlängern, der dennoch stellenweise über die tiefe Thalsohle geführt, also mit Dämmen eingeschlossen werden muß. Dabei kommt auch noch der Umstand in Betracht, daß in Gebirgsgegenden eine gute Thonerde nur selten vorkommt, und höhere Dämme zu starken Filtrationen Veranlassung geben. Diese Umstände sind so wichtig, daß man es allgemein für zweckmäfsiger hält, den Canal in die Thalsohle selbst einzuschneiden. Dazu kommt noch, daß die Einleitung von Speisegräben, die von einer oder der andern Seite vielleicht hinzugeführt werden können, erleichtert wird, und daß man in der Thalsohle, wenn auch nicht so fette Erde, wie in der Ebne, doch wenigstens eine brauchbare Erde für mäfsige Dammschüttungen zu finden pflegt, die jedenfalls besser ist, als das Gerölle und die Felsbrocken, die beim Ausheben des Canals auf dem Fufs der Seitenwände gewonnen werden. Die Uebelstände und Gefahren, die aus einer zu starken Beschränkung des Fluthprofils des Bachs entstehn, muß man vermeiden, und wenn diese die Annäherung des Canals nicht gestatten, oder derselbe vielleicht auf einer Brücke über den Bach geführt werden muß, so bleibt nur übrig, ihn in größerer Höhe über der Thalsohle zu halten.

In engen Thälern tritt häufig der Bach so nahe an die Bergwand, daß vor derselben kein Raum für die Canal-Anlage bleibt. In solchem Fall muß man entweder den Canal auf das andre Ufer führen, oder man kann auch den Bach verlegen und ihm ein andres Bett in der Mitte der Thalsohle anweisen. Das letzte Verfahren ist gemeinhin das wohlfeilere, weil man dabei den Brückencanal vermeidet. Indem man aber den Canal in das bisherige Bachbett verlegt, so ist die große Tiefe desselben keineswegs nachtheilig. Man pflegt sie daher auch nicht zu verschütten, und erreicht dadurch noch den Vortheil, daß einzelne Schiffe hier liegen können, wenn der Canal behufs vorzunehmender Instandsetzungen abgelassen wird.

Bei der Abhängigkeit der Canallinie von dem Wasserstande haben die Seitenbäche, die ihn kreuzen, einen großen Einfluss auf die erstere. Wollte man diese Bäche auf der einen Seite in den Canal hinein, und gegenüber wieder heraustreten lassen, so würde nicht nur der Wasserstand zum Nachtheil der Schifffahrt sehr veränderlich sein, sondern eine Masse Geschiebe würde nach jeder Anschwellung in dem Canalbett liegen bleiben, und dasselbe vielleicht ganz anfüllen. In früherer Zeit hat man den letzten Uebelstand dadurch minder schädlich zu machen gesucht, dass man den Canal unmittelbar neben dem Bache an beiden Seiten abschloß, um die Verheerungen auf eine kurze Strecke zu beschränken. Gegenwärtig legt man dagegen den Canal so hoch, dass er auf einer Brücke über den Bach fortgeführt werden kann, also die Fluthen des letztern ihn nicht berühren. In diesem Fall muß aber der Canal sich bedeutend über die Thalsole erheben, weil sonst das Hochwasser des Bachs ihn erreichen würde.

Außer den bereits erwähnten Umständen giebt es noch andre, welche auf den Zug des Canals von Einfluss sind. Beim Herabgehn von einer steilen Wasserscheide wird man zunächst mehrfache Ueberführungen über den Bach, den man verfolgt, zu vermeiden suchen. Man muß also diejenige Thalseite wählen, welche den meisten Raum bietet, und für die ganze Anlage sich am besten eignet. Im Allgemeinen ist dieses die flachere. Zuweilen ist der Unterschied der beiden Thalwände in dieser Beziehung so auffallend, dass die Wahl durch den ersten Anblick schon entschieden wird. Dieses ist namentlich bei schieferartigen Gesteinen und überhaupt in solchen Gebirgsarten häufig der Fall, welche parallele Schichten zeigen. Tritt aber an dieser Thalseite ein einzelner Kopf weit vor, an dem man nicht füglich vorbeikommen kann, so bleibt noch zu untersuchen, ob sich etwa mit mäßigen Kosten eine unterirdische Strecke hindurchführen, oder der Bach zurücklegen läßt, oder aber, ob man gezwungen ist, den Canal hier über den Bach zu führen, und deshalb vielleicht die Erbauung zweier Brückencanäle das wohlfeilste Auskunftsmittel bietet.

Demnächst wäre zu erwähnen, dass man überall, wo mehrere Linien möglich sind, diejenige wählt, welche auf festen Boden trifft, die angemessne Terrainhöhe hat und eine starke Filtration

nicht besorgen läßt. Wo Bäche dem Canal zugeführt werden, um ihn zu speisen, muß man häufig auch für die Ableitung derselben unter dem Canal sorgen, damit sie bei Anschwellungen ihn nicht übermächtig anfüllen, noch auch Sand und Geschiebe darin absetzen. Hiervon wird im Folgenden die Rede sein.

Zuweilen kommt es darauf an, bestehende industrielle Etablissements oder auch gewisse Punkte zu berühren, wo Roh-Producte gewonnen werden, wenn aber hierdurch die Ausführung zu sehr erschwert oder der Canal übermächtig verlängert würde, so läßt sich häufig die beabsichtigte Schiffahrts-Verbindung noch durch einen Seiten-Canal darstellen, der vom Haupt-Canal abgezweigt wird, während man diesen in der passenden Linie weiter führt.

Dafs man zur Vermeidung übermächtiger Grundentschädigungen Gebäude, Gärten und überhaupt solche Stellen umgeht, die besonders nutzbar und werthvoll sind, bedarf kaum der Erwähnung.

Sehr scharfe Krümmungen, wodurch die Schiffahrt erschwert und die Linie sehr verlängert wird, muß man so viel wie möglich vermeiden. Ganz gerade Canalstrecken sind aber, wenn ihre Länge bedeutend wird, sogar der Schiffahrt nachtheilig, indem der Wind, sobald er in der Richtung derselben steht, und stark ist, nicht nur Wellenschlag verursacht, bei dem die Ufer leiden, sondern auch das Wasser fortreibt, und dasselbe an einem Ende anhäuft, während er es von dem andern entfernt. So ist es bei den langen und ganz geraden Strecken des Bromberger Canals vorgekommen, dafs an einem Ende derselben der Wasserstand sich so sehr senkte, dafs die Schiffe nicht fahren konnten, während am andern Ende das Wasser über die Schleusenthore nach den nächst unterhalb belegenen Strecken abfloß.

Wenn der Canal sich an einem flach geneigten Ufer hinzieht, so kann man ihn mit größerer Willkür als in einem engern Thale beliebig verlegen. Es entsteht dabei vorzugsweise die Frage, welches Höhenverhältniß zwischen dem umgebenden Terrain und dem Wasserspiegel des Canals das vortheilhafteste ist. In Bezug auf die Filtration empfiehlt es sich jedenfalls, den Canal in höherem Terrain zu halten, aber diese Rücksicht verliert ihre überwiegende Wichtigkeit, sobald die Speisung der Strecke gesichert ist und der Boden zur Darstellung dichter Dämme sich eignet. Die Erdarbeiten stellen sich aber am wohlfeilsten heraus, wenn

man die mindeste Erdmasse auszuheben, und diese in die geringste Entfernung zu transportiren braucht. Beide Bedingungen erfüllen sich, sobald man den Canal an eine Stelle verlegt, wo die Auf- und Abträge in jedem Profil sich gleich sind.

Man hat bei manchen ältern Canälen in Frankreich die Linie wirklich in dieser Weise gewählt, dabei kam indessen der Wasserspiegel so hoch über das Terrain zu liegen, daß die Filtration sich als sehr nachtheilig zeigte, und selbst Versumpfungen auf den angrenzenden Aeckern verursacht wurden. Man darf daher gemeinlich nicht bis zu diesem Punkte thalwärts herabgehn, oder man muß die Breite des thalseitigen Leinpfades mehr, als sonst nöthig wäre, vergrößern, wodurch der Auftrag verstärkt wird, also bei vollständiger Ausgleichung auch der Abtrag zunimmt. Es ist indessen unmöglich, einen Canal so zu führen, daß die erwähnte Ausgleichung überall wirklich eintritt, oder die ausgehobene Erde jedesmal in demselben Profil wieder verwendet wird. Solche Bedingung kann nur im Allgemeinen maafsgebend sein, im Einzelnen muß man sie sehr häufig unbeachtet lassen, weil sie sonst dahin führen würde, den Canal übermäfsig zu verlängern und dadurch seine Anlage zu vertheuern. Um aber auf einem Boden, der nicht gleichmäfsig abfällt, vielmehr auffallende Unebenheiten zeigt, die passendste Linie aufzufinden, empfiehlt sich wieder die für die Scheitelstrecke angewandte Methode der Darstellung des Terrains mit den Schnittlinien von Horizontal-Ebenen.

Die Anordnung der untersten Canalstrecke, und die Bestimmung der Stelle für die nächst dem Strom belegne Schleuse, ist noch von besondrer Wichtigkeit. Der Theil des Canals, der unterhalb dieser Schleuse liegt, steht fortwährend mit dem Strom in unmittelbarer Verbindung, der Wasserstand in ihm hebt und senkt sich daher bei jedem Steigen und Fallen des Stroms. Die hierdurch veranlafte Strömung, die bei grofser Entfernung der nächsten Schleuse und bei schnellem Wasserwechsel nicht unbedeutend ist, zeigt sich schon nachtheilig für die Ufer, ein gröfserer Uebelstand wird aber dadurch herbeigeführt, daß jedesmal in diese Strecke trübes Wasser hineinfließt, welches, während es darin zur Ruhe kommt, die erdigen Theilchen fallen läßt, und sonach beim Zurücktreten diese nicht mehr herausführt. Hierdurch werden bedeutende Verschlammungen veranlafst, und die Beseitigung der-

selben ist um so schwieriger, je grösser ihre Länge ist. Man bemüht sich daher, die letzte Schleuse möglichst nahe an den Strom zu legen, und sie, wenn es geschehn kann, von demselben nur so weit zu entfernen, daß einige Schiffe in der Mündung des Canals unterhalb der Schleuse liegen können.

Der eben erwähnte Nachtheil der starken Verschlammung tritt indessen nicht allein in der untern Strecke ein, sondern zeigt sich oft, wenn auch in geringerm Grade, noch in der nächstfolgenden. Der Wechsel des Wasserstandes im Strom ist nämlich gemeinhin bedeutender, als das Gefälle, welches man einer einfachen Schleuse geben mag. Sobald daher Hochwasser eintritt, so übersteigt dieses den normalen Wasserstand in der zweiten Canalstrecke, daher schlagen die Thore auf, und das trübe Flufswasser dringt bis zur zweiten Schleuse, vielleicht sogar bis zur dritten. Um dieses zu vermeiden, führt man, wenn es irgend geschehn kann, den Canal über wasserfreies Terrain bis in die Nähe des Stroms, und setzt ihn hier durch eine Kuppelschleuse mit letzterm in Verbindung. Jedenfalls darf der Canal auch nicht in großer Länge in einem offenen und niedrigen Vorlande liegen, welches der Ueberströmung ausgesetzt ist, weil der quer darüber gehende Strom theils die Ufer zerstören, theils auch das Bett mit Sand und Erde anfüllen würde. Dieses geschieht auch gewöhnlich in dem untern Theil des Canals, der im Flufsthal liegt. Wenn aber ein wasserfreies Hochufer das niedrige Terrain unterbricht und bis an das Strombett tritt, so pflegt neben demselben zur Zeit des Hochwassers eine kräftige Strömung sich zu bilden, die gemeinhin schon eine tiefere Wassergrube erzeugt, die sich auch dauernd erhält. Solche Stellen eignen sich vorzugsweise zur Mündung des Canals. Man kann dasselbe auch erreichen, wenn man die beiderseitigen Dämme in wasserfreier Höhe bis an das Strombett führt, doch sind dergleichen Störungen der bisherigen Fluthverhältnisse meist nachtheilig, und pflegen sogleich bedeutende Entschädigungsforderungen zu veranlassen.

Ist das niedrige Stromufer eingedeicht, so muß jedenfalls die Schleuse in der Deichlinie liegen, auch mit Fluththoren versehen sein, die eben so hoch wie der Deich sind, damit sie das Hochwasser vollständig abhalten.

Endlich ist es noch von großer Wichtigkeit, den Canal an

einer Stelle in den Strom münden zu lassen, wo keine Sand- oder Kiesablagerungen eintreten. Die Verflachungen in der untern Strecke sind freilich nicht zu vermeiden, und müssen durch Baggern beseitigt werden. Sie sind aber weniger störend, weil sie sich nur nach und nach bilden. Dagegen verschwindet eine ausgebagerte Rinne in sehr kurzer Zeit wieder vollständig, wenn sie an einer Stelle dargestellt war, wo der Strom bei gewissen Wasserständen große Massen von Sand und Kies ablagert. Dergleichen Stellen dürfen daher nicht zwischen der eigentlichen Fahrinne und der Mündung des Canals liegen. Man vermeidet dieses am sichersten wenn man letztere in ein regelmässig ausgebautes concaves Ufer verlegt. Die Aufgabe ist genau dieselbe, wie bei der Darstellung einer stets zugänglichen Hafenumündung (§. 61). In beiden Fällen ist es auch vortheilhaft, die Mündung stromabwärts zu kehren, um theils die Tiefe sicherer zu erhalten, theils auch um das Ein- und Ausfahren der Schiffe zu erleichtern.

§. 83.

Querprofile der Canäle.

Der Wasserstand im Canal muß so groß sein, daß die darauf fahrenden Schiffe, wenn sie beladen sind, die Sohle nicht berühren. Derselbe ist aber in den einzelnen Strecken constant, wenn die Speisung der Scheitelstrecke so vollständig gesichert ist, daß selbst bei anhaltender Dürre die verschiedenen Verluste, von denen oben die Rede war, ersetzt werden können. Man findet daher aus der bekannten größten Einsenkung der Schiffe und aus der bereits festgestellten Höhenlage des Wasserspiegels diejenige Höhe der Sohle, die nicht überschritten werden darf. Dabei muß man jedoch auf die nicht zu vermeidenden Sand-Ablagerungen und sonstigen Verflachungen Rücksicht nehmen. Damit diese nicht sogleich die Schifffahrt unterbrechen, auch häufige Räumungen vermieden werden, pflegt man nach einer ziemlich allgemein angenommenen Regel, die Sohle sowohl bei der ersten Anlage des Canals, als auch bei jeder spätern Räumung, um einen Fuß tiefer zu legen, als die Schifffahrt unmittelbar fordert. Oft geht man bei der ersten Anlage noch weiter, indem man die Tiefe außerdem noch etwa um 6 Zoll

vergrößert. Dieses geschieht namentlich bei Bodenarten, die eine starke Filtration besorgen lassen, und der Zweck ist dabei kein anderer, als dafs man einen Raum darstellen will, worin ein thoniger Niederschlag sich bilden kann, der bei spätern Räumungen nicht berührt wird, vielmehr hier dauernd liegen bleibt.

Die Sohle des Canals pflegt in der ganzen Länge einer Haltung, also bis zur nächsten Schleuse horizontal zu sein, und so tief zu liegen, dafs unter dem Boden eines beladenen Schiffes überall ein freier Raum von 1 Fuß Höhe bleibt. Nichts desto weniger weicht man von dieser Regel zuweilen ab, und giebt in einer langen Strecke der Sohle ein sehr geringes Längengefälle. Diese Anordnung begründet sich dadurch, dafs in dem Canal nicht fortwährend stehendes Wasser vorkommt, vielmehr die Verluste durch Filtration und Verdunstung ersetzt werden müssen, und bei häufigem Durchschleusen der Schiffe sogar noch bedeutendere Wassermassen die ganze Länge der Strecke durchfließen. So lange aber eine Bewegung oder eine schwache Strömung stattfindet, so ist die freie Oberfläche nicht horizontal, sondern etwas geneigt. Indem man daher der Sohle ein geringes Gefälle giebt, so stellt man nur den Parallelismus zwischen ihr und dem Wasserspiegel dar, oder man gleicht die Verschiedenheit der Tiefe aus. Die Neigung, welche die Oberfläche selbst im ungünstigsten Falle annimmt, ist indessen so geringe, dafs ihr Einfluss auf die verschiedene Tiefe bei horizontaler Sohle sich beinahe gar nicht erkennen läßt. Dagegen giebt es noch einen andern wichtigern Grund für die Einführung eines geringen Gefälles, und dieser bezieht sich auf die Beförderung des Abflusses, wenn man die Strecke trocken legen will. Ist der Boden ganz horizontal gehalten, so ist es offenbar sehr schwierig, alles Wasser daraus zu entfernen, aber wenn auch nur ein geringes Gefälle eingeführt ist, so befördert dieses schon merklich den Abflufs. Woltman empfiehlt, zu diesem Zweck die Sohle auf 1000 Fuß Länge um den achten Theil eines Zolls, also auf die Meile um 3 Zoll abfallen zu lassen. Bei französischen Canälen geschieht dieses wirklich.

Die Breite des Canals bestimmt sich zunächst durch die Bedingung, dafs überall hinreichender Raum sein mufs, damit zwei Schiffe bequem neben einander vorbeifahren können. Indem die

Seitenwände aber im Allgemeinen nur aus Erd-Dossirungen bestehen, und daher nicht senkrecht, sondern flach geneigt sind, so muß diese Bedingung dahin ausgedehnt werden, daß auch beladene Schiffe weder einander noch die Dossirungen der Ufer berühren. Aus diesem Grunde giebt man gemeinhin der Sohle die doppelte Breite der Schleusenweite.

Dabei entsteht die Frage, ob diese Breite als genügend angesehen werden darf, und ob es nicht vielleicht nöthig ist, eine noch größere Profil-Fläche zu wählen, um den Widerstand der Schiffe zu vermindern. Jedenfalls ist es aber mit wenigen Ausnahmen wohlfeiler und in anderer Beziehung auch vortheilhafter, die Vergrößerung des Profils durch weitere Ausdehnung der Breite als der Tiefe darzustellen.

Daß ein sehr enger Canal, dessen Profil nur um Weniges größer als das Profil des Schiffes ist, einen sehr großen Widerstand der Bewegung entgegengesetzt, indem vor dem letztern das Wasser stark anschwillt, ist bekannt. Man bemerkt auch, daß an Stellen, die zur Seite stark verwachsen sind, eine größere Anstrengung der Pferde oder Menschen erforderlich ist, die das Schiff ziehn, oder daß die Geschwindigkeit des letztern sich auffallend vermindert, sobald es eine solche verengte Stelle durchfährt. Der Grund dieser Erscheinung ist augenscheinlich darin zu suchen, daß die vom Schiff verdrängte Wassermenge, die an demselben vorbeifließt, um den Raum zu füllen, den das Schiff so eben einnahm, in den verengten Profilen mit größerer Geschwindigkeit fließen muß, und diese nur dadurch erzeugt werden kann, daß im Wasserstande vor und hinter dem Schiff eine bedeutendere Niveau-Differenz entsteht, die einen Gegendruck gegen die Bewegung des Schiffes verursacht, oder den Widerstand vermehrt.

Dubuat*) hat an verschiedenen Modellen von Schiffen, deren eintauchende Theile Querschnitte von 1 bis 2 Quadratfuß hatten, die Widerstände sowohl in Canälen von verschiedner Weite, als auch im offenen Wasser gemessen, und indem er sich bemühte, einen analytischen Ausdruck darzustellen, der ungefähr den Beobachtungen entsprach, so gelangte er zu dem Resultat, daß bei

*) *Principes d'hydraulique* II, § 579.

gleicher Geschwindigkeit der Widerstand in einem Canal sich zu dem im offenen Wasser, wie

$$8,46 : 2 + \frac{Q}{q}$$

verhält. Dabei bedeutet Q den Querschnitt des Canals und q den größten Querschnitt des eintauchenden Theils vom Schiffe. Eine allgemeine Gültigkeit kann man von dieser Formel nicht erwarten, da sie zu dem augenscheinlich falschen Resultat führt, daß in einem Canal, dessen Querschnitt den des Schiffes um das Sechsfache oder noch mehr übertrifft, der Widerstand geringer als im offenen Wasser wird, und bei weiterm Anwachsen des Querschnitts q der Widerstand sich sogar bis auf jeden beliebig kleinen Theil desjenigen Widerstands ermäßigt, der im offenen Wasser, also in einem Canal von unendlicher Breite stattfindet.

Nach manchen Erfahrungen darf man annehmen, daß eine starke Vergrößerung des Widerstands nur in sehr engen Canälen eintritt, daß dieselbe aber schon ziemlich gering wird, wenn der Querschnitt des Canals dreimal so groß, als der des Schiffes ist, und daß bei dem Verhältniß von 5 zu 1 der Widerstand schon mit dem in offenem Wasser nahe übereinstimmt. Wenn die Breite, wie oben erörtert, so groß angenommen wird, daß zwei beladene Schiffe an einander bequem vorbeifahren können, und außerdem noch unter ihren Böden ein Raum von 1 Fuß Höhe frei bleibt, so stellt sich mit Rücksicht auf die Dossirungen der Ufer jenes Verhältniß selbst für beladene Schiffe schon nahe wie 4 : 1, für leere übersteigt es dagegen bei Weitem dasjenige Verhältniß, für welches der Widerstand dem in offenem Wasser gleich wird. Hier nach ist im Allgemeinen keine Veranlassung vorhanden, behufs der Verminderung des Widerstands noch eine weitere Verbreitung des Canals einzuführen.

Die vorstehende Untersuchung über die Profilweite bezieht sich nur auf solche Theile des Canals, wo nicht besondere Umstände eine Verengung oder Verbreitung fordern. Das Erste findet statt, wenn der Raum sehr beschränkt ist, oder die gehörige Verbreitung sehr kostbar sein würde. Dieses ist der Fall unter massiven Brücken, auch häufig in Gebirgsgegenden, wo entweder steile Felswände nahe an den Bach treten, also für den dazwischen zu erbauenden Canal nur ein schmaler Raum übrig bleibt. Ebenso

auch, wenn der Canal auf dem Abhange eines steilen Ufers ausgeführt werden muß, oder wenn einzelne wichtige Gebäude, Straßsen u. dgl. seine gehörige Verbreitung verhindern. In solchen Fällen ersetzt man die flachen Erddossirungen durch Mauern, die nach Bedürfnis entweder wenig geböschet oder senkrecht aufgeführt sind. Zuweilen genügt selbst das Letzte noch nicht, und alsdann muß man sich entschließen, die Beschränkung der Breite selbst auf die Sohle auszudehnen. Ist die Stelle nicht lang, wo die Verengung eingeführt wird, so ist letztere auch nicht wesentlich hinderlich. Ihre Erfolge sind nur, daß der Widerstand beim Durchziehn der Schiffe sich etwas vergrößert, oder deren Geschwindigkeit sich vermindert. Gelangt das Schiff bald wieder in ein weiteres Profil, so ist der verursachte Aufenthalt nicht von Bedeutung. Man wird aber, wenn es irgend vermieden werden kann, die Verengung nicht so weit, als in den Häuptern der Schleusen treiben. Falls dieses aber dennoch nöthig wäre, muß man durch Vertiefung eine Vergrößerung des Profils einführen, damit das Wasser beim Schiffe vorbei fließen kann. In den Schleusenhäuptern selbst ist eine solche Verengung zwar nicht zu vermeiden, aber die sehr geringe Geschwindigkeit, womit alle Schiffe daselbst hindurchgehn, hebt deren nachtheilige Wirkung auf, was an andern Strecken, wo die Schiffe nicht zum Stillstand gebracht werden sollen, keineswegs der Fall ist. Unter den Brücken und überall, wo Verengungen nöthig sind, pflegt man die anderthalbfache Breite des Schiffs zu wählen, wobei ein Begegnen oder Vorbeifahren freilich nicht möglich ist. Damit dieser Uebelstand aber bei größerer Länge der Verengung nicht zu nachtheilig werde, muß man, wo die Gelegenheit es irgend gestattet, Ausweiche-Stellen anbringen.

Auch zur Verbreitung des Profils giebt es oft Veranlassung. Zuweilen ist die Anlage eines breitem Canals wohlfeiler, als die eines engern, namentlich wenn das Terrain tief ist, und es an der zur Ausfüllung nöthigen Erdmasse fehlt. Dieser Fall ereignet sich zuweilen selbst in Gebirgsgegenden, in den Niederungen oder in Marschen kommt er häufig vor. Man gewinnt daselbst beim Ausgraben des Bettes so wenig Erde, daß man eine große Breite wählen muß, um den zur Darstellung der Dämme erforderlichen Bedarf zu decken. Dabei kommt freilich der Umstand in Betracht, daß der Boden in diesem Fall sehr werthvoll zu sein pflegt, und

man vielleicht bedeutende Kosten zur Beischaffung der Erde aus weitrer Entfernung verwenden darf, um die Fläche, die man der Cultur entzieht, möglichst zu vermindern.

Von einer andern Veranlassung zur Vergrößerung der Breite ist bereits (§ 81) die Rede gewesen. In sehr kurzen Haltungen wird nämlich eine solche nothwendig, um der Wasserfläche die nöthige Ausdehnung zu geben, damit eine und mehrere Füllmassen darin aufgenommen, oder davon abgelassen werden können, ohne den Wasserstand in nachtheiliger Weise zu heben, oder zu senken. In ähnlicher Art muß man auch diejenigen Schifffahrts-Canäle, die zugleich Entwässerungs-Gräben von Niederungen sind, so breit machen, daß sie diesen Zweck vollständig erfüllen. Besonders tritt dieses Bedürfnis ein, wenn der Canal durch ein Siel in die See mündet, welches sich nur zur Zeit des niedrigen Wassers öffnet, also während der Fluth geschlossen bleibt. Ist der Canal an der Binnenseite des Siels sehr weit, so bietet er hinreichenden Raum, daß auch längere Zeit nach dem jedesmaligen Schluß der Thore das Wasser aus der Niederung ihm zufließen kann, und sobald das äußere Wasser sich hinreichend tief gesenkt hat, so führt er die ganze angesammelte Masse hier schnell ab. Eine Verbreitung zu diesem Zweck ist um so dringender, je kürzer die Dauer der jedesmaligen Auswässerung ist, oder je niedriger das Land gegen den Meeresspiegel liegt.

Indem die Siele häufig so eingerichtet sind, daß auch Schiffe hindurch fahren können, dieses aber immer nur während der kurzen Zeit statt findet, wo der äußere und innere Wasserstand nahe gleiche Höhe haben, so ist die Verbreitung des Binnen-Canals auch noch deshalb nothwendig, um eine Art von Hafen zu bilden, worin die Schiffe diesen Zeitpunkt abwarten können.

Demnächst müssen an solchen Stellen, wo Schiffe zum Laden oder Löschen häufig anlegen, die betreffenden Ufer so weit zurückgezogen werden, daß die Schiffe nicht in das normale Profil vortreten. Man nennt diese Erweiterungen Canal-Häfen. Wenn aber, namentlich in oder neben größern Orten, die Schiffe bald hier, bald dort an beide Ufer anlegen, so muß die Breite so groß angenommen werden, daß vor jedem Ufer ein Schiff liegen und dazwischen zwei andre sich begegnen können.

Auch vor den Schleusen ist, in mehrfacher Beziehung eine

Verbreitung des Canals sehr nützlich. Eines Theils fordert solche schon die Ansammlung der Schiffe, die bei lebhaftem Verkehr hier besonders häufig eintritt. Sodann senkt sich auch beim plötzlichen Oeffnen der Schütze in den Oberthoren der Wasserstand in einem engen Ober-Canal so bedeutend, daß die Schiffe sich leicht auf den Grund oder auf die Dossirungen aufstellen (§. 59). Dieses wird vermieden, wenn der Canal breiter ist, und schneller das Wasser hinzufießt, also die momentane Senkung des Niveaus neben der Schleuse geringer wird. Endlich tritt bei der gewöhnlichen Anordnung noch eine große Verzögerung im Aus- und Einfahren der Schiffe nach der Schleuse ein, weil das ausgehende Schiff dem einfahrenden zuvor im Canal begegnen muß, ehe letzteres zur Schleuse gelangt. Das Schleusenhaupt ist so schmal, daß das Schiff beim Austreten sich nur in der Richtung der Schleusenachse bewegt, die gemeinhin in die Mittellinie des Canals fällt. Wenn letzterer daher nur die gewöhnliche Breite hat, so ist ein Vorbeifahren oder Entgegenkommen der Schiffe nicht früher möglich, als bis das Erste schon vollständig die Schleuse verlassen hat, und an das Ufer gezogen ist. Das entgegen kommende Schiff muß daher in einer Entfernung, die größer als die Länge des Schiffes ist, vor der Schleuse warten. Minard empfiehlt aus diesem Grunde, die Achse der Schleuse nicht mit der des Canals zusammenfallen zu lassen, sie vielmehr so weit seitwärts zu verlegen, daß das herauskommende Schiff ohne seine Richtung zu verändern, schon in die Nähe des einen Ufers geführt wird, also den Raum frei läßt, den ein andres braucht, um sich der Schleuse zu nähern. Der Vorschlag erscheint ganz angemessen, wenn eine Verbreitung des Canals nicht zulässig sein sollte.

Endlich muß man auch dafür sorgen, daß in gewissen Entfernungen, vielleicht von einer halben deutschen Meile, und namentlich in der Nähe solcher Punkte, wo Frachten eingenommen oder gelöscht werden, die Canäle sich so weit verbreiten, daß die Schiffe daselbst wenden oder in die entgegengesetzte Richtung gestellt werden können.

Die Dossirung der Seitenwände des Canals hängt vorzugsweise von der Beschaffenheit des Bodens ab. Besteht dieser aus gewachsenem Felsen, so kann man die Wände oft senkrecht auführen, gewöhnliche Erde verlangt aber eine flache Neigung,

und wenn vollends der Boden sehr lose und beinahe flüssig ist, so erhält er sich nur, wenn er sehr flach abgestochen oder aufgeschüttet wird. Bei den verschiedenen am häufigsten vorkommenden Erdarten, die sich namentlich durch den stärkern oder schwächern Zusatz an Sand von einander unterscheiden, sind die Böschungen zwar bald etwas steiler und bald flacher, diese Unterschiede sind indessen nicht groß, indem selbst für die festeste Erde eine einfache Anlage nicht genügt, und dagegen die zweifache Anlage auch in sehr leichtem Boden, wenn derselbe über Wasser mit Rasen bedeckt oder auf andre Weise gesichert wird, hinreichend ist. Jedenfalls wird ein Canal durch die starke Abflachung der Böschungen sehr vertheuert, indem dadurch theils seine Breite, und sonach auch die Größe der anzukaufenden Grundstücke zunimmt, theils aber auch die Erdarbeiten bedeutender werden. Man muß deshalb in jedem Falle sich bemühen, die Böschungen so steil zu halten, wie dieses mit Rücksicht auf die Consistenz des Bodens irgend zulässig ist.

Bei den Englischen Canälen haben die innern Böschungen fast ohne Ausnahme nur die $1\frac{1}{2}$ fache Anlage, auch in Frankreich und Nord-America giebt man ihnen keine flachere Neigung, und wenn dabei hin und wieder auch Abbrüche sich zeigen, so findet man es vortheilhafter, diese durch eine solide Deckung wieder auszubessern, als überall die kostbare Abflachung der Ufer gleich anfangs zu wählen. Bei uns pflegt man die Dossirungen flacher zu machen. Zweifache, dreifache und selbst noch größere Anlagen kommen nicht selten vor, und man wählt sie, weil steilere Böschungen in der Höhe des Wasserspiegels oft abbrechen, und dadurch außer der Beschädigung der Ufer auch Verflachungen veranlaßt werden. Obwohl diese Abbrüche allerdings um so leichter entstehn, und sich auch um so leichter ausdehnen, je steiler die Ufer sind, so fehlen sie doch auch keineswegs bei flachen Ufern, da sie durch äußere Ursachen veranlaßt werden. Namentlich giebt der Wellenschlag, der theils vom Winde, theils auch von den vorbeifahrenden Schiffen herrührt, gewöhnlich die Veranlassung zu ihrem Entstehn und zu ihrer Vergrößerung. Indem aber die Erde in der Höhe des Wasserstandes abbricht, so bildet sich daselbst eine steilere Abstufung, und das gelöste Material stürzt längs der

Dossirung herab, so dafs diese in der Nähe der Canalsolehle flacher wird, als sie ursprünglich war.

Ein anderer Grund der Beschädigung der Dossirungen ist der Wechsel des Wasserstandes. Solcher kommt zwar bei den meisten Schiffahrts-Canälen nicht vor, weil die Zuflüsse nur nach dem Bedürfnis der Schiffahrt regulirt, und ganz unterbrochen werden, sobald der normale Wasserstand dargestellt ist. Anders verhält es sich jedoch mit solchen Canälen, die zugleich Fluthgräben sind, und dadurch theils unmittelbar durch die Strömung leiden, noch mehr aber dadurch, dafs der Wasserstand einem bedeutenden Wechsel unterworfen ist. Indem nämlich bei höhern Stande die Ufer stark durchnäfst werden, und das eingesogene Wasser beim Wiedereintritt des niedrigeren Standes ausfließt, so reißt es die Erdtheilchen mit sich fort, und es zeigen sich oft in kurzer Zeit bedeutende Uferbrüche.

Hiernach rechtfertigt sich auch die Vorsicht bei vorkommenden Ausbesserungen die Canalstrecken nicht zu entleeren, vielmehr die nöthige Vertiefung durch Baggern zu bewirken, auch die Schleusen, wenn sie trocken gelegt werden müssen, durch Fangedämme abzusperrn, wozu in den meisten Fällen die Dammfalze benutzt werden können. Die Trockenlegung einer Canalstrecke ist besonders bedenklich, wenn viele Quellen hineintreten. Neben der Mündung derselben pflegen die Ufer alsdann stark abzubrechen, wie dieses auch schon beim ersten Ausgraben einer solchen Strecke geschieht. Die Beschädigungen sind vor der Füllung mit Wasser oft so bedeutend, und wiederholen sich so häufig, dafs die größte Besorgnis wegen der spätern Unterhaltung sich zu begründen scheint, und man wohl vermuthet, dafs die Dossirungen zu steil gewählt waren. Ein solcher Zustand ist aber nicht dauernd, denn sobald die Strecke mit Wasser angefüllt wird, tritt der Druck des letztern dem des Quellwassers entgegen und das Gleichgewicht der Ufer ist gemeinhin wieder hergestellt. Aus diesem Grunde ist es sogar vortheilhafter, in solchem Fall schon die erste Vertiefung durch Baggern, als durch Graben zu bewirken.

Zur Vermeidung jener Beschädigungen in der Höhe des Wasserstandes hat man oft ein andres Mittel angewendet. Man bringt nämlich etwas unter dem Wasserspiegel Bankete oder Bermen von

geringer Breite an. Sie sind gemeinhin nur 3 Fufs breit, und oft noch schmaler, und liegen etwa 6 Zoll unter dem Wasserspiegel. Man bepflanzt sie mit Schilf und andern Wasserpflanzen, die darauf auch gut zu gedeihn pflegen, und theils dazu dienen, den Wellenschlag zu mäfsigen, der durch die geringe Wassertiefe über der Berme etwas geschwächt wird, theils aber fangen sie auch die von oben herabfallenden, oder vom Regenwassr mitgeführten Erdtheilchen auf. Der Zweck der Bermen ist also theils durch Schwächung des Wellenschlages den Uferbeschädigungen vorzubeugen, theils aber, wenn diese dennoch eintreten, oder wenn aus andrer Veranlassung Erde herabfallen sollte, letztere in so geringer Tiefe aufzufangen, dafs sie mit Leichtigkeit wieder abgegraben werden kann.

Ueber den Nutzen dieser Bermen sind dennoch die Ansichten sehr verschieden. Aus mehreren Französischen Canälen, wo man sie ursprünglich angebracht hatte, sind sie verschwunden, und oft genug hält man sie für ganz nutzlos, und sogar für schädlich, insofern sie die Breite des anzukaufenden Grundes vergrößern. Dafs sie selbst Beschädigungen ausgesetzt sind, namentlich bei frequenter Schiffahrt, leidet keinen Zweifel, indem die leeren Schiffe oft vom Winde darauf geworfen werden, und die Bermen mit den Pflanzungen zerstören. Noch mehr leiden sie vom Vieh, wenn es an der nöthigen Aufsicht mangelt. Dieses hält sich nämlich in Sommertagen besonders gern auf den Bermen auf, und verdirbt dabei nicht nur die Pflanzungen, sondern erweicht auch den durchnästen und lockern Boden so vollständig, dafs er bald in die Tiefe herabstürzt. In manchen neuern Französischen Canälen hat man indessen Bermen wieder angebracht. In Englischen Canälen kommen solche nie vor, dagegen wendet man bei diesen ganz gewöhnlich noch andre Mittel an, um den Abbruch der Ufer zu verhindern, die später bei Gelegenheit der Erdarbeiten beschrieben werden sollen.

Dem Abbruch der Ufer wird vorzugsweise dadurch begegnet, dafs man dieselben neben dem Canal möglichst niedrig hält. An einer Seite liegt der Leinpfad, und wenn solcher an der andern Seite nicht vorhanden ist, so pflegt man doch daselbst einen, wenn auch nur schmalen, Fufsweg anzulegen, um auch hier, so oft es nöthig ist, zum Canal gelangen zu können. Beide Pfade hält

man nur in solcher Höhe, daß sie nicht mit Wasser durchzogen bleiben. Hierzu genügt es, wenn sie $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß über den Wasserspiegel des Canals sich erheben. Für den Leinenzug sind sie alsdann sogar bequemer, als wenn sie höher liegen.

Wenn ein solcher Pfad durch Aufschüttung gebildet ist, so braucht er landseitig mit keinem Graben versehen zu werden, wiewohl dieses zuweilen aus andern Gründen geschieht, und seine Dossirung, die keinen Beschädigungen ausgesetzt zu sein pflegt, macht man hier so steil, als die Beschaffenheit des Bodens irgend gestattet, und giebt ihr häufig nur die $1\frac{1}{4}$ fache Anlage. Hinter denjenigen Pfaden, die im Abtrage liegen, müssen dagegen Gräben angebracht werden, um das Bergwasser aufzufangen und abzuleiten, weil dasselbe, wenn es über den Pfad in den Canal fließen sollte, den ersten beschädigen und den letztern durch die Erde, die es mit sich führt, verflachen würde. Der Graben dient hier aber auch noch zum Abfangen der Quellen, und er erfüllt diesen Zweck um so sichrer, je tiefer er liegt. Wenn man ihn aber auch nur einen Fuß tief macht, so liegt seine Sohle schon nahe über dem Wasserspiegel des Canals. Die in ihn tretenden Quellen und andern Wasserläufe beschädigen freilich seine Ufer und füllen sein Bett in ähnlicher Weise an, wie es geschehn würde, wenn sie sich in den Canal ergießen, nichts desto weniger wird aber in diesem Fall der Vortheil erreicht, daß die Beschädigung und Sand- und Kies-Ablagerungen nicht in der Tiefe und unter Wasser vorkommen, vielmehr in dem flachen Graben, der nur selten ganz mit Wasser gefüllt und oft trocken ist.

Die Böschung, welche sich hinter dem Graben erhebt, kann in vielen Fällen noch etwas steiler, als die äußere Böschung der aufgeschütteten Dämme gehalten werden, weil sie in dem abgelaagerten Boden eingeschnitten wird. Bei großer Höhe ändert sich indessen dieses Verhältniß, und alsdann muß man sie sehr flach halten, auch in andrer Weise sichern, damit keine Abstürzungen erfolgen. Hiervon wird wieder später bei Gelegenheit der Erdarbeiten die Rede sein.

Die Fig. 364, 365 und 366 auf Taf. LIII zeigen verschiedene Canalprofile. Die beiden ersten beziehen sich auf Canäle in England, Fig. 366 ist aber das Profil des Marne-Rhein-Canals und

zwar für eine Stelle, die sich auf dem Abhang hinzieht, daher theils im Auftrage und theils im Abtrage liegt.

Die Canalschiffe werden fast überall durch Pferde gezogen. Die Anzahl der Pferde, die vor ein Schiff gespannt werden, ist aber von der Gröfse des letztern und von dem Gewicht der Ladung abhängig. Mehr als zwei Pferde sieht man nur selten vor einem Schiffe, weil die Canäle nur stehendes Wasser enthalten, also keine Strömung zu überwinden ist. In England, wo die Canalschiffe, wie bereits erwähnt, ziemlich schmal sind, werden sie jedesmal nur von einem Pferde gezogen, und häufig zieht sogar ein Pferd mehrere Schiffe. Die Breite des Leinpfades ist von der Anzahl der Pferde abhängig. Für ein Pferd genügt die Breite von 8 Fufs, äußersten Falls sogar von 6 Fufs, wie bei vielen Englischen Canälen, doch müssen alsdann auf beiden Ufern Leinpfade eingerichtet sein. Werden dagegen die Schiffe von demselben Leinpfade aus nach beiden Richtungen gezogen, oder zwei Pferde vor ein Schiff gespannt, so muß die Breite mindestens 10 Fufs betragen. Soll der Pfad nur durch Menschen betreten werden, von denen oft mehrere hinter einander dieselbe Leine ziehn, so kann man nicht füglich den Pfad schmäler, als sechs Fufs machen, doch genügt die Hälfte schon, wenn derselbe nicht zum Ziehn der Schiffe bestimmt ist, vielmehr nur dazu dient, um an jede Stelle des Canals gelangen zu können.

Es ergiebt sich hieraus, daß die Mehrkosten bei Anlage von zwei Leinpfaden nicht bedeutend sind, insofern der eine derselben doch durch einen Fufspfad ersetzt werden müßte. Dagegen kann andererseits der zweite Leinpfad auch ohne sonderliche Erschwerung der Schiffahrt entbehrt werden. Die Englischen Canäle sind grosentheils nur mit einem versehen, und das Begegnen zweier Schiffe erfolgt, ohne daß eine Leine gelöst, oder auch nur ein Schiff zum Stillstand gebracht werden dürfte. Dasjenige Pferd, welches das auswärts fahrende Schiff zieht, geht nämlich, sobald das andre ihm begegnet, etwas langsamer. Dadurch senkt sich die Leine, und das zweite Pferd geht darüber fort, während auch zugleich das zugehörige Schiff, welches neben dem Leinpfade bleibt, über die lose Leine gleitet. Der Aufenthalt und die Störung der Fahrt ist demnach nur unbedeutend, doch müssen bestimmte Vorschriften erlassen sein, aus denen sich ergiebt, welches Schiff neben

dem Leinpfade bleiben, und welches sich davon entfernen soll. Nichts desto weniger kann bei heftigem Winde das Vorbeifahren in dieser Weise schwierig und sogar gefährlich werden, und es ist daher für den Betrieb der Schifffahrt etwas vortheilhafter, wenn der Canal mit zwei Leinpfaden versehen ist, und auf dem einen in einer Richtung, auf dem andern aber in entgegengesetzter gezogen wird.

Noch wäre zu erwähnen, daß man einen einzelnen Leinpfad an derjenigen Seite des Canals anzulegen pflegt, die dem herrschenden Winde zugekehrt ist. Die Leine zieht nämlich jedesmal das Schiff nach der Seite des Leinpfades hin, und diesem Seitenzuge kann nur dadurch begegnet werden, daß man das Schiff mittelst des Ruders etwas nach der andern Seite wendet. Wenn daher auch der Wind das Schiff in derselben Richtung seitwärts treibt, wie die Leine, so muß es noch weiter abgekehrt werden, wobei es leicht das Vorübergehn eines andern Schiffs behindert, jedenfalls aber der Zug verstärkt werden muß. In vielen Fällen ist es schwer zu bestimmen, ob der Wind häufiger von der einen als von der andern Seite weht. Alsdann thut man wohl, den Leinpfad auf die Thalseite zu legen, oder auf dasjenige Ufer, das vorzugsweise durch Auftrag dargestellt ist. Dieses begründet sich dadurch, daß die Bergseite den darüber streichenden Wind schon mehr vom Canal abhält, und außerdem ist das Betreten des aufgeschütteten Damms durch Pferde auch in mancher Beziehung für die Erhaltung der Wasserdichtigkeit desselben vortheilhaft. Die größere Breite, die dieser Damm zur Sicherung gegen ein zu starkes Durchquellen des Wassers erhalten muß, macht denselben aber auch gemeinhin schon zur Benutzung als Leinpfad geeignet, während die Anlage eines solchen auf der andern Seite größere Kosten verursachen würde.

Der Seitengraben ist bereits Erwähnung geschewn, auch bemerkt worden, daß dieselben auf der Bergseite nothwendig sind, um das herabfließende Wasser vom unmittelbaren Eintritt in den Canal abzuhalten. Gemeinhin führt man das Wasser, welches sie auffangen, gar nicht in den Canal, vielmehr mittelst Durchlässen unter demselben fort nach dem im Thal fließenden Bach. Wo das Terrain es erfordert, wird das Wasser in Fallkessel gestürzt welche in die Durchlässe münden.

Auf der Thalseite fehlen gemeinhin die Seitengräben, weil die

Wassermenge, welche bei starkem Regen von der äußern Dossirung des Leinpfades abfließt, zu unbedeutend ist, als daß sie eine solche Anlage erforderte. Eine Ausnahme findet aber statt, wenn die Filtration aus dem Canal sehr stark ist, und man theils das nebenliegende Terrain vor Versumpfung schützen, theils auch das Quellwasser nicht ganz verlieren, vielmehr dasselbe der nächst unterhalb belegnen Strecke wieder zuführen will. Wie wichtig beide Gründe auch sind, so darf dennoch nicht übersehen werden, daß durch solche Erleichterung des Abflusses die Ergiebigkeit der Quellen verstärkt, also die Filtration vermehrt wird. Letztere wird nämlich nach dem, was früher darüber mitgetheilt ist, um so bedeutender, je größer die Niveaudifferenz in den beiderseitigen Wasserständen ist. Durch Anlage des Seitengrabens auf der Thalseite senkt man aber den untern Wasserspiegel, und erleichtert sonach die Bildung der Quellen.

§. 84.

Speisung und Entlastung der Canäle.

Welche Wassermenge ein Schiffahrts-Canal braucht, um die erforderliche Fahrtiefe dauernd zu behalten, ist bereits untersucht worden (§ 81), auch ist schon darauf aufmerksam gemacht, daß der Ueberschuß an Wasser in einer Jahreszeit gegen den Mangel in einer andern im Canal selbst sich nicht ausgleicht, man vielmehr die Zeit der anhaltenden Dürre in Betracht ziehn muß, weil in dieser nicht nur die Zuflüsse am geringsten sind, sondern auch der Bedarf am größten wird.

Ergiebt es sich, daß die Wassermenge eines Baches alsdann nicht genügt, auch die Scheitelstrecke nicht soweit gesenkt werden kann, daß noch andre Quellen dem Canal sich zuweisen lassen, so muß man versuchen, ob durch besondere Anordnungen der Mangel zu decken, oder der Bedarf zu mäßigen ist.

Zuweilen bietet sich Gelegenheit, ausgedehnte und tiefe Reservoirs anzulegen, worin große Wassermassen angesammelt werden können, während der Canal vollständig gefüllt ist, man diese also unbenutzt müßte ablaufen lassen. Wenn man, wie bereits erwähnt, auch keineswegs erwarten darf, die ganze aufgefan-

gene Wassermasse dem Canal später wieder zuzuführen, so stellen sich dabei dennoch manche Vortheile heraus. Hieher gehört zunächst die vollständige Reinheit des Wassers, aus welchem während der vorhergehenden Ruhe alle erdigen Theilchen zu Boden gesunken sind. Demnächst auch der Umstand, daß man in außerordentlichen Fällen beliebig große Quantitäten sehr schnell dem Canal zuführen kann. Dieses würde zum Beispiel nöthig sein, wenn die Frequenz zufällig an einzelnen Tagen sich besonders steigert, oder wenn vielleicht eine Canalstrecke abgelassen ist, und es darauf ankommt, behufs der Wiederöffnung der Schifffahrt sie schleunigst zu füllen.

Zuweilen werden die Scheitelstrecken der Canäle mittelst kräftiger Wasserhebungs-Maschinen gespeist. Dieses geschieht unter Andern auf dem Grand-Junction-Canal in England, dem Sambre-Oise-Canal in Frankreich, dem Canal zwischen Charleroy und Brüssel in Belgien und wiederholt sich auch sonst mehrfach. Im letztbenannten Canal hat man aber statt der sonst üblichen Pumpen, Archimedische Schnecken erbaut, welche durch Dampfmaschinen bewegt werden.

Noch wäre eines andern Mittels zur Speisung der Canäle zu erwähnen, das mehrfach vorgeschlagen, hin und wieder auch versucht ist, indessen, soviel bekannt, niemals einen namhaften Erfolg gehabt hat. Dieses sind die Artesischen Brunnen. Bei Gelegenheit der Beschreibung derselben (Theil I. § 9) sind bereits einige mißglückte Versuche dieser Art namhaft gemacht. Es kann allerdings nicht in Abrede gestellt werden, daß die Bohrlöcher unter gewissen localen Verhältnissen bedeutende Wassermassen liefern, und diese auch zur Speisung von Canälen benutzt werden können, aber man darf sich doch kaum mit der Hoffnung schmeicheln, in einem hohen Terrain und namentlich auf der Wasserscheide in einer Gebirgsgegend reiche Adern aufzuschließen und Quellen zu eröffnen, die unter so starkem Druck fließen, daß sie bis zu der erforderlichen Höhe ansteigen.

Will man dagegen bei Zuflüssen, die für gewöhnliche Schleusen nicht genügen, dennoch die Schifffahrt ermöglichen, so giebt man den Schleusen ungewöhnlich geringe Gefälle, oder versieht sie mit Seitenbassins (§ 75). Man kann dieselben auch durch senkrechtes Heben der Schiffe (§ 76) oder geneigte Eb-

nen (§. 77) ersetzen, und wenn es endlich vollständig an Wasser fehlt, so bleibt noch übrig, die Ladungen allein oder zugleich mit den Schiffen auf Eisenbahnen über die Wasserscheiden fort, aus einer Canalstrecke in die gegenüber befindliche überzuführen, oder die Canal-Verbindung durch eine Eisenbahn zu unterbrechen.

Es mag zunächst von der Zuleitung von Bächen die Rede sein. Man läßt dieselben nicht leicht unmittelbar in den Canal treten, sorgt vielmehr stets dafür, daß sie nur soviel Wasser an diesen absetzen, als er bedarf. Entgegengesetzten Falls würden sie nicht nur bei jeder Anschwellung, sondern auch zu andrer Zeit, sobald der Bedarf sich zufällig etwas ermäßigt, den Wasserstand zu hoch erheben, und wenn nicht die Schütze in den Schleusenthoren bald geöffnet würden, ein Ueberströmen der Canaldämme und deren Zerstörung veranlassen. Die Bäche müssen daher so gefaßt werden, daß sie nur bei eintretendem Bedürfnis sich in den Canal ergießen, sonst aber in ihren natürlichen Betten abfließen. Derjenige Theil ihrer Wassermenge, den man zur Speisung des Canals braucht, wird daher in einem besondern Speisegraben letzterm zugeführt. Zu diesem Zweck erbaut man in dem Bachbett dicht unterhalb der Mündung des Speisegrabens entweder ein festes Wehr von angemessener Höhe, oder um einer starken Verflachung des Bettes an der Grabenmündung vorzubeugen, eine andre Stau-Vorrichtung, die man beliebig außer Thätigkeit setzen kann. Diese Vorrichtung muß aber einen möglichst wasserdichten Schluß darstellen, damit zur Zeit der Dürre der ganze Inhalt des Baches dem Graben und durch diesen dem Canal zufließt. Die verschiedenen oben (§ 47) beschriebenen beweglichen Wehre eignen sich daher hierzu weniger, als eine mit Schützen versehene Freiarche, durch welche man das Wasser anspannen, und wenn es erforderlich ist, auch von dem Bachbett ganz abhalten kann. Außerdem erbaut man häufig in der Mündung des Speisegrabens eine zweite Arche, um den Eintritt des Wassers zur Zeit der Anschwellung von demselben ganz abhalten zu können. Dieses ist jedoch entbehrlich, wenn der Bach unmittelbar hinter dem Stauwerk ein starkes Gefälle hat, und sonach der Graben schon allen Zufluß verliert, sobald die Freiarche geöffnet ist. Der Grund, weshalb man aber das Wasser des Baches zur Zeit seiner Anschwellung nicht dem Graben zuführen mag, bezieht sich nicht allein auf die

Besorgniß, daß dem Canal zuviel Wasser zufließen möchte, sondern man will auch das trübe Wasser von dem Graben abhalten, welches in diesem sowohl, als auch im Canal Versandungen oder Verflachungen durch Absetzen von Schlamm und Sand veranlassen würde. Noch ist zu erwähnen, daß in der Nähe der Freiarche ein Wärter wohnen muß, der die Schütze derselben nach dem jedesmaligen Bedürfniß stellt, und namentlich beim plötzlichen Anschwellen des Bachs sie vollständig zieht.

Die Speisegräben, welche man auch häufig Rigolen nennt, erfordern in ihrer Anlage große Vorsicht, damit sie nicht zu bedeutende Wasserverluste veranlassen. Bis zu welcher Größe diese Wasserverluste sich steigern, ergibt sich aus manchen in Frankreich angestellten Messungen, worüber nur mitgetheilt werden mag, daß die Rigole St. Privé am Briare-Canal, die nahe 3 Meilen lang ist und ein relatives Gefälle von 1 : 12400 hat, zuweilen sogar drei Viertheile ihres Inhaltes verliert, oder nur den vierten Theil des Wassers liefert, welches in ihre obere Mündung hineingeflossen ist. Von andern vermuthet man sogar, daß sie zu Zeiten nur den fünften Theil des Wassers behalten. Es ist bereits erwähnt worden, daß solche große Verluste zum Theil davon herrühren, daß das Wasser sich zu lange in dem Speisegraben aufhält. In der Rigole St. Privé bildet sich selbst bei starkem Zuflufs nur die Geschwindigkeit von etwa 10 Zoll in der Secunde, und jedes Wassertheilchen braucht daher 21 Stunden, um sie ihrer ganzen Länge nach zu durchfließen.

Der relative Wasserverlust vermindert sich, wenn die Zeit der Durchströmung sich verringert, und die Abkürzung der Durchflußzeit kann auf zwei verschiedenen Wegen hervorgebracht werden, nämlich einmal durch Verkürzung der Rigole, und sodann durch Vergrößerung der Geschwindigkeit in derselben. Das erste Mittel ist selten anwendbar, denn die Länge des Speisegrabens kann in einem gebirgigen Terrain nur dadurch vermindert werden, daß man die Bergwände verläßt, und den Graben in möglichst gerader Linie durch tiefe Einschnitte, über hohe Dämme und auf Brücken über die Bäche erbaut, denen er begegnet. Solche Anlagen kommen allerdings zuweilen vor, sie sind indessen überaus kostbar, und dabei zeigt sich auf denjenigen Theilen der Gräben, die hoch über dem Terrain liegen, wieder eine stärkere Filtration, so dass man

statt den beabsichtigten Zweck zu erreichen, leicht den Wasserverlust sogar noch vergrößert. Jedenfalls ist es aber großer Gewinn, wenn die Bäche die man benutzen kann, möglichst nahe am Canal liegen. Dieser Umstand muß daher schon bei der Wahl der Canallinie berücksichtigt werden.

Was die Vergrößerung der Geschwindigkeit oder des relativen Gefälles betrifft, so ergibt sich eine solche schon aus der Abkürzung des Speisegrabens. Ausserdem aber ist sie auch dadurch zu erreichen, daß man den Bach in größerer Höhe abfängt. In diesem Fall wird allerdings die Wassermenge, die man in den Speisegraben einleitet, geringer, weil jeder Bach, der nicht etwa selbst einem starken Wasserverlust durch Filtration ausgesetzt ist, nach und nach durch neue Zuflüsse sich verstärkt, und daher um so reichhaltiger ist, je später oder je tiefer abwärts er aufgefangen wird.

Welches relative Gefälle ein Speisegraben erhalten muß, läßt sich im Allgemeinen nicht angeben, indem die localen Verhältnisse hierauf überwiegenden Einfluß haben. Je weniger die Beschaffenheit des Bodens die Filtration begünstigt, um so schwächere Gefälle sind zulässig, auch darf man diese wohl etwas geringer annehmen, wenn der Graben von scharfen Krümmungen frei ist. Bei den Speisegräben kommen wirklich sehr verschiedene Gefälle vor. Zuweilen hat man sie gleich 1 : 2000 annehmen können, wogegen sie andern Falls nur 1 : 14000 sind. Letzteres betrachtet Minard als die äußerste Grenze, die man nie überschreiten darf. Andererseits sind aber sehr starke Gefälle auch nicht immer zu empfehlen, weil die heftige Strömung, die dadurch verursacht wird, leicht die Sohle und die Ufer des Grabens angreift, und Einrisse und Versandungen veranlaßt. Man pflegt daher, wenn die Höhenlage des Baches eine Verstärkung des Gefälles gestattet, dieses doch nur so weit zu vergrößern, dass die Geschwindigkeit des Wassers nicht über 2 Fufs in der Secunde beträgt. Wäre indessen durch äußere Umstände ein noch stärkeres Gefälle geboten, so müßte dieses durch Wasserstürze, die man an einzelnen Stellen des Grabens anbringt, gemäsiget werden. Hierzu dienen Steinschwellen, die in ähnlicher Weise, wie bei der Umleitung des fremden Wassers um eine zu entwässernde Niederung, in den künstlichen Betten der Bäche angebracht werden (Theil I. § 26). Ein

solcher Fall gehört indessen zu den Seltenheiten, und viel häufiger kommt es vor, dass man in entgegengesetzter Weise sich bemühen muss, eine Verstärkung des Gefälles möglich zu machen.

Was die sonstige Anordnung der Speisegräben oder Rigolen betrifft, so wird man vorzugsweise sich bemühen, starken Filtrationen vorzubeugen, und daher diese Gräben auf festen Boden zu verlegen, auch, wo es nöthig ist, sie mit wasserdichten Dämmen einzuschliessen. Ohne dringende Veranlassung wird man sie ferner nicht übermächtig verlängern. Wenn daher eine sehr bedeutende Abkürzung durch den Uebergang über ein Seitenthal möglich ist, so wird man die Zweckmäßigkeit einer solchen Anlage zu prüfen haben. Im Allgemeinen führt man jedoch die Rigolen an den Bergabhängen fort, wobei man noch den Gewinn hat, dass man alle Seitenbäche und Quellen, die man antrifft, hineinleiten und zur Speisung des Canals benutzen kann. Dabei wäre es freilich ganz unpassend, auch solche Seitenbäche fortwährend hineintreten zu lassen, die Sand und Kies mit sich führen, und in den Zeiten, wo gerade kein Wassermangel stattfindet, große Wassermassen liefern. Es müssen vielmehr auch bei diesen Speisegräben, so oft sie größere Bäche kreuzen, dieselben Anordnungen getroffen werden, die der Schiffahrts-Canal unter ähnlichen Verhältnissen erfordert, und welche im Folgenden beschrieben werden sollen.

Zuweilen zieht sich der Speisegraben unter einem steilen Bergabhänge hin, von dem zur Zeit eines starken Regens große Wassermassen herabstürzen, die vieles Geschiebe oder andres Material mit sich führen. Kann man einen solchen Wasserlauf nicht unter der Rigole mit Sicherheit hindurchführen, so bleibt noch das Mittel, ihn über derselben nach dem Thal zu leiten. Alsdann ist es am angemessensten die Rigole zu überwölben und das Bachbett darüber darzustellen. Zuweilen ist man auch gezwungen, die Rigole in einen Schuttkegel, oder in eine natürliche Ablagerung von Steingerölle einzuschneiden, die sich vor der Bergwand gebildet hat, und durch nachstürzendes Gerölle von oben her überdeckt wird. In diesem Fall ist gleichfalls die Ueberwölbung nothwendig. Um aber den Graben zugleich gegen Filtration zu schützen, die besonders im losen Gestein übermächtig stark sein würde, so schließt man ihn nicht nur von der Seite mit Mauern ein, sondern stellt auch seine Sohle aus einem umgekehrten Gewölbe dar, und wendet

bei dem gesammten Mauerwerk guten hydraulischen Mörtel an. Besonders schwierig wird solche Anlage, wenn Abrutschungen zu besorgen sind, die bei gewisser Beschaffenheit des Bodens schon öhnerachtet der flachen Dossirungen eintreten. Die Darstellung des überwölbten Canals ist alsdann nicht genügend, weil derselbe bei eintretender Bewegung der ganzen Steinmasse aus einander gerissen und stellenweise in die Tiefe gezogen werden könnte. Es bleibt alsdann nur übrig, den Fuß der Dossirung gehörig zu befestigen, und durch oft wiederholte Räumungen einer Anhäufung und besonders ungünstigen Ablagerung des Materials vorzubeugen, wodurch das Gleichgewicht der Masse gestört werden könnte.

Das Profil des Speisegrabens ist abhängig von der Wassermenge, die abgeführt werden soll, und von dem Gefälle, welches man ihm giebt. Nimmt er in seinem Zuge noch bedeutende Bäche und Quellen auf, so muß das Profil sich gleichfalls vergrößern, wenn nicht etwa besondere Gründe vorhanden sind, das Gefälle im untern Theile wachsen zu lassen. Jedenfalls wird das Profil aber reichlich groß gewählt werden müssen, damit es die ganze erforderliche Wassermasse fassen kann, falls auch hin und wieder zufällig eine Verflachung eintreten sollte. Um das Material, welches dem Graben durch einzelne Bäche zugeführt wird, oder das von der Seite hineinfällt, ohne Beeinträchtigung seiner Wirksamkeit abzulagern, pflegt man ihn zuweilen hin und wieder mit besonders verbreiteten und vertieften Stellen zu versehen, die in gleicher Weise, wie die Schlammkasten in Röhrenleitungen, wirken. An solchen Stellen vermindert sich die mittlere Geschwindigkeit in gleichem Maasse, wie das Profil sich vergrößert, der vom Wasser mitgeführte Sand und die andern Stoffe bleiben daher hier liegen. Zu solchen Verbreitungen und Vertiefungen findet sich aber häufig in den natürlichen Unebenheiten des Bodens Gelegenheit, so daß die Anlagekosten dadurch nicht vermehrt, sondern im Gegentheil oft sogar vermindert werden.

Der größte Uebelstand bei Speisegräben, besonders wenn sie eine bedeutende Länge haben und durch unebnes Terrain geführt sind, pflegt die starke Filtration zu sein, die jene bereits erwähnten großen Wasserverluste zur Folge hat. Gemeinhin fehlt es aber unter solchen Umständen an guter Erde und namentlich an zähem Ton, wodurch man den Seitenwänden und der Sohle

die nöthige Wasserdichtigkeit geben könnte. Man pflegt alsdann ein Auskunftsmittel zu wählen, wovon später noch ausführlicher die Rede sein wird, nämlich man leitet, so oft es geschehn kann, trübes Wasser in den Speisegraben, damit die darin schwebenden erdigen Theilchen nach und nach die undichten Stellen verstopfen. Obwohl manche Erfahrungen recht günstige Erfolge in dieser Beziehung gezeigt haben, so darf man sich im Allgemeinen doch nicht zuviel davon versprechen. Die Rigole St. Privé wird bereits seit zwei Jahrhunderten mit trübem Wasser gefüllt, und ist dennoch undicht geblieben.

Endlich kommt bei Anordnung der Speisegräben auch noch deren Verbindung mit dem Schiffahrts-Canal in Betracht. Es geschieht nicht leicht, daß man ohne besondere bauliche Anlagen die erstere unmittelbar in den letztern übergehn läßt, und nur die beiderseitigen Betten, die allein durch Erdarbeiten dargestellt sind, zusammenleitet. Gemeinhin versieht man vielmehr den Graben an seinem Ende noch mit einer Arche, an deren Seitenmauern die Canaldämme sich anschließen. Diese Arche wird aber, wie eine Freiarche, mit einem gehörig befestigten Boden, und namentlich mit einem Fachbaum oder einer massiven Schwelle versehen, die schon deshalb unentbehrlich ist, weil der Speisegraben eine geringere Tiefe hat, als der Canal. Indem es aber leicht geschehn kann, daß der Erstere mehr Wasser zuführt, als der Letztere gerade braucht, so muß die Arche auch mit Schützen oder Dammbalken abgesperrt werden können, um den Canal nicht zu überlasten. Dieses ist besonders nothwendig, wenn der Graben, wie gewöhnlich, auf seinem Wege noch Wasserläufe aufnimmt, die zur Zeit des Regens bedeutend anschwellen. Auch empfiehlt es sich, den Speisegraben vor der Arche zu erweitern und zu vertiefen, damit daselbst die herbeigeführten Sand- und Kiesmassen sich niederschlagen.

Die erwähnte Stauanlage erfordert aber wieder eine zweite Anlage, nämlich zur Ableitung desjenigen Wassers, welches der Canal nicht aufnimmt. Würde für eine solche nicht gesorgt, so müßte das Wasser im Speisegraben so hoch anwachsen, bis es an irgend einer Stelle die Dämme überstiege, und sich hier von selbst einen Abfluß bildete, der, wenn er nicht gehörig gesichert wäre, den Durchbruch des Dammes an der überströmten Stelle

zur Folge haben würde. Es ist daher am zweckmässigsten, den Speisegraben noch mit einem Seitenabfluß zu versehen, wodurch man das Wasser, dessen man nicht bedarf, in den Bach leiten kann, dessen Thal der Canal verfolgt. Wollte man hierzu ein Wehr oder einen festen Ueberfall in angemessener Höhe erbauen, so würde freilich der nächste Zweck sowohl in Betreff der Speisung des Canals, als auch der Abführung des höhern Wassers erreicht werden. Vor dem festen Wehr würden sich aber wieder starke Niederschläge anhäufen, die man vielleicht in kurzen Zwischenzeiten beseitigen müßte. Die Strömung selbst beseitigt sie aber und führt sie in das Bachbette, wenn man statt des Wehrs eine Freiarche erbaut. In letzter Beziehung ist es vortheilhaft, den Speisegraben an einer Stelle dem Canal zuzuführen, wo letzterer sich über die Thalsole erhebt, weil alsdann unterhalb der Arche die das Hochwasser ableitet, ein stärkeres Gefälle stattfindet, also ein kräftiger Strom sich hier bilden kann. Diese grössere Höhe muß man aber auch schon wählen, weil entweder der Schiffahrts-Canal, oder der Speisegraben auf einer Brücke, oder wenigstens auf einem Durchlaß über den Bach, oder Ersterer über das Freiwasser des Speisegrabens geführt werden muß. Die Nothwendigkeit einer solchen Ueberführung leuchtet ein, weil sonst dieses Wasser nicht den Hauptbach erreichen könnte.

Die Speisegräben, welche das Wasser aus Reservoirien dem Schiffahrts-Canal zuführen, unterscheiden sich von den so eben beschriebenen dadurch, daß sie nicht fortwährend eine ziemlich gleichmäßige Strömung aufnehmen, sondern periodisch große Wassermassen abführen, und dann wieder ganz versiegen. Wenn fremde Quellen und Bäche ihnen nicht zufließen, so bedürfen sie keiner besondern Anlagen, wodurch man sie beliebig mit dem Canal in Verbindung setzen, oder ihnen einen Abfluß nach dem Bach eröffnen kann, auch verschwindet alsdann die Besorgniß, daß sie sich mit Sand und Geschieben anfüllen, weil sie nur mit dem reinen Wasser aus dem Bassin gefüllt werden. Nichts desto weniger gelingt es nicht leicht, ihnen eine solche Lage zu geben, daß bei starkem Regen nicht bedeutende Wassermassen sich in sie ergießen sollten, und insofern diese wieder Erde, oder gröberes Material mit sich führen, so sind gemeinhin auch bei ihnen die-

selben Rücksichten zu nehmen, wie bei solchen Rigolen, welche die Bäche unmittelbar dem Canal zuführen.

Außer diesen größern Speisegräben leitet man, besonders wo Wassermangel zu besorgen ist, so oft die Gelegenheit sich bietet, auch in kürzern und minder vollkommenen Leitungen noch schwächere Quellen aus der Umgebung in den Canal. Man muß aber hierbei um so aufmerksamer sein, und die bezeichneten Vorsichtsmaßregeln um so vollständiger beobachten, je mehr zu besorgen ist, daß zu Zeiten große Wassermassen zufließen, auch in Verbindung mit ihnen bedeutende Quantitäten Sand oder Erde oder Kies hineingetrieben werden. Um Letzteres zu verhindern, pflegt man selbst bei den einfachsten Anlagen dieser Art dennoch das zufließende Wasser über ein festes Wehr zu leiten, damit wenigstens das gröbere Material sich davor ablagert und entfernt gehalten wird.

Häufig trifft es sich, daß der Canal Seitenbäche kreuzt, die entweder an sich hoch genug liegen, um zur Speisung benutzt zu werden, oder die man wegen ihres starken Gefälles leicht bis zu dieser Höhe anspannen kann. In welcher Weise dieses am vortheilhaftesten geschieht, soll später erörtert werden, gewöhnlich führt man aber den Canal über den Bach fort, und verbindet den Durchlaß, worin letzterer abfließt, mit einer Stauanlage, durch welche der Bach so weit gehoben wird, daß er in den Canal tritt. Eine solche Anordnung ist bei den in neuerer Zeit ausgeführten französischen Canälen sehr gewöhnlich, auch in dem Marne-Rhein-Canal wiederholt sie sich vielfach. Fig. 367 *a* und *b* zeigt diesen Durchlaß. Von der Bergseite her fließt der Bach in einem Seitenthal dem Canal zu, und mit ihm verbinden sich die Gräben, die vor dem Leinpfade sich hinziehen. Die vereinigte Wassermenge stürzt sich in einem Fallkessel auf die Sohle des Durchlasses herab. Letzterer ist ganz massiv ausgeführt und über dem Gewölbe horizontal abgeglichen. Dieses Mauerwerk bildet indessen nicht unmittelbar die Canalsohle, vielmehr ist es etwa 1 Fuß hoch mit Thon überdeckt. Die erwähnte Uebermauerung erstreckt sich über den ganzen Durchlaß, sie beginnt am Fallkessel und endigt auf der Thalseite in der Stirnfläche des Gewölbes. Auf diese Art ist der Canal mit zwei Seitenöffnungen versehen, in welchen sich

zwischen Werkstein-Einfassungen Falze befinden, die gewöhnlich, wie auch die Figur zeigt, mit Dammbalken geschlossen werden.

Zwischen dem Fallkessel und dem überwölbten Durchlafs ist ein Schütz angebracht, das von der Leinpfadbrücke aus, gehoben und herabgelassen werden kann. Wenn es gezogen ist, fließt der Bach durch den Durchlafs unter dem Canal ab, ohne in ihn hineinzutreten. Dieses geschieht so lange die sonstigen Speisegräben hinreichendes Wasser zuführen, also namentlich, wenn der Bach stark angeschwollen ist, und nicht nur trübes Wasser, sondern auch grobes Material mit sich führt. Wenn dagegen trockne Witterung eintritt, und der Bach weniger Wasser abführt, so wird das Schütz eingestellt, also der Durchlafs geschlossen. Alsdann sammelt sich das Wasser im Fallkessel und steigt so hoch an, das es über das Schütz und die ohnfern desselben liegenden Dammbalken in den Canal tritt. Letztere werden, wenn es nöthig ist, bei dieser Gelegenheit auch zum Theil beseitigt, um einen ungehinderten Zuflufs darzustellen. Während dieser Zeit setzt sich der Niederschlag des Wassers im Fallkessel ab, und sobald man später das Schütz wieder öffnet, wird derselbe bei der heftigen Strömung, die der anfängliche hohe Wasserstand veranlaßt, wieder fortgeführt. Sollte indessen diese Aufräumung noch nicht vollständig sein, und selbst zur Zeit des freien Abflusses des Hochwassers der Kessel und vielleicht auch der Durchlafs sich mit Sand und Geschieben anfüllen, so wird letzterer durch unmittelbare Handarbeit aufgeräumt, da er so große Dimensionen hat, das er begangen werden kann. Die zweite Oeffnung, welche der Thalseite zugekehrt ist, dient zum Ablassen des Wassers aus dem Canal. Die Dammbalken welche sie abschließen, werden in diesem Fall ausgehoben. Ueber beide Oeffnungen führen leichte hölzerne Brücken, welche die Unterbrechung der beiderseitigen Leinpfade aufheben.

Wiewohl man nach Vorstehendem möglichst dafür sorgt, das dem Schiffahrts-Canal nicht mehr Wasser zugeführt wird, als derselbe bedarf, um bis zum normalen Stande gefüllt zu bleiben, so kann es doch nicht fehlen, das die Zuflüsse zuweilen dieses Maafs überschreiten, und alsdann das überflüssige Wasser abgelassen werden muß. Die Entlastung kann, wenn sie sich nur auf geringe Quantitäten erstreckt, durch die Schützöffnungen in den Schleusenthoren oder die Umläufe erfolgen. In manchen Fällen, wie etwa

bei dem Schleswig-Holsteinschen und dem Finow-Canal, hat man auch besondere Freiarchen neben den Schleusen erbaut, um das Wasser, welches zu Zeiten überreichlich zuströmt, aus einer Strecke in die andre, und auf diese Weise bis in den Fluß zu leiten. Wenn der Canal mit einer tiefen Mittelstrecke zwischen zwei Scheitelstrecken versehen sein sollte, wird, wie beim Marne-Rhein-Canal geschieht, ein Seitencanal nach dem Fluß herabgeführt, der diese Einsenkung des Bodens entwässert.

Die stärksten Zuflüsse, die vom Canal nicht abgehalten werden können, pflegen in Gebirgsgegenden vorzukommen, also gerade diejenigen Strecken zu treffen, die zur Zeit der Dürre am schwierigsten zu speisen sind. Läßt man nun das hier zutretende Wasser alle folgenden Canalstrecken durchlaufen, so findet es in keiner derselben eine zweckmäßige Verwendung, weil alle in solcher Zeit schon reichlich mit Wasser versehen sind. Die starke Strömung, die man hierdurch in dem Canal erzeugt, veranlaßt leicht Uferbrüche und Versandungen. Noch gröfser ist der Nachtheil, wenn an einer der folgenden Schleusen das Steigen des Oberwassers nicht bemerkt werden sollte, welches vielleicht die dortigen Witterungs-Verhältnisse nicht erwarten lassen, und sonach die Schütze hier nicht zeitig genug geöffnet werden, also das Wasser bis zur Höhe der Leinpfadsdämme anwächst, und sich über dieselben seitwärts ergießt. Es ist daher vortheilhafter, solche große Wassermassen, die dem Canal nicht absichtlich zugeführt werden, die vielmehr nur von ihm nicht abgehalten werden können, daraus möglichst bald wieder zu entfernen. Hierzu bietet sich in den obern Strecken auch jedesmal Gelegenheit, indem das natürliche Bett des Baches, welches von der einen Seite dieses Wasser zuführt, es auf der andern leicht wieder aufnimmt und es aus dem Bereich des Canals entfernt.

Es entsteht hierbei nur die Frage, auf welche Weise man das Wasser ablassen soll, und dabei ist vorzugsweise der Umstand zu berücksichtigen, daß solche Zuflüsse zuweilen sehr plötzlich und unerwartet kommen. Ein warmer Regen, der den Schnee und das Eis trifft, schmilzt oft in sehr kurzer Zeit große Massen, und noch plötzlich schwollen die Bäche bei starken Gewitterregen an. Am Abende eines Tages kann leicht keine Aussicht vorhanden sein, daß starke Zuflüsse in Kurzem eintreten werden, und doch treffen

dieselben schon während der Nacht ein. Wenn der Wärter, der die Freiarche bedienen soll, das rechtzeitige Ziehn der Schütze aber versäumt, so können leicht nach wenig Stunden schon die Dämme überströmt werden. Solche Ereignisse sind gerade wegen ihrer Seltenheit um so gefährlicher, da die Aufmerksamkeit mit der Zeit nachläßt, und die Erfahrungen eines langen Dienstes leicht den Eintritt so plötzlicher Fluthen als unmöglich erscheinen lassen.

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, in Canalstrecken, die solcher Gefahr ausgesetzt sind, Wasserlösen anzubringen, die von selbst in Wirksamkeit treten. Man möchte zunächst vermuthen, daß der erwähnte Zweck schon vollständig erreicht würde, wenn die Canaldämme an solchen Stellen, wo das Wasser einen leichten Abfluß findet, in etwas geringerer Höhe gehalten und so verstärkt wären, daß sie bei der Ueberströmung nicht leiden. Man würde also die Erddämme durch massive Ueberfälle ersetzen. Bei näherer Betrachtung überzeugt man sich indessen leicht, daß hierdurch die Gefahr in den meisten Fällen nicht vollständig beseitigt werden kann. Die Dämme werden, wie bereits erwähnt, im Allgemeinen nicht hoch über dem normalen Wasserstande gehalten, weil ihre Anlage sonst, namentlich in Gebirgsgegenden, überaus schwierig und kostbar sein würde. Ihre Krone liegt daher gemeinhin nur 2 Fufs über diesem Wasserstand, und wenn man auch über dieses Maafs hinausgeht, so wird dasselbe doch nie bedeutend überschritten werden können. Andererseits muß man Anstand nehmen, den Ueberfall mit dem normalen Wasserstande auf gleiche Höhe zu legen, weil alsdann selbst bei trockner Witterung, während man das Wasser möglichst schonen mag, der Seitenabfluß desselben sogleich eintritt, wenn zufälliger Weise keine Schiffe die nächst unterhalb belegne Schleuse passiren und sonach das Wasser während kurzer Zeit sich etwas anhäuft. Man wird demnach, um solche Verluste zu vermeiden, den Ueberfall vielleicht um einen Fufs oder wenigstens doch um 6 Zoll über den normalen Wasserstand erhöhen, so daß der Unterschied in der Krone des Ueberfalls und der Canaldämme nur sehr gering bleibt.

Sobald es sich um Abführung großer Wassermassen handelt, so genügen die Ueberfälle nur, wenn sie hoch überströmt werden. Liegt ihre Krone nur wenig unter dem Wasserspiegel, so ist eines-theils das Profil des übertretenden Strahls nur gering, und ander-

seits entspricht die Geschwindigkeit desselben auch nur der geringen Druckhöhe. In beiden Beziehungen bleibt daher die Wassermenge nur sehr gering, wenn die Stauhöhe nicht bedeutend ist.

Unter Zugrundelegung des von Castel gefundenen Coefficienten für den Fall, daß der Ueberfall eben so breit, als das Oberwasser, also $k = 0,667$ (§ 19) ist, findet man die Wassermengen, die jeder laufende Fuß des Ueberfalls bei verschiedenen Höhen des Wasserspiegels abführt, folgendermaassen.

Wasserstand über dem Ueberfall.	Abfließende Wassermenge.
3 Zoll	0,44 Cubikfuß
6 „	1,24 „
9 „	2,28 „
12 „	3,51 „
15 „	4,91 „
18 „	6,46 „
21 „	8,14 „
24 „	9,94 „

Man darf indessen nicht erwarten, daß man durch Verlängerung des Ueberfalls zur Seite eines Canals jede beliebige Wassermenge abführen kann, ohne den Wasserstand über ein gewisses Maass zu erhöhen. Dieses würde allerdings möglich sein, wenn das Oberwasser im Niveau stände. In einem Canal, besonders wenn er nur mässige Tiefe hat, bildet sich aber bei heftiger Strömung ein starkes Gefälle. Das Wasser steht demnach an derjenigen Stelle, wo der Seitenbach hineintritt, oder wo die Strömung beginnt, höher, als an derjenigen, wo es über das Wehr abfließt. Liegen beide weit von einander entfernt, so kann es leicht geschehn, daß an der erstern die Dämme schon überströmt werden, während an der letztern das Wehr oder der Ueberfall nur so eben zu wirken beginnt. Wenn aber auch der Ueberfall sich in der Nähe der Mündung des Baches befindet, der das Wasser zuführt, so würde dennoch der hintere Theil eines längern Ueberfalls nur wenig in Wirksamkeit kommen, weil der Wasserspiegel im Canal zur Seite des Wehrs wieder nicht horizontal ist. Das besonders starke Gefälle an dieser Stelle entspricht aber nicht allein der Geschwindigkeit sondern wird zum Theil auch dadurch veranlaßt, daß der zunächst liegende Theil des Wehrs schon die größten Wassermengen abführt,

also die Wassermasse sich von hier ab vermindert und auch aus diesem Grunde der Wasserspiegel sich senkt. Wie kräftig die Ueberströmung über den nächsten Theil des Wehrs auch ist, so wird dieselbe weiter abwärts immer schwächer und hört zuletzt beinahe ganz auf, da der Wasserspiegel endlich bis zur Höhe des Wehrrückens herabsinkt.

Es ergibt sich hieraus, daß bei einer geringen Niveau-Differenz, die zwischen der Krone der Canaldämme und der Krone der Ueberfälle nur zulässig ist, eine bedeutende Wirkung der letztern nicht erwartet werden kann. Am günstigsten ist noch der Fall, wenn man der Stelle gegenüber, wo der starke Zufluß in den Canal tritt, den Ueberfall anlegen kann. Ein solches Verhältniß kommt jedoch nicht häufig vor. Gemeinhin giebt es mehrere vom Canal durchschnittene Thäler, von denen bald das eine und bald das andre, große Wassermassen zuführt, und es verbietet sich wegen der großen Kosten, an allen Stellen Ueberfälle anzulegen, wo solche vielleicht einst nöthig sein möchten.

Die brunnenartigen Wasserlösen, welche man auf manchen Englischen Canälen findet, sind nichts anderes als Wehre, deren Rücken jedoch nicht gerade, sondern kreisförmig gekrümmt sind. Fig. 369 zeigt einen solchen Brunnen, der einen vollständigen Cylinder bildet. Sobald das Wasser seinen obern Rand übersteigt, ergießt es sich in ihn, und wird in einem überwölbten Canal unter dem Damm abgeführt. Fig. 371 *a* und *b* zeigt einen ähnlichen Brunnen im Durchschnitt und im Grundriß, doch steht derselbe nicht frei, lehnt sich vielmehr an eine Seitenmauer und stellt nur einen Theil des Umfanges eines gekrümmten Cylinders dar, der auf zwei Strebepfeilern ruht. Wasserlösen dieser Art sind auf dem Birmingham-Fazeley-Canal ausgeführt.

Die verschiedenen Arten beweglicher Wehre, deren oben (§. 47) Erwähnung geschehn ist, und die zum Theil bei gewissen Wasserständen sich von selbst öffnen und bedeutende Abflußprofile darstellen, sind bei Canälen wenig anwendbar, weil sie nicht scharf genug schließsen, und daher zur Zeit der Dürre bedeutende Wasserverluste veranlassen. Als zweckmäßig empfiehlt sich hier nur die schon beim Canal du Midi angewendete Vorrichtung mit den Hebern, die bei gewissem Wasserstande in Wirksamkeit treten, und alsdann

das Wasser mit der ganzen, der Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit abführen. Ihre Wirksamkeit wird aber von selbst unterbrochen, sobald das Wasser im Canal bis zum normalen Stande gesunken ist, und durch eine kleine Röhre die Luft nach dem Scheitel des Hebers treten kann. Diese Vorrichtung ist bereits bei Gelegenheit der Wasserleitungen (Theil I, § 19) und Fig. 82 auf Taf. VI des I Theils dargestellt.

Bei den meisten Canälen hat man indessen Vorrichtungen dieser Art nicht angewendet, sich vielmehr mit solchen Wasserlösen begnügt, die durch den Wärter in Thätigkeit gesetzt werden, indem derselbe entweder die Schütze zieht, oder die Dammbalken aushebt. Der Grund, weshalb man diese Vorrichtungen den Wärtern anvertraut, ist wohl vorzugsweise darin zu suchen, dafs keins der verschiedenen Ersatzmittel, die man dafür theils vorgeschlagen, und theils auch wirklich versucht, als ganz sicher erkannt ist. Dazu kommt aber, dafs man in neuerer Zeit auch mehr Vorsicht anwendet, um das Eintreten grosser Wassermassen zu verhindern, was früher, wo die Anlage von Brücken-Canälen mehr Bedenken erregte, nicht leicht vermieden werden konnte. Endlich aber pflegt man gegenwärtig, wenn solche Ereignisse auch nicht ganz sicher abgewendet werden können, doch den Schaden, den sie verursachen, durch gewisse Vorsichtsmaafsregeln möglichst zu mässigen, und namentlich dienen hierzu die Sicherheitsthore, deren Beschreibung hier die passendste Stelle finden dürfte.

Der Zweck der Sicherheitsthore ist die Abschliessung des Canals. Man könnte hierzu wieder verschiedene der früher beschriebenen Einrichtungen, also bewegliche Wehre benutzen, aber im vorliegenden Fall ist es erforderlich, dafs der Abschluß möglichst schnell erfolgt, auch ziemlich wasserdicht ist. Häufig sind diese Thore in der Art aufgestellt, dafs beim Durchbruch eines Canaldämms, wodurch sogleich eine starke Strömung in der ganzen Strecke entsteht, sie von der Strömung gefafst werden und sich von selbst schliessen. Man mufs aber, wenn man dieses beabsichtigt, vorher wissen, an welcher Stelle der Durchbruch erfolgen wird, denn wenn die Strömung eine entgegengesetzte Richtung annähme, oder der Durchbruch auf der andern Seite der Thore statt fände, so würden sie sich nicht schliessen. Man kann freilich die Einrichtung auch so treffen, dafs der Abschluß in beiden Rich-

tungen von selbst erfolgt, aber dazu müßten zwei Thore, oder zwei Thorpaare erbaut werden, wie allerdings zuweilen geschieht. Jedenfalls wird man die Sicherheitsthore nur in langen Strecken anbringen, weil es nur bei diesen von besonderer Wichtigkeit ist, daß der ganze Inhalt nicht abfließt. Man erreicht durch sie noch einen andern Vortheil, der oft von großer Bedeutung ist. Wenn z. B. ein Schiff verunglückt und sinkt, so sperrt es gemeinhin den Canal vollständig, und bis es mit der Ladung gehoben worden, ist die Schifffahrt unterbrochen. Das Heben der Ladung unter Wasser ist aber sehr zeitraubend, woher man in solchem Fall es leicht angemessen findet, die ganze Strecke zu entleeren. Der Verlust des Wassers kann aber wieder sehr reichhaltig werden, und möglicher Weise noch eine längere Sperre bedingen, wenn die Speisegräben gerade nicht reichhaltig sind. Es ist sonach auch bei einem solchen Ereigniß sehr wichtig, eine längere Canalstrecke in mehrere Theile zu zerlegen.

Man bringt zu diesen Zwecken an solchen Stellen, wo der Canal bereits aus andern Gründen mit Mauern eingeschlossen werden muß, also namentlich unter massiven Brücken, Dammfalze an, und hält die erforderlichen Dammbalken in Bereitschaft. Zur Darstellung eines dichten Schlusses muß alsdann auch noch der Boden gesichert, und mit einem hölzernen oder massiven Fachbaum versehen sein. Das Einlegen der Balken ist indessen, besonders wenn ein heftiger Strom hindurch geht, so schwierig und zeitraubend, daß diese Vorrichtung bei einem Dambruch die vollständige Entleerung der ganzen Strecke nicht verhindert. Man hat auch versucht, die auf Strömen vielfach benutzte Methode des Abschließens mittelst senkrecht eingestellter Nadeln (§ 48) zu diesem Zweck zu benutzen, aber abgesehen davon, daß hierdurch auch die nöthige Beschleunigung nicht erreicht wird, ist überdies der Schluß so wenig dicht, daß in kurzer Zeit auch die dahinter liegende Strecke sich entleert.

Vortheilhafter ist es, wie in den meisten Fällen auch geschehn, gewöhnliche Schleusenthore einzurichten, und zu diesem Zweck ein Schleusenaupt zu erbauen. Die Oeffnung, die überspannt werden muß, ist aber zu weit, als daß ein einfaches Thor dazu genügt, und man sieht sich demnach gezwungen, ein Paar Stemthore anzubringen. Indem diese nur von einer Seite den höhern

Wasserstand abhalten, so gestatten sie nur das Entleeren des einen Theils der Canalstrecke, und wenn man ihre Wirksamkeit vervollständigen will, so bleibt nur übrig, daneben noch ein zweites Thorpaar aufzustellen, das in der entgegengesetzten Richtung aufschlägt. Diese Anordnung stimmt daher mit derjenigen überein, die man in dem Unterhaupt einer Schleuse zu wählen pflegt, die den Canal mit dem Strom verbindet, wie solche Fig. 260 auf Taf. XXXIV dargestellt ist.

Wenn man ein solches Schleusenaupt um einige Fuſs weiter macht, als die sonstigen Canalschleusen sind, so kann man die Thore, indem sie an gewisse vortretende Stützen gelehnt werden, auſserhalb der Thornischen halten. Falls alsdann eine Strömung in dem Canal sich bildet, so werden sie von derselben sogleich gefast und gegen die Schlagschwellen bewegt, so das sie sich von selbst schliesen. Wiewohl diese Anordnung allen Anforderungen möglichst entspricht, so treten ihr dennoch die sehr bedeutenden Anlagekosten entgegen, und auſserdem erfordern die Thore vergleichungsweise zu dem sehr seltenen Gebrauch, der davon gemacht wird, auch bermsige Unterhaltungskosten. Ihr oberer Theil, der über Wasser ist, leidet eben so, wie jedes andere Schleusenthor, und ein Verziehn tritt bei ihnen auch bald ein, weil sie fortwährend frei hängen, der Wasserdruck also nicht auf sie einwirkt und sie in die ursprüngliche Form zurückdrängt.

Aus diesen Gründen ist man zuweilen auch von Stemmthoren zurückgekommen, und hat dafür den Abschlus durch ein einfaches Thor gewählt, welches sich um eine horizontale Achse dreht, und sich flach auf den Boden legt, das aber sowohl in stehendem Wasser, als auch wenn die Strömung seine Bewegung unterstützt, leicht gehoben werden kann. Fig. 380 auf Taf. LV zeigt die auf dem Canal du Centre gewählte Einrichtung solcher Thore*), die daselbst nach mehrjährigem Gebrauch sich auch bewährt hat, und für den Rhein-Marne-Canal gleichfalls benutzt ist. Aehnliche Einrichtungen sollen auch bei Englischen Canälen vorkommen.

Das Thor, welches man Fig. 380a aufgerichtet sieht, dreht sich, wie die Seitenansicht b zeigt, um eine starke eiserne Achse,

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1841. II. pag. 1.

die in vier metallnen Pfannen ruht. Es ist ganz aus hölzernen Verbandstücken zusammengesetzt. Die Schlagsäulen sind in die horizontale Wendesäule verzapft, und durch zwei Riegel mit einander verbunden, wozwischen noch einige Mittelstiele angebracht sind. Das Thor lehnt sich sowohl unten, als zu beiden Seiten an die mit Werkstücken eingefassten Mauerränder, wie man Fig. *b* und *c* bemerkt. Ist das Thor dagegen niedergelassen, so liegt es flach auf dem Boden in der Stellung, die Fig. *b* in punktirten Linien angegeben ist.

Zum Aufrichten und Herablassen des Thors dienen zwei eiserne Stangen (Fig. *b*), die zur Seite an den Köpfen der Schlagsäulen befestigt sind. Die zum Heben erforderliche Kraft ist aber sehr geringe, indem bei der Construction des Thors schon darauf gesehen wird, daß das Gewicht desselben in allen Stellungen nahe durch den Wasserdruck aufgehoben wird, doch giebt man ihm einiges Uebergewicht, damit es sich nicht von selbst hebt, auch wird dieses durch die Befestigung der Zugstangen verhindert.

Indem das Thor nicht nur von einer, sondern von beiden Seiten den Wasserdruck abhalten soll, so ist es auch von beiden Seiten verkleidet. Durch den Wasserdruck wird es indessen nur von einer Seite geschlossen erhalten, daher muß es, wenn der Druck in entgegengesetzter Richtung erfolgt, noch besonders abgesteift werden, und hierzu dienen vier eiserne, stark verstrebe Vorreiber, die sich um horizontale Achsen drehn. Man bemerkt dieselben in allen drei Figuren, und zwar in derjenigen Stellung, wo sie das Thor stützen, nur in Fig. *a* sind sie durch punktirte Linien auch zurückgeschlagen gezeichnet. Zwei derselben treffen den obern, und zwei den mittlern Riegel. Ihre Achsen liegen in besondern Seitennischen, damit sie die Bewegung des Thors nicht hindern.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich, niedergeschlagen ist, so kann es nicht fehlen, daß auf demselben, sowie auf der ganzen Sohle des Canals eine Ablagerung von Schlamm und Sand sich bildet. Wie unbedeutend diese an sich auch sein mag, so tritt hier doch der Uebelstand ein, daß sie beim Aufrichten des Thors herabgeleitet, und in die Fuge zwischen der Wendesäule und der Schlagschwelle fällt, wo sie entweder das vollständige Aufrichten

des Thors verhindert, oder die Wendesäule zurückdrängt und die feste Verbindung löst. Um nun den Sand und die Erde von dem Eintreten in jene Fuge abzuhalten, ist diese fortwährend mit einem Flügel aus Eisenblech überdeckt, der mittelst einer horizontalen Achse am Thor befestigt ist. Man sieht denselben Fig. *b* auf dem Vorboden aufliegen. Er ruht auf diesem, auch wenn das Thor niedergelegt ist, nur zieht er sich alsdann etwas weiter nach dem Thorkammerboden zurück.

Es ergibt sich aus dieser Beschreibung, daß das Sicherheitsthor sich nicht von selbst schließt, vielmehr muß dieses durch einen in der Nähe stationirten Wärter geschehn, der bei eintretendem starken Regen schon das Thor aufrichtet, ehe ein Dammbruch erfolgt ist. Wenn man aber einen Theil der Canalstrecke entleeren will, so bietet die Aufstellung des Thors gar keine Schwierigkeit. Wenn später die Strecke wieder gefüllt werden soll, so geschieht dieses mittelst zweier Oeffnungen im Thor, die aber nicht durch Schütze, sondern durch Klappen mit zwei Flügeln geschlossen werden, ähnlich denen, die § 72 beschrieben und Fig. 339 auf Taf. XLVIII gezeichnet sind. Im vorliegenden Fall tritt indessen der Wasserdruck sowohl von der einen, als von der andern Seite ein, wenn daher die Klappen sich leicht öffnen sollen, so muß man beliebig jeden Flügel einer Klappe zu dem längern machen können. Man hat dieses dadurch erreicht, daß man jede Klappe mit zwei vertikalen Drehungs-Achsen versehen hat (Fig. 380 *a* und *c*). Je nachdem man die eine oder die andre derselben herauszieht, bewirkt man, daß der eine oder der andre Flügel der längere wird. Die Klappe dreht sich aber in beiden Fällen nach derselben Richtung, und dieses ist auch in sofern nothwendig, als zur Darstellung eines ziemlich wasserdichten Schlusses auch hier die vortretenden Ränder auf den Thorriegeln und Mittelstielen angebracht sind, gegen welche die Klappe sich lehnt, wenn sie geschlossen ist.

Schließlich muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß solche überaus schädliche Dammbrüche, welche die Einrichtung von Sicherheitsthoren fordern, keineswegs an vielen Stellen zu besorgen sind, vielmehr nur an einzelnen Punkten die Möglichkeit dieser Gefahr vorhanden ist. Aus den Localverhältnissen ergibt sich also, wo der Canal zu schließen und in welcher Rich-

tung die Ausströmung zu verhindern ist. Hiernach begnügt man sich auch immer damit, diese Vorsichtsmafsregel nur in wenig Fällen in Anwendung zu bringen, während man bei vielen Canälen davon ganz absehn darf.

§. 85.

Speisebassins.

Es ist bereits erwähnt worden, dafs Speisebassins oder Reservoirs in der Art dargestellt werden, dafs man geeignete Thäler durch Erddämme, oder durch hohe Mauern abschliesst, und auf diese Weise künstliche Seen bildet, deren Inhalt nach Bedürfnis dem Canal zugeführt werden kann. Diese Thäler müssen recht weit, und mit hohen Wänden umschlossen sein, sich aber an einer für den Abschluß geeigneten Stelle stark verengen, damit der Damm oder die Mauer nicht zu lang wird. Ferner ist es nothwendig, dafs sie gegen die zu speisende Canalstrecke hoch genug liegen, damit das Wasser noch mit hinreichendem Gefälle derselben zufliefsen kann. Der Bach, welcher das Thal durchfließt, mufs so reichhaltig sein, dafs die Füllung des Bassins nicht allein beim Schmelzen des Schnees, sondern auch nach heftigem Regen während des Sommers zu erwarten ist. Wenn der umgebende Boden, von dem das Wasser dem Bassin zufließt, weder sumpfig, noch mit Gebüsch und sonstiger üppiger Vegetation bedeckt, aber stark abschüssig ist, so dafs die Niederschläge nicht aufgehalten werden, vielmehr in Rinnen sich schnell sammeln und herabströmen, so ist das Local für solche Anlage besonders geeignet. Dieses Wasser würde, wenn man es nicht ansammelte, ganz unbenutzt abfliefsen, denn während der Zeit der stärksten Niederschläge speisen schon die andern Bäche den Canal. Bei Reservoirs tritt ferner der günstige Umstand ein, dafs sie nur ganz reines Wasser abgeben, indem die Steine, der Sand und die Erde darin schon vollständig niederschlagen. Damit aber die Verluste durch Filtration nicht zu grofs werden, mufs die Bodenbeschaffenheit des Reservoirs selbst, wie auch der Rigolen, möglichst dicht, auch müssen letztere nicht zu lang sein. Es ist daher sehr vortheilhaft, wenn das Reservoir nicht weit von der Scheitelstrecke entfernt ist.

Um zu beurtheilen, welchen Nutzen man sich von einem Reservoir versprechen darf, muß man den cubischen Inhalt des mit Wasser zu füllenden Raums berechnen, nach Abzug des unteren Theils, welcher wegen Höhe der Abflufs-Oeffnung oder wegen mangelnden Gefälles nicht nutzbar ist. Zu diesem Zweck bestimmt man wieder in mässigen Abständen über einander die horizontalen Schnittlinien, und legt die von denselben eingeschlossenen Flächen der Rechnung zum Grunde. Im Allgemeinen pflegt man in Frankreich anzunehmen, daß die während eines Jahrs aus dem Reservoir dem Canal zuzuführende Wassermenge dem doppelten Inhalt des Reservoirs gleich ist. Diese Annahme ist für manche Fälle zu geringe, für andre aber viel zu groß. Die beim Abgange des Winters angesammelte Wassermenge kann freilich, soweit sie nicht durch Verdunstung und vielleicht auch durch Filtration sich vermindert, bei eintretender Dürre zur Speisung des Canals benutzt werden, wenn aber in der Zwischenzeit kein Regen fällt, der den Abgang wieder ersetzt, so unterbleibt der spätere Zuflufs, welcher die zweite Wassermasse darstellen sollte.

Augenscheinlich hat die Ausdehnung und Bodenbeschaffenheit der Fläche, auf welcher die Zuflüsse sich sammeln, wesentlichen Einflufs auf die Ergiebigkeit des Reservoirs. Ein großer Theil der Niederschläge zieht sich aber in den Boden ein, besonders wenn derselbe trocken ist. Schon Dalton stellte hierüber in kleinem Maafsstabe wichtige Messungen an (Theil I. § 4). In neuerer Zeit hat der französische Ingenieur Graeff solche an einem großen Sammel-Bassin wiederholt *) Neben dem Teich von Gondrexange, der den Marne-Rhein-Canal speist, war ein Regenmesser aufgestellt (Theil I. § 2), während man die Ausdehnung der verschiedenen Schichten im Teich sorgfältig gemessen hatte, also aus der Veränderung des Wasserstandes in demselben auf die hinzutretende Wassermenge sicher schliessen konnte. Es ergab sich hieraus, daß diese Wassermenge stets nur ein Theil der im ganzen Quellengebiet gesammelten Niederschläge war, nämlich

	im I. Vierteljahr	0,86
„	II. „	0,46
„	III. „	0,32
„	IV. „	0,49.

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1856. II. pag. 129.

Wenn sonach zur Zeit der Dürre, wo das Bedürfnis für den Canal am größten wird, nicht nur die Niederschläge am geringsten, sondern zwei Drittheile derselben noch in den Boden eingesogen werden, so bleibt für die Füllung des Reservoirs wenig übrig, und dasselbe kann sich leicht so weit entleeren, daß die Speisung des Canals ganz aufhört.

Nichts desto weniger ist nicht in Abrede zu stellen, daß selbst in diesem Fall die Dauer der Canalsperre wegen Wassermangel durch die Reservoirs abgekürzt wird, und es leidet keinen Zweifel, daß solche Anlagen von Nutzen sind, wenn gleich ein unmittelbarer Zufluß, der stets die nöthige Wassermenge liefert, unbedingt vorzuziehen ist.

Bei Einrichtung eines Speisebassins kommt vorzugsweise der Abschlußdamm in Betracht, demnächst aber auch die Vorrichtung zum Ablassen des angesammelten Wassers. Außerdem ist aber auch dafür zu sorgen, daß das Bassin sich nicht bis über die Krone des Abschlußdamms anfüllt, weil das von der ganzen Höhe herabstürzende Wasser theils den Damm selbst beschädigen, auch wohl durchbrechen, theils aber im Speisegraben Zerstörungen anrichten, und dem Canal übermäßige Wassermassen zuführen würde. Man muß also gewisse Ableitungen darstellen, durch welche das zuströmende Wasser einen Ausweg findet, sobald es sich der Krone des Damms nähert. Selten bietet sich die Gelegenheit, dieses Wasser seitwärts in ein andres Thal zu weisen, weil die zwischenliegenden Wasserscheiden höher, als der Abschlußdamm sind, dagegen kann man leicht zur Seite des Damms eine Ableitung in das natürliche Bette des Baches darstellen. Am besten ist es, wenn der Ueberfall auf dem gewachsenen Felsboden sich einrichten läßt, und das darüber tretende Wasser den künstlichen Damm gar nicht berührt, sondern in einer davon getrennten Rinne in das Thal fließt. Sollte dieses nicht ausführbar sein, und wäre man gezwungen, das Wasser über eine etwas vertiefte Stelle des Damms selbst abzuführen, so müßte diese wenigstens seitwärts liegen, damit die Strömung vom Damm entfernt und in ein besonderes, gehörig befestigtes Bette gewiesen werden könnte.

Endlich hat man zuweilen auch dafür gesorgt, daß die Speisebassins sowohl während der ersten Anlage, als auch während der Dauer der nothwendigen Reparaturen und Räumungen kein Wasser

aufnehmen, selbst wenn starke Regen alsdann eintreten. Man muß zu diesem Zweck die Bäche, die sich in das Bassin ergießen, schon vorher abfangen, und um letzteres herumleiten. Eine solche Anordnung verbietet sich indessen gemeinhin dadurch, daß die Seitenwände zu steil und zu unregelmäßig ansteigen. Es bleibt alsdann nur übrig, vor der Ausführung des Abschlußdammes die Vorrichtung zum Ablassen des Wassers vollständig herzustellen und durch diese den freien Abfluß zu eröffnen, während darüber fort die Mauer oder der Erddamm errichtet wird. Bei späteren Reparaturen muß man hierzu eine Zeit wählen, in welcher ein starker Regen voraussichtlich nicht zu erwarten ist. Sollte ein solcher aber dennoch eintreten, so wird die Arbeit unterbrochen, und eine günstigere Zeit abgewartet.

Zur Abschließung des Speisebassins dienen entweder Mauern oder Erdschüttungen. In manchen Fällen verbindet man auch beide Constructions-Arten und verstärkt die Mauern durch angeschüttete Erd-Dossirungen.

Die Mauern sind auf festem Boden und bei festen Seitenwänden des Thals unbedingt den Erddämmen vorzuziehn, weil manche Zufälligkeiten ihnen am wenigsten nachtheilig sind, auch die Wasserdichtigkeit sich bei ihnen am vollständigsten erreichen läßt. Dazu kommt noch, daß in Gebirgsgegenden das zur Ausführung der Mauer erforderliche Steinmaterial meist leichter beschafft werden kann, als Erde, die für eine wasserdichte Damm-schüttung tauglich wäre. Nichts desto weniger erfordert auch die Anordnung und Ausführung einer solchen Mauer grosse Vorsicht, besonders wenn sie eine bedeutende Höhe erhält, und das Wasser beinahe eben so hoch davor angestaut werden soll. Man hat es in diesem Fall mit Druckhöhen zu thun, die in einzelnen Fällen sich bis 150 Fufs steigern.

Jedenfalls muß die Mauer hinreichende Stabilität haben, um dem Druck des Wassers widerstehn zu können. Letzterer ist aber bedeutender, als derjenige, den eben so hohe Erdschüttungen ausüben. Die Mauer muß also stärkere Dimensionen, als eine gewöhnliche Futtermauer erhalten.

Bei großer Höhe der Mauer muß schon mit Rücksicht auf die rückwirkende Festigkeit des Materials, ganz unabhängig vom Seitendruck, eine bedeutende Verbreitung des Profils von oben

nach unten eintreten. Es ist bekannt, daß in dieser Beziehung die Seiten des Profils nach logarithmischen Linien gekrümmt sein müssen*). Wird aber dabei noch der Seitendruck betrachtet, so ergibt sich, daß die thalwärts gekehrte Seite gegen den Fuß der Mauer noch weiter vortreten muß. Für jeden speciellen Fall ist daher die passendste Form zu ermitteln. Delocre hat hierüber sehr eingehende Untersuchungen angestellt**), und Graeff theilt eine große Anzahl Profile mit, die in solchem Falle in Frankreich gewählt sind***).

Die zweite Bedingung, nämlich die der Wasserdichtigkeit, veranlaßt gemeinlich, daß man die Stärke noch mehr vergrößert, um die Bildung feiner Wasseradern zu verhindern. Aus beiden Gründen rechtfertigt es sich, die Mauern nicht lothrecht aufzuführen, sondern sie wenigstens an einer Seite zu böschen, oder durch Anbringung von Banketen ihre Stärke von oben nach unten wachsen zu lassen. In manchen Fällen hat man ihre obere Breite dem dritten Theil der Höhe gleich, und die untere beinahe doppelt so groß, als die obere gemacht. Die Bankete legt man zuweilen auf die dem Reservoir zugekehrte, oder auf die innere Seite der Mauer, und giebt der äußern nur eine mäßige Neigung gegen das Loth. Diese Anordnung rechtfertigt sich dadurch, daß auf derjenigen Mauerfläche, welche der Witterung stets ausgesetzt bleibt, der Regen sich nicht ansammelt, vielmehr möglichst schnell davon abfließt. Die Stabilität der Mauer würde freilich bei gleicher Profilfläche noch größer sein, wenn die dem Wasser abgekehrte Seite flacher gehalten wäre. Man vertheidigt die beschriebene Anordnung der Mauer noch dadurch, daß man meint, ihre Stabilität werde durch den lothrechten Druck des Wassers gegen die Bankete noch vergrößert. Diese Ansicht ist indessen wohl nicht richtig, man muß vielmehr annehmen, daß die Feuchtigkeit in der Mauer unter demselben Druck wie das äußere Wasser sich befindet, und sonach den abwärts gekehrten Druck des letztern, durch einen eben so großen aufwärts gekehrten, aufhebt. Die feinste Fuge, welche zufällig in der Mauer sich bildet, würde wenigstens die Wir-

*) Ueber Form und Stärke gewölbter Bogen und Kuppeln von G. Hagen. Berlin 1874. § 13.

**) *Annales des ponts et chaussées*. 1866. II. pag. 212.

***) *Annales des ponts et chaussées*. 1866. II. pag. 184.

kung jenes Drucks sogleich vernichten. Endlich gilt für die Bestimmung des Profils auch in diesem Fall die Regel, daß jeder einzelne Theil der Mauer an sich die nöthige Stabilität haben muß, und daß sonach die Anbringung von Strebepfeilern entbehrlich ist, die freilich bei Mauern dieser Art nicht selten vorkommen.

Hierbei entsteht noch die Frage, ob man die Mauern in gerader Richtung durch das Thal führen, oder ob man ihnen die Form eines horizontalen Bogens geben soll, dessen convexe Seite dem Reservoir zugekehrt ist. Der Grund, welcher eine ähnliche Form für Wehre in einem Fluß empfahl, nämlich die Ablenkung des darüber fließenden Wassers von den Ufern (§ 43), fällt hier fort. Man könnte bei einer solchen Anordnung im vorliegenden Fall nur die Absicht haben, das Ueberweichen oder das Verschieben der Mauer zu verhindern, indem man sie gegen die Seitenwände des Thals, wie einen Bogen gegen feste Widerlager stützt. Wenn letztere aus festem, gewachsenem Gestein bestehn, auch sich so steil erheben, daß ein Zurückdrängen des Bogens nicht zu besorgen ist, so möchte zwar der Widerstand gegen den Wasserdruck sich vergrößern, doch müßte man immer die Mauer so stark machen, als dieses die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit fordert, auch müßten die Steine in den Stosfugen zu diesem Zweck so scharf schließend versetzt werden, daß der Seitendruck in die Längsrichtung des Bogens übergeht. Es liegt indessen kein Grund vor, weshalb man von diesem Mittel zur Verstärkung der Mauern nicht Gebrauch machen sollte, wenn die localen Verhältnisse es gestatten. Die Verlängerung der Mauer und die hieraus entspringende Vergrößerung ihrer Masse ist bei flachem Bogen höchst unbedeutend.

Eigenthümlich war die Bewegung, welche die Mauer des Bassins Grosbois am Canal de Bourgogne machte. Als man nämlich das Bassin zum ersten Mal füllte, zeigten sich Risse in der Mauer, und zwar trennte sich der mittlere Theil derselben, der auf der Thallsohle stand, von den beiden Enden. Dieser gelöste Theil hatte eine Länge von etwa 600 Fufs und war 65 Fufs hoch. Die Risse zeigten sich indessen nur in dem untern Theil, indem die Mauer elastisch genug war, um sich oben zu krümmen, ohne zu brechen. Die Pfeilhöhe der Krümmung betrug über 2 Zoll. Sobald das Wasser abgelassen war, fand man die Mauer ziemlich nahe in ihrer frühern Stellung, und man überzeugte sich bald, daß sie

schon merklich überwich, wenn das Bassin etwa zur Hälfte gefüllt war. Die Ursache dieser Erscheinung ist ohne Zweifel in der losen Beschaffenheit des Untergrundes zu suchen, der die große darauf ruhende Last nicht so sicher trägt, daß dieselbe noch im Gleichgewicht bleibt, sobald das davor angesammelte Wasser die Stärke und Richtung des Drucks wesentlich verändert.

Die Fundirung einer solchen Mauer, wie hoch sie auch sein mag, erleichtert sich sehr, sobald man in mäßiger Tiefe unter der Thalsohle gewachsenen Felsboden antrifft. Es sind jedoch auch in diesem Fall die Vorsichtsmaafsregeln zu beobachten, auf welche bereits früher (Theil I § 32) aufmerksam gemacht ist, und es kommt hier nicht nur darauf an, die Mauer vor einem möglichen Herabgleiten auf dem schrägen Felsboden zu sichern, sondern man muß auch das Mauerwerk in eine innige Verbindung mit dem Untergrunde treten lassen, damit sich nicht Wasseradern zwischen beiden hindurchziehn. Man erreicht dieses am leichtesten, wenn man die Verbindung nicht in einer regelmässigen Fläche, oder in einer Ebene darstellt, vielmehr vortretende Schwellen darin bildet, welche die Wasseradern unterbrechen. Hierzu dienen besonders Heerdmauern, die einige Fufs tief in den Felsboden eingreifen, und mit der eigentlichen Mauer in inniger Verbindung stehn. Dasselbe Verfahren findet auch gewöhnlich Anwendung, wenn das Fundament nicht den Felsboden berührt, vielmehr, wie in solchen Thälern häufig geschieht, nur in groben Kies herabreicht. Große Vorsicht ist alsdann nöthig, um das Durchdringen der Quellen unter der Mauer zu verhindern, oder wenigstens so zu mässigen, daß der Wasserverlust nur unbedeutend bleibt. Die Anwendung von Spundwänden verbietet sich alsdann, und man kann die Dichtung des Untergrundes nur dadurch bewirken, daß man wieder Heerdmauern recht tief einschneiden läßt, auch wohl der Sicherheit wegen mehrere derselben hinter einander legt. Sind die Gräben, die zu diesem Zweck ausgehoben werden, ganz trocken (was meist ein übles Zeichen in Betreff der Wasserdichtigkeit des Untergrundes wäre), so ist die Aufführung eines regelmässig geschichteten Mauerwerks mit vollen Mörtelfugen vorzuziehn. Wenn dagegen die Gräben mit Grundwasser gefüllt bleiben, und nur durch Baggern bis zur beabsichtigten Tiefe ausgehoben werden können, so ist es vortheilhafter, sie mit Béton zu füllen, als sie durch Schöpfmaschinen trocken zu

legen, weil in diesem Fall das Grundwasser aus der Tiefe hervorkommt und die Thontheilchen fortspülen würde, die sich um den Kies abgelagert und denselben gedichtet haben.

In Betreff der Ausführung der eigentlichen Mauer hat man nicht nur deren Festigkeit und Dauerhaftigkeit, sondern auch die Wasserdichtigkeit zu beachten. Man muß daher festes und lagerhaftes Steinmaterial, und dieses in gleichmäßigen Schichten in der ganzen Stärke der Mauer verwenden, so daß nicht etwa die Lagerfugen und die Mörtelmassen im Innern viel stärker, als in den äussern Flächen sind. Ueberhaupt müssen wieder alle Vorsichtsmaafsregeln beachtet werden, von denen bei Gelegenheit der Futtermauern (§ 4) und der Schleusenmauern (§ 64) die Rede war.

Es mag hier noch des eigenthümlichen Verfahrens Erwähnung geschehn, das man bei der Abschlußmauer des Bassins von Lampy anwendete, um dieselbe wasserdicht zu machen. Dieses Bassin speist den Canal du Midi und faßt 120 Millionen Cubikfufs. Die Mauer ist nahe 400 Fufs lang und in der tiefsten Einsenkung des Thals 50 Fufs hoch. Gleich bei der ersten Füllung des Bassins bemerkte man eine starke Filtration, und zwar durch die Mauer selbst. Um derselben Einhalt zu thun, schüttete man unmittelbar vor der Mauer grosse Massen gelöschten und in Staub zerfallenen Kalkes in das Wasser. Derselbe folgte den feinen Wasseradern und überdeckte die innere Mauerfläche, die sich weifs färbte und zugleich so dicht wurde, daß die Filtration ganz aufhörte*).

Um die Anordnung solcher Bauwerke an Beispielen zu erläutern, erwähne ich zuerst die vor dem Reservoir Settons an der Yonne ausgeführte Abschlußmauer, die 1858 fertig gestellt wurde**). Das Bassin Settons dient vorzugsweise zur Speisung der Yonne und liefert das zur Erhaltung der Schifffahrt nöthige Wasser.

Die Mauer, aus Granit erbaut, ist im Ganzen 750 Fufs lang und über der tiefsten Einsenkung des Thals 64 Fufs hoch. Ihre Stärke mißt in der Krone 13,6 und unten 70 Fufs. In der Thalseite steigt sie nahe senkrecht auf, während die dem Bassin zugekehrte Seite im Verhältniß von 10:3 geneigt ist. Sie führt in

*) Woltman, Beiträge zur Baukunst schiffbarer Canäle. Seite 58.

***) Förster's allgemeine Bauzeitung 1866. Seite 379.

gerader Richtung quer durch das Thal, und ist thalabwärts mit wenig vorspringenden Pfeilern versehen, die sie indessen nicht sowohl stützen, als nur die Einförmigkeit ihres Ansehns unterbrechen sollen.

Die Schiffahrt auf der Yonne wird periodisch in sogenannten Schleusungen (§ 57) ausgeübt, deren jede 48 Millionen Cubikfufs Wasser fordert, wovon jedoch das Bassin nur den dritten Theil liefern darf.

Zum Ablassen des Wassers sind drei Gruppen von Oeffnungen in verschiedenen Höhen und abwechselnd auf einer und der andern Thalseite eingerichtet, die dem jedesmaligen Wasserstande entsprechend benutzt werden. Das hindurchtretende Wasser wird in eben so vielen besondern Canälen längs der Ufer herabgeführt. Jede Gruppe hat fünf Oeffnungen 3,2 Fufs hoch und 2,2 Fufs weit. Die eichenen Schütze, die sie schliessen, werden von der Krone aus mittelst transportabler Winden gezogen. Ausserdem befindet sich zur Seite noch ein 11,8 Fufs breiter Ueberfall, der in Wirksamkeit tritt, sobald das Reservoir gefüllt ist.

Grossartiger ist die 1862 bis 1866 erbaute Abschlussmauer durch den sogenannten Höllenschlund des Furens-Baches*). Letzterer schwoll sowohl beim Schmelzen des Schnees, wie auch bei starken Gewitterregen so hoch an, dafs die Umgebungen von St. Etienne und die Stadt selbst dabei vielfach grossen Schaden erlitten. Es wurde daher das Thal abgeschlossen, und in dem so gebildeten Bassin, das 58 Millionen Cubikfufs Wasser aufnehmen konnte und alsdann etwa 4 Morgen in der Oberfläche umfasste, sollte die Fluth aufgefangen, und später daraus nach und nach abgelassen werden.

Die Mauer, wieder aus Granit-Bruchsteinen sehr sorgfältig ausgeführt, ist 318 Fufs lang und staut in der tiefsten Einsenkung des Thals das Wasser 160 Fufs vor sich auf. Sie ist nicht in gerader Richtung, vielmehr im Bogen, dessen Krümmungsradius 800 Fufs misst, durch das Thal geführt. Sie erhebt sich noch 6 Fufs über den bezeichneten höchsten Wasserstand und bildet hier zwischen zwei Brustmauern einen Fahrweg. Dieser obere Theil der

*) Röder „die Loire und ihre Wasserverhältnisse“ in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. Seite 396, auch Gräff „barrage du gouffre de l'enfer sur le Furens.“ *Annales des ponts et chaussées.* 1866. pag. 184.

Mauer ist 16 Fufs hoch und nur 10 Fufs stark. Darunter verstärkt sich die Mauer plötzlich bis auf 21,5 Fufs, und von hier ab wird ihr Profil auf beiden Seiten durch Curven begrenzt, die den Presungen entsprechend nach dem Fusse hin stets flachere Neigungen annehmen. 134 Fufs tiefer hat die Stärke der Mauer auf der See-seite um 22 Fufs und auf der Thalseite um 86 Fufs zugenommen, so dafs hier das Profil 130 Fufs breit wird, während jene Curven sich oben tangential der Lothlinie anschliessen. Die Mauer ruht endlich auf einem mit doppelten Banketen versehenen Fundament.

Zum Ablassen des Wassers dienen zwei in überwölbten Canälen liegende eiserne Röhren, deren lichte Weite 18 Zoll misst, und die man von der Krone des Dammes aus durch Klappenventile schliessen kann. Die Drehungsachsen der letztern befinden sich in der Richtung ihrer Durchmesser, woher der darauf wirkende Wasserdruck die Bewegung nicht hindert. Zur Abführung des noch zufließenden Wassers, nachdem das Bassin bis zur normalen Höhe bereits gefüllt ist, hat man zur Seite einen $4\frac{1}{2}$ Fufs breiten und 6 Fufs hohen Tunnel durch die Felswand gesprengt.

Eine andre Art, die Thäler abzuschliessen, besteht darin, dafs man Erddämme hindurchschüttet. Dieses Verfahren hat häufiger, als das erste, Anwendung gefunden, gemeinhin ist es auch das wohlfeilere, namentlich wenn die Thäler nicht von nackten Felswänden eingeschlossen, vielmehr ihre Seitenabhänge mit fruchtbarer Erde bedeckt sind, und solche auch den Thalgrund bildet. Indem der Boden in diesem Fall nicht hinreichend fest ist, um hohe und schwere Mauern mit Sicherheit zu tragen, die Ausführung eines Pfahlrostes aber grofse Kosten verursachen, und dennoch kaum jede Besorgnis in Bezug auf die Wasserdichtigkeit des Untergrundes beseitigt würde, so empfiehlt sich auch in dieser Beziehung eine Dammschüttung, deren Wasserdichtigkeit nicht aufgehoben wird, wenn sie auch merklich und selbst ungleichmäfsig sich setzen sollte. Indem der Damm schon mit Rücksicht auf seine Stabilität flacher Dossirungen auf beiden Seiten bedarf, so wird auch das Durchdringen des Wassers in der Nähe seines Fusses sehr erschwert, und selbst in dem Untergrund finden die Adern weniger leicht den Durchgang, da der Weg, den sie hier zurücklegen müssen, sehr lang ist.

Das Profil des Erddammes, sehr ähnlich dem eines Deiches,

wird von der Krone und den Seiten-Dossirungen begrenzt. Die Krone muß nach Maafsgabe der Tiefe und der Ausdehnung des Speisebassins 3 bis 5 Fufs, auch wohl noch höher über dem höchsten Wasserspiegel gehalten werden, weil bei Stürmen wegen der großen Tiefe heftige Wellenbewegungen eintreten. Auf den Reservoirs des Canals du Centre will man Wellen von 6 und sogar von 10 Fufs Höhe bemerkt haben. Dieser Umstand macht die Abpflasterung der Krone und der innern Dossirung nothwendig, nichts desto weniger muß die Krone auch eine bedeutende Breite erhalten, die man gemeinhin zu 18 Fufs annimmt, unter ungünstigen Umständen aber noch größer macht. Obwohl die innere Dossirung, die dem Bassin zugekehrt ist, durch ein Steinpflaster oder durch ein Perré gesichert wird, so darf man sie dennoch nicht zu steil halten. Dieses ist um so weniger zulässig, als der Wasserstand grossen Veränderungen unterworfen ist, wodurch beim Ablassen des Wassers die durchnässte Erde den Gegendruck verliert, und alsdann, ohnerachtet der Befestigung ihrer Oberfläche, durch diese hindurch ausgespült wird. Hiernach darf man keine steilere Böschung, als mit $1\frac{1}{2}$ facher Anlage wählen, und im Allgemeinen empfiehlt es sich gewiß, sie noch flacher zu halten. In England ist die zweifache Anlage üblich, und dieselbe wird meist auch auf der äußern, oder der dem Canal zugekehrten Seite angenommen, wiewohl die Veranlassung zu Beschädigungen hier minder bedeutend ist.

Zu diesen Dämmen eignet sich am besten eine gewöhnliche leichte Erde, das heißt diejenige Mischung von Thon und Sand, die auch für den Getreidebau sich besonders eignet. Der reine Thon, obwohl er bei compacter Ablagerung die Bildung von Quellen am sichersten verhindert, hat eines Theils den Nachtheil, daß er in der Dürre stark reißt, und sodann ist er auch zu fest, um nachzusinken, falls Höhlungen darin entstehn sollten. Indem diese Dämme wegen ihrer großen Höhe und freien Lage im Sommer austrocknen, während beim Verbrauch des angesammelten Wassers endlich nur noch ihr Fufs benetzt wird, und selbst alles Wasser zuweilen abfließt, so erfolgt das Reißen und Zerklüften des Thons, wenn die Dämme aus solchem bestehn, in höchst nachtheiliger Weise.

Dagegen ist der reine Sand, obwohl einzelne starke Quellen

sich darin nicht bilden können, dennoch zu diesem Zweck nicht brauchbar, weil das Wasser zu leicht hindurchsickert.

Ein Gemenge von Thon und Sand ist daher am meisten zu empfehlen, wie dieses auch aus etwas andern Gründen zur Darstellung von Fangedämmen als besonders geeignet bezeichnet wurde (Theil I. § 43). Man findet solche Erde sehr häufig, und wenn sie nicht in hinreichender Menge vorkommen sollte, um den ganzen Damm daraus zu schütten, so muß sie wenigstens an gewissen Theilen desselben und namentlich in der Mitte verwendet werden, um in der ganzen Höhe einen sichern und wasserdichten Schluß darzustellen.

Die Erde darf nicht in grossen Massen lose aufgeschüttet, muß vielmehr möglichst fest gelagert werden, damit keine hohlen Räume dazwischen bleiben, auch kein starkes Setzen des Dammes eintritt, das sich freilich niemals ganz verhindern läßt. Außerdem ist noch besondere Vorsicht darauf zu verwenden, daß die Erdmasse sich innig verbindet, und nicht etwa verschiedenartige Schichten über einander liegen, die unter sich scharf getrennt, leicht ein Durchdringen der Wasseradern gestatten.

Zu diesem Zweck müssen zunächst alle fremdartigen Körper aus dem Damm ferngehalten werden. Man darf nur reine Erde verwenden, wogegen Rasen, Torf, Holz, Zweige u. dgl. sorgfältig beseitigt werden müssen. Hierzu gehört auch, dass man den Damm nicht auf den Rasen schütten, sondern letztern vielmehr zuvor abstechen und fortschaffen muß. Die Erde wird in dünnen Lagen aufgebracht, die äußersten Falls nur etwa 6 Zoll stark sein dürfen, und gemeinhin noch schwächer sind. Dabei entsteht die Frage, ob diese Schichten horizontal gehalten, oder in welcher Richtung sie geneigt werden sollen. Man nimmt an, daß sie sich unter einander nicht so innig verbinden, als die Erdtheilchen in den einzelnen Lagen, woher die Besorgniß entsteht, daß Quellen zwischen je zwei Lagen sich hindurchziehn möchten. Außerdem meint man auch, daß Abrutschungen der Dossirungen aus demselben Grunde vorzugsweise auf den nach der Richtung des Thals geneigten Lagen erfolgen. Hiernach besorgt man bei horizontalen Lagen die Bildung von Quellen, und bei geneigten Lagen das Abrutschen in einer oder der andern Richtung. Man hat deshalb vielfach und namentlich in England eine Schüttung in gekrümmten

Lagen, und zwar so, dafs die concave Seite aufwärts gekehrt ist, gewählt, wie Fig. 374 auf Taf. LIV zeigt. Indessen dürfte die Besorgnifs einer mangelhaften Verbindung der einzelnen Lagen sich nicht rechtfertigen, wenn dieselben nicht stark sind und beim Feststampfen keine glatte Oberfläche erhalten. Findet letzteres statt, so bildet sich allerdings kein inniger Zusammenhang mit den folgenden Lagen.

Minard empfiehlt in der letzten Beziehung verschiedene Maafsregeln, die allerdings zweckmäfsig erscheinen. Dahin gehört zunächst der Gebrauch von Stampfen oder Handdrammen, deren untere Flächen oder Bahnen nicht glatt, sondern mit starken Unebenheiten versehen sind. Besonders wird solcher Stampfen erwähnt, die bei jedem Schläge ein vertieftes Kreuz in dem Boden bilden. Ein andres Verfahren bezieht sich darauf, dafs nach dem Abrammen einer jeden Lage eine schwere gusseiserne gereifte Walze darüber gerollt wird. Dieselbe mufs so bewegt werden, dafs die Furchen, die sie bildet, in die Längenrichtung des Damms treffen, also die Wasseradern sicher unterbrechen. Derselbe Erfolg wird aber auch herbeigeführt, wenn man, wie bei Deichanlagen oft geschieht, die Erde nicht auf untergelegten Bohlen ankarren, vielmehr ohne irgend eine Befestigung des Weges auf Wagen oder gröfsern Karren mit Pferden anfahren läfst. Der Transport kann dadurch freilich bedeutend erschwert und vertheuert werden, aber gerade dieses fortwährende Einschneiden der Räder und das tiefe Eintreten der Pferde in den frisch aufgeschütteten Boden verbindet die Schichten miteinander.

Eine andre Vorsichtsmaafsregel, die unbedingt beobachtet werden mufs, bezieht sich darauf, dafs man keine ganz trockne Erde verwenden darf, weil eine solche sich nicht befestigen und sich nicht stampfen läfst. Ein künstliches Anfeuchten durch Besprengen mit Wasser ist allerdings möglich, aber es vertheuert die Arbeit so sehr, dafs man es immer vorzieht, den Wiedereintritt der feuchten Witterung abzuwarten. Doch kommt es vor, dafs man bei grofser Hitze, um die Verbindung der folgenden mit einer bereits abgerammten Lage zu erleichtern, diese vor dem Aufbringen jener mit Wasser besprengt. Minard empfiehlt, hierzu nicht reines Wasser, sondern Kalkmilch zu verwenden, die eine noch innigere Verbindung veranlassen soll.

Die Höhe, zu der man den Damm aufführt, muß größer, als die beabsichtigte Kronenhöhe sein, weil aller Vorsicht unerachtet dennoch ein merkliches Setzen des Erdkörpers nie zu vermeiden ist. Es mag hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß dieses Setzen um so stärker ist, je mehr Thon die verwendete Erde enthält. Bei reinem Sande ist es sehr unbedeutend. Das Maafs des Setzens soll bei Gelegenheit der Erdarbeiten an Canälen näher angegeben werden, sowie auch die weitere Behandlung des Dammes, und namentlich die Darstellung regelmässiger Dossirungen und die Bekleidung derselben mit Rasen alsdann speciell beschrieben werden wird.

In England ist es üblich, diese Dämme noch durch einen Kern von besonders dicht abgelagertem Thon, oder eine Thonwand (*Puddle*) gegen die Filtration zu sichern. Diese Methode wird auch bei Canaldämmen gewöhnlich angewendet, woher ihre Beschreibung dort die passendere Stelle finden wird. Hier wäre nur zu bemerken, daß dem Thon oft große Massen Kies zugesetzt werden, wodurch er gegen das starke Schwinden und Reissen zur Zeit der Dürre geschützt wird. Die Figuren 369 und 372 zeigen zwei solche Abschlufs-Dämme, die beide im Innern die erwähnten Thonwände haben. Der erste ist an dem Birmingham-Warwick-Canal ausgeführt, und die Thonwand darin ist 6 Fufs stark, der letzte dagegen, dessen Höhe 25 Fufs beträgt, ist von Telford vor dem Rotten-Park-Reservoir erbaut, welches den Canal von Birmingham nach Staffordshire speist.

Der zuweilen eintretende starke Wellenschlag in den Speisebassins greift die demselben ausgesetzten Dossirungen der Abschlufs-dämme hart an, und um diese zu sichern, genügt es nicht, sie möglichst flach zu halten, sie müssen vielmehr mit Steindecken bekleidet werden. In manchen Fällen hat man zu diesem Zweck Steinschüttungen angewendet, aber durch die weiten Fugen derselben setzt sich der abwechselnd stärkere oder schwächere Druck des Wassers leicht bis zu der darunter liegenden feinen Erde fort, und spült diese heraus, worauf die Steinschüttung nachsinkt. Es ist daher besser, ein möglichst dicht schließendes Pflaster oder ein Perré anzuwenden. Dieses muß aber ein gröberes Material, also eine Schüttung von Kies oder Bauschutt, zur Unterlage haben, damit nicht etwa wieder die feinen Erdtheilchen durch die Fugen

hindurchdringen. Der Zweck der Steindecke ist, wie erwähnt, nur der, daß sie Schutz gegen die unmittelbare Einwirkung des Wellenschlages bieten soll. Dieser Wellenschlag tritt aber bei der verschiedenen Füllung des Bassins in allen verschiedenen Höhen ein, und sonach darf auch der Schutz nirgend fehlen, er muß sich vielmehr auf die ganze innere Böschung ausdehnen, und selbst auf die Krone, weil auch diese bei hohem Wasserstand von den überstürzenden Wellen getroffen wird.

Bei dem in der Nähe von Dublin erbauten sogenannten Bann-Reservoir hat man der, dem Wasser zugekehrten Dossirung des Erddammes eine $2\frac{1}{2}$ fache, und im untern Theil sogar eine dreifache Anlage gegeben. Der Damm ist 45 Fuß hoch. Das starke, aus hochkantigen Steinen gebildete Pflaster auf dieser Dossirung ruht auf einer 3 Fuß starken Kiesschüttung, und darunter befindet sich eine eben so starke Lage von trockenem, sorgfältig verpacktem und fest angerammtem Torf. Derselbe quillt beim Zutritt des Wassers, schließt alsdann sehr dicht die Fugen, und verhindert dadurch das Entstehn von Wasseradern, während er zugleich ein festes Unterlager für den Kies bildet. In der Mitte des Dammes befindet sich außerdem noch eine starke Thonwand.

Man hat in neuerer Zeit in Frankreich statt der sonst üblichen Steindecken von gleichmäßiger Stärke wiederholt ein System von niedrigen Mauern zur Sicherung der innern Böschungen solcher Dämme zur Ausführung gebracht. Es ist davon schon bei Gelegenheit der trocknen Mauern (§. 5) die Rede gewesen, und ein Profil dieser Mauern stellt Fig. 31 auf Taf. III dar. Bei den in Rede stehenden Abschlußdämmen werden dieselben jedoch der größern Sicherheit wegen meist in Mörtel ausgeführt, sie haben aber mit den trocknen Mauern die Eigenthümlichkeit gemein, daß sie auf der Erdschüttung ohne feste Fundirung aufstehn und am Setzen derselben Theil nehmen. Man darf deshalb von ihnen auch nicht erwarten, daß sie ihre Verbindung vollständig erhalten und nicht brechen sollten, aber wenn solche Trennungen und Brüche auch entstehn, so bleiben noch immer viel größere Massen mit einander verbunden, als wenn man einzelne Steine verwendet hätte. Die Decke bleibt daher, wenn sie auch zerbrochen ist, noch sicher gelagert und gewährt der darunter befindlichen Erde Schutz

gegen die Einwirkung des Wellenschlages. Diese Methode soll sich als sehr zweckmäfsig bewährt haben.

In gleicher Weise ist auch der in neuerer Zeit ausgeführte Abschlussdamm vor dem Reservoir Mittersheim geschützt.*) Dieses Reservoir dient zur Speisung des Saar-Canals. Der Damm besteht nur aus aufgeschütteter und sorgfältig angestampfter Erde. Seine Länge mißt 88 Ruthen, seine größte Höhe 28 Fufs und seine Kronenbreite 19 Fufs. Die thalseitige Dossirung hat im obern Theil $1\frac{1}{2}$ fache, im untern Theil nahe 2 fache Anlage und ist durch ein 6,5 Fufs breites Banket unterbrochen. Auf der Seite nach dem Reservoir befinden sich zwei Bankete von 9 Fufs Breite, die aber nicht horizontal liegen, sondern fünffache Anlage haben. Dieselben sind 1,5 Fufs hoch mit Steinsatz und Pflaster überdeckt. Die dazwischen und darunter liegenden Dossirungen sind im Verhältnifs von 4 zu 3 bis 3 zu 2 gegen den Horizont geneigt, indem sie abwärts immer steiler werden. Sie sind mit trocknen Mauern oder Perrées von 2 Fufs Stärke überdeckt, und diese stehn auf stark verbreiteten Fundamenten.

Man hat auch die beiden beschriebenen Methoden zur Darstellung der Abschlusswände vor Speisebassins mit einander verbunden, und die durchgehende hohe Mauer, welche den Rücken oder die Krone des Dammes bildet, zu beiden Seiten durch angeschüttete Erddossirungen verstärkt. Ob hierbei wirklich ein Vortheil erreicht wird, mufs dahingestellt bleiben, weil ein genauer Anschluß der Erdschüttung an das Mauerwerk doch nicht erwartet werden kann, und wenn solcher vielleicht auch ursprünglich stattfinden sollte, wird er beim Setzen der Erde aufgehoben. Jedenfalls ist die innere, oder die dem Bassin zugekehrte Erdböschung denselben Beschädigungen ausgesetzt, als wenn die Mauer nicht vorhanden wäre. Man mufs hiernach annehmen, dafs die Verbindung der beiden Constructionsarten keineswegs vortheilhaft ist; vielmehr jeder einzelnen nachsteht, und überdiß sehr kostspielig wird. Die Erfahrung hat diese Ansicht auch bestätigt.

Das Bassin St. Fériol, welches die Scheitelstrecke des Canals

*) Hirsch, *Note sur le réservoir de Mittersheim in den Annales des ponts et chaussées* 1869 I. pag. 218.

du Midi speist, wird durch einen Damm dieser Art geschlossen, Fig. 370 auf Taf. LIII zeigt in *a* den Querschnitt des Dammes, und in *b* den Grundriss des mittleren Theils desselben. Eine Mittelmauer von 100 Fufs Höhe bildet den Kern des Abschlussdammes, ihre ganze Länge beträgt 210 Ruthen. Im Abstände von 200 Fufs befindet sich an jeder Seite noch eine Mauer, gegen welche sich jedesmal der Fufs der anschließenden Erdböschung lehnt. Auf der im Reservoir liegenden Mauer ist ein Thurm *B* aufgeführt, in welchem man, sobald das Wasser hinreichend tief gesunken ist, zu dem überwölbten Canal und zu den Schützen herabsteigen kann, welche erstern schliessen. Die beiderseitigen Böschungen bestehen aus verschiedenen, und zum Theil aus solchem Material, welches sich zu diesem Zweck wenig eignet. Doch soll ursprünglich eine 6 Fufs starke Decke von zähem Thon auf die Dossirungen aufgebracht gewesen sein. Die innere Dossirung liegt, wie die Figur zeigt, sehr niedrig, und ist mit keiner Steindecke versehen. Die äussere Dossirung dagegen reicht bis zur vollen Höhe der Mauer herauf und ist in der Nähe der Krone gepflastert. Die Filtration ist in dem Damme übermäfsig stark, und schon früher hat man versucht, durch Verblendung der Mauer auf der Wasserseite derselben zu begegnen. Besonders heftige Adern dringen aber in den überwölbten Gang ein, der zu den Schützen führt, mittelst deren man das Bassin entleert. Ausserdem ist die Mittelmauer, wie Minard anführt, sehr stark übergewichen und ausgebaucht, wiewohl sie auf dem gewachsenen Felsboden aufstehn soll. Wenn das Bassin vollständig gefüllt ist, fafst es nach einer ältern Messung 224 Millionen Cubikfufs.

Sehr übereinstimmend mit diesem Damm ist auch derjenige angeordnet, der das Bassin Couson neben dem Canal Givors abschliesst. Man hat indessen hier manche wesentliche Verstärkungen und sonstige Sicherungs-Mafsregeln angewendet. Dahin gehört, dafs alle drei Mauern, und namentlich die mittlere, viel stärker gemacht sind, als am Bassin St. Fériel. Sie stellen auch in ihren Grundrissen flache Bogen dar, um vor einem Ueberweichen mehr gesichert zu sein. Die mittlere Mauer ist überdies mit einem Kern aus Béton von mehr als 6 Fufs Stärke versehen. Ob hierdurch eine gröfsere Sicherheit erreicht ist, mufs dahingestellt bleiben, da die Durchführung eines regelmäfsigen Mauerverbandes ohne Zweifel

theils eine grössere Festigkeit und theils auch dieselbe Wasserdichtigkeit, die der Béton gewährt, dargestellt haben würde. Die Höhe der Mittelmauer misst wieder sehr nahe 100 Fufs.

Zum Ableiten des Wassers aus den Reservoirs hat man früher überwölbte Galerien durch die Mauern, und selbst durch die Erddämme geführt, während man in neuerer Zeit hierzu häufig gusseiserne Röhren benutzt. Hierbei kommt indessen die Anordnung der Abflufs-Oeffnungen und die Art ihres Verschlusses wesentlich in Betracht. Wählt man eine einzige Abflufs-Oeffnung, so wird das Wasser, je nachdem das Bassin mehr oder weniger gefüllt ist, mit sehr verschiedener Geschwindigkeit ausströmen. Hierauf kommt es weniger an, doch mufs man dafür sorgen, dafs grofse Wassermassen dem Canal schnell zugeführt werden können, damit die Verluste in den Speisegräben nicht zu bedeutend werden. Der sichere Verschlufs grofser Oeffnungen ist aber unter starkem Druck sehr schwer, und sobald die Druckhöhe auch nur etwa 20 Fufs beträgt, wird man schon Bedenken tragen, gewöhnliche Schütze anzuwenden, nicht nur, weil sie schwer zu handhaben sind, sondern vorzugsweise, weil dabei irgend welche Zufälligkeiten oder Beschädigungen leicht eintreten können, die ein vollständiges Herablassen verhindern, während es in der grofsen Wassertiefe unmöglich wird, Reparaturen vorzunehmen, oder das Hindernifs zu beseitigen.

Aus diesen Gründen hat man ziemlich allgemein bei grofser Höhe des Abschlufsdammes mehrere Abflufs-Oeffnungen in verschiedenen Höhen angebracht, von denen jede einzelne nur bei denjenigen Wasserständen benutzt wird, die zwischen ihr und der nächst oberhalb befindlichen liegen. In dieser Weise ist das Speisebassin von Lampy mit vier Oeffnungen in der Mauer versehen, die abwechselnd auf der rechten und linken Thalseite sich befinden, und von denen eine immer 13 Fufs tiefer liegt, als die nächst folgende. Jede dieser Oeffnungen mündet in einen besondern Canal, der sich vom Ufer aus nach dem Speisegraben hinzieht, während die untre Oeffnung in der Höhe der Thalsohle diesem unmittelbar das Wasser zuführt. Auf der innern, oder der dem Reservoir zugekehrten Seite sind auf den verschiedenen Banketen Treppen von 4 Fufs Breite gebildet, auf denen man zu den Oeffnungen herabsteigen, auch wenn diese noch unter Wasser liegen,

zu den Schützen gelangen kann, um dieselben in Wirksamkeit zu setzen.

In ähnlicher Weise befinden sich in dem Damme vor dem Bassin St. Fériel zwei überwölbte Canäle zum Ablassen der obern Wasserschichten. Der eine liegt 6 Fufs und der andre 23 Fufs unter dem Spiegel des gefüllten Bassins. Sie münden wieder in zwei Gräben, die längs beiden Thalufeln herabgeführt sind. Ein dritter ähnlicher Graben nimmt dasjenige Wasser auf, welches dem Bassin noch zufließt, während es schon gefüllt ist. Zu diesem Zweck ist ein Ueberfall in geringer Tiefe unter der Krone des Dammes angebracht. Die beiden ersten Canäle werden durch Schütze geschlossen, die man vom Damme aus ziehn und herablassen kann. Die unter der zweiten Oeffnung noch befindliche Wassermenge, deren Tiefe 78 Fufs beträgt, wird nicht mehr durch Ziehn von Schützen abgelassen, sondern durch Röhren, in welchen Krahn angebracht sind.

In der bereits erwähnten Mauer des Bassins Grosbois befindet sich aufer der Oeffnung in der Mitte des Thals, die nur zum Ablassen des letzten Wassers dient, falls man das Bassin reinigen will, nur ein einziger überwölbter Canal, durch welchen alles zur Speisung des Schiffahrts-Canals dienende Wasser hindurch strömt, wie hoch oder niedrig auch der Wasserstand im Bassin sein mag. Diese Oeffnung ist aber nicht mit der Vorrichtung zum eigentlichen Abschluß versehen, auch steht sie nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Bassin. Sie führt vielmehr nur zu einem Thurm oder Brunnen von kreisförmigem Querschnitt, der sich auf der Wasserseite an die Mauer anschließt, und eben so hoch als diese ist. In der cylindrischen Mauerfläche des Thurms sind in gleichen Abständen vier Oeffnungen angebracht, die auswärts durch Schütze geschlossen, radial in den Thurm führen. Auf Treppen die in den äußern Banketen des Thurms angebracht sind, gelangt man zu den Stellen, von wo aus die Schütze bewegt werden können. Das Wasser, welches durch die verschiedenen Oeffnungen abfließt, wird sonach in dem gemeinschaftlichen Brunnen aufgefangen, und fließt durch den erwähnten Canal in den Speisegraben. Man erreicht hierdurch den Vortheil, daß man nur einen einzigen Graben anlegen durfte, doch soll der heftige Wassersturz auf die Sohle des Brunnens das Mauerwerk sehr angegriffen haben.

Die Schütze, welche zum Verschluss der Oeffnungen dienen, werden zuweilen durch Hebel, gemeinhin aber durch Schrauben in ähnlicher Weise, wie die Schütze in den Schleusenthoren und Umläufen gehoben, und zwar hat man vielfach die Anordnung in der Art getroffen, dass die am Schütz befestigte Eisenstange im obern Ende selbst die Schraubenspindel bildet, und die metallne Mutter auf einem festen Lager ruht und mittelst eines Hebels gedreht wird, der wie ein Schraubenschlüssel in sie eingreift.

Noch wäre hier zu erwähnen, dass die überwölbten Canäle, wenn sie in der Erdschüttung liegen, leicht an ihrer äufsern Fläche die Bildung von Wasseradern begünstigen, weil die Erde sich nicht vollständig an die Mauern anschliesst, und wenn dieses ursprünglich auch der Fall gewesen sein sollte, doch leicht eine Lösung hier eintreten kann. Man pflegt, um solche Trennung zu verhindern, den Canal mit einem festen Thonschlage zu umgeben, außerdem aber, wie auch wohl immer geschehn ist, einzelne vortretende Pfeiler an den Seiten aufzuführen, und diese mit Gurtbogen, die das Gewölbe umspannen, unter sich zu verbinden. Dadurch erreicht man den Vortheil, dass die Erde oder der Thon sich besser anschliesst, und wenn dennoch neben der Mauer eine Trennung erfolgen sollte, die Adern wenigstens nicht in gerader Richtung sich hindurchziehen, vielmehr unterbrochen werden.

An beiden Stirnflächen der Canäle befinden sich stets senkrechte Mauern, die theils als Flügel dienen, wogegen die Erdböschungen sich lehnen, theils aber auf der Wasserseite häufig mit Falzen versehen sind, in welchen Schütze sich bewegen. Für die gehörige Fundirung dieser Canäle kann immer gesorgt werden, indem sie entweder in der Thalsole, oder am Rande der Erdschüttung liegen, so dass sie nie von der letztern, vielmehr immer vom gewachsenen Boden getragen werden.

Was die Ableitung des Wassers durch Röhren betrifft, so mag zunächst die Vorrichtung beschrieben werden, wodurch man das Bassin St. Fériel entleert, nachdem der Wasserspiegel darin bis zur zweiten Schützöffnung gesunken ist. Die Röhren befinden sich nur in der Mittelmauer, wie Fig. 370 zeigt, und das Wasser tritt an dieselben durch einen überwölbten Canal *C*, sowie es auch durch einen solchen *D* nach dem Thale abfließt. In der Mauer liegen drei gusseiserne Röhren bei *A* neben einander in

gleicher Höhe, und zwar 6 Fufs über dem kleinen Canal, den die Figur im Fufs der Mauer zeigt. Letzterer dient nur zum Ablassen des Rückstandes aus dem Bassin, und zugleich zum Abführen des Schlammes, der sich auf dem Boden niedergeschlagen hat. Hinter den bereits erwähnten Treppenthürmen *B* hat das Wasser freien Zutritt zu dem Canal *C*, doch fließt es nicht in der Höhe der Sohle des Bassins in denselben hinein, sondern etwa 6 Fufs darüber. Dieses geschieht, um die Ablagerung der Schlammes nicht in Bewegung zu setzen, so lange der Schiffahrts-Canal noch gespeist wird. Der Canal *D* unter der äufsern Böschung, der das Wasser von den Röhren nach dem Speisegraben führt, ist, wie der Grundriß Fig. 370*b* zeigt, nicht in gerader Richtung gezogen, folgt vielmehr dem frühern natürlichen Lauf des Baches in einer starken Krümmung. Ueber diesem Canal befindet sich ein überwölbter Gang *E*, durch welchen man nach einer Treppe gelangt, die neben den Ausfluß-Oeffnungen der Röhren endigt.

Die Röhren sind 9 Zoll weit, doch bilden ihre Querschnitte nicht Kreise, sondern Ellipsen, deren lange Achsen aufrecht gekehrt sind. Woltman sagt, man habe diese Form gewählt, um eine mehr gesicherte Verbindung mit der Mauer darzustellen. Jede Röhre ist vor der Ausfluß-Oeffnung mit einem Hahn versehen, der, von unten durchbohrt, dem hindurchströmenden Wasser die lothrechte Richtung giebt, damit es unmittelbar in den darunter befindlichen Abzugs-Canal stürzt. Am obern Zapfen jedes Hahns befindet sich ein gezahntes Rad von 2 Fufs Durchmesser, und dieses wird mittelst zweifacher Vorgelege und einer Kurbel bewegt. Die Bewegung soll selbst unter starkem Druck sehr leicht erfolgen. Die Hähne mußten aber noch gegen das Ausheben gesichert werden, und zu diesem Zweck werden sie durch starke Schrauben, die von oben auf ihre Achsen pressen niedergedrückt. Die Ausströmung des Wassers soll, wenn das Bassin noch in bedeutender Höhe gefüllt ist, mit übermäßiger Heftigkeit erfolgen, so daß das Mauerwerk erzittert und ein starker Luftstrom entsteht, indem der Strahl die umgebende Luft gewaltsam mit sich reißt.

Mittelst der Hähne kann das Bassin beinahe ganz entleert werden. Will man aber den letzten Rückstand ablassen, so fährt man mit einem Kahn nach dem Thurme *B*, und geht von diesem durch den überwölbten Gang *G*, das Höllengewölbe genannt, bis

zu der Mittelmauer. Man steigt von derselben die Treppe herab, und zieht das Schütz *H*, welches bisher den kleinen Canal unter den Röhren sperrte. Wenn man alsdann noch das äufsere Schütz bei *F* öffnet, so stürzt das Wasser in diesen Canal und führt zugleich die Schlammassen mit sich, die im Bassin niedergeschlagen waren. Dieses Wasser wird nicht in den Speisegraben, sondern nachdem derselbe abgeschlossen ist, in das natürliche Bette des Baches geleitet. Das Bassin wird dadurch vollständig entleert und man kann alsdann die erforderlichen Räumungen und Instandsetzungen vornehmen. Man hat dieses Bassin mit dem von Lampy verbunden, so dafs Beide durch denselben Bach gefüllt werden, je nachdem man ihn in das eine oder das andre leitet.

In den ältern Englischen Canälen kommen Anordnungen vor, die in Bezug auf die Röhrenleitung der eben beschriebenen sehr ähnlich sind. Fig. 368 zeigt eine solche, die zum Ablassen des Wassers aus dem Speisebassin in den Birmingham-Warwick-Canal dient. Der Damm besteht aus einer Erdschüttung, die durch eine Thonwand (*Puddle*) in der Mitte gedichtet ist. Unter beiden Dossirungen befinden sich überwölbte Canäle, von denen der äufsere 2 Fufs über der Sohle mit einer hölzernen Laufbrücke versehen ist, auf welcher man zu dem Hahn am Ende der Röhre gelangt. Die lichte Höhe des Gewölbes über dieser Brücke misst 4 Fufs, so dafs man ohne grofse Unbequemlichkeit hineingehn kann. Die Röhre besteht aus Gußeisen und ist mit einer abwärts gekehrten Ausmündung versehen, welche durch einen gewöhnlichen Hahn geschlossen und geöffnet wird. Ihre Länge beträgt 21 Fufs.

Aufser dieser verschließbaren Ausflufs-Mündung ist noch ein anderer überwölbter Canal durch den Damm gezogen, und mit einem Brunnen von denselben Dimensionen und derselben Einrichtung, wie Fig. 369 zeigt, in Verbindung gesetzt. Dieser Brunnen steht nicht auf der Sohle des Thals, sondern seitwärts auf dem Fufs der Thalwand. Seine Sohle, die durch ein 3 Fufs starkes Fundament gesichert ist, liegt 5 Fufs höher, als die Sohle des überwölbten Canals, der zu der Röhrenleitung führt. In geringer Höhe über derselben mündet seitwärts ein cylindrischer Canal von $2\frac{1}{2}$ Fufs lichter Weite, der durch den Damm geführt ist, und am Fufs desselben in einem Graben endet, der das hier austretende Wasser nach dem natürlichen Bette des Baches leitet.

Der Brunnen, 9 Fufs weit und in den Seitenmauern $1\frac{1}{2}$ Fufs stark, erreicht nicht die Kronenhöhe des Dammes, sondern bleibt 2 Fufs darunter. Er ist oben mit einer ringförmigen Schicht fester Werksteine überdeckt, die durch einen Fugenschnitt, ähnlich dem in Fig. 14 auf Taf. II dargestellten, in einander greifen. Darüber befindet sich ein eisernes Gitter, um gröfsere Körper, die den Abzugs-Canal sperren könnten, von demselben abzuhalten. Der Zweck dieser Anlage ist nur, das Eintreten eines zu hohen Wasserstandes im Bassin zu verhindern. Sobald nämlich der Wasserstand hier seine normale Höhe erreicht hat, so befindet er sich im Niveau des obern Randes des Brunnens, und wenn noch mehr Wasser hinzufliest, so stürzt dieses hinein. Er versieht also die Stelle der sonst üblichen Ueberfälle in der Krone der Dämme und Abschlussmauern.

In neuerer Zeit hat man statt der Hähne, die bei grofser Weite der Röhren theils schwer zu bewegen sind, theils auch nicht dicht zu schliessen pflegen, in gleicher Art, wie bei gewöhnlichen Wasserleitungen Schiebeventile (Theil I § 22) eingeführt. Unter Andern ist dieses auch geschehn bei dem von Telford erbauten Speisebassin für den Birmingham-Warwick-Canal. Den Querschnitt des daselbst befindlichen Abschlussdammes nebst der Röhrenleitung zeigt Fig. 372. Der Damm in der Mitte, mit einer starken Thonwand versehen, wird durch keine überwölbten Canäle und Galerien unterbrochen, vielmehr erstreckt sich nur eine gewöhnliche gusseiserne Röhrenleitung von dem Fufs der einen Dossirung bis zu dem der andern. An der Ausmündung der Röhrenleitung, deren lichte Weite $1\frac{1}{2}$ Fufs misst, befindet sich das Schiebeventil. Um dasselbe indessen zu unterstützen, oder es in Stand setzen zu können, wenn es schadhaf geworden sein sollte, befindet sich auf der andern Seite, nämlich in der Einmündung, also im Bassin, noch ein zweiter Verschluss. Dieser ist Fig. 373 *a* und *b* in gröfserm Maafsstabe, und zwar in der Seitenansicht und zum Theil noch in der Ansicht von oben besonders dargestellt. Die Röhre ist nämlich aufwärts gekrümmt, und in der Stirnfläche sorgfältig abgeschliffen, so dafs eine gusseiserne Scheibe sie genau verschliesst. Diese Scheibe dreht sich um eine horizontale Achse, die von der Röhre getragen wird, und ist mit zwei starken Armen versehen, die rückwärts von der Achse ausgehn, und woran die Ketten befestigt sind, die zum

Oeffnen und Schliessen dienen. Zu diesem Zweck sind sowohl über, als unter der Röhre je zwei Rollen angebracht, über welche die vier Ketten gezogen sind. Die beiden zusammengehörigen Ketten verbinden sich in geringem Abstände mittelst eines hebelförmigen Zwischengliedes in je eine, und diese beiden sind längs der Dossirung in gußeisernen Röhren auf die Krone des Dammes gezogen. Hier sind sie in entgegengesetzter Richtung an eine Walze befestigt, die durch eine Kurbel und doppeltes Vorgelege in Bewegung gesetzt wird. Je nachdem man also die Kurbel in der einen oder der andern Richtung dreht, wird die Klappe geöffnet oder geschlossen. Mit der kräftigen Winde ist es möglich, die Klappe selbst bei hohem Wasserdruck zu öffnen, wenn das Schiebeventil am andern Ende der Röhre auch nicht scharf schliessen sollte. Wenn der Abfluß erfolgen soll, so wird zuerst die Klappe gehoben, wenn man ihn unterbrechen will, zuerst das Schiebeventil niedergelassen, bevor die Umstellung beziehungsweise von diesem und jener erfolgt.

Endlich sind noch die heberförmigen Röhrenleitungen zu erwähnen. Eine solche ist an dem Bann-Reservoir angebracht. *) Fig. 374 auf Taf. LIV zeigt dieselbe. Sie liegt nicht unter dem Damm, sondern auf diesem, ist also mit Ausschluss des in das Bassin herabreichenden Schenkels überall zugänglich. Dieser Schenkel besteht aber nur aus der einfachen Röhrenleitung und ist mit keinen Maschinentheilen oder Vorrichtungen zum Schliessen versehen, woher auch keine Beschädigungen daran vorkommen können. Vor der Einmündung der Röhre befindet sich nur ein starkes eisernes Gitter, um das Eintreiben von größern Körpern zu verhindern. Die Leitung ist in gewöhnlicher Weise aus einzelnen Röhrenstücken zusammengesetzt, und kann an ihrer Ausmündung durch ein Schiebeventil geschlossen werden. Außerdem ist im Scheitel noch eine aufwärts gekehrte kleine Ansatzröhre angebracht, die theils dazu dient, den Heber in Thätigkeit zu setzen, theils auch, sobald es nöthig wird, durch Zulassen von Luft seine Thätigkeit zu unterbrechen.

Will man den Heber wirken lassen, während der Wasserstand

*) *Description of the Bann Reservoirs by Mallet, in Weale's Quaterly Papers, on Engineering. Vol. VI, Part. I.*

im Bassin niedriger ist, als in der Figur angegeben, und das Wasser den Heber noch nicht gefüllt hat, so öffnet man die Ansatzröhre und stellt eine Pumpe darauf. Wenn diese bewegt wird, nachdem das Schiebeventil geschlossen ist, so zieht sie die Luft aus der Leitung aus, und indem das Wasser unter dem Druck der Atmosphäre in den luftverdünnten Raum eindringt, so fließt es durch den obern Theil in den abwärts gekehrten Schenkel bis zum Schiebeventil und füllt diesen, sowie auch zuletzt die Scheitelstrecke der Röhre vollständig an. Dafs dieses geschehn, giebt sich dadurch zu erkennen, dafs aus der Pumpe nicht mehr Luft, sondern Wasser ausfließt. Alsdann schließt man die Ansatzröhre mit einem Hahn, und sobald man nun das Schiebeventil öffnet, so tritt der Heber in Wirksamkeit. Wenn keine Luft hineintritt, auch die Leitung vollständig gedichtet ist, so kann man allein durch das Schiebeventil die Strömung beliebig unterbrechen und später wieder eintreten lassen. Besorgt man dagegen, dafs das Bassin sich zu hoch anfüllen möchte, so setzt man den Heber durch Oeffnen der Ansatzröhre außer Thätigkeit und öffnet zugleich das Ventil. Sobald nun das Wasser bis gegen die Krone des Dammes ansteigt, also etwa den in der Figur gezeichneten Stand annimmt, so füllt es von selbst die Röhrenleitung und fließt durch dieselbe ab. Ein zu starkes Entleeren des Bassins ist aber alsdann nicht zu besorgen, weil die Leitung, so lange die Ansatzröhre geöffnet bleibt, nicht als Heber wirken kann, und die hinzutretende Luft die Strömung unterbricht, sobald der Scheitel der Leitung über Wasser tritt.

In dem bereits beschriebenen Erddamm vor dem Reservoir von Mittersheim hat man gleichfalls einen Heber angebracht, um die Ueberfüllung des Sammelbassins zu verhindern und um bei sehr heftiger Zuströmung zugleich einen stärkern Abfluß, als über ein Wehr zu veranlassen. Die Ableitung durch die Rigole nach dem Saar-Canal erfolgt in gewöhnlicher Weise durch Canäle im Damm, welche durch Schütze geschlossen werden. Dagegen befindet sich in der Mitte des Dammes eine Art von massivem Thurm, der noch über die Krone hinaufreicht, und in diesem liegen die erwähnten Heber.

Zwei derselben, jeder aus 27 Zoll weiten Röhren gebildet, liegen neben einander ohne in gegenseitiger Verbindung zu stehn.

Die Einfluß-Mündungen befinden sich etwa 10 Fuß unter dem zulässigen höchsten Wasserstande des Reservoirs und die Ausfluß-Mündungen nahe über der Thalsohle. Ihre Scheitel liegen in solcher Höhe, daß das Wasser im Bassin durch den Heber zu fließen beginnt, wenn es die normale Höhe erreicht. Mit den Scheiteln stehn noch verschließbare enge Röhren in Verbindung, mittelst deren man die Heber außer Thätigkeit setzen, oder bei hohem Wasserstande auch zur vollen Wirksamkeit bringen kann.*)

Es ist bisher nur von solchen Speisebassins die Rede gewesen, die durch den Abschluß tiefer Thäler gebildet werden. Man kann indessen, wie auch in der That geschieht, flache Sumpfigenden, oder kleinere Landseen als Bassins benutzen. Die erforderlichen Einrichtungen sind aber in diesem Fall, da ein starker Wasserdruck dabei nicht vorkommt, so einfach, daß sie keiner weitern Beschreibung bedürfen, vielmehr die früher beschriebenen Stauwerke und Archen nebst gewöhnlichen Schützen, hierzu genügen.

§. 86.

Erdarbeiten.

Wenn der Zug des Canals, sowie auch das Querprofil desselben mit Einschluß der beiderseitigen Leinpfade bestimmt ist, und überdies das Längenprofil und die nöthigen Querprofile auf dem Terrain gemessen wird, so folgt hieraus unmittelbar, wie hoch jede einzelne Stelle der Oberfläche durch Aufschüttung erhöht, oder durch Abgrabung gesenkt werden muß. Die Ausdehnung der Erdarbeiten ergibt sich also schon vollständig aus den frühern Ermittlungen. Hier soll zunächst von den Ausführungen in ziemlich ebenem Terrain die Rede sein, während später der schwierigere Fall behandelt wird, wobei tiefe Ausgrabungen oder hohe Anschüttungen vorkommen.

Wenn das Längenprofil des Canals sich ziemlich nahe dem Terrain anschließt, so pflegen bei den Erdarbeiten keine besondern Schwierigkeiten einzutreten. Die gehörige Anordnung der Arbeiten

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1869 I. pag. 228.

erfordert jedoch selbst in diesem Fall, daß man schon bei Aufstellung des Anschlags die nöthigen Erdtransporte in der Art vertheilt, daß die Ausgrabungen zweckmäßige Verwendung finden, und die Transportweiten möglichst klein bleiben, auch so weites geschehn kann die Auf- und Abträge sich ausgleichen. Die Transportkosten sind den Produkten aus den bewegten Massen in die Längen der Wege proportional, wobei freilich noch die stärkern Steigungen in den letzten berücksichtigt werden müssen, daher fällt die Aufgabe, um deren Lösung es sich hier handelt, in das Gebiet der Statik, und betrifft die Auffindung der Schwerpunkte. Der Französische Ingenieur Léon Lalanne legte der Pariser Academie im Jahr 1839 eine Wage vor, die, nach dem Princip einer Römischen Wage construiert, dazu diente, den Schwerpunkt großer Erdmassen, oder den Punkt zu finden, in welchem man deren ganzes Gewicht vereinigt denken konnte. Man hing nämlich an den einen Arm in verhältnißmäßigen Abständen von dem Drehpunkt Gewichte an, welche dem Flächeninhalt der einzelnen Profile entsprachen, und verschob auf dem andern Arm ein Gewicht, welches der Summe dieser Gewichte gleich war, so lange, bis das Gleichgewicht dargestellt war. Der Abstand dieses letzten Gewichts von der Drehungsachse gab alsdann die Lage des Schwerpunkts, oder desjenigen Punktes an, in welchem man die ganze Masse als vereinigt annehmen durfte. Es liege z. B. der Canal eine gewisse Strecke hindurch im Abtrage, das heißt in jedem einzelnen Querprofil sei der Abtrag größer, als der Auftrag, so daß hier die ausgegrabene Erde nicht vollständig verwendet wird, daher in eine andre möglichst nahe liegende Strecke verfahren werden muß, wo das Gegentheil stattfindet. Die Grenze, wo die Profile aus dem Abtrage in den Auftrag übergehn, nehme man als Anfangspunkt für die Entfernungen an, doch ist diese Annahme willkürlich, und man kann, ohne die Richtigkeit des Resultats zu beeinträchtigen, dafür auch jeden andern beliebigen Punkt wählen. Wenn man nun an den einen Arm in verhältnißmäßigen Abständen die entsprechenden Gewichte hängt, so findet man leicht durch Verschieben des Gegengewichts den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, oder den Abstand der mittlern Entfernung des fortzuschaffenden Abtrags von der Drehungsachse. Es muß dahin gestellt bleiben, ob dieses Verfahren vor der Berech-

nung des Schwerpunkts (wenn dieselbe innerhalb der gleichen Grenze der Genauigkeit gehalten wird) im Allgemeinen vorzuziehen ist, und leichter zum Resultat führt.

Hierbei wird vorausgesetzt, daß man die Flächeninhalte der einzelnen Profile bereits kennt. Früher ermittelte man dieselben durch Zerlegung in Dreiecke gegenwärtig wird wohl allgemein das Amslersche Planimeter angewendet, doch läßt sich die Arbeit noch erleichtern, wenn man für verschiedene Quergefälle die Inhalte berechnet und in einer Tabelle zusammenstellt. Auf große Genauigkeit kommt es bei dieser ganzen Operation indessen wenig an, da die Ausführung doch immer, schon mit Rücksicht auf die verschiedene Beschaffenheit des Bodens, manche Abweichungen zu zeigen pflegt. Die erwähnte Tabelle muß aber zwei Eingänge haben, nämlich einmal die Höhe der Canalsole über oder unter der Terrainhöhe in der Achse des Canals, und sodann die Neigung des Terrains in der Richtung des Querprofils. Nachdem das Querprofil des Canals bestimmt war, man also nicht nur seine Sohlenbreite, sondern auch seine Böschungen, die etwaigen Bankete, die Höhe und Breite der Leinpfade, die Neigung der anschließenden Dossirungen, auch die Profile der Seitengräben bei Berechnung der Tabelle schon berücksichtigt hat, so kann man bei gleichmäßigem Quergefälle, wenn man dieses, wie auch die Terrainhöhe kennt, die Auf- und Abträge in den einzelnen Profilen, und den Ueberschufs des Auftrags über den Abtrag oder umgekehrt, unmittelbar aus der Tabelle entnehmen.

Die Erdarbeiten werden so angeordnet, daß für gewisse Strecken eine Ausgleichung des Auf- und Abtrags eintritt. Wenn dieses aber nicht vollständig zu erreichen sein sollte, und man entweder den Ueberschufs des Abtrags zur Seite ablagern, oder den fehlenden Auftrag von der Seite entnehmen müßte, so bemüht man sich doch, jene Ausgleichung, soweit dieses ohne zu ausgedehnte Transporte geschehn kann, eintreten zu lassen. Daß aber bei Canälen solche Ausgleichung in den einzelnen Profilen sich verbietet ist schon oben (§ 82) erwähnt worden.

Ueber das Abgraben ist wenig zu erinnern. Es geschieht auf die einfachste Weise, durch Handarbeit mit dem Spaten, wenn nicht etwa bei tief liegenden Canälen die Beseitigung des Grundwassers große Schwierigkeiten macht, und man es daher vorzieht,

die Vertiefung durch Ausbaggern zu bewirken. Dieses ist in manchen Fällen schon wegen der leichtern Wassertransporte wohlfeiler, und man erreicht dabei noch den wesentlichen Vortheil, daß die Dossirungen in weichem und sehr nassem Boden sich besser halten, als wenn man den Canal durch Fangedämme in kleinere Theile abschließt, und diese durch Schöpfmaschinen trocken legt. Ferner wäre hierbei noch zu erwähnen, daß bei trockenem Thonboden, und in gleicher Weise auch bei Kies, der mit Thon durchzogen ist, das Aufbrechen desselben große Schwierigkeiten macht, so daß man nicht unmittelbar mit dem Spaten die Erde abstechen kann, sie vielmehr vorher mit der Hacke loshauen muß. In diesen Fällen hat man zuweilen eine wesentliche Erleichterung der Arbeit darin gefunden, daß man den Boden vorher aufpflügen läßt.

Ueber den Transport der Erde ist bei der vorausgesetzten Ebenheit des Terrains nichts Besondres zu erwähnen. Ungewöhnliche Mittel, von denen man schon hier zuweilen Gebrauch macht, gewinnen bei ausgedehnteren Erdarbeiten in hohem Grade an Bedeutung, und sie sind daher passender bei Gelegenheit der tiefen Einschnitte und hohen Schüttungen zu beschreiben.

Was endlich die Aufbringung der Auftragerde betrifft, so ist dabei vorzugsweise auf die Vermeidung der Filtration Rücksicht zu nehmen, und es gelten deshalb hier dieselben Regeln, die schon bei Gelegenheit der Abschlußdämme an Speisebassins aufgestellt wurden (§ 85).

Bevor die Aufschüttung beginnt, muß der Rasen vom Boden abgestochen werden, weil derselbe eine innige Verbindung verhindern und zu einem starken Durchquellen Veranlassung geben würde. Der Rasen wird aber, sofern er hinreichend fest und kräftig ist, zur Seite in Haufen aufgestellt, damit er nach der Ausführung der Erdarbeiten zur Bekleidung benutzt werden kann. Indem man ihn aber nicht an derselben Stelle wieder zu verwenden braucht, wo er abgestochen ist, er vielmehr an andern Canaltheilen, die bereits in der Erdarbeit vollendet sind, sogleich benutzt werden kann, so läßt sich das zu starke Eintrocknen desselben großentheils vermeiden.

Man pflegt sich indessen in vielen Fällen mit dem bloßen Abstechen des Rasens nicht zu begnügen, weil hierdurch eine ziemlich

glatte Oberfläche dargestellt wird, die wieder mit der darauf geschütteten Erde sich nicht innig verbindet. Es wird deshalb die entblößte Oberfläche noch mit der Hacke aufgehauen und rauh gemacht, oder man pflügt sie auch wohl auf. Bevor diese Arbeiten vorgenommen werden, müssen indessen schon die Grenzen der aufzubringenden Anschüttungen bezeichnet und überhaupt die Profile abgesteckt sein. Dieses geschieht, indem man in gewissen Abständen, also etwa von 5 zu 5 Ruthen Chablonen aus Latten aufstellt, welche die Profile der aufzubringenden Anschüttungen bezeichnen. Es ist aber, besonders bei höhern Anschüttungen, nicht nothwendig, diese Chablonen sogleich mit großer Sorgfalt und Genauigkeit einzurichten, weil sie bei dem Erdtransport und beim Befestigen der Erdschichten doch keineswegs unverrückt erhalten werden können, und das genaue Einstellen derselben später vorgenommen werden muß, wenn die Erdarbeiten sich ihrer Vollendung nähern. Man pflegt auch anfangs sich mit senkrecht eingestossenen Stangen zu begnügen, und braucht diese noch nicht mit den schrägen Verbindungs-Latten zu versehen, welche die Dossirungen darstellen, weil solche den Erdtransport zu sehr erschweren würden.

Bei Bezeichnung der Höhen muß indessen schon auf das Sacken der Anschüttungen Rücksicht genommen werden, und es ist deshalb nothwendig, jede bezeichnete Höhe in einem gewissen Verhältniß zu vergrößern. Wie groß dieses angenommen werden soll, ist nach den bisherigen Beobachtungen schwer anzugeben, jedenfalls darf man aber voraussetzen, daß das Sacken oder Schwinden der angeschütteten Erde in Canaldämmen, die stets der Befeuchtung ausgesetzt bleiben, geringer ist, als in Deichen. Außerdem kommt es hierbei noch auf die Art der Befestigung an. Je sorgfältiger diese ausgeführt wird, um so geringer wird das spätere Sacken sein. Vielleicht entfernt man sich nicht weit von der Wahrheit, wenn man unter Voraussetzung eines sorgfältigen Abrammens der Erde, und zwar in dünnen Schichten, annimmt, daß das Sacken den vierundzwanzigsten bis zwölften Theil der Höhe der Aufschüttung beträgt. Das erste Verhältniß würde bei sehr sandigem und das letzte bei sehr thonigem Boden Anwendung finden.

Daß die aufzubringende Erde rein sein muß, ist bereits

früher erwähnt. Es dürfen keine Rasen, kein Torf, keine Wurzeln, Aeste, Sträucher u. dgl. sich darin befinden, und wenn Kies und Steingerölle auch nicht unbedingt als unbrauchbar zur Anschüttung anzusehn sind, so dürfen solche doch nur mit großer Vorsicht verwendet werden, damit sie nicht etwa, wenn sie in durchgehenden Schichten verbraucht wären, zu einem starken Durchquellen Veranlassung geben. In gleicher Weise muß man auch mit Vorsicht den sandigen und den thonigen Boden verwenden, wenn beide gleichzeitig im Abtrage vorkommen. Es ist daher im Allgemeinen sehr zweckmäfsig, ein gewisses Sortiren der verschiedenen Bodenarten eintreten zu lassen. Es darf kaum erwähnt werden, dafs es ganz überflüssig ist, dieses mit der größten Genauigkeit vorzunehmen, und dadurch die ganze Arbeit zu erschweren und zu vertheuern, aber wenn die Aufseher gehörig angewiesen sind, so ist es leicht, die Züge der Handkarren oder die einzelenen Erdwagen auf diejenigen Stellen fahren zu lassen, wo das Material, welches sie enthalten, die passendste Verwendung findet. Man wird unbedingt dafür sorgen müssen, dafs durch die ganze Länge jeder Dammschüttung ein gewisser zusammenhängender Kern von besserer Erde sich hindurchzieht, der die Bildung von durchgehenden Wasseradern verhindert. Man kann diesen Kern in der Mitte der Dammschüttung anbringen, und eben so vortheilhaft auch auf der innern, oder der dem Wasser zugekehrten Dossirung, weil er daselbst nicht nur den angegebenen Zweck erfüllt, sondern ausserdem auch zur bessern Befestigung der Dossirung dient. Er muß aber, wo er auch liegen mag, sich unmittelbar an den gewachsenen Untergrund anschliessen, darf also nicht etwa, wenn die Canalsole über dem natürlichen Terrain läge, in der Höhe derselben erst beginnen. Eine Verkleidung der äufsern oder der landwärts gekehrten Dossirung mit besserer Erde ist zur Beförderung des Graswuchses, also zur Befestigung des Dammes gleichfalls sehr nützlich, doch würde es nicht zweckmäfsig sein, an dieser Stelle den wasserdichten Abschluß darstellen zu wollen, weil das Wasser, wenn es bereits durch den Damm gedrungen ist, die äufsere Decke leicht durchbrechen und durch dieselbe einen Ausweg finden würde. Es empfiehlt sich daher, den Hauptkörper des Dammes, falls man nur ein mäfsiges Quantum guter Erde besitzt, aus dem schlechtern Boden aufzuschütten, und denselben auf der

Wasserseite etwa 4 Fufs und auf der Landseite 1 Fufs stark mit besserer Erde zu verkleiden. Nichts desto weniger lassen sich ohne genauere Kenntnifs der zu verwendenden Erdarten und der Druckhöhen des Wassers keine allgemeine Regeln aufstellen, und sollte die Erde so schlecht sein, dafs sie selbst bei dieser Verwendung der Filtration nicht mit Sicherheit begegnet, so bleibt nur übrig, eine künstliche Dichtung vorzunehmen, von der im Folgenden die Rede sein wird.

Wenn die Schüttung im Rohen vollendet ist, so werden die Chablonen mit grosfer Sorgfalt aufs Neue eingerichtet, und die Dossirungen, so wie auch die Kronen der Dämme und Bankete hiernach genau ausgeglichen, und je nachdem es nöthig ist, abgestochen oder aufgefüllt, in beiden Fällen aber durch hölzerne Schlägel oder mittelst Stampfen möglichst befestigt. Die Dossirungen über Wasser erhalten gewöhnlich eine Rasendecke, und diese kann entweder durch Belegen mit den abgestochenen Soden oder Rasen, oder auch durch Besamung gebildet werden. Das Letzte wird allgemein als das Vorzüglichere angesehen, weil die Rasen, wenn sie aufgelegt sind, sich doch nicht innig mit dem Untergrunde verbinden. Man mufs aber, wenn man die Rasen auflegt, dafür sorgen, dafs sie nicht zu stark eingetrocknet sind, weil sie alsdann gar nicht, oder doch nur kümmerlich anwachsen, ausserdem müssen sie fest aufliegen, auch genau an einander schliessen. Zu dem letzten Zweck pflegt man sie nicht ganz frisch, sondern etwas eingetrocknet zu verwenden. Sie quellen alsdann bei der Benetzung, und stellen dadurch einen dichtern Schluß dar. Mit einem hölzernen Schlägel werden sie auf den vorher benetzten Boden angetrieben, und es ist nothwendig, sie sogleich nach dem Aufbringen stark zu begiessen, und dieses auch so lange täglich fortzusetzen, bis sie angewachsen sind. Man überzeugt sich leicht, dafs dieses Begiessen unter Umständen überaus kostbar werden kann, und selbst im günstigsten Fall bedeutende Ausgaben veranlafst, während es in sehr trockner Jahreszeit, und wenn der Canal noch nicht mit Wasser gefüllt ist, dennoch das Vertrocknen des Rasens bei dessen freier Lage zuweilen nicht verhindert. Hiernach ist es Regel, die Rasenbekleidung nur in nasser Witterung aufzubringen, und zuweilen geschieht dieses erst nach der Füllung des Canals. Wenn dagegen der Rasen durch Besamung gebildet wird, so ist

das Begießen entbehrlich, und die Arbeit wird in jeder Beziehung erleichtert, aber es tritt der Uebelstand ein, daß die Dossirungen längere Zeit hindurch kahl bleiben, und die Rasendecke sich erst nach einigen Jahren vollständig ausbildet. Man pflegt alsdann zwar im nächsten Frühjahr mit dem Grassamen zugleich Hafer auszusäen, der einen nothdürftigen Schutz bald gewährt, namentlich wenn man ihn nicht hoch aufschiefen läßt, sondern ihn häufig abmäht. Auch wenn er abgestorben ist, dienen seine Wurzeln zur Bedeckung des Bodens, so daß weder Wind noch Regen die Erdtheilchen entfernen und dadurch das Anwachsen des Grases verhindern.

Zuweilen ist der Boden so schlecht, daß die Bildung des Rasens durch Besamung zunächst unmöglich ist und selbst Hafer und andre Kräuter darauf nicht fortkommen, auch wegen der allgemeinen schlechten Beschaffenheit des Bodens aus den Umgebungen kein brauchbarer Rasen beigebracht werden kann. Dieser Fall trat bei der Ausführung des Ems-Canals in der Nähe von Lingen ein. Der Boden bestand in weiter Entfernung nur aus Sand und Moorerde, er überzog sich nirgend mit festem Rasen, und wenn er ohne Befestigung gelassen wurde, war er ein Spiel des Windes, und die angefangenen Ausgrabungen waren der Gefahr ausgesetzt, beim nächsten Sturm vollständig wieder verschüttet zu werden. Unter diesen Umständen wurden Rasen gestochen, die nicht mit Gras, sondern mit Heidekraut durchwachsen waren, und da auch diese nicht so reichlich vorkamen, daß man die entblößten Flächen in der Nähe des Canals und die Canaldämme damit vollständig hätte belegen können, so begnügte man sich, sie streifenweise in 3 bis 4 Fuß Abstand von einander, und zwar in zwei Richtungen zu verlegen, so daß sich quadratische Räume bildeten, die zwar unbedeckt blieben, in denen jedoch das Abtreiben des Sandes durch die Umschließungen verhindert wurde. Man bemerkte indessen bald, daß die Rasen in sehr kurzer Zeit durch den Wind zerstört wurden und nach und nach fortflohen, wenn man sie in der Richtung, wie sie gewachsen waren, verlegte. Die Pflänzchen wurden nämlich vom Winde hin und her bewegt, lösten sich dadurch bald von dem sie umgebenden Sande, und wurden fortgetrieben. Man versuchte daher, die Rasen umgekehrt auf den Boden zu legen, nämlich die Wurzeln mit der umgebenden Erdecke

nach oben. Dieses zeigte sich als vortheilhafter, indem die vielfach verzweigten Wurzeln den Sand zwischen sich festhielten, und nirgend ein Gegenstand vorragte, der vom Winde besonders angegriffen werden konnte. Diese Art der Bedeckung versprach indessen offenbar keine Dauer, und noch weniger war zu erwarten, daß die Rasen auswachsen und nach und nach den Boden überziehen würden. Sie dienten nur zum vorläufigen Schutz, damit irgend eine andre Vegetation sich dazwischen ausbilden konnte. Eine solche beförderte man dadurch, daß man eine sonst ganz nutzlose Pflanze, die hier häufig vorkommt, nämlich Spergel oder Spark (*Spergula pentandra*) zwischen die Haiderasen säete. Sie gedieh sehr gut, und obwohl sie selbst, bei ihrer geringen Höhe und dürren Beschaffenheit noch wenig zur gehörigen Sicherung des Bodens beitragen konnte, so überdeckte sie denselben doch so weit, daß in ihrem Schutz eine kräftigere Vegetation sich endlich ausbildete. Zur Beförderung der letztern hat ohne Zweifel die Anfüllung des Canals mit Wasser wesentlich beigetragen, aber kaum ist eine gröfsere Veränderung des Bodens denkbar, als hier eingetreten ist, indem die kräftigsten Waldungen und Wiesen den Boden bedecken, der vor fünfzig Jahren nur fliegenden Sand zeigte und spärlich mit Haidekraut überzogen war.

Häufig pflanzt man auch Bäume zur Seite des Canals an, doch wird dieses keineswegs allgemein für zweckmäfsig erachtet, vielmehr besorgt man zuweilen, daß das Wasser durch die hineinfallenden Blätter verunreinigt, auch die Filtration durch die Wurzeln der Bäume befördert werde, indem sie sich nach dem Wasser hinziehen, und die Gleichmäfsigkeit des Bodens unterbrechen. Der erste Grund ist von keiner Bedeutung, dagegen ist nicht in Abrede zu stellen, daß die Wasserdichtigkeit allerdings beeinträchtigt wird, sobald vielfache und besonders stärkere Wurzeln den Boden durchziehen. Dieser Umstand würde indessen nur Veranlassung sein, die Bäume nicht auf den hintern Rand der Leinpfade, oder nicht unmittelbar hinter die aufgeschütteten Dämme zu stellen, wogegen die Bepflanzung eines höhern Ufers ohne Nachtheil ist. Dabei tritt sogar noch der Vortheil ein, daß der Wind etwas gemäfsigt, auch der Canal beschattet wird, also die Verdunstung sich verringert. Neben Englischen Canälen sieht man dergleichen Baumpflanzungen nicht, doch dieses wohl weniger aus dem Grunde, daß man sie

für schädlich hält, als weil man dort alles Entbehrliche zu vermeiden pflegt. Wohl aber sind daselbst gemeinhin niedrige lebendige Hecken an den äußern Seiten der beiden Dossirungen angepflanzt. Dieselben dienen zur Bezeichnung der Grenze des zum Canal gehörigen Terrains. In Frankreich dagegen werden die Canäle zu beiden Seiten von Reihen hochstämmiger Pappeln eingeschlossen, die daselbst auch sehr gut gedeihn.

Wenn man nahe unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel Bankete anbringt (§. 83), so müssen dieselben mit Sumpfpflanzen bewachsen sein, weil sie sonst dem dahinter liegenden Ufer nicht den nöthigen Schutz gegen den Wellenschlag gewähren, auch selbst durch diesen zu sehr leiden. Die Pflanzen, deren Wurzeln man hier vorzugsweise zu stecken pflegt, sind die gelbe Schwertel (*Iris pseudacorus*), der Rohrkolben (*Typha latifolia*), Kalmus (*Acorus Calamus*), und gewöhnliches Rohr (*Arundo phragmites*), doch gedeiht letzteres nur, wenn das Banket stets mit Wasser bedeckt bleibt.

Ueber die Befestigung der Leinpfade ist Einiges mitzutheilen. Dieselben liegen entweder auf aufgeschütteten Dämmen, welche nach beiden Seiten entwässern, oder am Fuß des höhern Ufers, und im letzten Fall sind sie von demselben durch einen Graben getrennt, so daß das Bergwasser sie nicht unmittelbar trifft. Für ihre gehörige Entwässerung läßt sich daher gewöhnlich sorgen, doch erheben sie sich zuweilen nur wenig über den Wasserspiegel des Canals, und wenn die Erde, aus der sie aufgeschüttet sind, die Feuchtigkeit stark anzieht, so können sie leicht stellenweise sich in Sümpfe verwandeln. Um den Leinenzug nicht zu sehr zu erschweren, ist es alsdann nothwendig, sie mit einer festen Decke, also mit einer leichten Chaussirung zu versehen. Dieses ist auch der Fall, wenn der Boden sehr sandig ist, derselbe also zur Zeit der Dürre sich auflockert, und alsdann sogar durch den Wind in den Canal getrieben werden könnte. Um das Abtreten des vordern Randes des Leinpfades zu verhindern, schließt man denselben zuweilen mit einer Reihe größerer Steine ein, wie dieses bei Englischen Canälen oft vorkommt.

Eine besondere Befestigung bedarf der Leinpfad in sehr sumpfigem Boden. Die benetzten Dossirungen zur Seite eines Canals pflegen sich nicht nur im Torf, sondern auch in weniger festem Grunde zu halten, so lange der Druck des Wassers beinahe eben

so groß, als der des stark durchnästen und nur wenig höhern Erdreichs ist. Dieses Gleichgewicht wird aber aufgehoben, wenn man zur Befestigung und Trockenlegung des Leinpfades eine höhere Schüttung aufbringt. Letztere kann in diesem Fall nicht von dem Untergrund getragen werden, sie versinkt daher, und drückt die Dossirung in den Canal hinein. Wollte man alsdann die Anschüttung weiter fortsetzen, so würde dieselbe Erscheinung sich wiederholen, also der Zweck doch nicht erreicht, und der Canal aufs Neue verengt werden. Es ist also nothwendig, unter solchen Umständen einen Leinpfad aus irgend einer dünnen und leichten Decke zu bilden, die nicht so stark auf dem Boden lastet, daß sie darin versinkt, aber doch hinreichend fest ist, um Menschen und einzelne Pferde zu tragen. Wenn Menschen den Leinenzug ausüben, so ist die Lösung der Aufgabe nicht schwierig. Man darf nur eine leichte Faschinenpackung aufbringen, auch genügt schon eine Reihe Bohlen, die auf den Leinpfad verlegt wird. In Holland stellt man solche Wege auch häufig durch Schüttungen von Muscheln dar, worüber man oft einige Zoll hoch Kies und Bauschutt wirft, und wenn man die Wege besonders haltbar und fest machen will, so wird darauf noch eine Schicht Klinker hochkantig in Sand gepflastert. Sobald ein Pferd solchen Weg passirt, so wird der Boden auf mehrere Ruthen weit erschüttert, aber dennoch ist die Festigkeit desselben für diesen Zweck genügend, und der Weg, der freilich ununterbrochener Reparaturen bedarf, erhält sich in befriedigendem Zustande.

Bei dem Ourcq-Canal, in der Nähe von Paris, hatte man unter gleichen Verhältnissen eine andre Befestigungs-Art gewählt, die freilich weit unvollkommener war, aber dennoch größtentheils den Pferden einen ziemlich festen Uebergang gestattete. Man schüttete nämlich eine Lage Kies auf den Boden, die nur 2 bis 3 Zoll stark war, und bewarf dieselbe mit der Asche aus den vielfach in der Nähe befindlichen Kalköfen, worin größtentheils Muscheln gebrannt werden. Das Gemenge von gebranntem Kalk und Torfasche bildete einigermaßen einen hydraulischen Mörtel, welcher sich in der Bodenfeuchtigkeit löschte. Es verband die einzelnen Kiesstückchen zu größern Massen, und namentlich zu flachen Platten, die unter dem Gewicht der Pferde zwar nachgaben, auch wohl zerbrachen, aber doch nicht versanken.

Zuweilen hat man auch versucht, in sehr sumpfigen Wiesen einen etwas erhöhten Leinpfad durch aufgeschütteten Sand und Kies zu bilden, der aber in geringen Entfernungen durch Sandpfeiler unterstützt wird, die bis zum festern Grunde herabreichen. Man rammt geglättete Pfähle ein, die man sogleich wieder herauszieht, während in die so gebildeten Löcher Sand geschüttet wird (Theil I. §. 33). Dieses Verfahren soll zuweilen das Versinken des Leinpfades verhindert haben.

Es ist schon erwähnt, daß in der Höhe des Wasserstandes die Dossirungen am meisten zu leiden pflegen. Indem diese Beschädigungen vom Wellenschlage herrühren, so wird denselben auch durch flache Böschungen keineswegs vorgebeugt. Die Mittel, wodurch man ihnen begegnet, sind sehr verschieden. Von den Banketen ist bereits die Rede gewesen, auch ist erwähnt worden, daß dieselben manchen Beschädigungen ausgesetzt sind, und gemeinlich die Anlagekosten eines Canals merklich vergrößern, weil sie die Breite des anzukaufenden Terrains vermehren. In Holland wird nicht selten, und namentlich da, wo wegen des hohen Grundwerthes sehr seile Böschungen gewählt werden müssen, eine Einfassung von Faschinen nach dem in den Niederlanden üblichen Verfahren beim Packwercksbau (§ 36) gewählt. Man legt nämlich unter dem Wasserspiegel eine Lage Faschinen in den Leinpfad, die sämmtlich quer gegen das Ufer gerichtet sind, und mit den Stammenden in die Fläche der Dossirung reichen. Nahe hinter die Stammenden wird in jede Faschine ein Pfahl geschlagen, und um diese ein Flechtwerk von Reiseru 6 Zoll hoch gewunden. 1 Fuß dahinter wird ein gleicher Flechtzaun ausgeführt. Den Raum zwischen beiden packt man sorgfältig mit Ziegelbrocken aus, und bringt, nachdem die Wipfelenden der Faschinen noch mit einer Wurst übernagelt und mit Erde beschüttet sind, eine zweite Faschinenreihe in gleicher Art, wie die erste, auf. Auch diese Reihe wird zwischen den Flechtzäunen mit Steinstückeu ausgepackt und mit Erde überschüttet, während die Befestigung des Leinpfades sich an einen etwas höhern Flechtzaun lehnt. In dieser Weise sind an einzelnen Stellen die Ufer des großen Nordholländischen Canals befestigt. Es leuchtet indessen ein, daß dieses Verfahren, wiewohl es den Beschädigungen durch Wellenschlag sehr sicher begegnet, dennoch wenig dauerhaft ist. Das Strauch sowohl in den Faschinen, als in

den Zäunungen, soweit es über Wasser liegt, verrottet bald, und beim Gegenstoßen der Schiffe brechen alsdann große Massen ab, und stürzen zugleich mit den entblößten Steinen in den Canal, während die Leinpfade an Breite verlieren.

Zweckmäßiger ist ein andres Verfahren, welches an andern Stellen desselben Canals gewählt wurde, und welches auch sonst in den Niederlanden üblich ist. Etwas unter dem Wasserspiegel wird der besonders feste Flechtzaun, der §. 38 beschrieben und Fig. 149 auf Taf. XVII gezeichnet ist, ausgeführt. Dieses geschieht, wenn es sein kann, schon vor der Füllung des Canals. Gegen den Zaun lehnen sich die untern Rasen, und wenn dieselben ausgespült werden, lassen sie sich leicht durch neue ersetzen.

Häufig, und namentlich in den Englischen Canälen, werden die Dossirungen durch einen regelmäßigen Steinsatz, also durch eine Art von Pflaster oder ein Perré gesichert. Ohne Zweifel ist dieses Verfahren das solideste, und man erreicht dabei noch den Vortheil, daß auch der Leinpfad sich sicher dagegen lehnt, und scharf begrenzt wird. Auch bei uns, wie namentlich an der Ruhr, wird diese Methode stellenweise und zwar unterhalb der Schleusen angewendet, weil das durch die Schütze der Unterthore stürzende Wasser die Erdböschungen stark angreift.

Eine solche Steindecke läßt sich indessen auch anbringen, ohne daß man sie bis zum Fuß der Dossirung, oder bis zur Sohle des Canals herabführt. Es kommt nur darauf an, ihr ein sicheres Widerlager zu geben. Die so eben beschriebenen Flechtzäune dürfen zu solchem Zweck nicht als genügend angesehen werden, aber man kann gleich bei Darstellung der Dossirungen etwas stärkere Pfähle hineintreiben, und entweder unmittelbar gegen diese, oder gegen eine davorgestellte Bohle die Steine setzen. Die Pfähle nebst den Bohlen bleiben immer unter Wasser, sind daher keiner baldigen Beschädigung ausgesetzt, und man kann ihre Stellung noch sichern, wenn man die Außenfläche des Pflasters mit der Erddossirung unter Wasser bündig legt, oder die Pfähle gegen ein Erdbanket stützt. Welche Rücksichten übrigens bei der Ausführung des Pflasters zu nehmen sind, daß nämlich dasselbe geschlossen versetzt, und auf eine Unterlage von Kies oder Bauschutt gestellt werden muß, ist schon bei Gelegenheit der Sicherung der Stromufer (§. 31) erörtert.

Mit den Erdarbeiten eines Canals steht noch die Wiederherstellung derselben in naher Beziehung, und mamentlich fragt es sich, ob die von Zeit zu Zeit nöthigen Räumungen und Herstellungen der ursprünglichen Tiefe durch Ausgraben oder durch Baggern bewirkt werden sollen. Oft wählt man das Erstere, weil die Arbeit dadurch wohlfeiler und zugleich regelmässiger wird. Dagegen kann man auch durch Baggern die fehlende Tiefe wieder herstellen. In diesem Fall braucht man den Canal nicht trocken zu legen, also die Schiffahrt nicht zu unterbrechen. Wenn die Baggermaschine auch den Verkehr etwas erschwert, also vielleicht die Schiffe zuweilen warten müssen, bis das Baggerschiff aus der Mitte des Canals nach einer Seite gekommen ist, auch neben dem Bagger zwei Schiffe sich nicht vorbeifahren können, und der Schiffszug wegen Ueberführung der Leine etwas verzögert wird, so sind doch solche Verhinderungen nur unbedeutend im Vergleich zur vollständigen Störung des Verkehrs, welche beim Ablassen des Canals eintritt. Demnächst ist der Transport der ausgebagerten Erde, wenn man diese nicht unmittelbar daneben ablagern kann, auch wohlfeiler, und endlich pflegen die Ufer, besonders wenn sie sumpfig sind, beim plötzlichen Ablassen des Wassers zu leiden und einzustürzen, was man vermeidet, sobald der Canal gefüllt bleibt.

§. 87.

Einschnitte und Dammschüttungen.

Größere Bedeutung haben die Erdarbeiten, wenn das Terrain hoch über oder tief unter dem Wasserspiegel des Canals liegt, und daher tiefe Einschnitte oder hohe Dammschüttungen nothwendig werden. Man pflegt alsdann nicht nur für wohlfeilern Transport der Erde zu sorgen, sondern führt gemeinhin auch die Schüttungen in andrer Weise aus, und zuweilen werden selbst die Ausgrabungen durch besondere Maschinen bewirkt. Ueberdies vermindert sich bei zunehmender Höhe der Dossirungen und zwar eben sowohl bei Abgrabungen, wie bei Aufschüttungen, auch die Sicherheit derselben. Neigungen, die für geringere Höhen ausreichend sind, genügen nicht mehr zur Erhaltung des Gleichgewichts,

sobald die Böschungen sich hoch erheben, vielmehr kommen diese durch den Einfluß der unterirdischen Wasseradern und Quellen zuweilen in Bewegung, und alle Mittel der Kunst müssen aufgeboten werden, um dem Vortreten der Ufer und dem Verschütten der Einschnitte zu begegnen.

Wenn die Einschnitte, wie häufig der Fall ist, im Felsboden ausgehoben werden, so geschieht dieses zuweilen bei sehr lockern Gebirgsarten durch bloßes Abhauen oder Abschroten. Bei manchem geschichteten und gleichfalls sehr weichen Gestein gelingt es auch, einzelne Lagen mit Brechstangen oder Hebeln zu lösen und abzubringen. Der gewöhnliche Fall ist indessen, daß der Felsen so hart und fest ist, daß diese Mittel sich als erfolglos oder wenigstens bei der beabsichtigten Beschleunigung des Baues als ungenügend erweisen. Man muß alsdann zum Sprengen mittelst Pulver übergehn. Hierüber ist bereits früher (§. 53) ausführlich die Rede gewesen. Es leuchtet aber ein, daß die Arbeit, sobald sie nicht unter Wasser vorgenommen wird, sich um Vieles erleichtert, und manche Schwierigkeiten, die oben erwähnt sind, in diesem Fall nicht vorkommen.

Sind dagegen die Einschnitte in aufgeschwemmtem Boden, also in verschiedenen Erdarten, oder auch wohl in Kies und losem Steingerölle auszuführen, so geschieht dieses durch gewöhnliches Abgraben. Man hat freilich versucht, die Handarbeit in diesem Fall, durch Maschinen zu ersetzen, und es ist nicht undenkbar, daß eine solche Anordnung in denjenigen Fällen vortheilhaft sein möchte, wo der Taglohn sich sehr hoch stellt, und vielleicht die erforderliche Anzahl von Arbeitern nicht zu beschaffen ist. Dagegen sind die Schwierigkeiten in der Aufstellung und dem Betriebe solcher Maschinen, die man Excavatoren nennt, sehr bedeutend. Es mag daher genügen, die Idee, welche verschiedentlich verfolgt ist, hier im Allgemeinen anzudeuten. Man führt eine Eisenbahn gegen die Anhöhe, worin der Einschnitt dargestellt werden soll, und zwar in der Art, daß die Bahn in der beabsichtigten Sohle liegt. Auf einem großen Wagen, der auf dieser Eisenbahn steht, befindet sich eine Dampfmaschine mit derjenigen Vorrichtung, welche die Grabenarbeit ausführen soll. Letztere stimmt nahe mit einer Baggermaschine überein und greift vor sich den Boden an. Es ist entweder ein einzelner großer Eimer, der in die Erde ge-

stossen und nachdem er sich gefüllt hat, wieder gehoben wird, oder eine Reihe von Eimern befindet sich an einer Kette ohne Ende, auch wohl am Umfange eines Rades, die aber sämmtlich in ähnlicher Weise, wie jeder einzelne Eimer, wirken. Sie lösen das Material, heben es und entleeren sich entweder unmittelbar oder mittelst anderer mechanischen Vorrichtungen in einen zur Seite oder hinter der Maschine stehenden Eisenbahnwagen, auf welchem das gewonnene Material fortgeschafft wird.

Es ergiebt sich hieraus, daß der Excavator stets den Fuß der zu beseitigenden Anhöhe angreift. Er faßt also die Erde nicht früher, als bis sie längs der Dossirung, die sich vor ihm bildet, herabgestürzt ist. Diese Anordnung bedingt einen wesentlichen Kraftverlust, insofern der zu hebende Körper, bevor er zur Maschine gelangt, noch tiefer herabfallen muß. Außerdem ist aber selbst in sehr gleichmäßigem Boden, also etwa in reinem Sande, der Betrieb keineswegs ungestört. Einige Zeit hindurch wird die Dossirung, deren Fuß man beseitigt, immer steiler, plötzlich stürzen aber große Massen herab, indem die Dossirung wieder eine flachere Neigung annimmt, und zugleich gegen die Maschine vortritt. Letztere muß alsdann zurückgezogen werden, um in der angemessenen Höhe die Erde fassen zu können. Dabei geschieht es auch, daß ihre Wirksamkeit vielleicht ganz unterbrochen wird, indem die herabstürzende Erde sie zum Theil überschüttet oder gar beschädigt. Letzteres ist besonders bei verschiedenartig geschichtetem und mit Steinen durchsetztem Boden zu besorgen.

Die Excavatoren sind den Baggermaschinen nachgebildet, zwischen beiden ist aber der wesentliche Unterschied, daß diese über, jene aber am Fuß der zu beseitigenden Erdmassen stehn. Die Bagger greifen letztere in ihrer Oberfläche oder doch nur wenig tiefer an, und sind daher frei von den erwähnten Uebelständen.

Was die Transporte der Erde oder des gelösten Gesteins betrifft, so muß man zwei Fälle unterscheiden, die wesentlich verschiedene Einrichtungen erfordern. Es wird nämlich entweder der Abtrag aus einem tiefen Einschnitt zu Dammschüttungen oder Auffüllungen in der Nähe verbraucht, so daß die Transporte auf horizontalem, oder auch wohl auf etwas geneigtem Wege erfolgen. Andererseits aber ist oft eine solche Ausgleichung des Auf- und

Abtrags nicht ausführbar, weil man den Canal überhaupt nicht zu hoch über den Boden legen mag, oder aber die Entfernungen werden zu groß, und es ist wohlfeiler, den Abtrag in der Nähe abzusetzen und den Auftrag wieder aus den Umgebungen des aufzuschüttenden Dammes zu entnehmen.

Von dem ersten Fall mag zunächst die Rede sein, wenn er sich auch bei Canal-Anlagen nicht häufig wiederholt, er vielmehr vorzugsweise beim Bau von Eisenbahnen eintritt. Sind die zu verfahrenen Erdmassen nicht groß, auch die Wege nicht besonders lang, so wird man mit Rücksicht auf die geringen Einrichtungs-Kosten den Transport in gewöhnlichen Handkarren wählen. Dabei darf aber nicht gestattet werden, daß der einzelne Arbeiter, sobald er seine Karre gefüllt hat, dieselbe ohne Rücksicht auf die übrigen Karren, welche nach demselben Punkt geschoben werden, allein diesen Weg zurücklegt. Die Controlle über seine Thätigkeit würde dabei unmöglich sein, und die Pausen pflegen sich alsdann übermäßig auszudehnen, wozu noch kommt, daß die Arbeiter sich gegenseitig sowohl beim Aufladen, wie beim Verstürzen stören, auch während des Schiebens einander den Weg sperren. Man muß daher bestimmte Züge von zehn bis zwanzig Karren einrichten, die gleichzeitig gefüllt und unmittelbar hinter einander fortgeschoben und verstürzt werden. Bei Accordarbeiten, die in solchem Fall gewöhnlich stattfinden, pflegt der Vorarbeiter oder der Schachtmeister schon selbst in dieser Weise die Leute anzustellen, weil er alsdann am sichersten sich überzeugen kann, daß sie sämmtlich gleichmäßig thätig sind.

Neben der abzustechenden Erdwand liegen die Karrdielen, und hier stellt sich der ganze Zug auf. Alle Karren werden gleichzeitig gefüllt und unmittelbar hinter einander fortgeschoben, verstürzt und wieder zurückgebracht. Sind die Entfernungen aber länger, oder kommen merkliche Steigungen darin vor, so daß es zu ermüdend wäre, die beladene Karre über den ganzen Weg zu schieben, so richtet man zwei oder mehrere Züge ein, die gemeinschaftlich den Transport besorgen. An bestimmten, mit Ausweichungen versehenen Stellen treffen alsdann zwei Züge zusammen, von denen der eine die beladenen und der andre die leer zurückkommenden Karren führt. Beide halten hier an, und die Mannschaften wechseln die Karren, so daß derselbe Arbeiter, der eine

beladene bis hierher geschoben hatte, nunmehr eine leere zurückführt. Geübte Schachtmeister pflegen die Stellen, wo solcher Wechsel eintritt, passend zu wählen, so daß die Leistungen der Leute in den verschiedenen Zügen ungefähr dieselben sind.

Kommt es darauf an, sehr große Erdmassen, also etwa Tausende von Schachtrüthen, auf weite Entfernungen zu verfahren, so pflegt man zum Transport auf Eisenbahnen überzugehen, wobei theils Locomotiven, theils aber auch Pferde benutzt werden. Zuweilen und namentlich wenn die Abtragserde von verschiedenen Stellen entnommen werden muß, wird hiermit noch die Benutzung von Handkarren verbunden, indem man in diesen das abgestochene Material an die Eisenbahnwagen schiebt und es in letztere überwirft. Das wiederholte Umladen vertheuert indessen den Transport bedeutend. Beim Bau der Thüringer Bahn, hatte auf einer Abtheilung derselben, der damalige Baumeister Dihm die Einrichtung in der Art getroffen, daß in sehr leicht construirten zweirädrigen Karren, die 8 Cubikfuß faßten, die Erde beigefahren, aber nicht übergeladen, sondern mit diesen Karren auf die Eisenbahnwagen aufgeschoben wurde. Achtzehn solcher Karren konnten auf jeden Wagen gestellt werden, und am Kopfe der Dammschüttung wurden sie über eine Rampe abgefahren und einzeln umgestürzt. Es ergab sich, daß bei dieser Art des Transports die Kosten sich besonders billig herausstellten.

Gewöhnlich wird die Erde aus tiefen und längern Einschnitten entnommen und alsdann lassen sich die Zwischentransporte ganz umgehn. Man legt die Bahn unmittelbar an den Fuß der jedesmaligen Seitenwand des Einschnitts, und stellt hier die Reihe von Wagen auf, in welche der abgegrabene Boden unmittelbar hineingeworfen wird. Die Wagen sind aber mit Kippkasten versehen, die theils nach vorn, theils nach einer und der andern Seite umschlagen, und sich dabei auf die einfachste Weise entleeren lassen, sobald sie das Ende der Bahn am Kopf des aufzuschüttenden Damms erreicht haben.

Hierbei tritt indessen wegen der üblichen Anordnung der Bahn eine große Verzögerung ein. Wenn nämlich ein Wagen entleert ist, so kann der folgende nicht unmittelbar nachgeschoben werden, zunächst muß die Bahn frei sein, um jenen Wagen über eine Weiche in ein Seitengeleise zu bringen, und erst wenn dieses ge-

schehn ist, läßt sich der folgende Wagen auf den Kopf des Dammschieben und entleeren. Der Zeitverlust ist hierbei sehr bedeutend, besonders wenn die Weiche mit der Abzweigung weiter zurück liegt. Auch erfordert das Verschieben der beladenen Wagen noch mehrere Arbeiter, da die Kraft der Maschine, wenn sie auch hinter dem Zuge steht, hierzu nicht füglich benutzt werden kann, oder man müßte den ganzen Zug jedesmal vor, und nach Lösung des ersten Wagens zurückziehn.

Diesen Uebelständen begegnet man bei Dammschüttungen in Nord-America dadurch, daß man vor dem jedesmaligen Kopfe der Schüttung die Bahn spaltet, und die beiden Geleise durch eine Art von Drehscheibe oder eine Bühne miteinander verbindet, von welcher aus der darauf befindliche Wagen entleert, oder sein Inhalt verürzt wird. Sobald dieses aber geschehn ist, tritt der Wagen auf das zweite Geleise und der folgende kann sogleich vorgeschoben und entleert werden,*) Fig. 394 auf Taf. LVIII zeigt eine solche Sturzbühne *a* in der Ansicht von oben und *b* im Durchschnitt nach *AB*.

Eine Scheibe ist aus kreuzweise über einander genagelten Brettern bebildet und mit zwei schwachen Kreuzhölzern verbunden, welche schon die Anfänge der beiden parallelen Geleise tragen. Dieser Theil der Vorrichtung ist so leicht, daß er beim Vorrücken der Schüttung bequem an den beiden daran befestigten Zugstangen vorgeschoben werden kann. Auf der Scheibe liegen zwei Kreisschienen, und hierauf steht mittelst vier Rollen eine Art Drehscheibe oder kleiner Wagen, der um eine vertikale Achse mittelst eines gegenüber angebrachten Hebels leicht gedreht werden kann. Die ganze Anordnung ist einfach und ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Zeichnung.

Dieser Wagen trägt wieder zwei Schienen, die sich an das eine, wie an das andre feste Geleise anschließen. Damit aber der Erdwagen beim Aufstehn auf demselben, nicht herabläuft, so treten die Enden zweier Winkelhebel über die innere Schiene und eine Feder, die man in der Figur auch bemerkt, erhält die Hebel in dieser Stellung. Sobald jedoch die Verbindung mit einem der festen

*) *George Cole, the contractors book of working drawings of tools and machines. New-York, 1855.*

Geleise dargestellt wird, stößt ein vortretender Arm den Winkelhebel zurück und der Erdwagen kann ungehindert auf eines der beiden Geleise übergehn.

Die Bahnen haben die Spurweite von 3 Fufs und die Wagen laden ungefähr eine halbe Schachtrathe. Sie sind sämmtlich so eingerichtet, daß sie nach derselben Seite ausstürzen, weil bei der Drehung des Wagen auf der Bühne, wenn dieser nach der äußern Seite sich entleert, die Anschüttung sowohl vor dem Kopf, als an den beiden Seiten des Dammes erfolgen kann.

Bei Dammschüttungen, die nur eine geringe Kronenbreite erhalten sollen, genügt die beschriebene Anordnung. Wenn dagegen etwa eine doppelgeleisige Bahn auszuführen ist, so muß Gelegenheit geboten werden, die Verstärkungen nach den Seiten in größerm Abstände zu bewirken. Um die Stürzbühne alsdann nicht zu schwer zu machen, muß man von der Vergrößerung ihres Radius absehn und man trennt die beiden Quadranten der Bühne durch einen geraden Strang von beliebiger Länge. Fig. 395 zeigt dieses. Man bedarf alsdann zweier besondern Drehscheiben, deren jede einen Quadranten durchlaufen kann. Die Vorrichtungen zum Drehn und zum Feststellen der Wagen sind in dieser Figur nicht angegeben, da sie mit den beschriebenen übereinstimmen. Es muß aber noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die beiden Scheiben nur durch drei dagegen geschrobene Kreuzhölzer verbunden sind, die man leicht durch andre ersetzen und dadurch jede beliebige Breite der Schüttung ermöglichen kann.

Bei Canal-Anlagen kommt es meist nur darauf an, die aus den Einschnitten gewonnene Erde zu beseitigen, und sie irgendwo auszusetzen. Alsdann handelt es sich aber gemeinhin nicht um weite Transporte, sondern vorzugsweise nur die Förderung der Masse aus der Tiefe bis zur Oberfläche des natürlichen Bodens. Man wählt auf letzterm eine Stelle in der Nähe, die möglichst wenig nutzbar ist, deren Ueberschüttung also die mindesten Entschädigungs-Kosten veranlaßt, und mit Berücksichtigung der letzten, sowie auch der Transportkosten pflegt es am vortheilhaftesten zu sein, den gelösten Boden unmittelbar zur Seite des Einschnitts abzulagern. Wenn aber auch die Entfernungen größer werden, so pflegt doch immer das Heben der Erde vorzugsweise diesen Transport zu vertheuern.

Wenn man keine besondern mechanischen Vorrichtungen wählt, und nur Menschenkraft benutzt, so werden gewöhnlich die Erdkarren einzeln durch die Arbeiter hinaufgeschoben. Solche Anordnung ist aber sehr unzweckmäsig und kostbar, nicht nur weil die Menschenkraft unter allen Umständen theurer, als andre Betriebskräfte ist, sondern vorzugsweise, weil sie in diesem Fall auch grosentheils unnütz verwendet wird. Es kommt nur darauf an, die Erde, also den Inhalt der Karre heraufzuschaffen, in diesem Fall muß aber der Arbeiter nicht nur die Karre sondern auch sich selbst, also sein eignes Gewicht heben, und alsdann, wenn auch nur mit mäfsiger Anstrengung wieder herabsteigen und die Karren herabschieben. Eine solche Anordnung rechtfertigt sich daher, nur, wenn die Kosten einer bessern Einrichtung bei der geringen Ausdehnung der Arbeiten zu groß ausfallen.

In solchem Fall begnügt man sich damit, einige Erleichterung dadurch herbeizuführen, daß jeder Arbeiter die Karre nur so weit schiebt, als seine Kräfte dabei nicht erschöpft werden. Man ordnet also wieder gewisse Stationen an, auf welchen die Leute die Karren wechseln und jeder statt der vollen, die er hinauf geschoben hat, eine leere herabnimmt. Es leuchtet aber ein, daß die bezeichneten Mängel hierdurch keineswegs beseitigt werden, vielmehr die Arbeit nur regelmäfsiger erfolgt.

Zuweilen wird die aufgehobene Erde nicht heraufgeschoben, sondern in Küpen oder Körben auf den Rücken der Arbeiter heraufgetragen. Diese Anordnung ist in sofern vortheilhaft, da die Körbe leichter sind, als die Karren. Die Arbeiter pflegen indessen nicht gern hierzu sich zu verstehn, wogegen auf manchen Baustellen die Erfahrung gemacht ist, daß die Kosten vergleichungsweise gegen das gewöhnliche Schieben sich bedeutend billiger stellen, wenn man Frauen und Mädchen die Erde tragen läßt, die dabei nicht so leicht ermüden, auch mit einem geringern Tagelohn sich begnügen.

In England, wo der Arbeitslohn sehr theuer ist, vermeidet man wenigstens eine Verschwendung der Menschenkraft und unterstützt sie außerdem durch andre weniger kostbare Kräfte. Beim Bau des neuen Parlamentshauses in London, sah ich die Erde aus den Fundamenten etwa 25 Fufs hoch in Karren heraufschieben, aber dabei war eines Theils eine Ausgleichung zwischen dem

heraufsteigenden und herabgehenden Arbeiter und deren Karren durch eine, um eine Rolle geschlungene Kette dargestellt, und andern Theils wurde die herabgehende Karre auch jedesmal noch von einem Pferde gezogen. Die Brücken, auf welchen die Karren geschoben wurden, waren so steil, daß man darauf ohne Unterstützung kaum gehn konnte. Die Kette hatte solche Länge, daß jedesmal, wenn eine Karre herauf geschoben war, und sich bereits oben befand, dennoch ihr Ende bis auf den Fuß der geneigten Ebne herabhing. Außerdem waren die Ketten, wo sie an die Karren befestigt wurden, gespalten, und mit Ringen versehen, in welche die Arme der Karre hineinpaßten. Hinter dem Arbeiter vereinigten sich wieder die beiden Kettenstränge, so daß derselbe von diesen ganz eingeschlossen war. Die Karren mußten jederzeit so gestellt werden, daß die Räder aufwärts gekehrt waren, die Arbeiter stellten sich dagegen sowohl beim Aufgange, als beim Abgange in die Richtung ihrer Bewegung. Beide Arbeiter beugten sich dabei sehr stark über, so daß ihre Körper fast normal gegen die geneigte Ebne gerichtet waren. Dieses mußte auch wohl geschehn, weil sie sonst herabgeglitten wären. Auf solche Art konnte aber der Arbeiter, welcher der beladnen Karre folgte, nicht nur gar nichts zu deren Hebung beitragen, er mußte vielmehr sogar selbst heraufgezogen werden. Sein Gewicht wurde indessen durch das des andern Arbeiters aufgehoben, der sich in gleicher Weise an der herabgehenden Karre halten mußte, und diese daher eben so stark herabzog. Das an die letzte Karre und zwar am Fuß der geneigten Ebne gespannte Pferd hatte, nach seiner Bewegung zu schließsen, einen bedeutenden Zug auszuüben, während die Arbeiter in der beschriebenen Weise im raschen Schritte herauf- und herabgingen. Sobald sie die geneigten Ebenen zurückgelegt hatten, und sich auf horizontalem Boden befanden, wurden die Karren ausgelöst, und statt der beladnen jedesmal eine leere, sowie am Fuß der Ebne statt der leeren eine beladne in die Ketten gehängt. Gleichzeitig löste der Treiber das Pferd von der Kette, woran es bisher gespannt war, führte es zurück und spannte es an die andre Kette, worauf die Förderung in gleicher Weise von Neuem erfolgte. Daß die Arbeiter hierbei die Karren immer herauf und herab begleiteten, war nur deshalb nothwendig, weil man gewöhnliche Erdkarren mit einem Rade gewählt hatte. Man

kann dieses bei andern Karren leicht vermeiden, und dadurch ohne Zweifel die Arbeit noch mehr erleichtern, aber gewifs verdient diese Anordnung wegen ihrer grossen Einfachheit Beachtung, da ihre Darstellung fast keine Anlagelkosten erfordert. Dabei ist es indessen gleichgültig, ob man die Pferde oben, oder unten gehn läfst, es kommt nur darauf an, dafs sie auf horizontalen Wegen bleiben, und nicht etwa selbst ansteigen müssen.

Zweirädrige Wagen oder Karren, wie man sie häufig bei Erdtransporten anwendet, lassen sich leicht, ohne dafs ein Arbeiter sie begleitet, einen steilen Abhang herauf- und herabführen. Eine Anordnung dieser Art ist in England patentirt worden, die zweckmäfsig erscheint*). Die Karre, auf zwei Rädern ruhend, ist auf der Seite, die der Deichsel oder beiden Deichseln entgegengesetzt ist, mit einem passend geformten Haken versehen, der leicht und sicher in eine Kette ohne Ende eingreift. Diese Kette wird durch irgend eine Maschine in Bewegung gesetzt, so dafs sie in angemessner Höhe über der Fahrbahn ansteigt, auf der die Wagen heraufgehn. Der volle Wagen wird am Fufs der Dossirung an den aufsteigenden Kettenstrang geschoben, und indem man den Haken eingreifen läfst, sogleich gefafst und von der Kette heraufgezogen. Durch eine leichte Bewegung wird der Haken wieder gelöst, sobald der Wagen aufgestiegen ist. Auf gleiche Weise können die Wagen auch herabgehn, wenn man es nicht vorzieht, sie in besondern Bahnen allein herunterlaufen zu lassen. Wenn aber die Kette ohne Ende nur eine geringe Geschwindigkeit hat, so lassen sich die Haken leicht und ganz sicher einrücken und wieder lösen.

Wesentlich verschieden ist die Vorrichtung die man bei Ausführung des Ludwigs oder des Main-Donau-Canals mehrfach mit manchen Modificationen benutzte, um aus den tiefen Einschnitten das Material auf die Ufer zu schaffen. Der Baumeister Hartmann hatte diese Förderungsart angegeben, woran jedoch der Maschinenbauer Späth in Nürnberg bei der Ausführung manche Verbesserungen anbrachte.

Es mag zunächst diejenige Einrichtung beschrieben werden, die bei dem 60 bis 70 Fufs tiefen Einschnitt in der Scheitelstrecke am Dörlbach benutzt wurde.

*) *Civil Engineer and Architect's Journal*. 1846. pag. 219.

Fig. 396 auf Taf. LVIII deutet ungefähr die daselbst getroffene Anordnung an, doch mußte, um die Zeichnung nicht zu weit auszudehnen, die Tiefe des Einschnitts vergleichungsweise zu der Größe der einzelnen Maschinentheile sehr vermindert werden. Eine Kette ohne Endje ist über vier Getriebe oder Polygonal-Walzen gezogen, von denen eine, nämlich die auf dem hohen Ufer befindliche durch einen Pferdegöpel langsam gedreht wird. Die Kette besteht aus zwei Strängen hochkantiger eiserner Glieder, welche durch eiserne Achsen mit einander verbunden sind. Die Achsen sind etwa 2 Fufs von einander entfernt, und eben so groß ist auch die gegenseitige Entfernung der beiden Kettenstränge. Zwischen den Gliedern der letztern und je zwei zunächst belegenden Achsen bilden sich also quadratische Oeffnungen, die in den Seiten zwei Fufs messen.

Jene Getriebe haben vortretende Arme mit Einschnitten, worin sie bei ihrer Drehung die Enden der Achsen sicher fassen, so daß ein Gleiten der Kette nicht stattfinden kann. An je zwei zunächst neben einander befindliche Achsen ist zwischen den Kettengliedern ein dreiseitiger prismatischer hölzerner Kasten gehängt der beim Aufsteigen seine Oeffnung nach oben zugekehrt hat. Seine hintere Seite wird durch eine bewegliche Klappe gebildet, die sich um die entsprechende Achse der Kette dreht. Auf der gegenüberstehenden Seite der Klappe tritt eine elastische Feder vor, die in einen Haken eingreift, der an den Boden des Kastens befestigt ist. Die Klappe bleibt also so lange geschlossen, bis die Feder zurückgeschlagen wird, und sie schließt sich von selbst, wenn der Kasten beim Rückgange sich lothrecht abwärts bewegt, indem sie alsdann mit Heftigkeit zuschlägt und dabei die Feder zurückdrängt.

Außerdem befinden sich an der scharfen, der Kette entgegengesetzten Kante jedes Kastens zwei Rollen, welche beim Ansteigen auf die hohe Dossirung sich auf Bahnen auflegen, und dadurch das zu starke Durchbiegen der Kette und zugleich die zu scharfe Anspannung derselben verhindern.

Die drei untern Getriebe ruhn auf einer beweglichen Rüstung, die jederzeit möglichst nah an die abzustechende Erdwand am Ende des bereits ausgeführten Einschnitts geschoben wird, und in entsprechender Weise wird auch das obere Getriebe mit dem Göpel beim Fortschreiten der Arbeit vorgerückt.

Auf der Sohle des Einschnitts, wie auch auf der Dossirung bis zur Uferhöhe stehn in geringen Entfernungen Arbeiter, welche den Boden, der hier aus Gerölle und weichem Gestein besteht, abstechen und in die mit der Geschwindigkeit von etwa 6 Zoll in der Secunde vorbeiziehenden Kasten hinein warfen. Letztere sind, sobald sie den tiefsten Stand erreicht haben, ganz leer und nehmen über der horizontalen Sohle nur wenig auf, füllen sich aber immer mehr beim Ansteigen der Dossirung. Haben sie endlich die Uferhöhe erreicht, und sich auch so weit darüber erhoben, wie der fernere Transport dieses erfordert, so werden sie von dem Getriebe gefasst, und indem sie sich der senkrechten Richtung nähern, schlägt ein hier stehender Arbeiter die erwähnte Feder zurück, worauf ihr Inhalt ausstürzt. Dieser wurde aber nicht auf den Boden geschüttet, vielmehr mittelst eines Trichters in einem darunter stehenden Eisenbahnwagen aufgefangen.

Bei andern tiefen Einschnitten desselben Canals, wo der Boden aus Erde oder Sand bestand, war die Maschine in sofern vereinfacht, als die Kasten fehlten, und statt derselben die Kette mit einer Decke aus starkem Segeltuch überzogen war, wie Fig. 397 zeigt. Dabei waren auch nur zwei Getriebe angebracht, indem die senkrechte Herabführung der Kette entbehrlich wurde. Bei der Krümmung der Kette strich dieselbe sowohl über der Sohle, wie über der Dossirung in nicht bedeutender Höhe fort, so daß die Arbeiter den abgestochenen Boden bequem aufwerfen konnten. Dieses war hier aber um so leichter, als man nicht einen bestimmten Kasten, vielmehr nur die Decke überhaupt zu treffen brauchte. Zwischen den Achsen bildeten sich beutelförmige Vertiefungen in welche diejenige Erde, welche zunächst auf die Achsen traf, herabfiel. Die Erde durfte aber nicht, wie bei jenen Kasten, auf den untern Theil, vielmehr mußte sie auf den obern Theil der Kette geworfen werden, weil sie sonst beim Uebergange über das obere Getriebe von jenem nicht abgefallen wäre. Die in beiden Figuren angegebenen Pfeile lassen auch erkennen, daß die Richtung der Bewegung hier die entgegengesetzte ist.

Im Sommer 1842 sah ich beide Arten von Maschinen in Thätigkeit, und sie arbeiteten sehr sicher und regelmäfsig. Ich muß aber noch hinzufügen, daß sie nicht nur auf beiden Seiten des Canals aufgestellt werden mußten, sondern daß man sie auch

wiederholentlich durch denselben Einschnitt gehn liefs. Dieses war in sofern nöthig, als man nur diejenige Erde aufwerfen konnte, die am Fufs der hintern Wand des jedesmaligen Einschnittes lag. Bei der zuerst gewählten geringern Tiefe lag also die Erde in gröfser Höhe, und brauchte daher auch nicht so hoch gehoben zu werden, als wenn man sogleich bis zur vollen Tiefe herabgegangen wäre.

Bei keinem Canal ist wohl die Benutzung von Maschinen für Erdarbeiten so weit ausgedehnt worden, als bei dem Suez-Canal, der das Mittelländische mit dem Rothen Meere verbindet. Hier mußte die Handarbeit auf das Minimum beschränkt werden, weil es sowohl an brauchbaren Arbeitern, wie auch an Mitteln zu ihrer Verpflegung fehlte und sonach der Tagelohn mit Einschluß der Nebenkosten eine enorme Höhe erreichte. Ueber die Ausführung der dortigen Erdarbeiten ist wenig bekannt geworden,*) woher nur Nachstehendes darüber mitgetheilt werden kann.

Der Canal ist im Ganzen 21,4 Meilen lang, davon treffen 6,6 Meilen auf dazwischenliegende Seen, in welchen jedoch auf grofse Strecken die beabsichtigte Tiefe unter dem Wasserspiegel des Mittelländischen Meeres nicht vorhanden war, die also noch durch Baggern dargestellt werden mußte. Auf 10,6 Meilen erhob sich der Boden nur wenig über den künftigen Wasserspiegel. Endlich auf 4,2 Meilen Länge war höheres Terrain zu durchschneiden, das stellenweise sogar bis 50 Fufs darüber sich erhob, während die durchschnittliche Höhe 20 Fufs betrug.

Die Tiefe war auf 25,5 Fufs angenommen und die Sohlenbreite auf 70 Fufs. Die Breite des Wasserspiegels sollte bis auf einige im Gebirge ausgehobene Stellen 255 Fufs betragen, während sie in den Seen nicht begrenzt wird. Es waren im Ganzen ungefähr 17 Millionen Schachtruthen zu fördern.

*) In den *Nouvelles Annales de Construction* von Oppermann, Tome VIII, 1862 pag. 5 werden einige Notizen über die beabsichtigte Art der Ausführung mitgetheilt, wie auch Tome XIII, 1867 pag. 134 eine kurze Nachricht über den Fortgang der Arbeiten folgt. Andre Notizen wurden bei Gelegenheit der Eröffnung des Canals veröffentlicht, nämlich von L. Hagen in *Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen* 1870, Seite 217. Auch in den *Annales des Ponts et chaussées* 1870, I. pag. 104 befindet sich ein Aufsatz von Rumeau, der indessen die Technik wenig berührt.

Nach der Mittheilung in den *Nouvelles Annales* soll es ursprünglich Absicht gewesen sein, den ausgehobenen Boden in folgender Weise auf die Ufer zu schaffen.

1. Im Anfange, wenn die Ausgrabung nicht über 15 Fufs tief war, sollten zwei Drahtseile, beide mit solcher Neigung ausgespannt werden, daß je zwei mit einander verbundene Rollen, an welchen die Erdkarren hingen, wie auf schwebenden Eisenbahnen, von selbst darüber liefen. Ueber der Grube waren die beiden Enden der Seile an die Arme eines Hebels befestigt, den man drehn konnte, so daß abwechselnd der eine und der andre Arm sich nach oben richtete. Die leere Karre hing über der Grube an dem untern Seil. Nachdem sie gefüllt war, drehte man den Hebel und nunmehr lief die Karre von selbst auf das Ufer. Dort wurde sie entleert und an die Rollen auf dem andern Seil gehängt, worauf sie wieder nach der Erdgrube zurücklaufen sollte. Von dieser wunderbaren Erfindung, die gewiß wenig Erfolg versprach, ist man wohl bald zurückgekommen.

2. Wenn die Grube tiefer wurde, sollten die Karren durch Menschen herauf- und herabgeschoben werden, jedoch so, wie bei kleineren Erdarbeiten in England geschieht, daß ein um eine Rolle geschlungenes Seil die aufsteigende mit der herabgehenden verbindet.

3. Bei noch größerer Tiefe sollte über der Dossirung eine Kette ohne Ende sich bewegen, die mit einer Decke aus Segeltuch überspannt ist. Auf letzteres wurde die Erde aufgeworfen, die alsdann bei der Bewegung der Kette durch einen Göpel oder eine Locomobile auf das Ufer stieg. Dieses ist dieselbe Einrichtung, die beim Main-Donau-Canal benutzt war.

4. Wenn endlich der Canal sich mit Wasser gefüllt hatte, so sollte der Boden durch einen Dampfbagger ausgehoben und in einer langen Rinne wieder auf jenes Lacken über der Kette ohne Ende ausgeschüttet werden.

Von allen diesen Erfindungen scheint nach den sonstigen Mittheilungen keine einzige angewendet zu sein, oder wenn dieses geschehn, ist man wohl sehr bald davon zurückgekommen.

Um den Boden durch Maschinenkraft abzustechen und zugleich zu heben, wurde eine Anzahl Excavatoren angeschafft, die auch einige Zeit hindurch arbeiteten, deren Leistungen aber dennoch

nicht befriedigten, woher schliesslich der überwiegend grösste Theil der Erdarbeit durch Dampfbagger ausgeführt wurde. Das auf diese Weise gehobene Material konnte indessen nur, wenn es aus den Seen selbst oder unmittelbar daneben gewonnen war, in diese verstrzt werden. Mehrfach stellte man auf die Prahme Kasten, welche durch die Bagger gefüllt und alsdann durch Dampfkrahne einzeln gehoben und entleert wurden. Vorzugsweise förderten aber die Bagger selbst das Material bis auf die Ufer. Die Anordnung der Baggermaschinen war dabei die sonst in Frankreich übliche, und unterschied sich nur dadurch, dass die Eimerleiter übermächtig lang und die Erde bis 45 Fufs über den Wasserspiegel gehoben wurde. Von hier fiel sie in eiserne Rinnen von halbkreisförmigem Querschnitt und nahe 5 Fufs Weite. Dieselben waren bis 220 Fufs lang, und reichten mit schwacher Neigung bis über das Ufer. Sie waren nicht nur mit den Baggern verbunden, sondern ruhten ausserdem auf Prahmen und waren gegen das Einbiegen durch gitterförmige Träger unterstützt, Um aber die Erde oder den Sand bei der schwachen Neigung dieser Rinnen bis zum Ufer zu führen, liess man die Eimer zugleich grosse Wassermassen schöpfen, die eine kräftige Strömung veranlassten. Zuweilen stellte man zu diesem Zweck auch besondere Pumpen auf, während in andern Fällen gewisse Schaufelwerke, ähnlich den im ersten Theil dieses Handbuchs §. 45 beschriebenen und Fig. 258 dargestellten, eingerichtet waren, welche das Material über die ganze Länge der Rinne fortschoben.

Im Allgemeinen grub man den Boden bis etwa 6 Fufs unter den Spiegel des Mittelländischen Meeres aus, und beseitigte auf Eisenbahnen das gehobene Material. Hierauf wurde aber das Wasser hineingelassen und die Bagger in Thätigkeit gesetzt. Um letztere noch früher benutzen zu können, hatte man den aus dem Nil gespeisten Süßwasser-Canal, der theils zur Verpflegung der Arbeiter, und theils zur Erleichterung des Transports längs der Canallinie geführt werden musste, auf das höhere Plateau am Serapeum geleitet, und durch denselben einen Wasserstand gebildet, der sich 19 Fufs über den Spiegel des Mittelländischen Meers erhob. In dem so gebildeten Bassin arbeiteten acht Dampfbagger. Nachdem diese aber die zunächst erforderliche Tiefe gebildet hatten, stellte man die Verbindung mit der anschliessenden Canal-

strecke dar, worauf die Baggerung von dem gesenkten Niveau aus fortgesetzt werden konnte.

Die $3\frac{1}{2}$ Meilen lange Strecke vom kleinern Bittersee bis zur Ebne vor Suez mußte man im Trocknen und durch Handarbeit ausheben, weil hier vielfach Bänke eines festen Kalksteins vorkommen, die zum Theil sich über den Wasserspiegel des Meeres erhoben.

Die Arbeiten an diesem Canal in Verbindung mit den beiderseitigen Hafenanlagen wurden am 25. April 1859 begonnen, bei der feierlichen Eröffnung am 17. November 1869 war der Canal aber noch keineswegs in den beabsichtigten Dimensionen ausgeführt. Die bei dieser Gelegenheit zugelassenen Schiffe durften keinen größern Tiefgang als von 15 Fufs haben, und es fehlte nicht nur an Tiefe, sondern auch an der beabsichtigten Breite, so wie auch in vielfachen andern Beziehungen noch Ergänzungen und Nacharbeiten nöthig waren. Wichtig ist es aber, dafs bald darauf die Preussische Corvette Arcona bei 17 Fufs Tiefgang bis ins rothe Meer hindurchlief, ohne irgend wo den Grund zu berühren.

Dafs man bei Ausführung tiefer Einschnitte sehr vorsichtig sein muß, um das Einstürzen der Dossirungen nicht zu veranlassen, ist bereits erwähnt. Im Allgemeinen wird diese Gefahr um so gröfser, je höher die Dossirung ansteigt. Der Grund dafür ist zum Theil in der zunehmenden Wahrscheinlichkeit zu suchen, dafs irgend welcher Bruch im Boden vorhanden ist, der das Herabgleiten der gelösten Masse erleichtert. Demnächst vermindert sich die Wirkung der Cohäsion, welche kleinere Theile genügend verbindet, sobald es sich um die Erhaltung des Gleichgewichts in großen Massen handelt. Die Cohäsion ist nämlich der Ausdehnung der Bruchfläche proportional, steht daher in constantem Verhältnifs zur Höhe bei gegebener Breite, wogegen das Gewicht der in derselben Breite gelösten Masse dem Quadrat der Höhe entspricht. Die Gefahr wächst also bei zunehmender Höhe. Aufserdem kommt auch die durch den stärkern Druck vermehrte Wirkung des Wassers in Betracht, und endlich ist der Schaden beim Einsturz einer hohen Dossirung viel nachtheiliger und ausgedehnter, als einer niedrigen, und die Wiederherstellung wird kostbarer und zeitraubender.

Aus diesen Gründen pflegt man im aufgeschwemmten Boden die hohen Dossirungen, wenn sie auch in den einzelnen Absätzen

keine sanftere Neigung erhalten, doch durch horizontale Bankete zu unterbrechen, wodurch sie im Allgemeinen bedeutend flacher werden. Diese Bankete sind 3 bis 6 Fufs breit und liegen in vertikalen Abständen von 6 bis 10 Fufs übereinander. Ihre Wirkung besteht darin, daß sie den Druck des darüber liegenden Bodens von der äußern Fläche entfernen.

Der Einfluß der größern Höhe ergibt sich selbst bei gewachsenem Boden noch aus einer andern einfachen Betrachtung. Jedes Baumaterial, wie fest es auch sein mag, trägt sich nämlich bei prismatischer Form nur bis zu einer gewissen Höhe, die seiner rückwirkenden Festigkeit entspricht. Sobald man eine größere Höhe einführt, so werden die untern Schichten zerdrückt. Bei einem Einschnitt in festem Felsen, der für geringe Höhen gar keiner Böschung bedarf, würde augenscheinlich dasselbe geschehn, sobald man ihn übermächtig tief senkrecht eingeschnitten hätte. Wenn diese Grenze auch nie erreicht wird, so ist die Festigkeit des Gesteins in einzelnen Schichten doch oft so geringe, daß sie dem Druck nicht Widerstand leistet, während sie hinreichende Tragfähigkeit besaß, als der Druck sich noch auf die ganze Masse übertrug, die früher den Einschnitt füllte.

Am geringsten ist die Gefahr, wenn der Einschnitt in einer zusammenhängenden Felsmasse dargestellt wird. Man giebt der Böschung alsdann nur eine geringe Anlage, die zuweilen noch nicht der halben Höhe gleichkommt. Wenn indessen die ganze Masse auch fest verbunden, und eine Trennung derselben im Innern, oder das Lösen einzelner Theile undenkbar ist, so bleibt dennoch zu untersuchen, ob die entblößte Felswand dem Einfluß der Witterung Widerstand leisten wird. Es geschieht nicht selten, daß ein Gestein, in welchem die Bergfeuchtigkeit noch eingeschlossen ist, einen innigen Zusammenhang zeigt, und so fest ist, daß man durch Sprengen mit Pulver nur kleinere Massen davon lösen kann. Sobald es aber der Witterung ausgesetzt, bald trocken, bald naß wird, und in diesem Zustande auch der Einfluß des Frostes hinzukommt, so nimmt häufig die Oberfläche ein ganz andres Ansehn an, und es lösen sich nicht nur kleine Brocken, sondern es bilden sich auch tief eingreifende Risse, die zur Trennung größerer Massen Veranlassung geben. Dieser Fall ereignet sich oft in manchen Kalksteinen, in Grauwacke, im Sand-

stein und andern Gebirgsarten. Die Folge davon ist aber, daß sich von selbst eine flache Dossirung bildet, die sich immer weiter ausdehnt, bis sie endlich so wenig geneigt ist, daß die gelösten Theile nicht mehr herabfallen. Bei manchen Französischen Canälen hat man in dieser Weise nachträglich sehr bedeutende Aenderungen einführen müssen.

Um solchem Mißgriff vorzubeugen, ist es am passendsten, vor der Ausführung der Sprengungsarbeiten, in der Richtung des Einschnitts, Schachte herabzutreiben, und das dabei gewonnene Material frei liegend der Witterung, und dem Frost auszusetzen, und vergleichungsweise gegen einzelne Stücke, die man im frühern Zustande zu erhalten sucht, die Abnahme der Festigkeit zu beobachten.

Daß bei weichem Gestein, oder solchem, das leicht verwittert und zerklüftet, wenn es beim Brechen auch einige Festigkeit zeigen sollte, noch größere Vorsicht nöthig ist, um das Hineindringen des Wassers möglichst zu verhindern, bedarf kaum der Erwähnung. Man giebt demselben nicht nur eine solche Dossirung, daß die gelösten Brocken darauf ziemlich sicher liegen, sondern außerdem bringt man darauf auch noch Bankete an, um die herabfallenden Massen aufzufangen.

Bei geschichtetem Gestein, und namentlich beim Thonschiefer, muß man auf die Neigung der Schichten sehr aufmerksam sein, denn wenn dieselben nach dem Einschnitte abfallen, so verwandelt sich leicht die schon vorhandene Fuge in eine Bruchfuge und die ganze darauf ruhende Steinmasse gleitet herab. Der Thon, welcher sich gemeinhin ziemlich rein in den Fugen des Thonschiefers abgesetzt hat, wirkt, wenn Wasser hinzutritt und ihn erweicht, sogar wie eine Schmiere, wodurch die Bewegung noch befördert wird. Dergleichen Bergstürze kommen nicht selten und selbst bei Straßenbauten vor. Man wird also, wenn die Schichten in einer Richtung stark geneigt sind, die ungefähr normal gegen die des Einschnitts liegt, diejenige Dossirung, in welcher die Schichten abfallend austreten, eben so flach, wie die Neigung der Schichten, anlegen müssen, während auf der andern Seite, wo die Köpfe der Schichten austreten, die Neigung viel steiler bleiben kann. Solche Ungleichmäßigkeit der beiderseitigen Böschungen eines tiefen Einschnitts stellt sich nachträglich von selbst dar, wenn man

sie nicht bei der Ausführung schon vorgesehn hatte. Wenn dagegen die Schichten nur flach geneigt sind, aber wieder nach dem Einschnitt abfallen, so muß man auf andre Weise einem möglichen Absturz vorzubeugen suchen. Hierzu dienen zum Theil starke Futtermauern, oder auch wohl nur einzelne Strebepfeiler, vor Allem ist es aber nöthig, den Eintritt des Wassers in die Fugen zu verhindern, denn wenn dieses den darin befindlichen Thon erweicht, so kann selbst bei sehr geringer Neigung die Bewegung eintreten. Dabei ist noch zu bemerken, daß diese Bewegungen gewöhnlich nicht sogleich erfolgen, vielmehr oft mehrere Jahre hindurch das Gleichgewicht besteht, und keine Erscheinung auf eine Gefahr schliessen läßt, während plötzlich und namentlich nach anhaltendem Regen, oder beim Schmelzen großer Schneemassen, die Böschungen herabgleiten und einstürzen. Dieser Umstand zeigt augenscheinlich, welchen großen Einfluß auf diese Erscheinung das Wasser ausübt.

Ablagerungen von Kies und festen Steinbrocken lassen am wenigsten eine Gefahr besorgen, indem die einzelnen Steinchen sich sicher stützen und außerdem auch das Wasser dazwischen leichten Abfluß findet. In ähnlicher Art verhält es sich auch mit reinem Sande, der zwar eine flache Böschung erfordert, aber wenn nur diese Bedingung erfüllt ist, keine Bewegung annimmt. Das eindringende Wasser befeuchtet ihn zwar, es dringt indessen mit Leichtigkeit weiter herab, und wo es an der äußern Dossirung zum Vorschein kommt, geschieht dieses nicht in starken Adern oder Quellen, sondern es zeigt sich nur ein schwaches Durchsickern, das keine Besorgniß erregt. Gelingt es aber, die schräge Fläche noch zu bepflanzen, so wird die Besorgniß beseitigt, daß der äußere Sand herabgetrieben werden möchte.

Dieses günstige Verhältniß besteht aber nur, wenn der Einschnitt aus reinem Sande besteht, oder wenn demselben ein sehr geringer Thongehalt gleichmäßig beigemischt ist. Befinden sich aber in der Sandablagerung Thonschichten, wie dieses häufig geschieht, so gehört der Boden zu den gefährlichsten, die es überhaupt giebt, weil starke Quellen sich darin zu bilden pflegen. Das Wasser kann, indem es herabsinkt, die Thonschichten nicht durchdringen, sammelt sich also auf diesen an, fließt über sie fort, und wo es zu Tage tritt, verwandelt es den darüber liegenden Sand

in Triebssand, den es in großen Massen herausreißt. Diese Erfolge zeigen sich auch noch, wenn die Dossirungen sehr flach sind. Zu den Erdstürzen, die sich alsdann ereignen, trägt aber die Erweichung des Thones wahrscheinlich wesentlich bei, indem sie alle Bewegungen erleichtert. Man überzeugt sich auch, daß die Anbringung von Futtermauern, wenn sie nicht so stark sind, daß sie dem Druck der ganz mit Wasser gefüllten Erde Widerstand leisten können, wenig Vortheil versprechen. Indem aber das Wasser unter der Mauer fort sich einen Ausweg sucht, so gefährdet es noch in anderer Weise die Stabilität derselben. Wollte man unter solchen Verhältnissen, wo nämlich große Wassermassen vordringen, die Mauer mit Durchfluß-Oeffnungen versehen, so würde dadurch eine Menge Sand mit herausgetrieben werden. Man pflegt allerdings dieses Mittel zuweilen anzuwenden, doch sucht man alsdann durch Steinschüttungen hinter der Mauer das Durchfließen des Sandes möglichst zu verhindern. Vielfach, und oft mit günstigem Erfolg, hat man die abstürzenden Dossirungen durch Drainirung oder Anlage von Sickergräben (Theil I §. 29) haltbar gemacht. Das wirksamste Mittel, welches man gegen solche Quellenbildung anwenden kann, besteht darin, daß man das Wasser schon abfängt, ehe es in den Boden eindringt. In manchen Fällen erreicht man dieses durch offene Abzugsgräben, liegen die Quellen aber in größerer Tiefe, so genügen solche nicht mehr, und von ihrer Ableitung durch Artesische Brunnen, wie zuweilen vorgeschlagen, darf man sich im Allgemeinen wenig versprechen. Es bleibt alsdann nur übrig, dem Wasser an derselben Stelle, wo es bisher hindurchdrang, einen freien Abfluß zu eröffnen. Am Canal von Charleroy war der Wasserzudrang in den hohen Dossirungen so stark, daß unter dem Druck desselben der erweichte Boden flüssig wurde und die Leinpfade in den Canal gedrängt wurden. Man versuchte die Canalufer durch Bohlwerke zu halten, und da die Bewegung sich dennoch fortsetzte, so verstreute man einzelne der beiderseitigen Bohlwerkspfähle durch Spannriegel gegen einander, unter welchen die Schiffe hindurchfahren. Dennoch genügte auch dieses nicht, die Spannriegel zerbrachen. Endlich entschloß man sich, im Fuß der Dossirung in Abständen von 64 Fuß tiefe Stollen einzutreiben. Indem das Wasser in diesen offenen Abfluß fand, blieben die Dossirungen endlich unversehrt.

Dieses Eintreiben von Stollen ist indessen sehr kostbar. Watson hat dafür ein andres Verfahren angenommen, das auch sowohl auf der London-Birmingham-Bahn, wie auf der Croydon-Bahn in Ausführung gebracht ist.*) Dasselbe stimmt mit den üblichen Bohrmethoden in aufgeschwemmtem Boden überein, und unterscheidet sich davon nur in sofern, als die Bohrlöcher nicht lothrecht abwärts, sondern horizontal, und sogar etwas ansteigend gebohrt werden. Es dient hierzu eine Maschine, die in den erwähnten Fällen auf einem Wagen stand, die aber bei Canälen auf ein Fahrzeug gestellt werden kann. In diese Bohrlöcher werden gufseiserne Futterröhren eingetrieben, deren Wände an der obern Hälfte durchlöchert sind. Diese Löcher sind aber auswärts sehr enge, und erweitern sich stark nach innen, woher sie sich nicht verstopfen können. Sollte aber durch sie Sand in die Röhren treiben, so würde derselbe, da er auf die untre glatte Röhrenwand fällt, mit dem Wasser zugleich herausfließen, oder man könnte ihn leicht durch gewisse einfache Vorrichtungen daraus entfernen. Die Sperrung der Röhren ist daher nicht zu besorgen.

Der reine Thonboden und eben so auch der weiche Mergel sind gleichfalls bei Ausführung tiefer Einschnitte höchst bedenklich, und in mancher Beziehung sogar noch gefährlicher, als Sand mit abwechselnden Thonlagen. Es tritt nämlich hierbei eigentlich niemals ein sichres Gleichgewicht ein. Der Thon verwandelt sich in der Nässe, so weit diese eindringt, in eine zähe Flüssigkeit, die unter keiner Dossirung sich erhält, sondern das Bestreben hat, jeden auch noch so sanften Abhang herabzufließen. In trockner Jahreszeit dagegen zerklüftet sie, und zerfällt in kleine Theilchen, die gleichfalls herabrollen, oder vom Regen herabgespült werden. Dabei pflegt sowohl auf dem reinen Thon, wie auf dem Mergel eine kräftige Vegetation sich nicht zu bilden, und die Oberfläche bleibt immer dem Einflaß der Witterung ausgesetzt, und bald trocken, bald flüssig fallen einzelne Theile derselben herab. Der größte Uebelsand tritt indessen ein, wenn gröfsere Wassermassen hineindringen. Dieser Zustand läfst sich jedoch gemeinhin vermeiden, wenn man für die gehörige Ableitung des Wassers sorgt. Der Boden ist nämlich an sich sehr wasserdicht, und man

*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1844. pag. 49 u. 66.

kann daher das Regenwasser, selbst bei mäsigem Gefälle der Abzugsgräben, noch sicher ableiten, ohne dafs es sich stark hineinzieht.

Der Oureq-Canal wurde bei Bondy, in der Nähe von Paris, durch einen etwa 45 Fufs tiefen Einschnitt in Mergelboden geführt. Bei der grofsen Eile, womit der Bau begonnen war, hatte man die Schwierigkeit dieses tiefen Einschnitts in solchem Boden ganz unbeachtet gelassen, und sogar beim Beginn der Arbeiten den beiderseitigen Dossirungen nur eine einfache Anlage und keine Bankete gegeben. Es traten sehr bald so bedenkliche Bewegungen ein, dafs dem Anschlage, der erst später aufgestellt wurde, schon flachere Dossirungen, nämlich mit $1\frac{1}{2}$ facher Anlage zum Grunde gelegt sind. In dieser Weise kam der Einschnitt zur Ausführung. Man mußte indessen fortwährend die herabgestürzten Erdmassen beseitigen, und die Dossirungen abgraben, sobald sie überwichen, woher schon 1816 die Böschungen eine 3fache Anlage angenommen hatten, in denselben wurden damals mehrere Bankete angebracht. Auch diese Abflachung zeigte sich jedoch als ungenügend. Im Jahr 1823 war der Canal stellenweise mit hölzernen Bohlwerken eingefafst, die jedoch oft so nahe an einander geschoben waren, dafs sie die Schifffahrt sperrten. Man hatte daber hin und wieder starke Pfähle davor gerammt, und diese gegen einander abgesteift, so dafs die Schiffe wieder unter den Spannriegeln hindurch geschoben wurden. Man war damals auch damit beschäftigt, die Dossirungen noch flacher zu machen. Sie erhielten zum Theil eine vierfache Anlage und wurden auferdem in senkrechten Abständen von 6 Fufs mit Banketen von 6 Fufs Breite versehen. Nach spätern Mittheilungen scheint aber selbst diese flache Neigung noch nicht genügt zu haben, so lange der Boden stark mit Wasser durchzogen blieb. Eben so wenig zeigte sich noch ein günstigerer Erfolg, als man die Dossirung mit einer Steindecke oder einem Perré verkleidete. Dagegen sollen die Ufer keine weitere Bewegung gemacht haben, nachdem man endlich für die Abführung des Regenwassers gesorgt hat.

Das Ausweichen hoher Dossirungen wird oft noch dadurch befördert, dafs man die aus dem Durchstich gewonnene Erde zur Vermeidung weitrer Transporte unmittelbar dahinter ablagert. In dem letzterwähnten Beispiel war man bald hierauf aufmerksam ge-

worden, und hatte daher schon bei den ersten Abflachungen die Erde weit zurückfahren und ausbreiten lassen. Man muß aber selbst bei festem Untergrunde dafür sorgen, daß der Abraum nicht unmittelbar an den obern Rand der Dossirung geworfen wird, vielmehr wenigstens noch einige Ruthen weit davon entfernt bleibt, wodurch schon das Aufbringen der Erde erleichtert wird. Solche geringe Abstände genügen aber keineswegs bei zweifelhaftem Boden und bei hohen Ablagerungen, man ist vielmehr gezwungen, mit diesen noch weiter zurückzugehen, und außerdem die Aufschüttungen so flach zu dossiren, daß sie nicht etwa selbst in Bewegung kommen.

Eine andre Vorsicht, die bei der Ablagerung der ausgehobenen Erde am Rande eines Einschnitts nicht unbeachtet bleiben darf, bezieht sich wieder auf die Entwässerung. Eines Theils darf der Abraum nicht etwa die Entwässerung des natürlichen Bodens verhindern. Dieses könnte geschehn, wenn das Terrain nach der vom Einschnitt abgekehrten Seite abfiel, so daß zwischen der Anschüttung und der Dossirung des Einschnitts das Regenwasser keinen Abfluß fände, sich also hier ansammeln und so weit es nicht verdunstet, in den Boden einziehn müßte. Um dieses zu vermeiden, werden, so oft es nöthig ist, unter der Auftragerde, und bevor diese aufgebracht wird, an passenden Stellen überdeckte Gräben angelegt, und zugleich wird dafür gesorgt, daß diesen das Wasser unbehindert zufließt. Andern Theils darf man auch nicht unbeachtet lassen, daß die frisch aufgeschüttete Erde, alles Regenwasser, welches darauf fällt, selbst einzieht, und wenigstens Anfangs, so lange ihre Oberfläche durch Nachsinken oder Verschlammung noch nicht gedichtet ist, dieses Wasser bis auf die frühere Oberfläche herabdringt. Damit es sich hier aber nicht ansammelt und zu neuen Quellen in der Dossirung Veranlassung giebt, empfiehlt es sich, auf der ganzen zu überschüttenden Fläche ein vollständiges Netz von Sickergräben einzurichten, was gemeinlich nur mäßige Kosten verursacht. Endlich muß man aber auch der aufgeschütteten Erde geeignete Dossirungen geben, damit das Regenwasser, wenn es sich nicht sogleich einzieht, abfließen kann. Ob die Entwässerung nach dem Durchstich, oder nach der entgegengesetzten Seite stattfinden soll, hängt von dem allgemeinen Gefälle des Bodens ab, aber jedenfalls muß das Wasser möglichst sicher

und schnell aus der Nähe der Dossirungen entfernt werden. Ein Ableitungsgraben ohnfern des obern Randes der Dossirung, der mit möglichst starkem Gefälle das Wasser ableitet, ohne in den Einschnitt selbst auszumünden ist in diesem Fall besonders wichtig, oft ist man auch gezwungen, hinter dem Erdhaufen einen zweiten ähnlichen Graben auszuführen.

Auffallend ist es, daß die Bewegungen der Dossirungen in tiefen Einschnitten sich häufig in der ersten Zeit gar nicht zu erkennen geben, vielmehr oft erst im nächsten Jahre eintreten, zuweilen aber auch noch später. Die Einstürze wiederholen sich aber alsdann lange Zeit hindurch, namentlich nach heftigem Regen oder nach dem Schmelzen großer Schneemassen, sie hören vielleicht auch niemals auf, wenn man die Dossirungen immer in gleicher Weise wieder herstellt. Man will aber bemerkt haben, daß die Erdstürze durch die Anfüllung des Canals mit Wasser beschleunigt werden, und man sonach bei einer Canalanlage früher ein sichres Urtheil über die Festigkeit der Dossirungen gewinnt, als wenn in dem Einschnitt eine Eisenbahn liegt. Bei dem unverkennbaren Einfluß des Wassers auf die ganze Erscheinung ist diese Verschiedenheit auch leicht zu erklären.

Die Dossirungen hoher Anschüttungen sind ähnlichen Gefahren, wie die der Einschnitte ausgesetzt, und bei beiden kommen ungefähr gleiche Erscheinungen vor. Ein wesentlicher Unterschied findet indessen insofern statt, als im künstlichen Damm die Abstürzungen früher eintreten und aufhören, als in der neuen Dossirung einer natürlichen Erdablagerung. Wenn der Damm auch lange Zeit hindurch sich setzt, und an Höhe verliert, so pflegt die Besorgniß wegen seiner Dossirungen schon etwa nach einem Jahr vollständig verschwunden zu sein. Dieses erklärt sich leicht durch seine isolirte Lage, indem keine Quellen und große Wassermassen hineintreten können, er daher in kurzer Zeit austrocknet und auch später dauernd trocken bleibt. Wenn dagegen der Damm einen Canal tragen soll, so ändert dieses Verhältniß sich wesentlich, und um den Zufälligkeiten zu begegnen, die alsdann besorgt werden müssen, kann die Vorsicht kaum zu weit getrieben werden, namentlich wenn die Dämme sehr hoch sind. Es begründet sich alsdann die Regel, daß der Damm sich vollständig gesetzt haben muß, und keine Bewegung mehr zeigen darf, wenn das Canalbett

auf ihm zugerichtet wird, weil dieses sonst nicht wasserdicht bleiben würde. Augenscheinlich würden aber alle Gefahren, denen unter den ungünstigsten Umständen die Dossirungen der Einschnitte ausgesetzt sind, sich bei den Dämmen wiederholen, wenn große Wassermassen fortwährend in sie eindringen könnten.

Das Aufbringen der Erde in dünnen Schichten, so wie das starke Abrammen derselben, um das spätere Setzen auf das geringste Maafs zu beschränken, ist besonders in diesem Fall dringend nöthig. Die Anwendung flacher Dossirungen empfiehlt sich aber theils, um den Bewegungen derselben zu begegnen, und theils auch um das Gewicht des ganzen Dammes auf eine größere Grundfläche zu vertheilen, und dadurch das Einsinken der Thalsohle zu mäfsigen, falls dieselbe aus nachgebendem Boden besteht.

Die Bewegungen, welche die Dossirungen der Dämme machen, stimmen übrigens mit denen der Einschnitte überein. Wenn in der Dossirung selbst eine Verschiebung leicht möglich ist, so findet ein Herabgleiten großer Massen, und zwar über eine cylindrische Bruchfläche statt. Der gelöste Theil, der die Form eines Abschnittes von einem Cylinder hat, senkt sich oben sehr stark, und bewegt sich gegen sein unteres Ende mehr seitwärts, die Böschung, welche ursprünglich von oben bis unten dieselbe war, wird daher oben steiler und verschwindet oft ganz, während sie unten sehr flach wird. Die Erscheinung ist genau dieselbe, die auch bei Abbrüchen der Fluszufer sich fast jedesmal wiederholt (§. 8). Vor dem Eintreten der Bewegung giebt sich die Ausbildung der Bruchfläche schon durch das Entstehn senkrechter schmaler, aber tiefer Spalten am obern Ende der gelösten Masse zu erkennen. Oft vergeht eine geraume Zeit, nachdem man diese bemerkt hat, bevor die Bewegung wirklich erfolgt. Sobald dieses aber geschieht, so zerfällt natürlich der seitwärts geschobene untere Rand, und bildet einen wellenförmig vortretenden Erddamm. Die steile Dossirung am obern Rande derjenigen Erdmasse, die an der Bewegung keinen Theil genommen hat, kann sich natürlich nicht lange erhalten und stürzt daher bald nach.

Wesentlich verschieden ist die Erscheinung, die bei dem bloßen Setzen des Dammes eintritt, wobei kein Theil sich von dem nächst belegenen ablöst und gegen denselben verschiebt. Die Dossirungen bleiben auch in diesem Fall nicht unverändert, doch ist ihre Form-

veränderung gemeinhin so geringe, daß man sie bei der üblichen Rasenbekleidung kaum mit Sicherheit wahrnehmen kann. Man bemerkt sie aber sehr deutlich, wenn die ganze Dossirung mit einer Steindecke oder einem Perré regelmässig verkleidet war. Dieses pflegt nämlich nach aussen auszubauchen, so daß die Dossirung oben flacher, unten dagegen etwas steiler wird.

Endlich ist häufig der Untergrund nicht fest genug, um das Gewicht des Dammes zu tragen, er giebt also unter der starken Belastung nach und senkt sich. Hierbei pflegt oft nicht sowohl eine Compression des Bodens einzutreten, als vielmehr ein Ausweichen desselben. Namentlich geschieht dieses im weichen und morastigen Untergrunde. Sobald der Damm in ihn eindringt, erheben sich die Wiesenflächen am Fuße der Dossirungen, und steigen oft als langausgedehnte Rücken, in der Breite von mehreren Ruthen, einige Fuße hoch über den Horizont der ursprünglichen Thalfläche. Bei einer solchen Veränderung des Untergrundes verschiebt sich augenscheinlich die Masse desselben, indem sie aus der Mittellinie des Dammes sich nach beiden Seiten hin bewegt. Gewöhnlich wird in diesem Fall das Bette eines Baches durchschnitten, und wenn man, um letztern nicht zu sperren, hier einen Durchlaß erbaut hat, so nimmt derselbe an der Bewegung des Untergrundes Theil und wird der Länge nach zerrissen. Auch wenn man zu größerer Vorsicht den Durchlaß auf einen Pfahlrost gestellt hat, werden die Pfähle desselben von der bewegten Erde gefaßt und nach beiden Seiten hin übergeschoben. Ein Fall dieser Art wiederholte sich an einer hohen Dammschüttung, über welche der Main-Donau-Canal geführt wurde.

Nach dem ursprünglichen Project sollte das sehr tiefe Thal des Distelbaches bei Burghann, ohnfern des Städtchens Altdorf, durch einen Brückencanal überspannt werden. In dem damals veröffentlichten Project ist dieser Bau auch in der Seitenansicht und im Grundriß dargestellt. Fünf Bogen, jeder von 50 Fuß Weite waren nach dem Entwurf auszuführen, und nach derselben Zeichnung liegt der Canal sehr genau 100 Fuß über dem Distelbach. Ehe man jedoch zur Ausführung dieses Bauwerks kam, hatte man schon die Ueberzeugung gewonnen, daß die Anschlagssumme für den ganzen Canal weit überschritten werden würde, und indem man auf möglichste Ersparungen Bedacht zu nehmen sich gezwungen

sah, so meinte man, daß der Uebergang über den Distelbach und eben so auch die Uebergänge über die Thäler des Kellerbachs und Grubenbachs hierzu Gelegenheit boten, wenn man statt der veranschlagten Brücken, Dammschüttungen wählte. Alle drei Bäche kreuzen die Scheitelstrecke des Canals, welche nahe 4 Meilen lang ist und alle Unebenheiten des Bodens zu beiden Seiten der Wasserscheide überschreitet. Die beiden letztbenannten Thäler sind etwas weniger tief, als das des Distelbachs, nichts desto weniger erforderten auch sie hohe Dammschüttungen. Das Material zu diesen Dämmen lieferten die Einschnitte, die hier vielfach vorkamen, und die, wenn auch weniger tief, doch der Länge nach viel ausgedehnter, als die Dämme waren. Der gewonnene Boden bestand aber aus einem weichen Kalkstein, zur Formation des Keupers gehörig, der beim Brechen noch einige Festigkeit hatte, oft sogar nur mühsam gelöst werden konnte, der aber an der Luft in feine Blättchen oder Schuppen zerfiel, die beim Zutritt von Wasser dieses einsogen und sich in eine breiartige Masse verwandelten.

Dieses war das Material, woraus man die 100 Fufs hohen Dämme schüttete, die den Canal tragen sollten. Bei der Schüttung selbst wurde wieder der Kostenpunkt berücksichtigt, und in gleicher Art, wie bei Eisenbahn-Anlagen, das Material auf provisorischen Bahnen angefahren und von der Krone aus verstützt. Alle drei Dämme waren auf solche Weise im Jahr 1841 dargestellt. Im folgenden Jahr, als ich sie sah, und der Canal contractlich der Schiffahrt eröffnet werden sollte, war ihr Zustand höchst bedenklich.

Sie hatten starke Bewegungen gemacht, sich sehr gesetzt und in den obern Theilen ihre Dossirungen verloren, während unten die Schlammmassen etwa 50 Fufs breit vor den Fufs der Schüttung über die Thalsole gequollen waren. Einzelne Häuser im Dorf Burgthann standen in augenscheinlicher Gefahr, von der noch keineswegs zum Stehn gekommenen Masse erreicht und verschüttet zu werden. Der massive Durchlaß, der den Distelbach abführt, war auf einen Pfahlrost gegründet. Seine lichte Höhe betrug 6 Fufs und seine Breite 8 Fufs, indem man darin noch einen Fufspfad angelegt hatte. Seine Länge maafs etwa 500 Fufs und an jeder Seite schloß ihn ein starkes Mauerwerk mit Flügeln ein. Dieser Durchlaß war in der Mitte auseinander gerissen, so daß eine 9 Zoll weite Fuge sich quer hindurchzog. Aus Besorgniß, daß

die Fuge sich noch mehr erweitern und die Erdmasse in den Durchlaß dringen und denselben verstopfen möchte, hatte man der Länge nach ein Anker aus zusammengeschrobenen starken Eisenstangen hindurchgezogen, das die beiden gegenüberstehenden Stirnmauern verband. Dieser Anker hatte sich unter dem zunehmenden Druck so scharf gespannt, daß er beim Aufschlagen wie eine Saite vibrirte.

Die Schüttungen in den Thälern des Keller- und Grubenbachs waren wegen der geringern Höhe weniger verwüstet und man machte den Anfang, sie wieder zu reguliren und das Canalbette darin vorzurichten. Man überzeugte sich indessen, daß in der letzten Beziehung von dem ursprünglichen Project abgegangen werden müsse, denn bei dem erfolgten Setzen des Dammes und beim Absinken des obern Theils der Dossirungen hätte man sehr bedeutende Schüttungen noch aufbringen müssen, um das frühere Profil wieder herzustellen. Um dieses zum Theil wenigstens zu vermeiden, entschloß man sich, den Canal auf dem Damme bis auf 24 Fufs zu verengen und ihn mit senkrechten hölzernen Wänden einzufassen. Man hatte daher Rammen aufgestellt, und trieb Bohlwerkspfähle ein. Wenn diese auch anfangs bei der fortgesetzten Bewegung der Dämme noch überwichen, so lagerte sich doch endlich die ganze Masse fester ab, und indem man auch für möglichste Dichtung des Canalbettes sorgte, konnte nach einigen Jahren das Wasser eingelassen und die Schifffahrt eröffnet werden.

§. 88.

Dichtung der Canäle.

Obwohl die Ausführungen beim Dichten der Canäle nur in einer Vervollständigung der Erdarbeiten bestehn, also wesentlich zu diesen gehören, so schien es bei ihrer großen Wichtigkeit doch nothwendig, sie besonders und im Zusammenhang zu behandeln. Bereits oben (§. 85) sind manche Vorsichtsmaafsregeln bezeichnet, die hierauf Bezug haben, und schon bei Gelegenheit der Filtration wurde mitgetheilt, welche außerordentliche Wasserverluste in manchen Canalstrecken vorkommen, wodurch nicht nur die Schifffahrt gestört, sondern auch die Umgebungen versumpft und in andrer Weise geschädigt werden.

Es ergibt sich hieraus, wie wichtig es ist, Mittel zu besitzen, wodurch man solchen Uebelständen sicher vorbeugen und das Wasser zurückhalten kann. Dergleichen giebt es verschiedene, die im Wesentlichen auf eine kleine Anzahl sich reduciren, wobei aber doch manche Verschiedenheiten vorkommen, die nicht ohne Bedeutung sind. In einzelnen Fällen zeigt sich das eine Verfahren, in andern ein anderes vortheilhafter, während das erste entweder erfolglos oder zu kostspielig ist. Die verschiedenartige Beschaffenheit des Untergrundes ist augenscheinlich die wichtigste Rücksicht, die man bei der Wahl der Mittel zu beachten hat, indem sie aber auch auf die Filtration den wesentlichsten Einfluss ausübt, so kann man oft aus der letztern auf die Bodenbeschaffenheit schliessen, und durch Beobachtung des Wasserverlustes schon zu der Ueberzeugung gelangen, dass an einer Stelle vielleicht ein einfaches Verfahren genügt, während an einer andern kräftigere Mittel angewendet werden müssen.

Oft giebt der bloße Augenschein schon Gelegenheit, die undichtesten Stellen zu erkennen. Wenn sehr starke Wasseradern aus einzelnen Punkten austreten, so zeigt dieses der Wasserspiegel an, indem er über der Oeffnung, welche die großen Massen verschluckt, eine Einsenkung, oder diejenige Erscheinung bemerken lässt, die man gemeinhin einen Trichter nennt. Das Wasser darüber fängt nämlich an zu wirbeln, oder sich im Kreise zu drehn, und in Folge der Centrifugalkraft oder des Trägheitsmoments entfernt es sich von der Drehungsachse, woher in dieser an der Oberfläche eine Einsenkung entsteht. Es muss allerdings die Ausflussöffnung schon sehr groß sein, wenn diese Einsenkung namentlich bei dem gewöhnlichen Wasserstande von 3 bis 5 Fuß bemerkbar sein soll. Wenn dagegen das Wasser sehr klar ist, so kann man zuweilen aus den Bewegungen der Sandkörnchen über dem Grunde schon auf die Lage der Adern schliessen. Erfolgreicher pflegt in den Fällen, wo der Wasserspiegel über dem umgebenden Terrain liegt, die nähere Untersuchung des letztern zu sein. Wo dasselbe besonders feucht und naß ist, liegen auch die stärksten Abzugsadern im Canal, und es geschieht sogar, dass diese als fließende Quellen am Fuß des Dammes austreten. Nichts desto weniger wird auch dieses Mittel zur Auffindung der undichten Stellen erfolglos, wenn der Untergrund kiesig und der Stand des Grundwassers in dem-

selben sehr tief ist. Alsdann ist das austretende Wasser, und wenn es auch noch so reichlich fließen sollte, gar nicht zu bemerken.

Die sicherste Methode zur Ermittlung der Stärke der Filtration an einzelnen Stellen ist die unmittelbare Beobachtung des Wasserstandes. Wenn dazu auch manche Vorkehrungen erforderlich sind, so sind die Kosten derselben doch nicht so groß, als wenn man die kräftigsten Methoden der Dichtung weiter ausdehnt, als nöthig ist. Zuerst untersucht man, ob eine Canalstrecke zwischen zwei Schleusen besonders stark das Wasser verliert. Dieses läßt sich, wenn der Canal auch nur probeweise gefüllt wird, an dem starken Sinken des Wasserstandes, während die Schleusenthore und Schütze geschlossen gehalten werden, leicht erkennen. Die Untersuchung darf aber nicht hierauf beschränkt werden, denn in den meisten Fällen ist die Canalstrecke nicht in ihrer ganzen Ausdehnung in gleichem Maasse undicht, vielleicht ist sogar nur ein kleiner Theil in ihr mit vielen und kräftigen Adern versehen, während sie im übrigen Theile das Wasser zurückhält. Man kann, wenn der Augenschein oder die sonstige Kenntniß von der Beschaffenheit des Untergrundes hierüber kein Urtheil gestattet, nur durch Zerlegung der Strecke in mehrere Abtheilungen zu einem sichern Resultat gelangen. Man legt zu diesem Zweck verschiedene Fangedämme durch den Canal, und bringt in allen gewisse Vorrichtungen an, wodurch die Verbindungs-Oeffnungen schnell geschlossen werden können. Während letztere sämmtlich noch frei sind, beobachtet man den Wasserstand in allen Abtheilungen, und überzeugt sich, daß er bei dauerndem Zuflusse sich als Beharrungsstand darstellt. Die Stärke der Durchströmung durch diese Oeffnungen läßt schon ungefähr auf die Dichtigkeit der einzelnen Abtheilungen schließen, doch sicherer wird das Urtheil, wenn man alsdann gleichzeitig alle Oeffnungen sperrt, und nunmehr an den einzelnen Pegeln das Sinken des Wassers in gewissen Zwischenzeiten beobachtet. Erfolgt dieses ziemlich gleichmäßig in allen Abtheilungen, so ist es ein Zeichen, daß die Stärke der Filtration in der ganzen Haltung gleich groß ist und nirgend besonders kräftige Abflüsse stattfinden. Man wird daher die Dichtung auf die ganze Canalstrecke auszudehnen haben. Hätte man dagegen gefunden, daß eine Abtheilung das Wasser sehr schnell verliert, während die

andern keine Verluste zeigen, so wüßte man, daß in jener die starken Wasseradern liegen, und man könnte alsdann, um ihre Lage noch genauer zu ermitteln, jene Abtheilung wieder in gleicher Weise in Unterabtheilungen zerlegen. Wie wichtig diese Untersuchung ist, ergibt sich daraus, daß das Verfahren zur Beiseitigung der Filtration ein wesentlich verschiedenes sein muß, wenn starke Adern an einer einzelnen Stelle liegen, oder wenn der Boden überall gleichmäfsig das Wasser hindurchdringen läßt.

Unter den Methoden zum Dichten ist zunächst diejenige zu erwähnen, welche man schon in frühern Zeiten oft angewendet, und die zuweilen auch günstige Resultate gegeben hat. Sie besteht in der Zuführung von trübem Wasser. Man gewinnt dieses am einfachsten, wenn man die Bäche oder Flüsse zur Zeit ihrer Anschwellung eintreten läßt. Die oben (§ 84) erwähnten Vorsichtsmaafsregeln, wonach alle erdigen Massen abgehalten werden sollen, können in solchem Fall keine Anwendung finden, und eine natürliche Folge hiervon ist es wieder, daß dem Canal grosse Sand- und Erdmassen zugeführt werden, die sich an einer Stelle mehr, als an der andern ablagern, und die man durch künstliche Räumungen wieder beseitigen muß, wenn nicht die entstandenen Untiefen die Schiffahrt hemmen sollen. Bei diesen Räumungen kann leicht die beim Einlassen des trüben Wassers wirklich erzielte Dichtung wieder aufgehoben werden. Um dieses möglichst zu verhindern, pflegt man freilich den Canal ursprünglich etwas tiefer zu machen, als er später erhalten werden soll. Da diese Mehrtiefe aber doch höchstens einen halben Fufs beträgt, so ist dadurch die angeregte Besorgniß keineswegs aufgehoben. Es ergibt sich hieraus, daß das Einlassen des trüben Wassers große Nachtheile mit sich führt, während es keineswegs von ganz sicherem Erfolg ist. Daß die Speisegräben mancher Französischen Canäle schon seit Jahrhunderten in dieser Weise behandelt sind, ohne daß die großen Wasserverluste dadurch aufgehoben wären, ist bereits früher erwähnt.

Nichts desto weniger hat diese Methode dennoch bei manchen ältern Canälen nach und nach zu dem beabsichtigten Ziel geführt. Sehr wichtig sind aber die Versuche, die an dem Rhein-Rhone-Canal hierüber angestellt wurden. Die Strecke von Hüningen abwärts bis Straßburg war hierzu vorzugsweise geeignet, indem sie

in dem groben Kieslager, welches das Rheinthal anfüllt, eingeschnitten ist, und daher übermäßige Verluste durch Filtration erleidet, während sie andererseits vom Rhein gespeist wird, und man zur Zeit der Anschwellungen desselben auch übergroße Massen trüben Wassers hineinleiten kann. Man ließ, nachdem alle Schleusen geöffnet waren, bei Hünningen etwa 200 Cubikfuß Wasser in der Secunde dem Canal zuströmen. Die hierdurch veranlafte Trübung war aber nur etwa eine Meile weit zu bemerken, denn die Filtration war so stark, daß dieser Zufluß bald verschwand, und weiter abwärts die Strömung ganz aufhörte. Man änderte nunmehr die Mündung des Stichcanals bei Hünningen, sowie auch die daselbst befindliche Schleuse in der Art ab, daß die eingeführte trübe Wassermenge auf nahe 500 Cubikfuß in der Secunde sich steigerte. Diese erreichte allerdings den Ill bei Straßburg, aber bei jedem Versuch dieser Art brachen die Canaldämme bald hier und bald dort, und der Erfolg der Dichtung war dennoch so geringfügig, daß man sich nach einigen Jahren von der gänzlichen Unzulänglichkeit dieses Mittels überzeugte und zu andern Methoden überging*).

Dieselbe Erfahrung machte man auch später auf dem Marne-Rhein-Canal, wo in den Thälern des Ornain und der Meholle der Untergrund aus grobem Kies und zerklüftetem Kalk bestand. Das hinzugeführte trübe Wasser veranlafte ohnfern seines Eintritts starke Verflachungen, während es in weiterer Entfernung gar keine Wirkung ausübte**).

Sehr nahe verwandt mit dem so eben beschriebenen ist dasjenige Verfahren, wonach das trübe Wasser künstlich dargestellt, oder reines Wasser durch einen Zusatz von fettem Thon oder Lehm getrübt wird. Man kann diese Operation entweder in gewissen Seiten-Bassins vornehmen, und die zubereitete Flüssigkeit in den Canal treten lassen, oder man kann auch im Canal selbst den erdigen Zusatz mit dem Wasser vermengen. Am Main-Donau-Canal hatte man hierüber vielfache Versuche gemacht, die

*) *Le Grom, sur les étanchements du canal du Rhône au Rhin, Annales des ponts et chaussées.* 1845, I. pag. 225.

***) *Malézieux, étanchement du canal de la Marne au Rhin. Annales des ponts et chaussées.* 1856. I. pag. 133. Auf dieses, wie auf das Mémoire von *Le Grom*, wird im Folgenden vielfach Bezug genommen.

auch zu günstigen Resultaten geführt haben. Namentlich zeigten sich solche, wenn der Wasserstand im Canal recht niedrig gehalten wurde, also der Druck nicht stark war. Alsdann hafteten die erdigen Theilchen, die mit dem Wasser in die feinen Zwischenräume eindringen, in diesen und verstopften sie. Wenn dagegen dieselben Theilchen unter starkem Druck eindringen, so wurden sie heftiger herabgetrieben und vollständig hindurchgestoßen. Man hatte bemerkt, daß bei diesem Verfahren, und zwar wenn sehr feiner Thon angewendet wurde, der lange in dem Wasser schwebte, derselbe in den reinen und feinen Sand 6 Zoll tief eindrang und eine befriedigende Dichtung veranlafste. Die Zubereitung solcher Flüssigkeit verursachte aber große Schwierigkeiten. Es bedurfte nicht nur der Anlage eines geräumigen Bassins neben dem Canal und in angemessener Höhe, sondern es mußte auch ein Bach hineingeleitet werden, der es anfüllte. Auch konnten diese Bassins nicht so groß sein, daß sie zur Dichtung längerer Strecken genügt hätten. Dazu kam aber noch, daß auch aus diesem künstlich getriebenen Wasser die erdigen Theilchen schon in geringer Entfernung niederschlugen, also auch aus diesem Grunde die Wirkung sehr beschränkt blieb.

Will man demnach längere Strecken durch beigemengten Thon dichten, so bleibt nur übrig, die Mischung im Canal selbst vorzunehmen, was in Frankreich vielfach, jedoch mit wenig Erfolg geschehn ist.

Beim Rhein-Rhone-Canal versuchte man, um die Böschungen der Dämme zu dichten, den Thon recht fein zertheilt in das Wasser zu werfen, und da er sich mit demselben nicht genügend vermengte, so bildete man hinter einander schwache Thondämme, wie kleine Wehre, von denen einer nach dem andern beim Einlassen des Wassers überströmt und durchbrochen wurde. Das Wasser trübte sich dabei allerdings, aber vergleichungsweise gegen die große Menge des eingebrachten Thons war der Erfolg ganz ungenügend, und man überzeugte sich bald, daß das trübe Wasser überhaupt nur wirksam ist, wenn es sich um Schließung sehr feiner Adern handelt, daß man aber in so porösem Untergrunde, wie dort, damit nichts erreicht.

Auch beim Marne-Rhein-Canal hat das Einschütten des feinen Thons keinen Erfolg gehabt. Derselbe fiel an den Stellen, wo

man ihn hineinwarf, zu Boden und veranlafste Verflachungen, während die beabsichtigte Wirkung kaum bemerkbar war.

Am Main-Donau-Canal hat man die Vermengung des Thons mit dem Wasser, und zwar im Canal selbst, mechanisch bewirkt, und dieses ist das Verfahren, das Pechmann unbedingt empfiehlt*). Zum Theil mußte der Thon eingeworfen werden, zum Theil war aber die Sohle schon in natürlichen Thonlagern ausgehoben, und es kam in beiden Fällen nur darauf an, die nöthigen Bewegungen hervorzubringen, damit die feinen Erdtheilchen sich lösten und sich im Wasser verbreiteten. Man fand dazu am geeignetesten die Anwendung einer Egge, wie solche auf gepflügten Aeckern zum Zerkleinern der Schollen und zum Ebnen der Oberfläche benutzt wird. Man spannte auf jedem Leinpfade ein Pferd davor, und bewegte die Egge in der Längenrichtung des Canals hin und her. Zuweilen liefs man sie auch nur von dem einen Ufer aus ziehn, während am andern ein Arbeiter sie an einer zweiten Leine anzog, damit sie nicht das Ufer streifen und die Dossirung beschädigen möchte.

Es ist bisher nur von der Anwendung des Thons die Rede gewesen, während zu diesem Zweck auch andere Erdarten sich eignen, und namentlich der Sand vielleicht noch vortheilhafter ist, da er sich nicht so fein zertheilt, also sicherer und leichter die Wasseradern, wenn auch nicht ganz sperrt, doch sehr verengt. Die Erfolge bei Anwendung desselben sollen besonders in dem Canal von Bourgogne überraschend gewesen sein**), woselbst augenblicklich die Adern gestopft wurden, und einzelne Strecken, in denen der Wasserstand bisher in der Stunde sich um 2 Zoll gesenkt hatte, plötzlich keinen Verlust mehr erfuhren. Das Verfahren bestand darin, daß man ein Boot mit recht feinem, ziemlich trockenem Sand belud, und damit über die Stelle des mit Wasser gefüllten Canals fuhr, die gedichtet werden sollte. Es kam darauf an, den Sand möglichst fein zertheilt über die Oberfläche des Wassers auszubreiten, damit die Körnchen einzeln langsam herabsinken, und von der Strömung gefaßt und in die Adern gezogen

*) Pechmann hat hierüber verschiedene Mittheilungen bekannt gemacht, unter andern in der Wiener Bauzeitung 1840. Seite 375.

**) *Fèvre, sur l'étanchement des Canaux. Annales des ponts et chaussées.* 1832. I. pag. 398.

werden konnten. Man streute ihn daher, etwa wie beim Säen des Getreides geschieht, aus, wozu man auch einer geeigneten Schaufel sich bediente. Wäre er in grössern Klumpen in das Wasser geworfen, so würden solche, da sie verhältnißmässig weit geringeren Widerstand erfahren, schneller herabgesunken und auf den Boden gefallen sein, ohne von der Strömung gefasst zu werden.

Auch auf dem Caledonischen Canal wurde dasselbe Mittel mit gutem Erfolg angewendet, doch wich man hier in sofern davon ab, als man nicht reinen Sand, sondern ein Gemenge von Sand und etwas Thon benutzte, das gleichfalls fein zertheilt ins Wasser geworfen wurde*). Bei dem Rhein-Rhone-Canal hat man, nachdem durch andre Mittel die Filtration grosentheils beseitigt war, zum Stopfen der feinen noch vorhandenen Adern ein Gemenge von Thon und Sand, und zwar beide in gleichen Theilen, angewendet. Man hatte dieses Gemenge vorher in mässiger Wärme vollständig austrocknen lassen, wobei es in kleine Klümpchen zerfiel. In diesem Zustande wurde es hinabgeworfen, und es soll durch das Aufquellen beim Nafswerden um so sicherer die kleinen Oeffnungen geschlossen haben. Auch auf dem Marne-Rhein-Canal gelang es an solchen Stellen, wo die Filtration nur mässig war, durch eingestreuten ziemlich trocknen, reinen Sand die Adern zu sperren. Das Verfahren war dasselbe, wie beim Canal von Bourgogne, und wenn die Schüttung mehrfach wiederholt war, so zeigten sich die Haltungen als genügend wasserdicht.

Wesentlich verschieden hiervon ist die Methode, sowohl die Sohle des Canals, als auch soweit es nöthig ist, die Dossirungen desselben mit einem Thonschläge zu versehen. Ohne Zweifel ist dieses Verfahren sicherer und erfolgreicher, als jenes, wobei der Thon frei herabgeworfen wird. Nichts desto weniger erfordert auch dieses grosse Vorsicht, wenn es seinen Zweck erfüllen soll.

Zunächst entsteht die Frage, ob man ganz reinen Thon anwenden, oder denselben mit Sand versetzen soll. Das Letzte dürfte den Vorzug verdienen, weil alsdann beim Trockenlegen des Canals weniger die Bildung der Risse und bei der Benetzung weniger ein vollständiges Aufweichen zu besorgen ist. Die Frage stimmt zum Theil mit der bereits früher angeregten überein, näm-

*) *Histoire des travaux du Canal Calédonien par St. Flachet. Paris 1828.*

lich welches Material sich am besten zur Füllung eines Fangedammes eignet, und eben so wie dort einer stark mit Sand versetzten Erde, oder einer gewöhnlichen Ackererde der Vorzug gegeben wurde, so ist auch keineswegs ein besonders fetter Thon zu der Ausfütterung eines Canalbettes am meisten geeignet, vielmehr verdient die fruchtbare Ackererde den Vorzug.

Beim Aufbringen dieser Erd- oder Thonschichten verfährt man wieder in verschiedener Weise. Gar zu große Massen auf einmal aufzuschütten, ist gewiß nicht angemessen, man bringt vielmehr dünne Schichten, oder Schalen nach einander auf. Jede derselben muß mit der vorhergehenden möglichst innig verbunden werden. Dieses ist leichter, wenn beide naß, als wenn sie trocken sind. Wird aber der Thon sehr naß aufgebracht, so reißt er beim spätern Trocknen, sobald er der Luft ausgesetzt ist, und verliert dabei seine Dichtigkeit. Verhindert man dagegen sein Austrocknen, und füllt unmittelbar darauf die Canalstrecke mit Wasser an, so giebt die große Masse Feuchtigkeit, die er noch enthält, wieder Veranlassung, daß er eine breiartige Beschaffenheit annimmt. Dieses geschah auf einer sehr undichten Strecke des Canals von St. Quentin. Die Haltung hatte vorher so viel Wasser verloren, daß der Spiegel an jedem Tage sich nahe um 4 Fufs senkte. Man gab hier dem Thonschlage, um des Erfolgs sicher zu sein, die Stärke von 5 Fufs, und zwar eben sowohl auf den Dossirungen wie auf der Sohle. Der Erfolg war auch sehr bedeutend, denn der tägliche Wasserverlust verminderte sich bis auf $2\frac{1}{2}$ Zoll. Dieser günstige Zustand dauerte aber nicht lange, und nach wenig Monaten betrug der Verlust wieder über einen Fufs.

Nach der andern Methode wird der Thon oder die Erde ziemlich steif in Schichten von 2 bis 3 Zoll Stärke aufgebracht, und man treibt diese mit schweren Schlägeln an. Bevor aber eine neue Lage darüber geworfen wird, befeuchtet man die untere, und hierzu soll die Anwendung von Kalkwasser besonders nützlich sein. In dieser Weise war eine Stelle des Canals du Centre, wo die Verluste durch Filtration besonders stark waren, behandelt worden. Die Höhe der Decke über der Sohle maafs 2 Fufs, und über den Dossirungen 3 Fufs. Auch hier zeigte sich Anfangs nur eine geringe Filtration, nachdem aber fünf Jahre verflossen, waren die Wasserverluste wieder eben so stark wie früher, und Minard ver-

muthet, dafs dieses von dem Austrocknen und der dabei erfolgenden Bildung vieler Spalten herrühre, während der Canal behufs der vorzunehmenden Reparaturen trocken gelegt war.

Beim Rhein-Rhone-Canal zeigte dieselbe Methode, die man Anfangs auch hier versucht hatte, gleichfalls keinen nachhaltigen Erfolg. Derselbe wurde indessen erreicht, als man dem Gemenge von Thon und Sand noch etwa den dritten Theil groben Kies zusetzte, und ausserdem die einzelnen Schichten mit dünn flüssigem Kalk begofs. Man hatte soviel Kalk dabei angewendet, dafs auf 80 Cubikfufs Erde etwa 1 Cubikfufs Kalkbrei kam. Die Stärke des Bettes maafs nur 1 Fufs, und dasselbe bestand aus 4 Lagen. In die obere Lage wurde noch, um die Wirkung der Schlägel recht erfolgreich zu machen, eine Art Pflaster von kleinen Steinchen angebracht, die indessen so weitläufig gesetzt waren, dafs sie sich nirgends unmittelbar berührten. Endlich wandte man noch die Vorsicht an, eine dünne Erdlage darüber zu schütten, damit der so vorbereitete Thonschlag nicht trocknen möchte. Diese Methode wurde nach vielfachen Versuchen etwa auf 15 Meilen Länge zur Ausführung gebracht. Nichts desto weniger schüttete man nach dem Einlassen des Wassers noch ein Gemenge von Thon und Sand darüber, um die feinen Adern vollends zu schliessen. Sobald aber wegen nothwendiger Reparaturen die Strecken trocken gelegt werden mußten, wurde jedesmal der Thonschlag auf Neue festgestampft und Erde darüber geworfen.

Vor dem Jahr 1832 oder ehe diese Dichtung ausgeführt war, verschluckte der Canal in der Secunde 234 Cubikfufs, oder jeder Quadratfufs seiner Sohle oder der benetzten Dossirungen täglich ungefähr drei Viertel Cubikfufs, wenn man annimmt, dafs die Undichtigkeit überall gleich grofs war. Nachdem aber der Thonschlag vollendet, verminderte sich der ganze Verlust in einer Secunde auf 33 Cubikfufs. Man bemerkte indessen, dafs die Filtration nach und nach sich wieder verstärkte, wozu vielleicht der Umstand beitrug, dafs der Wasserstand behufs Hebung der Schiffahrt von 3 auf $4\frac{1}{2}$ Fufs erhöht wurde.

Wie in diesem Fall geschehn, hat man auch sonst dem Thon groben Kies zugesetzt. So benutzt man z. B. an dem Canal du Centre zu gleichem Zweck eine natürliche Ablagerung, die 30 Pro-

cent groben Kies, eben so viel feinen Sand und 40 Procent festen Thon enthält*). Auch in England wird den Thonwänden meist grober Kies zugesetzt. Es ist bereits darauf aufmerksam gemacht, daß ein Thonbett beim Trocknen undicht wird, und indem bei der nächsten Füllung das Wasser die Fugen durchströmt und erweitert, so hört die Wirksamkeit auf, und stellt sich auch nicht wieder her. Wenn aber große Quantitäten Sand und Steine dem Thon zugesetzt sind, so tritt zwar in diesem noch die entsprechende Verminderung des Volums ein, aber sie ist vergleichungsweise zur ganzen Masse viel geringer, und der Querschnitt der sämtlichen Fugen verkleinert sich gleichfalls. Dieser Umstand ist überaus vortheilhaft, denn durch die engen Fugen kann das Wasser nur langsam hindurch sickern, es greift daher die Wände nicht an und erweitert auch nicht die Gänge, die es verfolgt. Sobald aber die Masse wieder feucht wird, und der Thon quillt, so treten die Theilchen, die aus einander gerissen waren, wieder in vollständige Berührung, weil sie keinen Verlust erlitten haben, und die frühere Wasserdichtigkeit stellt sich wieder her. Vielleicht darf man sogar annehmen, daß bei der starken Vertheilung des Thons derselbe an der Verminderung seines Volums in gewissem Grade verhindert wird, indem die Kraft, womit die einzelnen kleinen Klümpchen sich zusammen ziehn, nicht genügt, um bei der vielfachen Berührung mit andern Körpern den Bruch herbeizuführen.

Die in England zum Dichten der Canalräume üblichen Thonwände oder Puddlewände stimmen mit der beschriebenen Methode insofern überein, als dabei nicht reiner Thon, sondern ein Gemenge von Thon, Sand und Kies benutzt wird. Ein wesentlicher Unterschied besteht aber darin, daß die Masse nicht in ziemlich festem Zustande aufgebracht und durch Schlagen und Stampfen comprimirt wird, vielmehr ist sie vorher sehr stark mit Wasser versetzt, und bildet einen dickflüssigen Brei, der eben dadurch eine innige Verbindung aller Theile veranlaßt. Dieser Brei würde freilich, wenn er der unmittelbaren Berührung des Wassers ausgesetzt wäre, sich leicht wieder erweichen und jedenfalls beim starken Austrocknen zerreißen, aber eine Eigenthümlichkeit der

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1847. I. p. 290.

Englichen Methode besteht noch darin, dafs der Puddle jederzeit zwischen festgestampften Erdschichten eingeschlossen und von denselben bedeckt wird.

Was die Wahl des hierbei zu verwendenden Materials betrifft, so wird allgemein anerkannt, dafs sehr fetter Thon hierzu nicht geeignet ist, vielmehr nur ein solcher benutzt werden darf, der stark mit Sand versetzt ist. Auch hält man die Beimengung von Ackererde nicht für nachtheilig, und wählt häufig eine solche, vorausgesetzt, dafs sie im angemessnen Verhältnifs Sand und Thon enthält. Um sich aber hiervon zu überzeugen, begnügt man sich damit, die Erde im Zustande der natürlichen Feuchtigkeit, oder auch wohl, nachdem man sie in einen dünnen Brei verwandelt hat, zwischen den Fingern zu reiben, und darnach die Brauchbarkeit des Gemenges und den etwa erforderlichen Zusatz zu beurtheilen. Es darf kaum erwähnt werden, dafs diese Probe ziemlich unsicher ist, wiewohl längere Uebung allerdings ihr einen gewissen Grad von Genauigkeit geben kann. Im Allgemeinen darf man wohl annehmen, dafs der Antheil an Sand stets gröfser, als der an reinem Thon sein mufs.

Die Zubereitung des Thonbreies, den man Puddle nennt, erfolgt in gleicher Weise, wie Mörtel angemacht wird. Indem man aber gemeinhin sehr grofse Massen gebraucht, so müssen die Vorbereitungen in entsprechender Weise getroffen sein. Die für geeignet erachtete Erde mit dem etwa erforderlichen Zusatz an Sand oder Thon wird auf einem hölzernen Boden, und zuweilen in einem hölzernen Kasten ausgebreitet, mit dem nöthigen Wasser übergossen und so lange durchgearbeitet, bis ein ganz gleichmäfsiger Brei gebildet ist. Will man Kies oder kleine Steine zusetzen, so geschieht dieses sogleich bei der Zubereitung des Gemenges, und unmittelbar darauf wird dasselbe in Handkarren verfahren und mit der Schippe so ausgeworfen, dafs die Lagen, die wegen des starken Wassergehalts sich innig verbinden, ungefähr gleich dick werden.

Kommt es darauf an, den Canal mit einer Puddelage unter der Sohle zu versehn, wie Fig. 364 zeigt, so wird vorher das Bett und die Dossirungen bis zur Sohle dieser Schüttung vollständig vorbereitet, auch durch Abrammen gehörig gedichtet. Die Lage wird alsdann etwa in der Stärke von 8 Zoll aufgebracht. Eine zweite Lage kommt nicht früher darüber, als bis die erste etwas steif ge-

worden ist, und vielfach folgt noch eine dritte und vierte. Die ganze Stärke des Puddlebetts mißt nach Umständen $1\frac{1}{2}$ bis 3 Fufs. Nachdem dasselbe einigermassen abgetrocknet ist, bringt man wieder, wie die Figur zeigt, die Lagen gewöhnlicher Erde darüber, und befestigt diese durch Abrammen.

Wenn dagegen, wie in Fig. 365 dargestellt ist, die Canal-dämme gegen Filtration gesichert werden sollen, so pflegt man mit den Puddlewänden bis in den gewachsenen Boden herabzugehn, so dafs sie noch einige Fufs tief darin eingreifen. Zu diesem Zweck hebt man, bevor die Anschüttung beginnt, einen Graben mit möglichst steilen Wänden aus, und füllt denselben mit der zubereiteten Masse in verschiedenen Lagen an. Alsdann beginnt man die Anschüttung zu beiden Seiten des Grabens, sorgt aber dafür, dafs in diesen die trockne Auftragerde nicht hineinfällt, weil dadurch der Zusammenhang der Thonwand unterbrochen, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung gegeben würde. Am passendsten dürfte es sein, zu beiden Seiten des Grabens Bretter aufzustellen, und gegenseitig abzusteifen. Sobald man aber eine Erdschicht aufgebracht hat, so wird die Thonwand eben so hoch durch eine Schicht von Puddle erhöht. Die Bretter, welche nunmehr entbehrlich sind, werden sogleich beseitigt, und die Erdschicht wird angerammt, wodurch ihr genauer Anschluß an die Thonwand bewirkt wird. Auf diese Art bleibt die Thonwand stets in gleicher Höhe mit dem Erddamm. Dagegen verfährt man zuweilen auch in andrer Weise, indem man zuerst den Erddamm vollständig auführt und nachdem die einzelnen Schichten wie gewöhnlich abgerammt worden, hebt man darin den Graben für die Thonwand aus, und um eine zu starke Verbreitung wegen der Böschungen zu verhindern, steift man ihn, so weit es nöthig ist, leicht ab, und füllt ihn dann wieder lagenweise mit dem Thonbrei an. Dieses Verfahren ist indessen wohl nur anwendbar, wenn der Canaldamm keine bedeutende Höhe hat. Die Figuren 368, 369 und 372 zeigen noch Thonwände von gröfsrer Stärke, zum Theil in den Abschlufs-dämmen der Speise-Reservoirs.

Noch verdient Erwähnung, dafs man bei dem Abschlufsdamm vor dem sogenannten Bann-Reservoir in der Nähe von Dublin auch Torf benutzt hat, um die Bildung von Wasseradern zu verhindern. Der Damm ist 45 Fufs hoch, und in der Mitte desselben befindet

sich eine Puddlewand, die unten 12, oben 8 Fuſs stark ist. Vorderselben, nämlich auf der dem Reservoir zugekehrten Seite befindet sich die Torfwand von 3 Fuſs Stärke. Sie besteht aus regelmäſsig gestochnen, sehr kleinen und ganz ausgetrockneten Torfstcken, die man vorsichtig verpackt und alsdann schichtenweise festgerammt hat. Der Zweck derselben ist, das sie beim Zutreten der Feuchtigkeit quellen und dadurch einen wasserdichten Schlufs bilden sollen.*) Das man bei demselben Damm den Torf auch als Unterlager für den Kies benutzt hat, worauf das Steinpflaster ausgeführt worden, ist bereits oben erwähnt (§. 85).

Wenn der Canal in einem klüftigen Felsboden ausgeführt ist, wobei die Wasserverluste sehr bedeutend zu sein pflegen, so ist die Anwendung eines Thonbetts von wenig Erfolg, weil dasselbe sich mit dem Untergrunde nicht verbindet. In diesem Fall ist es angemessner, eine vollständige Uebermauerung der Sohle vorzunehmen, wofür man jedoch gemeinhin eine Btonschttung wählt. Dieses Mittel wird auch angewendet, wenn sehr grober Kies den Untergrund bildet. An dem Rhein-Rhone-Canal hat man von diesem Mittel nur in den Fllen Gebrauch gemacht, wenn bei hoherem Stande des Rheins das Grundwasser sich über den Horizont der Canalsohle erhebt, wo also bei der oben beschriebenen Dichtung zu besorgen war, das die Filtration in verkehrter Richtung, nämlich von unten nach oben eintreten und das Thonbette heben und zerbrechen könnte.

Diese Umstände machten bei der Ausführung des Btonbettes groſse Vorsicht nothwendig. Wenn nämlich, nachdem der Béton geschüttet, aber noch nicht erhärtet war, ein hoher Wasserstand eintrat, so durchdrangen die Quellen den noch weichen Béton. Und selbst hiervon abgesehn, war zu besorgen, das bei jeder Aenderung des Grundwassers ein Druck von der einen oder der andern Seite entstehn, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung geben könnte. Um dieses zu verhindern, stellte man weit geoffnete Verbindungen zwischen dem Canal und dem Grundwasser dar, indem man Tonnen ohne Boden in die Canalsohle eingrub, deren oberer Rand mit der beabsichtigten Höhe des Btonbettes übereinstimmte. Hierdurch konnte das Wasser im Canal sich mit

*) *Weale's quarterly Papers on Engineering.* Vol. IV. Part. I.

dem Grundwasser ins Niveau stellen, und nachdem der Béton schon einigermaassen erhärtet war, und sonach ein schwächerer Druck nicht mehr nachtheilig wirken konnte, so schloß man die Tonnen mit Klappen und füllte den Canal mit Wasser an. Traf es sich alsdann, daß das Grundwasser in Folge der Fluthen des Rheins sich hob, und den Wasserstand im Canal übertraf, so schlugen die erwähnten Klappen auf, und der Druck gegen das Bétonbette verschwand, der dasselbe bei dessen großer Breite und geringen Stärke hätte zerbrechen können.

Dieselben Methoden wurden auch, und zwar in größerer Ausdehnung bei dem Marne-Rhein-Canal in Anwendung gebracht. Derselbe durchschneidet ein klüftiges Kalkgebirge, in welchem sich Spalten von 4 Zoll und mehr, zuweilen sogar von 19 Zoll Weite vorfinden. Diese wurden zunächst mit Béton gedichtet, und darüber auf der Sohle $7\frac{1}{2}$ Zoll starke, und auf den Dossirungen, so weit sie benetzt werden, etwas schwächere Bétonlagen ausgebreitet. Um aber die Fugen zu schließeln, welche in diesen vielleicht beim Erhärten sich bildeten, verputzte man sie noch 9 Linien stark mit hydraulischem Mörtel. Auch wurden, wo es nöthig war, durch gemauerte Canäle die Verbindung mit dem Grundwasser dargestellt. Diese traten indessen nur in Wirksamkeit, wenn der Druck des letztern so stark wurde, daß er die dicht unter dem Wasserspiegel in den Dossirungen befindlichen Klappen öffnete.

Eine der ersten Anwendungen des Bétons zu solchem Zweck wurde beim Bau des Canals St. Martin in Paris gemacht. Ohnerachtet man woher durch Bohrungen, und soweit es möglich war, auch durch sonstige Untersuchungen sich von der Beschaffenheit des Baugrundes die nöthige Kenntniß zu verschaffen bemüht hatte, so ereignete sich bei der Ausführung dennoch ein ganz unerwarteter Fall, der die größte Vorsicht in Anspruch nahm und die Kosten sehr bedeutend vermehrte. Man war nämlich, obwohl man sich in den Ringmauern der Stadt befand, wo viele große und schwere Gebäude standen, an einen alten Gypsbruch gekommen, der seit Jahrhunderten ausgedehnte Galerien unter den jetzigen Straßen und Häusern bildete. Beim Ausgraben des Canals entdeckte man plötzlich den leeren Raum in der Tiefe. Nachdem man durch Bohrungen, die nunmehr sehr zahlreich vorgenommen wurden, sich von der Lage der Galerien vollständige Kenntniß

verschafft hatte, eröffnete man dieselben überall, wo sie leicht zugänglich waren, füllte sie mit dem gewonnenen Material an, mauerte alsdann die Oeffnungen zu, und überdeckte die Canalsohle mit einem Bétonbett von etwas über 1 Fuß Stärke. Indem man jedoch mit Recht besorgte, daß der Béton leiden könnte, wenn er bei den jährlich zu erwartenden Reparaturen trocken gelegt würde, so brachte man über dem Béton noch eine Erdschüttung an.

Eine solche Ueberdeckung des Bétonbettes mit Erde ist zur Sicherung desselben nothwendig und fehlt auch niemals. In den neuern Französischen Canälen macht man die Ueberschüttung 10 Zoll stark. Dieselbe liegt auf der horizontalen Sohle sehr sicher, von den Dossirungen fällt sie indessen leicht herab, woher man in der Kehle zwischen der Sohle und der Dossirung ein Prisma aus Béton vortreten läßt, dessen äußerer Rand bis zur Oberfläche der Erdschüttung reicht. Dieses Mittel ist namentlich beim Rhein-Rhone-Canal angewendet worden.

Es muß hier noch erwähnt werden, daß Canalstrecken, die mit einem Bétonbett auf der Sohle und mit Mauern zu beiden Seiten versehen sind, durch Filtration sehr wenig Wasser verlieren. Minard führt in dieser Beziehung eine Strecke des Canals du Centre als Beispiel an, in welcher der Wasserstand, wenn die Zuflüsse und Abflüsse von den angrenzenden Strecken abgeschlossen waren, nur von der Witterung abhing. Bei trockner und warmer Witterung senkte sich der Wasserspiegel, nach Maafsgabe der Verdunstung, hob sich aber, sobald es regnete. Dieses Verhalten trat indessen nur ein, nachdem die Mauern angefeuchtet waren, was jedoch immer in sehr kurzer Zeit nach der Füllung geschah.

Endlich wäre zu erwähnen, daß man sich in neuester Zeit auch des Asphalts zur Verhinderung der Filtration bedient. Dieses geschieht indessen nicht in den Canalstrecken, die im natürlichen Boden eingeschnitten, oder zwischen Dämmen darüber geführt sind, vielmehr allein in den Brückencanälen, also nur in dem Fall, wo die Sohle und die Seitenwände vollständige Mauern bilden.

§. 89.

Unterirdische Canalstrecken.

Wenn das Terrain über den Wasserspiegel des Canals sich immer mehr erhebt, so kommt man zu einer gewissen Grenze, von welcher ab es vortheilhafter ist, den Canal unterirdisch zu führen, als den tiefen Einschnitt noch weiter fortzusetzen. Wollte man diese Grenze nur nach der zu beseitigenden Erd- und Steinmasse bestimmen, so würde sie schon einer sehr märsigen Terrainhöhe entsprechen. Diese Ansicht bestätigt sich noch, wenn man die Gefahren berücksichtigt, denen die Böschungen der tiefern Einschnitte ausgesetzt sind, auch ist es häufig ein wesentlicher Vorzug, wenn die Oberfläche des Bodens unverändert in der bisherigen Art benutzt werden kann, während man sie in großer Breite, namentlich für die beiderseitigen Dossirungen ankaufen und abgraben muß, wenn man einen offenen Einschnitt darstellen will. Andererseits treten aber auch der Anlage der unterirdischen Canalstrecke große Schwierigkeiten entgegen, die im Allgemeinen größer sind, und deren Ueberwindung sehr bedeutende Kosten veranlaßt. Man pflegt daher Anhöhen bis 60 Fufs noch durch offene Einschnitte zu durchstechen, und häufig wählt man diese selbst bei noch größerer Höhe.

Diese Schwierigkeiten beziehn sich theils auf den sehr beschränkten Raum, in welchem das Ausgraben der Erde, oder das Ausbrechen und selbst das Sprengen des Gesteins vorgenommen wird, und worin zugleich das Fortschaffen des gelösten Materials und das Ausschöpfen des Wassers erfolgen muß. Demnächst findet man selten ein Gestein, welches so fest ist, daß ein späteres Abbrechen und Abstürzen größerer Massen nicht zu besorgen wäre, und welches daher keiner Bekleidung und Unterstützung bedürfte. Wenn diese aber nöthig wird, so verursacht deren Ausführung, oder die Ueberwölbung des Canals neue und sehr große Schwierigkeiten. Hierzu kommt, daß man in ganz losem Gestein und in aufgeschwemmtem Boden schon während der Ausführung die Decke und die Wände sichern, und in einer Weise absteifen muß, daß die übrigen Arbeiten dadurch nicht verhindert und namentlich die

Erd- und Materialtransporte nicht unterbrochen werden. Wenn man vollends einen stark durchnästen Boden antrifft und bedeutende Quellen sich in den Stollen ergießen, so steigert sich die Verlegenheit oft übermächtig, und es giebt Beispiele, daß man aus diesem Grunde angefangene Arbeiten unbeendet lassen und ganz aufgeben mußte. Jedenfalls hat aber der erleichterte Abfluß des Wassers aus dem Boden eine starke Senkung des Grundwassers zur Folge, welche auf die Nutzbarkeit der darüberliegenden Flächen einen höchst nachtheiligen Einfluß äußern kann. Dieser Uebelstand tritt zwar auch bei offenen Einschnitten ein, doch nur in geringerem Maasse, weil die Flächen, die dabei leiden, seitwärts liegen, also entfernter sind und die Wirkung deshalb geringer wird. Durch die Ausführung der längern unterirdischen Strecke im Canal St. Quentin wurde das Grundwasser etwa 20 Fufs tief gesenkt und dadurch in nahe liegenden Dörfern nicht nur eine große Verlegenheit wegen der sehr erschwerten Beschaffung des Wassers herbeigeführt, sondern der Boden wurde auch so trocken, daß seine Culturfähigkeit, die schon früher nur mäßig war, fast ganz aufhörte.

Wenn aber die Schwierigkeiten der Ausführung überwunden, und der unterirdische Canal vollendet ist, so ist auch dessen Benutzung sehr unbequem und mit manchen Beschwerden verbunden. In vielen Fällen sind letztere sehr groß und es treten sogar wirkliche Gefahren hinzu. Selbst kürzere Strecken etwa von 100 Ruthen Länge sind, sobald man aus dem vollen Tageslichte hineintritt, ganz dunkel. Menschen, wie Pferde, gehn daher auf dem Leinpfade viel unsicherer, als neben offenen Canälen, und doch erfordert der Zug der Schiffe daselbst eine größere Anstrengung, weil man den Canal stark beengt, um dem Gewölbe oder auch der freitragenden Decke des natürlichen Felsbodens keine zu weite Spannung zu geben. Dabei träufelt fast immer die Erdfeuchtigkeit durch die Decke und das Gewölbe herab und macht den Leinpfad schlüpfrig. Ein heftiger Wind stellt sich darin oft, bald in der einen und bald in der andern Richtung ein, so daß ein Licht nur in einer wohl verschlossnen Laterne brennt. In der längern unterirdischen Strecke des Canals von St. Quentin war der Wind oft so heftig, daß er die Schiffe zurücktrieb, und dieselben in einer Richtung nicht fortgeschafft werden konnten. Diesem Uebelstande

liefs sich nur dadurch vorbeugen, dafs man ein groses hölzernes Thor einrichtete, welches an Gegengewichten hängend, von oben herabgelassen wird, während Schiffe den Canal befahren. Zum Vorbeifahren der Schiffe haben diese Strecken niemals die erforderliche Breite, woher man in einigen Canälen in England, die besonders viel benutzt werden, zwei unterirdische Strecken parallel neben einander eingerichtet hat. Endlich ist auch die feuchte und kalte Luft, besonders in heissen Tagen, der Gesundheit nachtheilig, und das vielfache Echo macht jeden Zuruf des Schiffers an die Schiffszieher und die Schiffsknechte unverständlich.

Alle diese Umstände und besonders die Schwierigkeiten der Ausführung sind Veranlassung, dafs man allgemein bei Aufstellung von Canalprojecten sich bemüht, die unterirdischen Strecken, wenn es sein kann, ganz zu vermeiden, oder wenn dieses gar zu kostbar ist, ihre Ausdehnung auf das geringste Maafs zu beschränken,

Bei Bestimmung des Profils für eine unterirdische Strecke mufs man vorzugsweise darauf Bedacht nehmen, die Weite derselben möglichst zu ermässigen, ohne jedoch den Durchgang der Schiffe zu sehr zu erschweren oder gar zu unbequem zu machen. Bei einem tiefen Einschnitt werden die Kosten nur in geringem Maafse gesteigert, wenn man den Canal selbst, oder die Leinpfade etwas verbreitet. Sie sind nicht dieser Verbreitung proportional, weil die Darstellung der beiderseitigen Dossirungen, die von der Breite ganz unabhängig sind, überwiegenden Einflufs auf die Kosten der ganzen Ausgrabung haben. Bei einer unterirdischen Canalstrecke dagegen vermehrt sich die Masse des auszubrechenden Materials nur für den untern Theil des Profils im Verhältnifs zur Breite, für den obern Theil dagegen, der durch eine gewisse Kurve begrenzt wird, ist dieselbe dem Quadrat der Breite proportional. Die zu fördernde Erd- oder Steinmasse entspricht aber wieder nicht den ganzen Anlagekosten, weil die Beseitigung jener und besonders die Sicherung der Decke und Seitenwände um so schwieriger wird, wenn die Breite gröfser ist.

Aus diesem Grunde beschränkt man das eigentliche Canalbette jedesmal so weit, dafs nur ein Schiff darin fahren kann, also ein Begegnen zweier Schiffe in der unterirdischen Strecke nicht stattfinden darf. Nichts desto weniger ist es nicht zulässig, diese Be-

schränkung so weit zu treiben, daß der eintauchende Theil des beladenen Schiffs beinahe das ganze Profil sperrt, weil sonst der Widerstand übermächtig groß werden würde. Man pflegt daher die Breite des Canals um den vierten bis dritten Theil größer anzunehmen, als die der Schiffe, so daß auf jeder Seite zwischen dem Bord des Schiffs und der Canalwand noch ein Raum von 2 bis 3 Fufs Breite frei bleibt. Diese Vermehrung der Breite läßt sich aber zum Theil wieder dadurch aufheben, daß man die Leinpfade überkragt, wie am Marne-Rhein-Canal geschehn ist. Die Figuren 375 und 376 auf Taf. LIV zeigen das für diesen Canal in den unterirdischen Strecken gewählte Profil.

Im Canal Saint-Quentin hat man in andrer Weise das Profil zu vergrößern gesucht. In dem kleinern Souterrain ruhen nämlich die Leinpfade zu beiden Seiten auf Pfeilern von 18 Zoll Stärke, die übereinstimmend mit den Leinpfaden 4 Fufs weit vorspringen. Ueber dieselben sind flache Bogen gespannt, welche die Leinpfade bilden. Ihr gegenseitiger Abstand mißt 22 Fufs. Obwohl die Seitenwände des Canalbetts bis zur Höhe der Leinpfade stark geböschet sind, so bleiben zwischen diesen Pfeilern doch bedeutende mit Wasser angefüllte Räume oder Nischen, die, wenn sie unter sich auch nicht in Verbindung stehn, dennoch die Circulation des Wassers während des Durchgangs eines Schiffs etwas erleichtern.

Anders verhält es sich mit dem größern, drei Viertel deutsche Meilen langen Souterrain desselben Canals, das in einem sehr rohen Zustande, und eigentlich ganz unfertig der Schiffahrt übergeben, und erst 20 Jahre später einigermaßen vollendet wurde. Das Bett ist darin nur $16\frac{1}{2}$ Fufs breit, es ist ungefähr auf die Weite der Schleusenhäupter beschränkt. Zu jeder Seite liegt ein 4,4 Fufs breiter Leinpfad. Diese waren, als ich sie 1823 sah, weder zur Seite mit Geländern versehen, noch mit festen Steinen abgedeckt, sie bestanden vielmehr nur aus dem natürlichen Kreidelfelsen, den man zu diesem Zweck hatte stehn lassen, und der Theils stark ausgebrochen, und zwar größtentheils nach dem Canal geneigt, und Theils von dem darauf tröpfelnden Wasser sehr schlüpfrig war. Das Begehn desselben war bei der vollkommenen Dunkelheit überaus gefährlich. Um den Widerstand der hindurchgehenden Schiffe zu mäßigen, und dem Wasser Gelegenheit zum Vorbeifließen zu geben, hatte man in der Sohle eine 4 Fufs tiefe Rinne eingesprenzt,

deren Breite etwa 10 Fufs betrug. Dieselbe hatte ursprünglich den Zweck, die starken Quellen abzuleiten, die man während der Ausführung antraf, und die auf der horizontalen Sohle nicht abflossen. Man gab der letztern daher nach beiden Enden ein stärkeres Gefälle, und hieraus bildete sich dieser Graben. Später wollte man, wie bei manchen Englischen Canälen geschehn, das Profil dadurch erweitern, dafs die massiven Leinpfade beseitigt und dafür Ueberbrückungen, auf Pfeilern ausgeführt wurden. Diese Verbesserung war indessen so kostbar, dafs man nach den ersten Versuchen davon wieder abstand.

Bei dieser längern Strecke trat noch ein andrer Uebelstand ein. Während des Winters froh nämlich die Kreide über dem Canal stark aus und stürzte in grossen Massen herab, woher man sich gezwungen sah, die Schachte, durch welche beim Bau des Canals das gelöste Gestein ausgehoben war, und die später als Licht- und Luftschachte dienen sollten, vollständig zu schliessen, so dafs die 1505 Ruthen lange Strecke nur an beiden Enden mit der äufsern Luft in Verbindung blieb. Bei eintretendem Frost werden aber auch diese Oeffnungen durch Thore geschlossen, um die kalte Luft nicht eindringen zu lassen.

Dieser Uebelstände unerachtet fand hier dennoch eine frequente Schifffahrt statt, die sich vorzugsweise auf die Zufuhr belgischer Kohlen bezog. Die Schiffe, welche 200 Tons luden, waren nur 14 Fufs breit und gingen wenig über 4 Fufs tief, während der Wasserstand 5 Fufs 3 Zoll maafs. Sie liefsen also reichlichen Raum für das zurückfliessende Wasser. Eine besondere Innung von Treidlern brachte die Schiffe einzeln durch die Strecke hindurch, wobei die Seitenwände beider Leinpfade benutzt wurden. Der Durchgang erfolgte in 6 bis 7 Stunden.

Als die Eisenbahnen hier eröffnet wurden, ging bald ein grosser Theil der Kohlen auf diese über, und um den Canal nicht ganz unbenutzt zu lassen, wurde die Schifffahrt wesentlich verändert. Die Schiffe mußten nahe um 1 Fufs tiefer befrachtet werden, während auch der Wasserstand auf 6 Fufs 4 Zoll erhöht wurde. Auch gab man den Schiffen eine grössere Breite, nämlich von 16 Fufs, woher an beiden Seiten nur 3 Zoll Spielraum blieben, also die Schiffe beinahe das ganze Profil einnahmen. Sie luden nunmehr 275 Tons. Hierzu kam noch, dafs ein Begeben in der

Strecke unmöglich war, die Schiffe also an gewissen Stunden in einer Richtung, und dann wieder in der entgegengesetzten fahren mußten. Vor dem Eingange sammelten sich daher zahlreiche Schiffe an, und man versuchte nun, bis zehn Schiffe unmittelbar hinter einander durch zu ziehn, um die kurze Durchgangszeit möglichst zu benutzen. Dabei trat eine eigenthümliche Bewegung im Wasser ein. Dasselbe hob sich nämlich vor den Schiffen sehr merklich und zwar bis ans andre Ende der beengten Strecke. Sobald die Fluthwelle hier angelangt war, ging sie wieder zurück, und verursachte alsdann eine so heftige Rückströmung, daß die Schiffe nicht mehr fortgezogen und kaum noch gehalten werden konnten. Es trat also eine Pause ein, die so lange ausgedehnt werden mußte, bis die Rückströmung aufgehört hatte. Die Durchführung der Schiffe dauerte dabei 16 bis 18 Stunden.

Mit einem Dampfschiff, das als Schlepper dienen sollte, wurde nunmehr der Versuch gemacht, aber nach dem einmaligen Durchgange desselben füllte der Rauch die Strecke während zwei Tagen so vollständig, daß dadurch eine Sperrung veranlaßt wurde, und selbst am dritten Tage die Treidler noch erkrankten.

Ein anderer Versuch, nämlich durch Pferde den Leinizug zu bewirken, fiel eben so ungünstig aus. Dabei war die auffallende Anordnung getroffen, daß die Brustlehnen, die bei der Beschaffenheit der Leinpfade allerdings unentbehrlich waren, sich an den Schiffen befanden, also beim Fortgange der letztern mit den dadurch geschützten Pferden zugleich vorrückten. Es bildeten sich auch in diesem Fall wieder dieselben Fluthwellen, wie beim Ziehn durch Menschen, und die Pferde mußten dieselben Pausen machen, woher der Durchgang noch 13 Stunden erfordert.

Endlich wurde von Quaneaux der Vorschlag gemacht, das Warpen (§. 58) mit der Aenderung einzuführen, daß die Kette nicht durch eine Dampfmaschine, sondern durch einen Pferdegöpel auf einem besondern Schiff aufgewunden würde. Diese Art der Förderung ist seitdem eingeführt. Die Leinpfade wurden dabei entbehrlich und einer derselben ist beseitigt, wodurch das Profil sich wesentlich erweitert hat. Das Warschiff, 57 Fufs lang und 16 Fufs breit, trägt einen Göpel für acht Pferde, der aber nach Umständen mit weniger, zuweilen sogar nur mit zwei Pferden be-

spannt wird. Hierdurch werden nunmehr 30 bis 40 Schiffe zugleich in $5\frac{2}{3}$ Stunden hindurchgezogen. *)

Bei Ausführung des Chirk-Canals in England beseitigte Telford die starke Verengung des Profils dadurch, daß er den Raum unter dem Leinpfade frei ließ, also hier das Wasser zurückfließen konnte, während die Schiffe nahe die ganze Breite des übrigen Raumes einnehmen. Die Breite des Canals mißt 14 Fuß, und davon fallen auf den Leinpfad 5 Fuß. Die ganze Construction ist massiv, aber die Unterstützung des Leinpfads ist den Holzverbindungen nachgebildet. Auf der Sohle des Canals, die aus einem flachen umgekehrten Gewölbe besteht, sind in Abständen von 6 Fuß steinerne Säulen aufgestellt, und diese sind theils durch steinerne Rahmstücke unter sich, theils durch eben solche mit dem Mauerwerk zur Seite verbunden. Hierüber liegen Steinplatten, die noch durch eine leichte Ueberdeckung aus geschlagenen Steinen geschützt sind. Die Widerlager oder Seitenmauern dieses Canals sind weder senkrecht aufgeführt, noch von dem eigentlichen Gewölbe scharf getrennt, vielmehr erstreckt sich ein Gewölbe von eiförmiger Gestalt über die ganze Profil-Oeffnung, und schließt dieselbe vollständig ein.

Es rechtfertigt sich wohl die Frage, ob in den unterirdischen Canalstrecken Leinpfade überhaupt nothwendig, und wie dieselben am passendsten einzurichten sind. Als unentbehrlich kann man sie nicht bezeichnen, da sie bei manchen Canälen wirklich fehlen, und bei andern, wo sie eingerichtet sind, dennoch nicht benutzt werden. Durch das längere Souterrain von St. Quentin sah ich im Jahr 1823 die Schiffe in der Art hindurchschieben, daß zwei Männer sich flach auf das Schiff legten, so daß ihre Füße über Bord reichten und die senkrechten Canalwände vor den Leinpfaden berührten. Indem sie mit den Füßen, und zwar an beiden Seiten des Schiffes gleichmäÙig rückwärts stießen, so drängten sie das Schiff vorwärts. Bald wurde ihre Bewegung ganz regelmäÙig und sie setzten die FüÙe in gleicher Weise vor, und stützten sich eben so auf dieselben, als wenn sie eine schwere Last zögen.

*) *Mémoire sur le touage dans les souterrains du Canal Saint-Quentin. Annales des ponts et chaussées. 1863. II. pag. 323.*

Etwas verschieden ist die Art, wie die Schiffe durch die unterirdischen Strecken des Bridgewater-Canals geschoben werden. Dasselbst befinden sich keine Leinpfade, und die gewölbte Decke liegt nur wenige Fuss über dem Wasserspiegel. Ein Arbeiter legt sich auf den Rücken, und zwar in der Richtung der Bewegung des Schiffes. Er hebt alsdann die Füße auf, so dass er dieselben gegen das Gewölbe stützen kann, und schreitet nun auf der untern Fläche des letztern vor, wobei er das Schiff mit dem Rücken fortdrängt.

In andern unterirdischen Canalstrecken hat man statt der Leinpfade in angemessener Höhe vor beiden Seitenwänden, oder unter der Decke eiserne Handlehnen, oder auch wohl starke Taue angebracht, die an Ringen befestigt sind. Die Schiffer fassen diese Stangen oder Taue und ziehn daran das Schiff vorwärts.

Auf dem Regents-Canal in London hat man schon seit geraumer Zeit das Warpen eingeführt, nachdem bei dem gesteigerten Verkehr das zuletzt beschriebene Durchziehn an Tauen gar zu zeitraubend geworden war. Auf der Sohle des Canals liegt eine starke eiserne Kette, die in zwei geneigten Röhren durch den Boden des Schleppschiffes nach einer horizontalen Trommel in der Mitte desselben geleitet und mehrmals darum geschlungen ist. Indem letztere von einer kleinen Dampfmaschine von sechs Pferdekräften in der einen oder der andern Richtung bewegt wird, so zieht sie das Schleppschiff mit den angehängten Canalböten ziemlich rasch hindurch.

Die üblichste Methode zum Durchführen der Schiffe ist indessen der gewöhnliche Leinenzug. Damit dieser aber sicher und ohne zu große Beschwerde ausgeübt werden kann, darf der Leinpfad nicht gar zu schmal sein. Man kann ihm freilich nicht dieselbe Breite, wie neben offenen Canalstrecken geben, aber das Pferd muss doch bequem und sicher darauf gehn können. Hierzu ist mindestens die Breite von 5 Fufs erforderlich. Auch wenn der Leinenzug nicht durch Pferde, sondern durch Menschen ausgeübt wird, kann man die Breite des Pfades nicht füglich geringer annehmen. Zur vollständigen Beseitigung der Gefahr ist es aber in beiden Fällen noch nothwendig, wie in England auch meist geschehn ist, ein leichtes Geländer von 3 Fufs Höhe vor dem Leinpfade anzubringen. Wenn dasselbe auch nicht so stark ist, dass es bei heftigem Gegenstoßen des Pferdes nicht durchbrechen kann, so ist dennoch für

die Sicherheit schon viel gewonnen, sobald es die zu große Annäherung des Pferdes an den Rand des Leinpfades verhindert. Es besteht aus eisernen verstrehten Stielen, die durch einen hölzernen oder eisernen Rahm verbunden und überdeckt sind. Auf letzterm schleift die Leine, und er muß daher eben und gehörig geglättet sein, damit die Leine weder irgendwo aufgehalten, noch auch stark abgerieben wird.

Eine andre Frage in Betreff des Leinpfades bezieht sich darauf, ob man nur einen anbringen darf, oder ob zwei derselben nothwendig sind. Das letztere ist entbehrlich, insofern ein Begegnen von zwei Fahrzeugen in der unterirdischen Strecke nicht stattfinden kann. Wenn aber der Leinpfad vor dem einen Ufer an beiden Enden des Souterrains abbricht, so muß jedenfalls für einen bequemen Uebergang der Pferde gesorgt werden, und dieses ist leicht, insofern der Anfang des Gewölbes, unmittelbar neben der Stirnmauer, die Brücke bildet.

Was endlich die Form und Höhe des Gewölbes oder der natürlichen Ueberdeckung des Canals und Leinpfades betrifft, so pflegt man bei den neuern Anlagen dieser Art immer dafür zu sorgen, daß nicht nur über dem Schiffe, sondern auch über dem Leinpfade soviel Raum bleibt, daß weder Menschen noch Thiere gegen die Decke stoßen. Gemeinhin führt man die Seitenwände noch einige Fuß hoch über den Leinpfad senkrecht herauf, ehe das Gewölbe beginnt. Wenn man aber, wie in England oft geschieht, die Widerlager von dem Gewölbe nicht trennt, sondern von der Sohle des Canals einen eiförmigen oder elliptischen Bogen beginnen läßt, der ohne Unterbrechung das ganze Profil einschließt, und auf der andern Seite wieder eben so tief herabreicht, so pflegt der Theil des Bogens, dessen Tangente die lothrechte Linie ist, oder der den größten horizontalen Durchmesser begrenzt, einige Fuß hoch über dem Leinpfade zu liegen. Die letzte Anordnung des Bogens gewährt den Vortheil, daß auch die Seitenwände gegen ein mögliches Eindringen gesichert werden. In einzelnen Fällen, wie z. B. in dem Souterrain bei Blisworth auf dem Grand-Junction-Canal, hat man sogar das Gewölbe, welches die Sohle überdeckt, mit dem obern Bogen verbunden, und sonach ein ganz geschlossnes Gewölbe dargestellt, dessen Profil eine vollständige Ellipse bildet. Dasselbe stimmt sonach, wenn man von den größern Dimensionen absieht,

mit dem Fig. 114 *b* auf Taf. IX im ersten Theil dieses Handbuchs dargestellten Abzugs-Canal überein.

Bei französischen Canälen ist es üblich, die Gewölbe über den Souterrains als gewöhnliche Tonnengewölbe aufzuführen, die volle Halbkreise im Profil darstellen. In England weicht man hiervon gemeinhin ab, und wählt dafür elliptische oder andre Bogenformen. Der Thames-Medway-Canal ist aber mit einem Gewölbe überdeckt, dessen Querschnitt einen Spitzbogen darstellt. Diese allerdings auffallende Anordnung dürfte sich rechtfertigen, insofern andre Bogenformen unter dem starken Erddruck sich gerade in dem Scheitel oft verändern und eingedrückt werden. Ein zweiter Grund dafür ist aber die Erfahrung, daß bei Durchbrechung eines festen Gesteins, das sich fortwährend oder wenigstens anfangs frei trägt, eine ähnliche Form sich von selbst darzustellen pflegt. Die Form des Spitzbogens ist aber bei hoher Uebermauerung vollständig begründet, wenn der Scheitelpunkt des Gewölbes einem überwiegend starken Druck ausgesetzt ist.*)

Bei besonders lebhaftem Verkehr hat man zuweilen zwei unterirdische Strecken neben einander ausgeführt, die in entgegengesetzter Richtung durchfahren werden, wobei also ein Schiff nicht die Ankunft des entgegenkommenden abwarten darf. Diese Anordnung ist auch weniger kostspielig in Betreff der Masse des zu beseitigenden Bodens, als ein Souterrain von doppelter Breite sein würde. Man muß indessen alsdann der Zwischenwand hinreichende Stärke lassen. In dem Grand-Trunk-Canal ist sie 10 Fufs stark, und Minard erwähnt, wie in einem ähnlichen Fall das natürliche Gestein nicht die erwartete Festigkeit besafs und zerdrückt wurde.

Die Ausführung unterirdischer Canalstrecken gehört mehr zum Bergbau, als zum Wasserbau, woher die specielle Beschreibung derselben hier übergangen werden kann. Es mögen demnach nur einige Andeutungen hierüber, und zwar für aufgeschwemmten Boden gegeben werden, während die Einzelheiten der Ausführung vielfach in Zeitschriften und besondern Werken eingehend behandelt sind.**)

*) G. Hagen, über Form und Stärke gewölbter Bogen und Kuppeln. Berlin. 1874. § 10.

***) Vorzugsweise ist als solches zu nennen „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst“ von Franz Rziha. Zwei Bände. Berlin 1867 und 1872.

Der Tunnelbau hat aber in neuster Zeit in seiner Anwendung auf Eisenbahnen eine viel gröfsere Bedeutung gewonnen, als er bei Canälen jemals hatte, und die Methoden zum Durchbrechen langer Strecken in festem Gestein haben sowohl in Beziehung auf Erleichterung, als auf Beschleunigung der Arbeit durch Anwendung von Maschinen sich wesentlich verbessert.

Eine sorgfältige Aufnahme des Terrains verbunden mit genauen Höhenmessungen mufs der Ausführung vorangehn, um die beiden Endpunkte, sowie auch die Richtung der beiderseitigen Stollen zu ermitteln.

Wenn die Strecke aber länger und das Gebirge nicht zu hoch ist, so pflegt man zwischen den Endpunkten noch Schachte bis zur beabsichtigten Canalsohle abzuteufen, um theils das gelöste Material bequemer beseitigen zu können, theils auch um mehrere Angriffspunkte für den Stollenbau zu gewinnen und dadurch die Arbeit zu beschleunigen. Bedingung ist es nun, dafs alle einzelnen Strecken, die auf solche Weise ganz unabhängig von einander ausgeführt werden, wirklich in einer geraden Linie und in gleichem Horizont zusammentreffen.

Zunächst mag von den Schachten die Rede sein. Sie werden an möglichst tiefen Stellen und in angemessenen Entfernungen von einander abgeteuft, auch mufs das ausgehobene Wasser einen passenden seitlichen Abflufs finden. Ihr Querschnitt ist selten kreisförmig oder quadratisch, vielmehr meist elliptisch oder oblong, weil er alsdann bei gleichem Flächeninhalt zur Aufstellung der Winden bequemer ist. Die Weite eines Schachtes mifst nach Umständen 4 bis 10 Fuss. Man fasst ihn entweder mit Holz oder mit Mauern ein. Das letzte geschieht vorzugsweise, wenn seine Benutzung voraussichtlich sich so lange ausdehnen wird, dafs das Holz inzwischen einer Erneuerung bedarf. Nach Beendigung des Canals sind die Schachte meist entbehrlich, denn zur Erleuchtung tragen sie doch nicht wesentlich bei, und besonderer Vorrichtungen zur Erneuerung der Luft bedarf es auch nicht, da der starke Luftzug sogar oft lästig ist. Aus diesem Grunde pflegt man in neuerer Zeit ziemlich allgemein hölzerne Einfassungen zu wählen, die leichter darzustellen und sicherer zu befestigen sind.

Die Ausführung der Schachte stimmt mit der im ersten Theil § 13 beschriebenen und Fig. 40 dargestellten Methode überein.

Auch in diesem Fall werden Rahmen oder Joche in 3 bis 4 Fufs Abstand unter einander angebracht und Bohlenstücke dahinter getrieben. Man sorgt aber dafür, die Rahmen unter sich gehörig zu verbinden, und verkleidet sie an der innern Seite noch mit Latten, damit die auf- und abgehenden Eimer nicht etwa darunter greifen oder darauf hängen bleiben. Von der Beschaffenheit des Bodens hängt es ab, ob die Bohlenstücke dicht schliessend eingesetzt werden müssen, oder ob sie grössere oder kleinere Zwischenräume offen lassen dürfen. Je leichter und loser der Boden ist, um so vollständiger mufs das Erste geschehn.

Will man dem Schacht eine massive Einfassung geben, so geschieht dieses, nachdem er in der ganzen Tiefe ausgeführt und in der beschriebenen Weise verschalt ist. In festem Thon oder in gewachsenem Felsboden kann man auch durch Unterfahren, also gleichzeitig mit der Vertiefung des Schachtes das Mauerwerk weiter herabführen, und andererseits wendet man in ganz losem, sandigen Boden auch zuweilen Senkbrunnen an, wie z. B. bei Darstellung der Zugänge zu dem Themse-Tunnel geschehen ist.

Die Erde und das Gestein, welches im Schacht während dessen Ausführung gelöst wird, so wie auch das Wasser, welches an dessen Sohle sich sammelt, wird gemeinbin nur mittelst einer einfachen, auf die Oeffnung des Schachtes gestellten hölzernen Winde gehoben, die mit einer 1 Fufs starken Trommel und an jeder Seite mit einer Kurbel versehen ist. Um die Trommel sind mehrere Windungen eines hinreichend starken Tauens geschlungen, an dessen beiden Enden sich Haken befinden. In diese werden Eimer eingehängt, die beim Drehn der Winde abwechselnd herab- und hinaufgehn, und unten gefüllt werden. Auch die nöthigen Baumaterialien und Geräthe, sowie die Arbeiter selbst lässt man daran herab und hebt sie wieder herauf.

Die Beseitigung des Wassers verursacht in manchen Fällen grosse Schwierigkeiten. Ist der Zudrang desselben nicht bedeutend, so schöpft man es von der tiefsten Stelle der Sohle mit Eimern aus, in die man oft zugleich auch den gelösten Boden hineinwirft. Bei stärkerem Zudrang des Wassers richtet man auch eine besondere Winde zum Fördern desselben ein, oder man bedient sich anderer kräftiger Schöpfmaschinen, die jedoch bei zunehmender Tiefe des Schachtes immer verstellt werden müssen. Sobald indessen

der Schacht bis zur beabsichtigten Tiefe herabgeführt ist, und man von demselben aus den Stollenbau beginnt, also keine weitere Vertiefung vorkommt, so richtet man gewöhnliche Pumpen ein, weil diese am wenigsten den Raum beschränken. Auch pflegt man, wenn sie dauernd im Betriebe erhalten werden müssen, Dampfmaschinen oder Pferdegöpel zu ihrer Bewegung zu benutzen.

Nunmehr beginnt auf beiden Seiten des Schachtes der Stollenbau und zunächst kommt es darauf an, die Richtung der Stollen sicher festzustellen, damit sie mit denjenigen der andern Schachte und der Mundlöcher zusammentreffen. Auf der freien Oberfläche ist die Richtung scharf gegeben, um diese aber auf die Sohle des Schachtes zu übertragen, begnügt man sich meist damit, in letzterem zwei Lothe herabhängen zu lassen, die unten in zwei Gefäße mit Wasser eintauchen, um ihre Schwingungen bald zu unterbrechen. Bei der geringen Weite des Schachtes sind die beiden Lothfäden nur wenige Fulse von einander entfernt, die Uebertragung der Richtung ist daher wenig sicher, und dieses ist schon ein Grund, den Stollen in möglichst geringen Dimensionen und in der Mitte des ganzen darzustellenden Profils auszuführen, damit spätere Verbesserungen der Richtungen noch leicht ausführbar sind. Hierzu kommt auch, daß die Sicherung einer kleinen Oeffnung viel leichter, und solche auch schneller ausführbar ist. Sobald aber dieser Stollen mit der Mund-Oeffnung in Verbindung steht, so läßt sich dem Grubenwasser ein freier Abfluß eröffnen, wodurch die Schöpfmaschinen entbehrlich werden.

Die Ausführung der Stollen im aufgeschwemmten Boden ist wesentlich dieselbe, wie die der Schachte. Man bildet wieder einzelne Joche aus zwei Stielen, die oben wie unten durch Spannriegel gegen einander abgesteift und durch Rahmstücke überdeckt werden. Ueber letztere, so wie auch hinter den Stielen werden aber zugeschärfte Bohlen eingeschoben, welche sowol oben, wie an beiden Seiten die Erde zurückhalten und von diesem, wie auch von dem nächstfolgenden Joch unterstützt werden. Sobald letzteres aber etwa in 4 Fuls Entfernung aufgestellt ist, so treibt man zwischen demselben und den erwähnten Bohlen andere aufs Neue ein, und in dieser Art setzt sich die Arbeit fort.

Nachdem ein solcher Stollen in so geringen Dimensionen, daß ein Mann meist nur gebückt hindurchgehen kann, im Zusammen-

hange mit dem vom Mundloch ausgehenden Stollen ausgeführt ist, wird zunächst die Mittellinie des Canals darin scharf bezeichnet. Hierauf treibt man in der Höhe, wo das Gewölbe beginnen soll, nach beiden Seiten Querstollen so weit, daß sie die Anfänge des Gewölbes noch umfassen, und in Längs-Stollen, parallel zum ersten Stollen, werden die Gewölbe vom Kämpfer ab 3 bis 4 Fufs hoch ausgeführt. Dieselbe Operation wiederholt sich in andern darüber eröffneten Stollen, bis der Bogen des Gewölbes etwa 45 Grade gegen das Loth geneigt ist. Alsdann läßt sich der Lehrbogen nicht mehr entbehren, und man muß die Längsstollen durch Querstollen in der Höhe des obern Theils des Gewölbes mit einander verbinden. In diesen erfolgt der Schluß des Gewölbes. Da man aber auch den letzten Stollen keine große Weite geben darf, so muß man von dem Längenverbande ganz absehn, und es bleibt nur übrig einzelne Bogen stumpf an einander zu stellen. Die Widerlager oder die Mauern unter den Gewölben werden nunmehr, nachdem die Decke gesichert ist, und die einzelnen Stollen in Verbindung gesetzt werden dürfen, durch Unterfahrung bis zur nöthigen Tiefe herabgeführt.

Zuweilen stellt man das Gewölbe auch in andrer Weise dar. Die Gefahr des Durchbruchs ist nämlich in der Mittellinie des Tunnels am größten, und wird durch die beschriebene Bauart noch vermehrt, insofern die große Anzahl von Stollen, die über und neben einander nach und nach zur Ausführung gebracht werden, schon die sichere Unterstützung der darauf ruhenden Erd- oder Felsmasse gefährdet haben, diese also leicht in Bewegung kommen kann. Man hat daher in vielen Fällen mit der Ausführung des obern Theils des Gewölbes den Anfang gemacht, und die darunter befindlichen Theile durch Unterfahren dargestellt. Besonders bei sehr losem Grunde ist der Nutzen einer solchen Anordnung nicht zu verkennen, insofern man dabei alle andern Arbeiten bereits im Schutz einer festen Decke vornehmen kann. Bei dem Bau der Souterrains im Marne-Rhein-Canal hat man diese Methode gleichfalls gewählt, wiewohl man hier ziemlich festes Gestein antraf, das keiner vollständigen Verschaalung, sondern nur der Absteifung und Verstrebung bedurfte. Die in Fig. 375 auf Taf. LIV dargestellten Querschnitte zeigen diesen Bau in den verschiedenen Perioden der Ausführung. In *a* ist durch die punktirtten Linien zwischen den

beiden mittlern Steifen der erste Stollen in seiner Absteifung angegeben, der durch das Gebirge getrieben wurde. Darunter befindet sich der mit starkem Gefälle versehene und gleichfalls leicht abgesteifte Graben, der zur Abführung des Wassers dient.

Von diesem Stollen aus erweiterte man die Oeffnung, und stellte den ganzen zu überwölbenden Raum dar, indem die nöthigen Absteifungen angebracht wurden. Fig. *b* zeigt einen Lehrbogen. Man stellte deren eine ganze Reihe hintereinander auf, jedoch so, daß die Steifen dazwischen stehn blieben. Letztere wurden nur entfernt, wenn die Schaalhölzer aufgebracht werden mußten, was unmittelbar vor dem Versetzen der Steine geschah, so daß das Gewölbe bald darauf deren Stelle vertrat. Die beiderseitigen Anfänge der Bogen ruhen, wie aus der Figur ersichtlich ist, auf je zwei Gängen von Bohlen, und dieser untere Theil des Gewölbes kann bequem in gehörigem Verbande gemauert werden. Nur wenn man gegen den Schluß kommt, läßt sich der Verband nicht mehr darstellen, weil die Steine von der Stirnseite des Bogens eingeschoben werden müssen, und darüber kein Platz zu ihrem Versetzen ist. Jene Bohlen, die zugleich mit den Lehrbogen das Gewölbe tragen, ruhn theils unmittelbar, theils mittelst Stützen auf den äußern Theilen der Schwellen. An den Stellen, wo das Gewölbe dem Schluß nahe ist, eröffnet man zu beiden Seiten die Gräben für die Widerlager und die Anfänge des Bogens. Diesen kann man eine grössere Länge und daher besonders in den mittlern Schichten den gehörigen Verband geben. Die Schwellen werden, wie Fig. *c* zeigt, nunmehr abgesteift, ihre vortretenden Enden muß man aber abstemmen, sobald das Mauerwerk von unten aus sich ihnen nähert. Zuerst werden die hintern Steinreihen mit dem obern Bogen verbunden und möglichst geschlossen eingetrieben, nachdem die Bohlen gleichfalls in kurze Stücke zerlegt und beseitigt sind. Alsdann geschieht dasselbe mit den vordern oder innern Steinreihen. Indem der Bogen hierbei dauernd auf dem Lehrbogen ruht, außerdem aber entweder sein äußerer oder innerer Rand von der bereits ausgeführten Untermauerung oder noch von der Absteifung getragen wird, auch ein guter Mörtel angewendet ist, der schnell bindet, so können die untern Steine sich nicht sogleich lösen und die ganze Arbeit schreitet sicher und ohne Unterbrechung fort.

Sobald das Gewölbe an einer Stelle geschlossen und unterfahren ist, entfernt man den darunter befindlichen Lehrbogen und führt die Mauern unter den Leinpfaden aus (Fig. *d*), gegen welche man den freistehenden Erdkörper in der Mitte des Souterrains absteift. Auf diese natürliche Erdablagerung hatte man aber gleich nach Eröffnung des ersten engen Stollens eine Eisenbahn gelegt, mittelst deren sowohl das gelöste Gestein abgeführt, als auch das erforderliche Baumaterial beigebracht werden konnte. Bei Ausführung des Souterrains bei Arschweiler gewann man an Ort und Stelle schon das zum Mauern und Wölben erforderliche Steinmaterial in hinreichender Menge und von gehöriger Güte. Die Wölb- und Mauersteine wurden daher im Souterrain selbst bearbeitet.

Der Schluss des Gewölbes bildet den schwierigsten Theil dieser Arbeiten, weil es über dem Bogen an dem nöthigen Raum fehlt, um die Steine in gewöhnlicher Art zu versetzen. Bei Ausführung des Eisenbahn-Souterrains bei St. Cloud setzte man jeden einzelnen Lehrbogen aus zwei getrennten Hälften zusammen, zwischen denen so viel Raum blieb, daß der Maurer bequem auf einer etwas niedrigeren Rüstung stehen konnte. Dadurch wurde es möglich, bis auf 1 Fuß Abstand vom Scheitel noch die Steine in gehörigem Verbands zu versetzen, und nur der letzte 2 Fuß breite Theil des Gewölbes mußte wieder aus einzelnen, stumpf an einander gestellten Schlußsteinen bestehn. In der Längenrichtung des Canals maas dieser Theil etwa 3 Fuß, der Maurer konnte daher die Steine von der Stirnfläche des Gewölbes aus hineinschieben. Sobald ein solcher Bogen geschlossen war, wurde er sogleich mit einer Bétonlage überdeckt, um die Bergfeuchtigkeit abzuhalten, und man beeilte sich, den freien Raum darüber bis zu der durch das Absprengen der Steine gebildeten Decke sorgfältig und möglichst geschlossen mit Steinen anzufüllen. Die Vorsicht in dieser Beziehung ist dringend geboten, und man kann damit in der That nicht zu weit gehn, indem das Gewölbe jedenfalls, und wenn es auch noch so stark wäre, sehr beschädigt würde, wenn die darüber liegende Erd- oder Felsmasse bei dem unvermeidlichen Setzen sich plötzlich stark senken und eine merkliche Geschwindigkeit annehmen sollte.

Die Ausführung der Wölbung wird schwieriger, wenn die Förderschachte beibehalten und ihre massiven Einfassungen

mit dem Gewölbe über dem Canal verbunden werden sollen. Insofern diese Schachte, wie erwähnt, später beinahe keinen Nutzen gewähren, ihre Unterhaltung aber ziemlich kostbar ist, so pflegt man sie meist nach Beendigung des Souterrains zu verfüllen und eingehn zu lassen. In England hat man aber, um ihre Verbindung mit dem Gewölbe zu vereinfachen, sie zuweilen auf gußeiserne Rahmen von quadratischer Form gestellt, die von einem oder zwei Bogen im Gewölbe getragen werden, und an die sich die nächsten Bogen mit ihren Stirnen bequem anschließen lassen.

Die Eingänge der Souterrains pflegt man gemeinhin mit Stirnmauern einzuschließen, die häufig mit architektonischen Verzierungen und Inschriften versehen sind. Diese Mauern erheben sich aber meist nur wenig über das Gewölbe, und bilden daher den Fuß einer Böschung, die sich nach dem Gebirge erhebt, und von den Fortsetzungen der Seitenböschungen des offenen Einschnittes begrenzt wird. Jene erste Böschung wird gewöhnlich mit Banketen versehen, die jedoch nicht horizontal sind, sondern sanft ansteigen, und sonach Gänge bilden, auf welchen man zwischen den mit Bäumen und Sträuchern bepflanzten geneigten Flächen zur Höhe gelangen kann. Fig. 376 zeigt eine solche Anordnung.

In eigenthümlicher Weise wurde der unterirdische Canal St. Maur in der Nähe von Paris ausgeführt, der eine sehr ausgedehnte Serpentine der Marne abschneidet. Die Höhe des Terrains war so mäfsig, dafs man unter andern Umständen nur einen offenen Einschnitt dargestellt haben würde, doch verbot sich dieses theils wegen des daneben befindlichen Dorfes, und theils wegen der sehr frequenten Strafe. Auferdem würde auch der Ankauf des Terrains zum Aufstellen der Abtragserde zu kostbar gewesen sein. Aus diesen Gründen entschlofs man sich, den Canal unterirdisch zu führen, doch geschah dieses nicht in der eben beschriebenen Weise mittelst hindurchgetriebener Stollen, vielmehr wurde ein Einschnitt eröffnet, das Canalbett darin ausgehoben, mit Seitenmauern versehen, mit einem starken Gewölbe überspannt, und letzteres demnächst wieder mit Erde überfüllt. Der Einschnitt mußte aber mit steilen Dossirungen versehen werden, weil einzelne Häuser sehr nahe standen. Dieses gelang auch, indem man starke Absteifungen zwischen den beiderseitigen Wänden anbrachte. Ueber-

dies war es nicht nothwendig, den Einschnitt an jeder Stelle lange offen zu lassen, indem man mit der Ausführung des Gewölbes und der Ueberschüttung desselben möglichst schnell fortschritt. Man brauchte auf diese Weise einen großen Theil der ausgehobenen Erde gar nicht seitwärts abzulagern, sondern konnte denselben sogleich zur Verfüllung des bereits fertigen Gewölbes verwenden. Letzteres erhielt aber bei der sorgfältigen Ausführung, und da es außerdem noch 1 Fuß hoch mit Béton überdeckt wurde, eine genügende Wasserdichtigkeit. Dieser Umstand war von großer Bedeutung, weil andernfalls das Grundwasser zum Nachtheil des darüber stehenden Dorfes stark gesenkt worden wäre.

Indem unterirdische Canalstrecken niemals solche Ausdehnung haben, wie manche Eisenbahn-Tunnels, auch nie in so hohe Gebirge eingeschnitten sind, daß die Anlage von Förderschächten dabei unmöglich gewesen wäre, so darf von den in solchem Falle eintretenden Schwierigkeiten, und den Mitteln zur Umgehung derselben hier abgesehen werden. Dagegen dürfte ein anderer Bau nicht unerwähnt bleiben, der, wenn er auch seinen Zweck vollständig verfehlt hat, dennoch theils wegen der übergroßen Schwierigkeiten, die seiner Ausführung entgegenstanden, und theils wegen der eigenthümlichen Art der Ueberwindung derselben, von großer Bedeutung ist, und der überdies dem Gebiet der Wasserbaukunst angehört. Dieses ist der in den Jahren 1825 bis 1843 von Isambart Brunel ausgeführte Themse-Tunnel. Die Anordnung der Zugänge zu demselben, die nichts andres, als sehr große Senkbrunnen sind, wurde bereits im ersten Theil §. 8 beschrieben.

Der wichtigste Theil dieses Bauwerks ist die Durchführung des überwölbten Stollens unter der Themse in einem zum Theil vollständig mit Wasser durchzogenen leichten Boden, der überdies zur Zeit des Hochwassers einem Wasserdruck von mehr als 70 Fuß ausgesetzt war.

Man hatte schon früher in ähnlicher Weise eine Verbindung der beiderseitigen Themseufer darzustellen versucht. Bereits im vorigen Jahrhundert wurde bei Gravesend ein solcher Bau von Dodd in Vorschlag gebracht und wirklich begonnen. Man kam indessen nicht weiter, als daß man einen Schacht abzuteufen begann, der aber so starke Quellen aufnahm, daß alle Mühe, ihn

trocken zu legen, vergeblich war, und man sich bald gezwungen sah, ihn wieder zuzuschütten*).

Wichtiger war ein zweiter Versuch, der von Vazie begonnen und von Trevithik, dem Erfinder der Hochdruckmaschinen, bald fortgesetzt und sehr weit ausgedehnt wurde, der aber dennoch gleichfalls mißglückte. Man teufte ziemlich nahe an derselben Stelle, wo der jetzige Tunnel ausgeführt ist, einen Schacht von 11 Fufs Weite ab, und schlofs an denselben einen Stollen in den beim Bergbau üblichen Dimensionen von $2\frac{1}{2}$ Fufs lichter Weite und 5 Fufs Höhe an, der nur mit Holzeinfassung versehen war. Im Jahre 1804 wurde der Bau begonnen, der Stollen aber erst 1807 ausgeführt und in den ersten Tagen des folgenden Jahrs noch etwas verlängert, so dafs er bereits das gegenüberliegende Ufer erreicht hatte, als am 25. Januar 1808 das Wasser einbrach, und den leichten Bau so verwüstete, dafs an eine Wiederherstellung nicht mehr gedacht wurde. Der Stollen war auf 923 Fufs Länge ausgeführt. Vergleichungsweise zu dem spätern Bau, und bei den geringen Hilfsmitteln der damaligen Technik, kann man sich nur wundern, wie dieses Unternehmen einen so raschen Fortgang haben konnte und bis zu der Zeit, dafs es zerstört wurde, so wenig Unfälle erfuhr. Nichts desto weniger war das Durchtreiben des engen Stollens doch nur der geringste Theil der Arbeit, und wenn dieses auch vollständig geglückt wäre, so begreift man kaum, wie das Souterrain alsdann erweitert und ausgemauert werden sollte.

Obwohl das Unternehmen zweimal mißglückt war, so wurde es dennoch, bevor zwanzig Jahre vergangen waren, aufs Neue wieder aufgenommen. Die Wichtigkeit desselben erschien zu bedeutend, namentlich in einer Zeit, wo Dampfschiffe noch wenig bekannt waren, und man sie noch nicht benutzte, um eine leichte und regelmäfsige Verbindung zwischen den gegenüber liegenden Flusufern darzustellen. Auf die ganze Länge der Themse, von ihrer Mündung bis zur London-Brücke, also etwa auf 8 deutsche Meilen, war die Anlage einer gewöhnlichen Brücke, ganz abge-

*) Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend. Sechster Jahrgang. Zweiter Band. Berlin 1806. Seite 61 ff.

sehn von den technischen Schwierigkeiten, unmöglich, weil die Schiffahrt hier in keiner Weise beeinträchtigt werden durfte. Wollte man die beiderseitigen Ufer in Verbindung setzen, so konnte dieses nur geschehn, entweder so hoch über Wasser, daß die Schiffe mit allen Bramstengen und zwar in der ganzen Ausdehnung des Fahrwassers ungehindert darunter nach wie vor segeln, oder so tief unter Wasser, daß auch die größten Schiffe frei darüber gehn konnten. Man dachte allerdings auch an die erste Art des Uebergangs, indem eine weit gespannte und hohe gusseiserne Bogenbrücke projectirt wurde, man zog aber den Vorschlag Brunels vor, den Weg unter dem Bett der Themse zu erbauen, und es bildete sich eine Actien-Gesellschaft, die gegen das zu erhebende Brückengeld die Kosten des Baues nach dem von Brunel aufgestellten Anschlag tragen wollte.

Man machte, wie bereits früher beschrieben, mit dem Versenken des Treppenthurms im Jahre 1825 den Anfang, und am 1. Januar des folgenden Jahrs wurde der Bau des Stollens oder des eigentlichen Tunnels begonnen, der achtzehn Jahre später beendigt wurde. Seine Ausführung war mit ungeahnten Schwierigkeiten verbunden, aber die Methode, obwohl sie keine wesentlichen Aenderungen erfuhr, vervollkommnete sich doch erst während ihrer Anwendung. Der Bau war bereits über die Hälfte beendigt, als Brunel das unbedingte Zutrauen dazu aussprach, und sich rühmte, der Apparat sei jetzt so beschaffen, daß er unter allen Umständen zum Ziel führen müsse, wenn es nicht an Geld fehle. Dieser Punkt hatte allerdings schon große Bedeutung gewonnen. Das von der Gesellschaft aufgebraachte Capital war längst verausgabt und weitere Zuschüsse wurden endlich verweigert, da die Hoffnung des Gelingens beinahe ganz verschwunden war. So ruhte der Bau nahe 8 Jahre hindurch, nämlich von 1828 bis 1836, bis endlich das Nationalgefühl angeregt und vom Parlament das noch fehlende Geld bewilligt wurde.

Es ist wohl außer Zweifel, daß die Schwierigkeiten, die man antraf, grosentheils davon herrührten, daß man sich der Sohle des Flußbettes zu sehr genähert hatte. Spätere Veränderungen desselben und selbst das Ankern der Schiffe sollen hieran Schuld gewesen sein. Jenen Veränderungen hätte man indessen wohl vorbeugen können durch Befestigung des Flußbettes. Wenn aber das

Durchziehn einiger Schiffsanker schon in solchem Maasse, wie wirklich geschehn, das Unternehmen gefährden konnte, so war es an sich sehr unsicher, und man hätte entweder eine andre Stelle wählen, oder tiefer herabgehn müssen. Nach den 39 Sondirungen, die angestellt waren, sollte der Bau überall mindestens noch 20 Fufs unter der Sohle des Flußbettes bleiben. Dagegen hatte man später aus der Taucherglocke das Mauerwerk frei liegen sehn. Der Boden bestand aber mit Ausnahme einer schwachen Kalkschicht, die Fig. 377 in der Höhe der untern Hälfte des Gemäuers angegeben ist, aus Kies und Thonlagen, die besonders oben in weichen Schlamm übergingen. Der in dieser Figur dargestellte Wasserstand ist der des niedrigen Wassers, das Hochwasser erhebt sich noch 19 Fufs darüber.

Die so eben bezeichnete Figur stellt den Querschnitt des fertigen Baues dar. In einem Gemäuer von $21\frac{1}{2}$ Fufs Höhe und $36\frac{1}{2}$ Fufs Breite befinden sich die beiden überwölbten und mit Fufswegen verbundenen Fahrbahnen. Die Mittelmauer zwischen beiden ist mit großen überwölbten Oeffnungen versehen. Diese Oeffnungen sind indessen erst später dargestellt und mit Bogen überspannt, indem es zu schwierig gewesen wäre, sogleich ein so ungleichmäßiges Mauerwerk auszuführen. Einen Längenverband konnte man indessen weder den senkrechten und horizontalen Mauern, noch den Gewölben geben, vielmehr mußte eine vertikale Mauerschicht stumpf gegen die andre gestellt werden. Bei dem schnell erhärtenden und fest bindenden Roman-Cement, der durchweg angewendet wurde, hat diese Verbindungsart, soviel bekannt, keine nachtheiligen Folgen gezeitigt.

Zur Ausführung des Souterrains diente ein eigenthümlicher Apparat, der Schild genannt, welcher nicht nur die Stirnfläche des Stollens sicher abschloß und den Druck der davor stehenden Erde und des Wassers aufhob, sondern auch so eingerichtet war, daß man an jeder beliebigen Stelle kleine Oeffnungen frei machen und die Erde davor beseitigen konnte. Der Schild bestand aus zwölf einzelnen Abtheilungen oder Rahmen, die beliebig entlastet und vom Erddruck beinahe vollständig befreit werden konnten, indem derselbe auf die nächsten Rahmen sich übertragen liefs. Dadurch wurde es möglich, die einzelnen Rahmen und sonach den ganzen Schild vorzuschieben.

Der Schild war etwas breiter und höher, als das Mauerwerk des Tunnels, und umschloß dasselbe oben und zu beiden Seiten mit beweglichen eisernen Platten. Gewöhnlich befand er sich etwa 9 Fuß vor der jedesmaligen Stirnfläche der Mauer, und in gleichem Maasse, wie er vorrückte, folgte ihm auch das Mauerwerk.

Fig. 378 zeigt den Schild in derjenigen Anordnung, die man ihm nach manchen Aenderungen gegeben hat*). Er besteht aus zwölf getrennten Theilen oder Rahmen, die wie Bücher in einem Bücherschrank stumpf neben einander stehn, und einzeln vorgeschoben werden können. Jeder dieser Rahmen hat drei Abtheilungen oder Zellen übereinander von hinreichender Breite und Höhe, so daß ein Arbeiter ziemlich bequem darin Platz findet. Auf diese Weise enthält der ganze Schild sechs und dreißig Zellen, und eben so viele Arbeiter sind darin in ähnlicher Weise beschäftigt, wie beim Vortreiben eines Stollens. In Fig. 377 sind diese Zellen sichtbar.

Jeder der erwähnten Rahmen, aus gußeisernen durchbrochenen Platten zusammengesetzt, steht auf zwei eisernen Schenkeln *A*, die mittelst starker Schrauben, deren Köpfe man bei *D* sieht, verlängert oder verkürzt werden können, und sowohl oben als unten mit Kugelgelenken versehen sind. Wenn die Schube *B*, auf denen die Schenkel eines Rahmens ruhn, vorgeschoben werden sollen, so wird der Rahmen mittelst der Arme *C* an die beiden nächsten Rahmen gehängt. Diese Arme sind oben und unten mit kreisförmigen Oeffnungen versehen, in welche Zapfen von den beiden angrenzenden Rahmen eingreifen. Ein Rahmen hat jedesmal unter der mittleren Zelle zwei solcher Achsen, und der nächste trägt dieselben über der mittleren Zelle. Die beiden äußern Rahmen konnten nur durch einen Arm unterstützt werden. Diese Arme lassen sich durch eingetriebene Keile beliebig verlängern und verkürzen. Man kann also durch Verstellen der Keile und der an den Schenkeln angebrachten Schrauben das Gewicht eines Rahmens von den darunter liegenden Schuhen auf die zur Seite stehenden Rahmen übertragen.

*) Dieser Schild, sowie der ganze Bau wurde zuerst von *Henry Law* in *Weale's Quarterly papers on Engineering. Part. VI, IX und X* beschrieben. Im „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst“ von *F. Rziha*, II. Band, Berlin 1872, ist derselbe gleichfalls behandelt.

Um indessen zu verhindern, daß zwischen den Rahmen die Reibung gar zu stark wird, oder wohl gar ein Klemmen eintritt, mußte ihr gegenseitiger Abstand genau normirt werden. Dieses ist dadurch erreicht, daß man in der Höhe der Mittelböden, welche die Zellen trennen, vortretende Kreisstücke angebracht hat, die in dem einen Rahmen sich um eine vertikale Achse drehn, und in dem andern sich gegen eine eiserne Bahn lehnen, die also, ohne die gegenseitige Bewegung zu hemmen, die Annäherung über eine gewisse Grenze hinaus verhindern. Wegen des starken Drucks von beiden Seiten ist aber eine zu große Entfernung der Abtheilungen von einander weniger zu besorgen.

Das Vorschieben jedes Rahmens geschieht dadurch, daß man sowohl oben als unten je zwei starke Schrauben horizontal gegen die bereits ausgeführte Mauer stellt, und durch Drehn der Spindeln den nöthigen Druck erzeugt. Die beiden Schenkel befinden sich dabei in der Stellung, welche die Figur angiebt, indem die Schuhe schon vorher etwas vorgeschoben waren. Die Deckplatten über dem Rahmen ruhn in diesem Fall auch nur auf den Stützen *E*, indem die starken Schrauben, die sie sonst tragen, gelöst sind. Auf diese Weise kann jeder der mittlern Rahmen ziemlich frei gestellt werden, er findet aber auch in der Richtung, wohin er geschoben werden soll, einen freien Raum, indem die Bohlenstücke, welche die Erde am Kopf des Stollens absteifen, nicht gegen diesen Rahmen, sondern die beiden nächsten gestützt werden. Anders verhält es sich mit den beiden äußern Rahmen, gegen welche sich die gußeisernen Bohlen lehnen, die den Kopf des Stollens zur Seite einfassen. Eine starke Reibung ist hier unvermeidlich, und um so kräftiger müssen die Schrauben wirken. Diese Bohlen sind indessen so eingerichtet, daß jene Stützen, welche die Erdwand an der Stirnfläche des Stollens zurückhalten, auch gegen sie angesetzt werden können, und sonach auch die äußern Rahmen beim Vorschreiten leere Räume vor sich finden.

Ueber jedem der mittlern Rahmen befinden sich zwei gußeiserne Deckplatten *F* mit Verstärkungsrippen versehen, vorn zugeschärft und am hintern Ende mit Platten von gewalztem Eisen verbunden, die noch über das bereits ausgeführte Mauerwerk reichen, und daher bis zu diesem stets einen ziemlich dichten Schluß darstellen. Auf jedem der beiden äußern Rahmen liegen

dagegen drei dergleichen Platten, von denen die äufsern, wie Eck-eisen, theils horizontale, theils vertikale Flächen haben, also schon den Anfang der Seiteneinfassungen bilden. Die Deckplatten ruhn gewöhnlich, aufser den bereits erwähnten Stützen *F*, noch auf starken Schrauben. Sie werden aber, ehe man den zugehörigen Rahmen vorschiebt, selbst vorgeschoben, wozu besondere Schrauben dienen, die man gleichfalls gegen die Stirn der Mauer ansetzt, die aber in der Figur nicht angegeben sind.

Die Seiten-Einfassungen am Kopf des Stollens werden durch eiserne Platten von 1 Fufs Höhe gebildet, die sehr genau mit den Deckplatten übereinstimmen, und auch eben so wie diese vorgeschoben werden. Eine Verschiedenheit findet nur insofern statt, als sie nicht so sicher aufliegen und daher durch besondere Vorrichtungen in ihrer Stellung gehalten werden müssen. Sie greifen daher nicht nur durch eine Art von Federn und Nuthen in einander, sondern jede von ihnen ist noch mit einem starken Bolzen versehen, der in einer am äufsern Rahmen angebrachten Oese sich frei hin- und herschieben läfst, und dabei die Platte auf der am Rahmen befindlichen Bahn erhält.

Ein sehr wichtiger Theil des Apparats bezieht sich auf die Absteifung der Erde in der Stirn des Stollens. Hierzu dienten ungefähr 500 Bohlenstücke *G*, von denen jedes 3 Fufs lang ist. Ihre Höhe beträgt 6 Zoll, und ihre Stärke 3 Zoll. An den Enden sind Eisenplättchen mit halbkugelförmigen Vertiefungen aufgeschoben, in welche die Köpfe der Stützen *H* greifen. Diese Stützen, aus Schraubenspindeln und röhrenförmigen Muttern bestehend, lassen sich aus freier Hand leicht verlängern und verkürzen, so dafs man jene Bohlenstücke beliebig lösen, oder gegen die Rahmen absteifen kann. Dieses Absteifen geschieht, wie bereits erwähnt, nicht nur gegen den zugehörigen Rahmen, sondern, sobald dieser vorgeschoben werden soll, auch gegen die beiden benachbarten Rahmen.

Es wiederholten sich indessen vielfache Unfälle mit den Bohlenstücken, und namentlich kanteten dieselben mehrfach, oder fielen auch herab, und nur mit grossem Zeitaufwande konnte man sie alsdann in ihre passende Lage bringen, oder durch andre ersetzen. Von Bedeutung war daher die Aenderung, dafs man sie mit Haken versah, womit sie an einander befestigt wurden.

Die Aushebung der Erde geschah in der Art, dafs man in jeder Zelle zuerst die obere Bohle löste und die Erde einige Zoll tief herausnahm, alsdann wurde die Bohle wieder eingesetzt und mittelst der Stützen *H* gegen die dahinter stehende Erdwand fest geschoben. Dasselbe geschah mit der zweiten und allen folgenden Bohlen der Zelle. Die Erde, welche in den beiden obern Zellenreihen gelöst war, fiel dabei auf die Mittelböden, die mittelst starker Bleche zwischen den Bohlen vorragten, und sonach ein Herabstürzen der Erde bis zur Sohle des Schachtes verhinderten. In die untre Zelle fiel keine Erde, vielmehr mußte sie unter derselben vorgezogen werden. Die Bohlenstücke zunächst über der Sohle des Stollens stellte man aber nicht mehr senkrecht, sondern flach geneigt ein, so dafs die Wand hier allmählig in die horizontale Richtung übergieng. Diese Bohlen blieben hier auch liegen und bildeten theils eine Unterlage für die gufseisernen Schuhe *B*, theils auch einen Rost für das Mauerwerk. Während die schweren Rahmen mit der ganzen Belastung des darüber befindlichen Erdreichs darauf gestellt wurden, drückten sie sich so fest ein, und nahmen eine so sichere Lage an, dafs sie einer weitem Befestigung nicht bedurften, wenn auch die Schuhe nicht mehr darauf standen.

Sobald die Rahmen sich von der Mauer etwas entfernt hatten, wurde sogleich eine Mauerschicht von der Stärke eines Steins an diese zwar stumpf, aber in gutem Cement angesetzt. Das Profil der Mauern zeigt Fig. 377. In Fig. 378 sieht man noch den Durchschnitt eines Lehrbogens, der bei seiner geringen Länge sehr leicht vorgeschoben und mittelst Hebel und Schrauben genau auf die erforderliche Höhe gestellt werden konnte.

Die vorstehende Beschreibung des Apparats und seiner Benutzung soll nur im Allgemeinen das gewählte Verfahren bezeichnen. Es ergibt sich daraus aber schon, dafs die Einzelheiten mit gleicher Sorgfalt und Ueberlegung angeordnet und ausgeführt werden mußten, um die nöthige Festigkeit und Beweglichkeit zu besitzen, und um nirgend die Arbeiten zu verhindern oder zu sehr zu erschweren. Die specielle Bezeichnung derselben, obwohl sie gewifs großes Interesse bietet, würde die Grenzen dieses Handbuchs weit überschreiten. Dagegen erscheint es nothwendig, über den Fortgang der Arbeiten noch Einiges mitzutheilen.

Am 1. Januar 1826 stellte man den Schild in dem früher beschriebenen Schacht oder großen Brunnen auf, und obwohl die Durchbrechung der Mauer in mancher Beziehung ein andres Verfahren nothwendig machte, als dasjenige, für welches der Schild eingerichtet war, so näherte man sich dennoch schon gleich Anfangs demselben soviel irgend möglich war, um beim weitem Vorrücken sogleich von den Schutzmaafsregeln vollständig Gebrauch machen zu können. Der Bau schritt Anfangs, ohne übermäßige Schwierigkeiten zu bieten, ganz nach Wunsch vor. Am Schluß des Jahrs war die Ausmauerung des Schachtes auf 350 Fufs vollendet, und zwei Einbrüche im Schilde zur Zeit hoher Fluthen hatten nur kurze Unterbrechungen veranlaßt, doch aber die Ueberzeugung verschafft, dafs der Schild zu schwach sei, und für den ganzen Bau kaum ausdauern würde. Die große Schwierigkeit, ihn in den einzelnen Theilen zu erneuern, schien indessen den Versuch zu rechtfertigen, ihn noch ferner beizubehalten, da namentlich bei der größern Uebung der Arbeiter der Bau nunmehr schneller fortschritt, als im Anfang, und hierdurch die Dauer der Benutzung des Schildes sich sehr abzukürzen versprach.

Am 2. Januar 1827 erfolgte ein ziemlich bedeutender Einbruch. Er war dadurch veranlaßt, dafs man in ganz durchweichtem Boden arbeitete, der die Bohlenstücke gar nicht mehr gehörig von Außen stützte. Zugleich drangen übermäßige Wassermassen ein, welche die Dampfmaschine nicht mehr gewältigte, und der Schild bewegte sich oft nicht in der gehörigen Richtung, so dafs man die Seitenmauern ansehnlich schwächer halten mußte, als sie sein sollten. Nichts desto weniger wurde die Arbeit bald wieder begonnen und rasch fortgesetzt. Man schritt in jeder Woche durchschnittlich 12 Fufs vor, und an einzelnen Tagen gelang es sogar den Stollen 3 Fufs weiter zu führen.

Die Arbeit wurde indessen immer bedenklicher. In einer Taucherglocke hatte man Ende April das Flußbette untersucht und dabei einen Hammer und eine Hacke verloren. Beide fand man in den ersten Tagen des Mai vor dem Schilde wieder. Es ergab sich also, dafs ein ganz weicher Boden den Stollen überdeckte. In dieser Zeit sollen noch einige Schiffe vor dem Tunnel Anker geworfen und dadurch die Gefahr vergrößert haben. Am 18. Mai drang plötzlich das Wasser in reinen Strahlen durch alle

Fugen, und nahm bald so überhand, daß die Maschine es nicht mehr beseitigen konnte. Die Arbeiter entflohen und der Tunnel, der damals 550 Fufs lang war, füllte sich mit Wasser an.

Die nunmehr angestellten Tiefenmessungen ergaben, daß vor dem Schilde ein 36 Fufs tiefes, trichterförmiges Loch sich gebildet hatte. Auf der Ostseite lag die Mauer frei im Flußbette, so daß man in der Taucherglocke seine äußere Fläche sehn konnte. Es blieb unter diesen Umständen nichts andres übrig, als die Vertiefung wieder zu füllen. Man versenkte 2500 Tons Klaierde, die man in Säcke gefüllt hatte. Damit aber nicht etwa die ganzen Säcke durch die Oeffnungen in den Schild hineingetrieben werden möchten, stieß man durch jeden mehrere Haselstöcke hindurch, deren Enden auf beiden Seiten etwa einen Fufs weit vorragten. Außerdem wurden auch bedeutende Quantitäten Kies dazwischen geschüttet. Die Dampfmaschine konnte nunmehr wieder das Wasser bewältigen und am 21. Juni war eine Besichtigung des Tunnels möglich. Der Schild hatte nicht gelitten, aber sich stark verstellt, auch war soviel Erde hineingetrieben, daß die Heraus-schaffung derselben die Wieder-Aufnahme der Arbeit sehr verzögerte.

Endlich in der Mitte des August konnten die Zellen wieder besetzt, und der Stollenbau aufs Neue begonnen werden. Dabei traten aber andre Schwierigkeiten und Gefahren ein. Die eingeschüttete Erdmasse kam, wenn man sie fortgrub, oft plötzlich in starke Bewegung, und die einzelnen Theile der Rahmen zerbrachen, so daß man sie fortwährend erneuern und verstärken mußte. Die Arbeit schritt dabei sehr langsam vor. Manche weniger bedeutende Einbrüche des Wassers unterbrachen sie auch wiederholentlich. In den ersten Tagen des Jahres 1828 war man seit dem Wiederbeginn der Arbeiten nur um 50 Fufs weiter gekommen, als am 12. Januar der bedeutendste Einbruch statt fand. Es hatte sich der Fall schon oft wiederholt, daß beim Ausheben eines Bohlenstückes die Erdmasse anfangs ziemlich fest zu stehn schien, aber nach und nach in Bewegung kam und alsdann in großen Klumpen hinein brach. Man pflegte sie alsdann durch eingestopftes Stroh zum Stehn zu bringen. Ein solcher Fall ereignete sich auch an diesem Tage, während Brunel gerade zugegen war. Das Verstopfen und Wiedereinstellen der Bohle glückte aber diesesmal

nicht, und die Erde wurde nach und nach dünnflüssiger, woher Brunel einen sehr gefährlichen Einbruch voraus sah, und den Arbeitern zurief, daß sie sich entfernen sollten. Er selbst begab sich in die nächste Zelle, um den weiteren Verlauf noch zu beobachten. Drei Arbeiter blieben bei ihm. Plötzlich drang statt der Erde, Wasser hindurch, und die Masse desselben war augenscheinlich viel größer, als daß die Dampfmaschine die Anfüllung des Tunnels hätte verhindern können. Da begab sich Brunel mit den drei Arbeitern auf den Rückweg, doch kaum waren sie eine kurze Strecke gegangen, als mit heftigem Getöse die Einströmungs-Oeffnung sich sehr erweiterte. Die Luft kam dabei so in Bewegung, daß die Lichte erloschen, und unglücklicher Weise stürzten gleichzeitig die Lehrbogen und Rüstungen zusammen und fielen auf die vier Leute, Brunel raffte sich auf und erreichte den andern Fahrweg, der von Geräthschaften frei gehalten war. Er stand hier eine kurze Zeit still, und rief seine Gefährten, aber das Wasser stieg sehr schnell, er mußte eilen und konnte zuletzt nur durch Schwimmen die Treppe erreichen. Seine Begleiter ertranken.

Manche Untersuchungen wurden noch vorgenommen, theils mit der Taucherglocke und theils auch im Innern, nachdem die Auskolkung gefüllt und das Wasser ausgepumpt war. Das Mauerwerk wurde unbeschädigt gefunden, aber der Schild war zerbrochen und ganz verschoben. Jedenfalls waren sehr bedeutende Kosten zum Wiederbeginn der Arbeiten erforderlich und wenn auch Brunel die Versicherung gab, daß mittelst der Taucherglocke und sorgfältiger Sicherung des Grundes ähnliche Unfälle für die Zukunft vermieden werden könnten, sobald der Schild durch gehörige Verstärkung und Erneuerung einzelner Theile wieder in Stand gesetzt sein würde, so war doch das Zutrauen zum ganzen Unternehmen so sehr erschüttert, auch die Geldmittel vollständig erschöpft. Die Arbeit mußte daher ganz unterbrochen werden.

Im Jahre 1835 bewilligte endlich das Parlament die nöthigen Summen zur Fortsetzung. Im März 1835 wurde der Bau wieder aufgenommen, und im September 1841, als ich die Arbeit sah, war man bereits soweit unter das nördliche Ufer gekommen, daß ein enger Schacht die Verbindung mit demselben darstellte. Welchen Schwierigkeiten man begegnet hatte, liefs sich auch damals noch

erkennen, indem bald mehr, bald minder flüssig, die Schlammassen überall hervorquollen und oft in starken Strahlen herausspritzten.

Im nächsten Jahre wurde der Tunnel vollendet. Seine ganze Länge beträgt 1200 Fufs. Nachdem auf dem nördlichen Ufer in gleicher Weise, wie auf dem südlichen noch ein Treppenthurm herabgeführt war, fand endlich am 25. März 1843 die feierliche Eröffnung statt, und seitdem dient der Tunnel zum Durchgange für Fußgänger. Zwei Fahrwege von 11 Fufs Breite und nur durch einzelne Säulen zwischen den Fußgänger-Banketen von einander getrennt führen unter der Themse hindurch, die Zugänge sind indessen nur durch gewöhnliche Wendeltreppen dargestellt, die für Fuhrwerk nicht nutzbar sind. In dem durch Gas erleuchteten Tunnel sind Läden eingerichtet, während wenige Fußgänger, wahrscheinlich meist Fremde, hindurchgehn, da es viel bequemer und sogar wohlfeiler ist, sich übersetzen zu lassen, als nahe 70 Fufs herab und eben so hoch wieder heraufzusteigen, und dafür einen Schilling zu bezahlen.

§. 90.

Durchlässe und Brückencanäle.

Indem die Canäle zuweilen von einer Seite des Thals auf die andre geführt werden, so kreuzen sie den Bach oder den Fluß der das Thal bildet. Außerdem dürfen sie auch die Seitenzuflüsse, denen sie begegnen, nicht absperren, vielmehr müssen auch diese unbehindert ihren Weg nach dem Hauptwasserlauf des Thals fortsetzen. Auf solche Art bilden sich bei den meisten Canälen vielfache Kreuzungen mit kleinern und größern Bächen und zuweilen selbst mit Flüssen. Es entsteht die Frage, wie man diese am passendsten anzuordnen hat.

Bei Canälen, welche im Flußbett selbst angelegt sind, wie etwa beim Finow-Canal, kommen dergleichen Kreuzungen nicht vor, da die Canäle selbst die tiefsten Schläuche der Thäler bilden. Das Wasser fließt ihnen von beiden Seiten zu, und man muß dasselbe, wenn man das anschließende Terrain nicht inundiren, oder noch durch besondere Grabenanlagen für die

Vorfluth sorgen will, ungehindert eintreten lassen. Die bereits erwähnten Uebelstände, nämlich die Versandung und die Zuführung sehr großer Wassermassen sind hierbei unvermeidlich.

In frühern Zeiten pflegte man auch bei andern Canälen, die sich zur Seite eines natürlichen Wasserlaufs hinzogen, alle Zuflüsse des letztern, die den Canal kreuzten, hineintreten zu lassen, während man, wenn sie zu viel Wasser lieferten, das nicht mehr füglich durch die Schütze der Schleusen abgeführt werden konnte, dieses durch gewisse Wasserlösen an der Thalseite nach dem Fluß oder Bach ableitete. Bei Anlage des Canals du Midi ist ursprünglich in dieser Art verfahren, weil man es für zu bedenklich hielt, unter dem Canal auch nur den kleinsten Bach hindurch fließen zu lassen. Den Versandungen glaubte man aber dadurch vorzubeugen, daß man die Bäche aus gewissen Bassins, worin das Material sich niederschlagen sollte, eintreten ließ. Diese Vorsicht zeigte sich indessen ungenügend, und man hat daher später eine Anzahl Durchlässe erbaut, um das fremde Wasser ganz getrennt vom Canal unter demselben hindurchzuführen.

Noch viel weniger war der Canal du Midi, so oft er größere Bäche kreuzte, auf Brücken über dieselben geleitet. Er trat vielmehr von der einen Seite in sie hinein, und setzte sich gegenüber wieder fort. Bei kleinem Wasserstande, und wenn alle Sand- und Kiesablagerungen beseitigt waren, bot der Uebergang der Schiffe freilich keine Schwierigkeit. Sobald aber Hochwasser eintrat, was bei diesen Gebirgsflüssen sehr schnell erfolgt, so war nicht nur die Schiffahrt unterbrochen, sondern die Fluthen verbreiteten sich auch über die ganzen Canalhaltungen und füllten dieselben mit dem Material an, welches sie mit sich führten. Auf diese Art war nach dem Verlauf des Hochwassers die Schiffahrt gesperrt, bis man durch Baggern die Tiefe wieder hergestellt hatte.

Besonders bei der Kreuzung des Libronbaches waren diese Verflachungen überaus störend, indem sie sich bis 500 Ruthen weit in den Canal erstreckten. Im Jahr 1766 erbaute man daher ein Floss mit Seitenwänden und mit Klappen an jedem Ende, welches wie eine schwimmende Brücke, sobald der Libron zu wachsen anfangt, über den Canal geschoben wurde, und worin der Fluß wie in einer Rinne herüberströmte, ohne sich mit dem Canal zu vereinigen. Nichts desto weniger drang durch die Fugen des Flosses dennoch

soviel Sand hindurch, daß der Zweck keineswegs erreicht war. Zehn Jahre später wurde daher ein Prahm mit festem Deck und gleichfalls mit Seitenwänden erbaut, der auf dem Wasser schwamm oder zu Boden sank, je nachdem er gefüllt oder leer war. Indem man ihn gewöhnlich leer schwimmen liefs, so konnte er leicht, sobald der Libron anschwell an die passende Stelle gebracht und herabgelassen werden, worauf alsdann die Fluthen herüberstürzten, ohne daß durch die Fugen des festen Decks und der Seitenwände der Sand hindurch fiel. Nachdem die Anschwellung vorüber war, wurde mittelst einer Archimedischen Schnecke der Prahm entleert. Er hob sich alsdann, und sobald er schwimmend zurückgeführt war, konnte die Schifffahrt wieder eröffnet werden. Diese Einrichtung wurde als sehr zweckmäfsig gerühmt, obwohl kaum zu erwarten, daß der Prahm bequem zu handhaben und dicht schließend einzustellen gewesen wäre, namentlich wenn der Fluß schon zu wachsen anfang. Daß übrigens das Bette des Flusses an dieser Stelle mit Mauern eingefast war, zwischen welche der Prahm genau paßte, bedarf kaum der Erwähnung.

Doch auch dieser Prahm entsprach keineswegs dem Bedürfnifs, weil bei der Benutzung desselben die Schifffahrt jedesmal mehrere Tage unterbrochen wurde. Man wählte daher in neuerer Zeit eine andre eigenthümliche Anordnung. Das Bett des Libron wurde nämlich in zwei Arme gespalten und auf der Insel dazwischen befand sich ein kleiner Hafen zur Aufnahme von einem oder zwei Schiffen, der mit dem Canal auf beiden Seiten in Verbindung steht. Das Hochwasser des Libron wird nun in dem einen, oder dem andern Arm über den Canal fortgeleitet, und zwar in je sechs eisernen Rinnen von etwa 7 Fufs Weite, und während diese in einem Arm den Bach abführen, kann der andre Arm des Libron gesperrt werden, und die Verbindung des Canals mit dem Hafen ist hier für die Schifffahrt offen. Nachdem die Schiffe durchgegangen sind, wird der Bach über diesen Arm geleitet, und die freie Verbindung mit der gegenüberliegenden Canalstrecke dargestellt. Jede Rinne besteht aus zwei Theilen, die man, sobald sie den Bach aufnehmen sollen, von beiden Canalufeln aus aneinander schiebt. Sie hängen mittelst eiserner Stangen an Rollen, welche auf Schienen laufen und letztere ruhn auf massiven Bogen, unter welchen die Schiffe bequem hindurchfahren können. Vor den

Rinnen, die nur bei den höchsten Anschwellungen sämmtlich übergeschoben werden, befinden sich Schütze, welche sie sicher abschließen*). 1857 sah ich den Anfang dieses Baues. Ob derselbe seinen Zweck vollständig erfüllt hat, ist nicht bekannt geworden.

Der Canal de la Radelle ist in anderer Weise durch den Fluß Vidourle geführt. Letzterer ist nämlich zu beiden Seiten mit Mauern eingefasst, und in diesen befinden sich Oeffnungen, die der Größe der Canalschiffe entsprechen. Jede dieser Oeffnungen ist mit einem Schütz versehen, das gewöhnlich so hoch hängt, daß die Schiffe ungehindert darunter fahren können, es wird aber in dieser Stellung theils durch ein Gegengewicht, und theils durch Haken gehalten. Sobald der Fluß anschwillt, was sehr plötzlich geschieht, so darf der Wärter nur den Haken herausschlagen, worauf die Schütze von selbst herabfallen und zu beiden Seiten die Verbindung mit dem Canal sperren.

Hieran schließt sich diejenige Methode der Kreuzung, die man bei großen Strömen unbedingt wählen muß, und die man selbst bei kleinern Flüssen zuweilen gewählt hat. Sie besteht darin, daß man die beiderseitigen Canäle ganz von einander trennt, und jeden derselben in der Art in den Strom münden läßt, als ob sie nur mit diesem verbunden werden sollten. Die mit Kohlen beladenen Schiffe, welche den Canal, Lehigh-Navigation genannt, herabkommen, fahren bei Easton über den Delavare in den Morris-Canal, um New-York zu erreichen. Beide Canäle, obwohl ihre Mündungen in den Delavare einander gegenüber liegen, stehn aber unter sich in keiner Verbindung, und jeder derselben tritt mittelst einer Schleuse in den Strom ein.

Nach demselben Princip hatte man auch den Canal du Midi über den Orb-Fluß geleitet. Die beiderseitigen Mündungen waren mit Schleusen versehen. Da jedoch der Fluß bei kleinem Wasser nicht die nöthige Fahrtiefe hatte, so mußte er unterhalb durch ein Wehr aufgestaut werden. Vor diesem Wehr fahren die Schiffe von dem einen Ufer zum andern, indem eine aufgesetzte Wand, gegen welche sie sich lehnen, das Herübertreiben über das Wehr verhindert. Es traten indessen bald Versandungen ein, und man führte daher vom linken Ufer aus eine einzelne vortretende declinante

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. Jahrgang 1869, Seite 75.

Bühne bis nahe an das rechte Ufer. Das Wehr, welches vom rechten nach dem linken Ufer stromabwärts geneigt war, wurde dagegen an der Seite des linken Ufers mit einer Oeffnung versehen, und sonach bildete man im Flußbette eine sehr scharfe Serpentine, deren Uebergang vom rechten auf das linke Ufer den Weg für die Canalschiffe darstellt. Hierbei wurde augenscheinlich der Vortheil aufgegeben, daß die beiden Mündungen einander gegenüber lagen. Die Schiffe, welche von dem rechten nach dem linken Ufer fahren, gehn mit dem starken Strom herab, in entgegengesetzter Richtung müssen sie aber mit großer Mühe aufgewunden werden, und in beiden Fällen ist der Uebergang, namentlich bei etwas höhern Wasserständen, mit Gefahr verbunden.

Bei größern Strömen, die selbst schiffbar sind, läßt sich die Verbindung mit den sie kreuzenden künstlichen Schiffahrtswegen nicht füglich umgehn und dieselbe ist sogar nothwendig, um die Schiffe aus den Canälen in die Ströme, und umgekehrt, gelangen zu lassen. In allen übrigen Fällen pflegt man dagegen in neuerer Zeit die Wasserläufe, denen ein Canal begegnet, so zu kreuzen, daß sie nicht in Verbindung gesetzt werden. Wenigstens sorgt man dafür, daß eine solche Verbindung, wenn sie bei kleinem Wasser auch besteht, und zur Speisung des Canals dient, doch aufgehoben werden kann, sobald höhere Wasserstände eintreten und eine Ueberlastung des Canals oder ein starkes Eintreiben von Sand und Kies besorgt werden kann. Eine Anordnung dieser Art ist bereits §. 83 beschrieben und Fig. 367 auf Taf. LIII dargestellt worden.

Am häufigsten geschieht es, wie auch in dem so eben erwähnten Fall, daß der Bach oder Fluß unter dem Canal hindurch geführt wird, also dieser in größrer Höhe, als jener sich befindet. Eine solche Anordnung bietet insofern die mindesten Schwierigkeiten bei der Ausführung, als die natürlichen Bachbetten schon die tiefsten Einsenkungen des Bodens zu verfolgen pflegen. Nichts desto weniger kommt es auch vor, daß man kleine Wasserläufe, namentlich künstliche Leitungen, in Gerinnen darüber führen muß. Besonders geschieht dieses mittelst Röhren, wenn feste Brücken über den Canal erbaut sind.

Die Ueberführung eines schiffbaren Canals über einen Bach oder Fluß ist nicht wesentlich von einer gewöhnlichen Brücken-

anlage auf Strafsen oder Eisenbahnen verschieden, sie ist nur in sofern schwieriger und mit grössrer Sorgfalt auszuführen, als in diesem Fall die Bedingung hinzutritt, daß die Brücke wasserdicht sein muß. Sie verliert aber diese Eigenschaft leicht, da bei jedem Setzen des Gewölbes, oder beim Nachgeben eines Pfeilers oder eines Widerlagers Risse entstehen, welche die Wasserdichtigkeit aufheben.

Die GröÙe der Durchflußöffnung einer Brücke bestimmt sich aus der Wassermenge, welche der Bach oder Fluß zur Zeit seiner stärksten Anschwellung abführt. Es genügt freilich schon, die kleinste Oeffnung zur Abführung der größten Wassermenge, wenn die entsprechende Druckhöhe sich davor bilden kann. So lange nämlich nicht so viel Wasser abfließt, als zufließt, so steigt das Wasser vor der Brücke, die Druckhöhe nimmt also zu, und mit ihr die Geschwindigkeit, woher der Abfluß sich verstärkt. Dieses geschieht so lange, bis endlich der letztere dem Zufluß gleich wird. Nichts desto weniger, ist es bei Brückenanlagen nicht zulässig, die Stauhöhe und die Geschwindigkeit zu sehr zu vergrößern. Eine übermäßige Geschwindigkeit des hindurchströmenden Wassers würde nämlich die Brücke selbst in Gefahr setzen, auch kann das weiter abwärts belegene Terrain dabei leiden. Namentlich entstehen dicht hinter einer sehr engen Durchflußöffnung tiefe Auskolkungen, welche die Fundirung der Brückenpfeiler gefährden. Stehn diese auf festem Felsboden, so ist die Gefahr geringer, und wenn man außerdem recht dauerhafte Steine und guten Mörtel angewendet hat, so ist eine starke Geschwindigkeit des Wassers, die vielleicht 15 bis 20 FuÙ in der Secunde beträgt, in besonders hohen Fluthen noch zulässig. Dabei kommt freilich noch der Umstand in Betracht, ob vielleicht in solchem Fall Baumstämme und dergleichen massenhafte Körper hindurchtreiben, die durch den Stofß gegen die Brücke diese beschädigen könnten. Wenn eine Besorgniß solcher Art besteht, wird man zu starke Geschwindigkeiten vermeiden müssen. Bei Fundirungen auf aufgeschwemmtem Boden pflegt man die Geschwindigkeit selbst in den äußersten Fällen nicht über 8 bis 10 FuÙ anwachsen zu lassen.

Gewöhnlich ist die Rücksicht auf die Erhebung des Wasserspiegels vor der Brücke in noch höherem Grade maafsgebend. Jedenfalls darf das Wasser nicht so hoch steigen, daß es über die

Dämme oder die Seitenmauern in den Canal tritt. Man wird aber, um dieses sicher zu verhindern, den äußern Wasserspiegel nicht entfernt diese Höhe erreichen lassen. Außerdem darf der durch die Brücke verursachte Stau auch nicht den umliegenden Aeckern, Gärten oder Gebäuden nachtheilig werden, und endlich pflegt man, wenigstens bei größern überwölbten Oeffnungen, den Wasserspiegel auch nicht über die Anfänge der Bogen steigen zu lassen, damit schwimmende Körper und namentlich Eisschollen hindurchtreiben können, ohne an das Gewölbe zu stoßen.

Wenn die größte Wassermenge bekannt wäre, welche der Bach oder Fluß bei besonders starken Anschwellungen abführt, so ließe sich mit Rücksicht auf das vorhandene Gefälle, die Weite und Höhe der Oeffnungen leicht bestimmen. Man hat indessen im Allgemeinen niemals Gelegenheit, die größte Wassermenge direct zu messen. Näherungsweise kann man dieselbe aus der Ausdehnung des Flußgebietes finden (Theil I. § 6), indem man annimmt, daß von jeder Quadratmeile 300 bis 600 Cubikfuß in der Secunde abfließen. Bei kleinern Gebieten und für Gebirgsgegenden gilt die letzte Zahl, für Ebenen und ausgedehnte Flußgebiete dagegen die erste. Auch kann man aus den Profilen von Brücken, die über dieselben Wasserläufe und zwar in der Nähe bereits erbaut sind, auf deren Angemessenheit schließen. Werden die Brücken heftig durchströmt oder auch wohl überströmt, so wird man ein größres Profil wählen müssen, dagegen genügt ein kleineres, wenn große Sand- und Kiesmassen sich darunter abgelagert haben. Man darf aber die Gefälle bei dieser Untersuchung nicht unbeachtet lassen. In ähnlicher Weise können auch besonders enge Profile in der Nähe, die von wasserfreien Ufern eingeschlossen sind, zum Anhalt dienen, wenn man sichere Nachrichten über das Verhalten der Strömung daselbst zur Zeit der höchsten Fluthen einziehen kann.

Demnächst pflegt man die Durchflußöffnungen, wenn auch nur geringe Wassermassen hindurchgeführt werden, doch so hoch und weit zu machen, daß man hindurchgehn kann, um theils die nöthigen Räumungen, theils auch bei Reparaturen das Ausfugen der Mauern vornehmen zu können. Wenn dagegen die abzuführende Wassermenge ein weites Profil fordert, ohne daß es aus andern Gründen, wie etwa mit Rücksicht auf den Eisgang, nöthig wäre, eine einzelne weite Durchflußöffnung darzustellen, so liegt

gemeinhin ein großer Vortheil darin, Zwischenpfeiler anzubringen und die Oeffnung in mehrere kleinere zu zerlegen. Dieses Verfahren findet nicht nur bei größern Brückencanälen Anwendung, sondern auch bei Durchlässen. Der Vortheil dabei bezieht sich aber nicht allein auf die größere Festigkeit eines kleinern Bogens, sondern häufig ist bei der gegebenen Höhenlage des Canals die Darstellung einer größern Pfeilhöhe des Gewölbes und eines weit gespannten Bogens unzulässig.

Sind die Durchflußöffnungen nur geringe, so pflegt man, wie auch bei Durchlässen unter Straßen geschieht, diese unter den beiderseitigen Dossirungen des Dammes fortzusetzen. Bei größern Oeffnungen ist es dagegen wohlfeiler, das Gewölbe nur unter dem Bette des Schiffahrtscanals und den Leinpfaden auszuführen, und letztere gegen Stirnmauern zu lehnen.

Von den Vorsichtsmaasregeln, die man anwendet, um Filtrationen vorzubeugen, wird später ausführlicher die Rede sein, hier wäre in Betreff der Durchlässe, die mit Erde überschüttet werden, nur zu erwähnen, daß man in den beiderseitigen Canaldämmen zuweilen niedrige Mauern, ähnlich den sonstigen Stirnmauern, über die Gewölbe stellt, die, mit letztern gehörig verbunden, denselben Zweck, wie Heerdmauern haben, nämlich die Wasseradern, die sich etwa längs der Fuge zwischen dem Gewölbe und der Erde hinziehn möchten, zu unterbrechen. Das Gewölbe wird mit einer wasserdichten und nach beiden Seiten abfallenden Abdeckung versehen, und die Erde darüber in dünnen Lagen aufgebracht und festgestampft. Die Sohle des Canals muß über den Durchlässen aber jedesmal noch besonders gedichtet werden (§ 87).

Zuweilen ist der Boden an der Stelle, wo der Canal einen Bach kreuzt, so sumpfig und lose, daß die Fundirung besonders schwierig erscheint. Alsdann ist es angemessen, eine Verlegung des Bachbettes vorzunehmen und den Durchlaß auf festern Grund zu stellen. Man erreicht dabei noch den Vortheil, daß man den Bau entweder ganz im Trocknen ausführen kann, oder doch wenigstens der Bach, der erst später hineingeleitet wird, während dieser Zeit davon entfernt bleibt. Außerdem muß der Durchlaß an einer Stelle sich befinden, wo der Bach einen ziemlich regelmäßigen Lauf hat, und man muß seine Ufer in der Nähe decken, damit dieselben nicht abbrechen und dadurch Einrisse entstehen, die

den Durchlaß gefährden könnten. In vielen Fällen hat man in der Anordnung der Durchlässe freie Wahl, und man verlegt sie alsdann, besonders wenn es sich nur um kleine Wasserläufe handelt, oft auf ziemlich weite Entfernungen. Auch kann man in dieser Weise mehrere kleine Bäche verbinden, und sie in einem gemeinschaftlichen Durchlaß unter dem Canal hindurchführen. Zuweilen leitet man sie bis zur nächsten Schleuse und läßt sie unter dem Oberboden derselben, in welchem man einen überwölbten Canal darstellt, auf die andere Seite treten. Diese Anordnung ist indessen nicht zu empfehlen, weil das Mauerwerk der Schleuse dabei leicht leidet.

Häufig tritt der Uebelstand ein, daß der Bach nicht tief genug unter dem Canal liegt, um unter der Sohle desselben noch hindurchgeführt zu werden. Hat der Bach weiter abwärts ein starkes Gefälle, so kann man leicht durch Vertiefung seines Bettes ihn schon vor dem Eintritt in den Durchlaß senken, oder man kann ihn auch mit Benutzung dieses Gefälles eine Strecke weit zur Seite des Canals führen, und ihn erst hindurchleiten, sobald er sich tief genug gesenkt hat. Zuweilen ist es auch zulässig, den Bach in einem tiefen Graben um die nächst oberhalb gelegene Schleuse, woselbst der Canal in größerer Höhe sich befindet, herumzuführen und dadurch die erforderliche Niveau-Differenz darzustellen. Jedenfalls empfiehlt es sich aber, den Seitenbach, der den Canal kreuzt, so zu senken, daß er mit gehörigem Gefälle unter diesem hindurchfließen kann.

Man hat indessen häufig auf andre Art dieser Verlegenheit zu begegnen gesucht, nämlich mittelst der sogenannten heberförmigen Durchlässe. Die Benennung ist insofern nicht passend, als ein solcher Durchlaß, der tiefer als der Bach liegt, in den das Wasser also von einer Seite herabstürzt, und aus dem es auf der andern Seite wieder bis zu seiner frühern Höhe ansteigt, kein eigentlicher Heber ist. Man muß in diesem Fall den Durchlaß auf beiden Seiten mit Kesseln oder Brunnen versehen, auch die Canal-dämme so erhöhen, daß sie beim Anschwellen des Baches nicht überströmt oder durchbrochen werden. Im Uebrigen bietet eine solche Anlage in der Ausführung keine Schwierigkeit, wohl aber stellt sich dabei später leicht der Uebelstand ein, daß schweres Geschiebe, welches der Bach mit sich führt, durch den Fallkessel

herabstürzt, aber auf der andern Seite nicht wieder herausgetrieben wird. Es füllt sich also nach und nach der Durchlaß an. Aber auch selbst das feine Material wird bei schwacher Strömung darin niedergeschlagen, und lagert sich gemeinhin so fest, daß es auch bei der starken Strömung nicht gelöst und entfernt wird. Man muß daher künstliche Räumungen vornehmen. Diese sind aber mühsam, selbst wenn der Bach zu Zeiten ganz versiegt. Man muß zunächst das Wasser aus dem Durchlaß ausschöpfen, und wenn dieses geschehn ist, das Material nicht nur lösen und ausgraben, sondern es in dem Brunnen auch bis zur Höhe des Terrains heben. Bei dem Canal du Midi und andern Canälen hat der erwähnte Uebelstand sich als höchst erschwerend zu erkennen gegeben. Man hat ihn zuweilen dadurch etwas zu mäßigen versucht, daß man den Brunnen, aus welchem das Wasser abfließt, in einen offenen Graben mit flach ansteigender Sohle verwandelt hat. Man erreicht dadurch allerdings den Vortheil, daß man das abgegrabene Material bequemer aus dem Durchlaß auskarren kann, aber der größere Querschnitt giebt wieder Veranlassung, daß die Niederschläge um so stärker sind, und ihre Masse wird hierdurch keineswegs vermindert.

Eine andre Gefahr, welche diese Anordnung veranlaßt, bezieht sich auf den starken Druck, dem das Gewölbe des Durchlasses von der untern Seite ausgesetzt wird. Beim Seitencanal der Oise schwoll nach Minard's Mittheilung ein in solcher Art durchgeführter Bach etwa 3 Fufs hoch über den Wasserspiegel im Canal an, und obwohl die Seitendämme seinen Eintritt in den letztern verhinderten, so gab das Gewölbe des Durchlasses nach und wurde aufgehoben. Am Canal du Centre hat man diesem Uebelstande dadurch zu begegnen gesucht, daß man über das eigentliche Gewölbe des Durchlasses noch ein zweites und zwar ein verkehrtes spannte, welches sich gegen dieselben Widerlager, wie das untere, lehnte. Augenscheinlich erhält indessen hierbei die Decke des Durchlasses eine bedeutend größere Höhe, oder man muß den Durchlaß um so tiefer senken, und der oben erwähnte Uebelstand der Anfüllung desselben mit Erde und Steinen tritt alsdann um so leichter ein.

Statt massiver Durchlässe sind zuweilen auch hölzerne aus-

geführt. Ihre Anwendung ist indessen wegen der geringen Dauerhaftigkeit des Holzes um so weniger zu empfehlen, als bei der Ueberschüttung mit Erde die Reparaturen sehr schwierig sind.

Dagegen lassen sich die Durchlässe in vielen Fällen sehr vortheilhaft durch gusseiserne Röhren ersetzen. Bei der gewöhnlichen Verbindung der einzelnen Röhrenstücke durch Vergiefsen mit Blei, behält der ganze Strang einige Biagsamkeit, ohne dafs dabei seine Wasserdichtigkeit leidet. Dieser Umstand ist von grosfer Wichtigkeit, insofern er, wenn der Boden nicht gar zu lose ist, die Ausführung eines festen Fundamentes unter der Röhrenleitung entbehrlich macht. Man braucht alsdann die Röhre nur auf den gehörig geebneten und angestampften Boden zu verlegen, und um die Dossirungen der Dammschüttung dem Angriff zu entziehen, die beiden Mündungen mit kleinen Stirn- und Flügelmauern einzuschliessen. Wenn auch ein geringes Setzen des Dammes alsdann eintritt, so nimmt die Röhrenleitung hieran Theil, ohne dadurch in ihrer Wirkksamkeit zu leiden. Man kann auf diese Art ziemlich bedeutende Wassermassen abführen, wenn man der Röhre einen entsprechenden Durchmesser giebt. Zuweilen ist dieser zu 3 Fufs angenommen, und es hindert nichts, auch mehrere solche Röhren neben einander zu legen.

Man hat mehrfach diese Leitungen so angeordnet, dafs sie nicht unmittelbar vom Bache gespeist werden, ihre obere Mündung vielmehr in der Seitewand eines gemauerten Brunnens liegt, der etwa 3 bis 4 Fufs tiefer ist. Der Zweck desselben ist kein anderer, als der eines Schlammkastens. Er nimmt nämlich das Geschiebe auf, welches der Bach mit sich führt und verhindert dadurch das Verstopfen der Röhre. Doch ist es vortheilhaft, die Leitung so anzubringen, dafs man von beiden Enden aus mittelst geeigneter Apparate die Räumung, so oft es nöthig ist, vornehmen kann. Bei dem Canal St. Martin hat man die Leitung frei auf die Sohle des Canalbettes gelegt, um ohne Aufgrabungen dieselbe untersuchen, und wenn es nöthig ist, auch aufnehmen und vollständig reinigen zu können. Das Canalbette ist nämlich an diesen Stellen so viel vertieft, als die Röhren im äufsern Durchmesser hoch sind. Zwei Röhrenstücke greifen durch die beiderseitigen Mauern und sind darin gehörig befestigt. Die dazwischen oder im Canal selbst be-

findlichen Röhrenstücke sind aber durch aufgeschobene Muffen mit jenen und unter sich verbunden, so dafs sie leicht gelöst und wieder verlegt werden können.

Man kann solche Röhren, auch ohne Filtration zu besorgen, durch Schleusen hindurchführen. Minard erwähnt, dafs unter der Schleuse bei Arles auf diese Weise ein starker und zwar hoch gelegener Bach hindurchgeleitet worden. Bei der tiefen Lage des Canals mußte der Bach auf der einen Seite der Schleuse 19 Fufs gesenkt, und auf der andern eben so hoch wieder gehoben werden. Zwei gußeiserne Röhrenleitungen, jede von 3 Fufs 2 Zoll lichter Weite, sind in der einen Mauer des Oberhauptes senkrecht herabgeführt, gehen alsdann horizontal unter dem Oberboden hindurch, und steigen auf der andern Seite in der Mauer wieder herauf. Um das Eintreiben des gröbern Kiesel zu verhindern, ist ein eisernes Gitter vor die obere Mündung gestellt. Die feinem Stoffe werden aber durch die Strömung des Wassers auf der andern Seite wieder gehoben und herausgeführt. Wenigstens war, nachdem die Leitung fünf Jahre hindurch in Wirksamkeit gewesen, noch keine Veranlassung zu einer künstlichen Räumung geboten.

Wenn der Schiffahrts-Canal nicht einen Bach, sondern einen Fluß kreuzt, so geschieht dies nicht mehr mittelst eines Durchlasses, sondern auf einem Brücken-Canal. Beide Arten von Bauwerken unterscheiden sich vorzugsweise durch ihre Größe von einander, außerdem pflegt man aber mit der letzten Benennung nur einen solchen Bau zu bezeichnen, der eine vollständige Brücke mit Seitenwänden, wie Brustmauern bildet, wobei also, außer dem Thonschlage, keine Erdschüttung angebracht ist. Es fehlen die Seitendossirungen, wie auch die innern Dossirungen der Leinpfade, und letztere bestehn entweder aus vollen Mauern, oder aus Holz oder Eisen, und ruhn auf gemauerten Pfeilern, zuweilen auch auf Bogen oder eisernen Säulen. Die Anordnung dieser Bauwerke stimmt, wenigstens im Außern, mit der von gewöhnlichen Brücken überein, und man hat auf sie auch alle Constructionsarten angewendet, die bei letztern vorkommen. Nichts desto weniger besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden darin, dafs die Brückencanäle eine größere Steifigkeit besitzen müssen, weil jede Bewegung die Besorgniß erregt, dafs ihre Wasserdichtigkeit beeinträchtigt werden könnte.

Insofern die Anlagekosten eines Brückencanals nahe seiner Breite proportional sind, auch der Wasserverlust durch Filtration mit der Grundfläche, also mit der Breite zunimmt, so pflegt man den Canal möglichst zu verengen, und ihm keine grössere Breite, als in den unterirdischen Strecken zu geben. Ausserdem ist es namentlich in England nicht ungewöhnlich, den Leinpfad auf hölzerne oder eiserne Säulen zu stellen, damit unter denselben das Wasser am Schiffe vorbeifliessen kann, wodurch der Widerstand beim Zuge wesentlich vermindert wird.

Das Gewicht eines Brückencanals ist im Allgemeinen bedeutender, als das einer andern Brücke, weil das Wasser darin, 4 bis 5 Fufs hoch gehalten werden mus. Dieses Gewicht vergrößert sich aber noch bedeutend, indem in Bezug auf die Wasserdichtigkeit gewisse Verstärkungen und besondere Vorkehrungen erforderlich werden.

Bei massiven Brückencanälen mus aus diesem Grunde jeder Bogen stärker werden, als er sonst zu sein braucht, und sein grösseres Gewicht erfordert wieder festere Widerlager und Mittelpfeiler. Die Construction ist mit derjenigen der gewölbten Brücken übereinstimmend, nur die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit erfordert die Anwendung fester und dichter Steine und eines gut erhärtenden Mörtels, der auch vom Wasser nicht aufgelöst wird. Poröse Steine, die in andern Fällen zu Gewölben sehr brauchbar sind, dürfen unter einem Canal nicht vermauert werden. Durch den Brückencanal über die Schwarzach auf dem Main-Donau-Canal drang das Wasser wegen Undichtigkeit der Steine in grossen Massen hindurch, so das Tropfen in solcher Grösse und Menge wie bei einem starken Gewitterregen niederfielen.

Die erforderliche Stärke der Bogen lässt sich insofern sicherer, wie bei gewöhnlichen Brücken ermitteln, als zufällige Belastungen beinahe ganz fehlen. Das die Wölbsteine nicht vergossen werden dürfen, sondern in volle Mörtelfugen eingesetzt werden müssen, bedarf kaum der Erwähnung. Da dieses aber bei Anwendung kleinerer Bausteine leichter und sicherer ist, als bei grossen Werkstücken, so ist es vorzuziehn, die Gewölbe aus gebrannten Steinen, oder auch aus lagerhaften und roh bearbeiteten Bruchsteinen auszuführen. Jedenfalls ist es aber sehr nachtheilig, einzelne Ketten

von größern Werksteinen an den Stirnen oder im Innern einzubinden, weil alsdann ein ungleichmäßiges Setzen und das Entstehen von bedeutenden Rissen kaum vermieden werden kann.

Nachdem die Bogen ausgerüstet sind und sich gesetzt haben, übermauert man sie, und bringt alsdann gemeinlich noch mehrere Schichten fester flacher Steine auf, die gleichfalls in hydraulischem Mörtel vermauert werden. Darüber breitet man eine Bétonlage aus, und überdeckt dieselbe mit feinem Mörtelschichten, damit die Risse, welche sich beim Erhärten bilden möchten, durch die folgende Schicht unterbrochen werden. Man muß aber durch sorgfältiges Ueberdecken mit Stroh ein zu schnelles Erhärten zu verhindern suchen, weil dadurch die Bildung solcher Risse befördert wird.

Auf diese Weise ist es allerdings möglich, eine vollständige Wasserdichtigkeit darzustellen, aber sehr schwierig ist es, dieselbe dauernd zu erhalten. Der Grund hiervon ist in den Veränderungen und Bewegungen zu suchen, welche das Mauerwerk und die Bogen später theils in Folge des Setzens, vorzugsweise aber bei der Ausdehnung und dem Zusammenziehen in der Wärme und Kälte erfahren. Man hat versucht, diesem Uebelstande durch Anwendung eines elastischen Ueberzuges zu begegnen, wozu der Asphalt sich wohl am besten eignet. Auf dem sehr bedeutenden Brückencanal über die Mosel bei Liverdun hatte man von diesem Mittel Gebrauch gemacht. Zwischen den Stirnmauern, welche die Leitpfade bilden, wurde in verschiedenen Lagen ein Bétonbette aufgebracht, das über den Pfeilern 3 Fufs 2 Zoll und über den Scheiteln der Bogen 1 Fufs 7 Zoll stark war. Durch sorgfältiges Bedecken mit Stroh hatte man das Reissen des Bétons möglichst zu verhindern gesucht, und nachdem derselbe vollständig erhärtet war, brachte man eine nahe 7 Linien starke Lage Asphalt auf, in welche, während sie noch flüssig war, kleine flache Steinchen eingedrückt wurden. Auf diesen Mosaikboden wurde eine starke Lage Sand geschüttet, und darüber ein Pflaster von behauenen Steinen gebildet. Letzteres war nothwendig, um den Asphalt vor Beschädigungen beim Einsetzen der Stangen zu schützen. Als ich diesen Brückencanal sah, war er mit Wasser gefüllt, und in allen Brückenöffnungen, welche beim kleinen Wasserstande der Mosel zugänglich waren, zeigten sich die untern Flächen der Gewölbe vollkommen trocken, nur an

einer einzigen Stelle zur Seite eines Mittelpfeilers war das Mauerwerk etwas feucht. Die Wasserdichtigkeit war hier also beinahe vollständig erreicht, aber der Asphalt war auch erst in demselben Jahre aufgebracht und bedeutende Temperatur-Veränderungen seitdem noch nicht eingetreten.

Bei den in England vielfach ausgeführten massiven Brückencanälen hat man die Dichtung der Sohle nicht sowohl durch die Ueberdeckung mit Béton und hydraulischem Mörtel zu erreichen gesucht, obwohl auch dieses zuweilen geschehn ist, als vielmehr durch Anbringung einer Puddle-Bettung. Dieselbe erfüllt auch ihren Zweck, so lange der Canal mit Wasser gefüllt bleibt. Wenn man dagegen längere Zeit hindurch das Bette trocken läßt, und wenn vollends starker Frost eintritt, so reißt sie, und die undicht gewordenen Stellen lassen sich alsdann nicht anders, als durch Erneuerung des Puddle's wieder schliessen.

Die Darstellung eines wasserdichten Anschlusses der Erdschüttungen in den beiderseitigen angrenzenden Strecken an den massiven Brückencanal ist schwer darzustellen und in verschiedenen Temperaturen noch schwerer zu erhalten. Man pflegt wohl, um einen allmählichen Uebergang zu bilden, der Erde in der Nähe der Brücke Kalk zuzusetzen, und zunächst neben dem Widerlager sogar eine Art Mörtel, der sehr viel Sand enthält, zu verwenden, der aber ebenso wie die Erde lagenweise aufgebracht und fest gestampft wird.

Endlich wirkt auf die massiven Brückencanäle noch der Frost sehr nachtheilig ein. Bei ihrer ganz freien Lage würde das darin enthaltene Wasser sich nicht nur mit einer Eisdecke überziehen, wie in den andern Canalstrecken, sondern auferdem auch vollständig gefrieren, und dabei die Seitenmauern herausdrängen. Um dieses zu verhindern, pflegt man bei eintretendem Frost jeden Brückencanal zu leeren. Dieses ist insofern leicht, als gemeinhin dicht dahinter eine Schleuse liegt, und man die nächst oberhalb belegene Strecke durch Einsetzen von Dammbalken davon absperren kann. Dagegen leidet der Béton, wenn er nicht mehr vom Wasser bedeckt ist und vollständig austrocknet, besonders, wenn er dabei auch dem Frost ausgesetzt ist. Unter dem Union-Canal bei Edinburg richtete man deshalb eine Heizung ein, indem ein Luftcanal von dem einen Ufer zum andern hindurchgelegt wurde, der von der Feurung

auf der einen Seite zum gegenüberstehenden hohen Rauchfange führte. Man bemerkte indessen, daß es selbst bei stärkerer Kälte der Feurung nicht bedurfte, indem schon ohne solche die wärmere Luft aus dem für die Feurung bestimmten Souterrain fortwährend die Röhre durchstrich und das Gefrieren des Wassers verhinderte. Im nördlichen Deutschland dürfte man ein so günstiges Resultat nicht erwarten.

Es mag noch des Falles erwähnt werden, daß eine in gewöhnlicher Weise ausgeführte Canalstrecke ohne lange Störung des Betriebes später in einen Brückencanal verwandelt werden soll. Dieses geschah bei dem Kennet-Avon-Canal, unter dem neben der Ueberbrückung desselben über den Avon, ohnfern Bristol, die Bradford-Bathampton-Bahn durchgeführt werden sollte. Die Niveaudifferenz zwischen den Eisenbahnschienen und der Sohle des Canals betrug nur 21 Fufs. Man ging mit möglichst engen Stollen von beiden Seiten gegen den Canal und beabsichtigte, zunächst die Widerlager des Gewölbes in Béton bis zum gewachsenen Boden auszuführen, alsdann aber die Bogen darüber zu spannen. Nur während Letzteres unmittelbar unter der Sohle des Canals geschah, sollte derselbe trocken gelegt werden.

Man hatte sich indessen in der Untersuchung des Bodens sehr getäuscht. Der blaue Thon lag viel tiefer, und die Erde darüber war nicht fester Thon, wie man erwartet hatte, sondern die zum Theil aus Steinen und Gerölle bestehende Aufschüttung, welche das Canalbette trug. Der starke Wasserzudrang schon in einigem Abstände vom Canal gab Veranlassung, statt eines Bogens, zwei auszuführen, oder jedes Geleise in einen besondern Tunnel zu legen, wodurch einige Fufs an Höhe erspart wurden. Doch auch dieses genügte nicht. Der Canal wurde trocken gelegt, etwas vertieft und erweitert und in seiner Sohle, wie auf die Dossirungen 5 Zoll starke Hölzer neben einander gelegt, darüber Faschinen gepackt und 2 Fufs hoch fetter Thon aufgebracht und angestampft.

Sobald indessen die Schifffahrt wieder eröffnet wurde, genügte auch dieses nicht. Man versuchte daher noch zu beiden Seiten der Canalsohle dicht schließende Balkenreihen einzurammen, bis zu welchen die Ueberwölbung ausgeführt werden sollte, bevor man den Canal trocken legte. Bevor man indessen die Wände erreicht hatte, brach das Wasser vollständig durch, und nunmehr blieb nur

übrig, die Canalstrecke auf längere Zeit trocken zu legen und während dessen die Bogen der Brücke zu spannen und zu überdecken.

Holz-Constructionen sind bei Brückencanälen, namentlich in früherer Zeit, vielfach angewendet. Sie sind freilich sehr zugänglich und erfordern mehr Reparaturen, als der Massivbau, aber es ist nicht zu verkennen, daß sie vor dem letztern den wesentlichen Vorzug einer größern Wasserdichtigkeit haben, und dieselbe, wenn sich irgendwo ein Leck zeigen sollte, leicht wieder hergestellt werden kann, vorausgesetzt, daß die Rinne, die den Canal bildet, überall leicht zugänglich ist. Grosse Seeschiffe, die 15 bis 20 Fufs, auch wohl noch tiefer eintauchen, werden so sicher gedichtet, daß nur unbedeutende Wassermassen unter dem starken Druck eindringen. Es ist daher leicht, unter Anwendung derselben Mittel einen Brückencanal zu dichten, der nur wenige Fufs hoch mit Wasser angefüllt wird. Die hölzerne Rinne besitzt aber immer eine gewisse Biagsamkeit, und kann daher, selbst wenn die Joche oder Pfeiler etwas nachgeben sollten, ihre Wasserdichtigkeit behalten, oder wenn diese beeinträchtigt wird, so ist sie leicht wieder herzustellen. Schwieriger ist es allerdings, einen gehörig dichten Anschluß des Holzes an die beiderseitigen Erdschüttungen zu bilden, aber wenn dieses auch nicht vollständig gelingt, so pflegt dieser Wasserverlust doch nicht größer zu sein, als bei massiven Brückencanälen.

Der Canal von Givors ist nach der Mittheilung von Schulz*) über eine hölzerne Brücke geführt, die sieben Oeffnungen von 10 Fufs Weite hat. Sie ruht auf gewöhnlichen Pfahljochen, an deren Enden verstrechte Wände aufgestellt sind, welche die beiderseitigen Leinpfade tragen, während Balken dicht schließend und mit halben Spundungen versehen die Sohle und Seitenwände bilden. Die Fugen sind wie bei Schiffen gedichtet, und der Sicherheit wegen noch mit Bohlen übereinagelt.

In America sind hölzerne Brückencanäle vielfach angewendet worden, und zum Theil mit sehr weiten Spannungen. Ein eigenthümlicher Vorschlag für einen solchen verdient zunächst Erwähnung, wenn es gleich zweifelhaft ist, ob derselbe irgendwo zur

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Seite 83.

Ausführung gekommen ist*). Der Ingénieur für den Rideau-Canal in Canada, M'Taggart, beabsichtigte nämlich, um der Erbauung von Pfeilern oder hölzernen Jochen überhoben zu sein, in einem mit starken Bäumen bewachsenen Thale, welches überschritten werden sollte, diese Bäume nicht zu fällen und sie alsdann einzurammen oder als Jochwände zu verzimmern, sondern sie so zu benutzen, wie sie von Natur standen. Er wollte sie also in der passenden Höhe abschneiden, Holme darauf legen, und hierüber die Balken strecken, welche die Sohle des Canals bilden sollten.

Einer der bedeutendsten Brückencanäle wurde 1829 über den Alleghany-Fluß bei Pittsburg im Pennsylvania-Canal erbaut. Er war 1060 Fufs lang und hatte sieben Oeffnungen von 145 Fufs lichter Weite. Die Canalrinne war oben 16, unten 15 Fufs breit, und 5 Fufs hoch. Es wurde darin ein Wasserstand von 4 Fufs 3 Zoll gehalten. Auf jeder Seite befand sich ein Leinpfad für Pferde von nahe 4 Fufs Breite, der jedoch von dem Canal jedesmal durch ein niedriges Sprengewerk getrennt war, worüber die Leine glitt, und welches zugleich die Brustlehne bildete. Vier Sprengewerke überspannten jede Oeffnung, und jedes derselben bestand aus einer verstrebtten Wand, an welche sich zu beiden Seiten hölzerne Bogen, aus je drei Rippen bestehend, anschlossen. Die äußern beiden Sprengewerke setzten sich bis zu größrer Höhe fort und trugen Querbalken, worauf eine leichte Verdachung ruhte. Die Rinne, welche den eigentlichen Canal bildete, bestand nur aus Halbhölzern, die stumpf an einander gelegt, und in den Fugen wie ein Schiff durch eingetriebenes Werg und darüber gegofsnem Pech gedichtet waren**).

Dieser Bau ist indessen gegenwärtig nicht mehr vorhanden. Im September 1844 wurde er abgetragen und im Mai des folgenden Jahres gingen die Schiffe bereits über den neuen Brückencanal, der als Hänge-Brücke von Drahtseilen getragen wird. Es ist dieses das erste Beispiel, dafs ein größrer Canal an Ketten oder

*) *Sketch of the Civil Engineering of North-America by D. Stevenson.* pag. 194.

***) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1842. pag. 361.

Drähte gehängt worden. Navier schlug freilich schon 1823*) eine solche Anwendung des Systems der Hängebrücken vor, man hatte indessen wahrscheinlich mit Rücksicht auf die Schwankungen hiervon nicht Gebrauch machen mögen, und augenscheinlich würde die Wasserdichtigkeit der Rinne in hohem Grade gefährdet werden, wenn der Canal etwa durch Stürme in Bewegung gesetzt werden sollte. Ein solcher Canal ist indessen in andrer Beziehung vor Einbiegungen oder Schwankungen in vertikaler Richtung mehr gesichert, als jede andre Brücke, weil er immer gleichmäfsig belastet bleibt. Selbst wenn das schwerste Schiff hinüberfährt, so vergrößert dieses weder die Belastung im Allgemeinen, noch auch an derjenigen Stelle, wo es sich gerade befindet, denn das verdrängte Wasser wiegt eben so viel, wie das Schiff, welches seine Stelle einnimmt. Die Belastung bleibt also nicht nur constant, sondern auch gleichmäfsig über die ganze Länge vertheilt. Pferde und einzelne Menschen, welche auf den Leinpfaden gehn, können aber bei dem sehr grofsen Gewicht des Wassers keine merklichen Erschütterungen veranlassen.

Der neue Brückencanal bei Pittsburg hat ein hölzernes Bette, das oben $16\frac{1}{2}$, unten 14 Fufs weit und 8 Fufs hoch ist. Es besteht sowohl im Boden, als in den beiden Seitenwänden aus zwei Lagen Bohlen von $2\frac{1}{2}$ Zoll Stärke. Die Bohlen in beiden Lagen sind aber in diagonaler Richtung aufgebracht und kreuzen sich unter rechten Winkeln. Sie bilden daher sowohl in horizontaler, als in vertikaler Richtung eine Art von Gitterwänden, welche dem ganzen Bau eine grofse Steifigkeit geben, und selbst bei heftigen Stürmen ein Schwanken ganz verhindern sollen. In Abständen von 4 zu 4 Fufs ruht die hölzerne Rinne auf je zwei neben einander liegenden Querbalken, die zwischen sich die beiderseitigen Rüstungen für die Leinpfade tragen. Die Leinpfade sind 7 Fufs breit, und schliefsen sich an die Seitenwände des Canals an. Der Wasserstand darin misst 4 Fufs.

Die ganze Länge des Aquaducts ist 1106 Fufs. Die Pfeiler, welche theils unmittelbar den Canal, theils auch die Pyramiden tragen, auf welchen das Drahtseil aufliegt, sind von Mitte zu Mitte

*) *Rapport et mémoire sur les ponts suspendus.* Paris 1823. pag. 202.

155 Fufs von einander entfernt. Zwei Drahtseile unterstützen die frei liegenden Theile des Canals, indem von denselben Hängeeisen bis zu den Satteln herabreichen, auf welchen die oben erwähnten doppelten Balken liegen. Jedes Seil reicht von der Pyramide eines Stirnpfeilers bis zu der auf dem andern Stirnpfeiler gegenüber stehenden Pyramide. Es ist 1140 Fufs lang, 7 Zoll stark und besteht aus 1900 einzelnen Drähten von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser*).

Endlich sind auch die Brückencanäle zuweilen in Gufseisen ausgeführt. Namentlich ist dieses in England geschehn.

Telford baute den Ellesmere-Canal, und führte denselben über den Chirk-Flufs. Dabei beabsichtigte er in üblicher Weise den Canal auf massive Bogen zu legen. Dieses ist auch geschehn, aber dennoch wurde schon in diesem Fall das Gufseisen zur Darstellung der Sohle benutzt. Das gewöhnliche Verfahren, das Mauerwerk mit einem Puddle-Bette zu überdecken, stellte nach vielfachen Erfahrungen keine genügende Wasserdichtigkeit dar, oder wenn diese anfangs auch wirklich erreicht war, so verschwand sie bald, und namentlich bei starkem Frost. Telford erwähnt, daß auch an den von Brindley ausgeführten Canälen manche bedeutende Beschädigungen in dieser Beziehung vorkommen, und manche Gewölbe eingestürzt sind. Er hielt es daher für nothwendig, den Canal mit einer Sohle zu versehen, die nicht nur beim Frost nicht litt, wenn das Wasser abgelassen war, sondern welche auch die beiderseitigen Brustmauern oder die Leinpfade fest verankerte. Hierzu schienen gufseiserne Platten am geeignetesten. Der Brücken-Canal ist im Ganzen 689 Fufs lang, und liegt 68 Fufs über dem gewöhnlichen Wasserspiegel des Chirk. Er hat 10 Oeffnungen von 39 Fufs Spannung, und die Mittelpfeiler sind 13 Fufs stark. Die Pfeiler wurden im obern Theil hohl aufgeführt, so daß 4 senkrechte Oeffnungen sich in jedem bildeten. Die beiden äußern wurden mit starken Steinplatten überdeckt, indem die massiven Leinpfade darauf ruhn. Die beiden mittlern blieben dagegen offen. Die mittlere Scheidewand diente nur zur Unterstützung der Sohlplatten. In gleicher Weise wurden auch auf die massiven Bogen fünf getrennte Mauern gestellt. Die gufseisernen Sohlplatten, 11 Fufs lang, 4 Fufs 1 Zoll breit und 1 Zoll stark, überspannen

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal*. 1846. pag. 47.

die ganze Sohle, und greifen noch 6 Zoll tief in jede Brustmauer ein, woselbst sie durch starke Bolzen mit festen Quadersteinen verbunden sind. Die Stöße der Platten, sämmtlich nach der Quere des Canals gerichtet, werden durch umgebogene Ränder gebildet, die zusammengeschoben sind. Telford theilt nicht mit, ob Eisenkitt oder eine andre Zwischenlage, vielleicht Leder oder Bleistreifen, zur Dichtung der Fugen benutzt worden. Das Canalbette ist unten 10 Fufs, im Wasserspiegel 11 Fufs breit und 5 Fufs tief. Die Brüstungsmauern, auf den äufsern Seiten lothrecht aufgeführt, haben in der Krone die Breite von 5 Fufs 4 Zoll, und dienen zugleich als Leinpfade. Auswärts sind sie mit eisernen Geländern eingefasst. Dieser Brückencanal wurde 1796 erbaut.

Ohngefähr in derselben Zeit baute Telford den Birmingham-Liverpool-Verbindungs-Canal, der bei Nantwich über die Strasse von London nach Chester geführt werden mußte. Hier wurde zum ersten Mal das ganze Canalbette aus Gufseisen gebildet, und auf sechs gufseiserne Bogen gestellt. Die Spannung betrug 30 Fufs, und der Canal erhielt die Breite von 20 Fufs, wovon jedoch nur der mittlere Theil zum Durchgang der Schiffe diente, indem auf jeder Seite ein 4 Fufs breiter Leinpfad darüber trat, der auf eisernen Säulen ruhte. Hierdurch wurde der Vortheil erreicht, daß das Wasser leicht an den Schiffen vorbeifließen konnte.

Im Anfang dieses Jahrhunderts wurde der Ellesmere-Canal weiter ausgedehnt, und sollte über den Dee-Fluß geführt werden. Das Thal des letztern lag über 100 Fufs unter dem Canal, und man dachte zunächst daran, den Canal in mehreren Schleusen auf der einen Seite herab, und auf der andern wieder heraufzuführen, weil man eine Ueberbrückung in der Höhe von 123 Fufs über dem Fluß für zu gewagt hielt. Man mußte indessen hiervon abstehn, weil es an dem nöthigen Speisewasser fehlte, um die Schleusen auf der andern Seite des Thals zu füllen. Nachdem bereits der gufseiserne Brückencanal bei Nantwich ausgeführt war, entschloß sich Telford, eine ähnliche Construction auch hier anzuwenden, wodurch der ganze Bau sehr erleichtert, und dadurch manche Besorgniß in Bezug auf seine Stabilität beseitigt wurde.

Dieser Brückencanal, eines der kühnsten und dabei gelungensten Bauwerke, ist unter dem Namen der Cysylte-Brücke bekannt. Das eine Ufer des Dee fällt ziemlich steil ab, während das andre

sich sanft senkt. Um den Bau nicht zu lang werden zu lassen, führte Telford auf dem letztern Ufer eine 1450 Fufs lange Schüttung aus, auf welcher der Canal zwischen Erddämmen so weit fortgeführt wurde, bis das Thal sich 73 Fufs darunter gesenkt hatte. An diesem Punkt beginnt der eigentliche Brückencanal, der noch 976 Fufs lang ist. Er hat neunzehn Oeffnungen, die oben 45 Fufs weit sind. Drei derselben treffen in das Flussbette. Die Pfeiler sind in der Höhe des mittlern Wasserspiegels, also 124 Fufs unter dem Canal, 20 Fufs lang (in der Richtung des Flusses) und 12 Fufs breit, oben dagegen 13 Fufs lang und $7\frac{1}{2}$ Fufs breit. Sie sind auf festem Sandstein gegründet und 70 Fufs hoch massiv ausgeführt. Ihr oberer Theil ist hohl, indem nur eine 2 Fufs starke Mauer aus Werksteinen sie umgiebt, und eine Mittelmauer in der Richtung des Canals hindurchgeführt ist. Dieses geschah theils in der Absicht, den Schwerpunkt zu senken, und dadurch die Stabilität dieser überaus schlanken Pfeiler zu vergrößern, theils auch in der Ueberzeugung, daß grofse Mauermassen nie mit der gehörigen Sorgfalt ausgeführt werden, und daher auch weniger sicher verbunden sind, als schwächere Mauern (§. 4). Die Pfeiler wurden ziemlich gleichmäfsig erbaut, und blieben stets durch leichte Laufbrücken mit einander verbunden, auf welchen das Material beigebracht wurde, indem man vermeiden wollte, dasselbe zuerst bis zum Thal herabzulassen, und es alsdann wieder aufzuwinden.

Die Pfeiler erheben sich, wie Fig. 379 auf Taf. LV zeigt, bis zur Canalsole, und unter derselben sind jedesmal vier gusseiserne Bogen gespannt. Die Anordnung dieser Bogen stimmt mit derjenigen überein, die man bei gusseisernen Bogenbrücken zu wählen pflegte. Jeder einzelne Bogen besteht aus drei Theilen, und wo dieselben zusammenstossen, berühren sie sich nicht unmittelbar, sondern sind durch gusseiserne Stofsplatten von einander getrennt, welche die vier Bogen unter sich verbinden und ihren gegenseitigen Abstand sichern. Aehnliche Platten, nämlich die Widerlagsplatten, verbinden die Enden der Bogen mit den Pfeilern. Horizontale Diagonal-Stangen, zwischen je zwei Bogen geschraubt, verhindern aber das Verschieben nach der Seite. Endlich wäre noch in Betreff dieser Bogen zu erwähnen, daß die beiden äußern jedesmal von innen mit Eisenblech verkleidet sind.

Auf den vier Bogenrippen ruht das gusseiserne Canalbette.

Dasselbe ist im Lichten 11 Fufs 4 Zoll weit, und 5 Fufs 2 Zoll hoch, während der Wasserstand darin 4 Fufs 6 Zoll misst. Es besteht sowohl in der Sohle, als in den Wänden aus gusseisernen Platten. Die Bodenplatten überspannen die Bogenrippen und ragen über dieselben noch 9 Zoll vor. Ihre Breite beträgt 5 Fufs. Sie sind mittelst vorstehender Ränder auf der obern Seite zusammengeschoben. Ihre äufsern Ränder, die noch durch Verstärkungsrippen unterstützt sind, dienen zur Befestigung der Seitenplatten. Letztere, nach Art eines scheidrechten Bogens zusammengesetzt, haben wieder, sowohl unten, wie an beiden Seiten vorstehende Ränder, mittelst deren sie mit den Sohlplatten, und unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. Die lothrecht oder schräge herabreichenden Ränder dienen aber zugleich, wie Fig. 379*b* zeigt, als Streben gegen den Seitendruck des Wassers.

In beiden Figuren sieht man die im Canal aufgestellten und unter sich verstrehten leichten Holzwände, welche den 4 Fufs 6 Zoll breiten Leinpfad an der einen Seite tragen. Derselbe ist mit Bohlen überdeckt, die auf der Canalseite durch eine hölzerne Saumschwelle, und auf der äufsern Seite durch ein hohes Eckeisen gehalten werden. An letzteres ist das leichte Geländer befestigt, während eine dünne Thon- und Kiesschüttung die Bohlen überdeckt und als Chaussirung des Leinpfades dient.

Dieser Bau wurde 1805 eröffnet, er hat sich seitdem vortrefflich gehalten und Dupin sowohl, als Minard, welche ihn genau untersuchten, rühmen seine Wasserdichtigkeit. Namentlich sagt Minard, er habe bei aufmerksamer Betrachtung der Bogen über dem rechten Ufer des Dee nur bemerken können, dafs etwa alle 5 Minuten ein Tropfen herabfiel. Im Jahr 1841 sah ich denselben Brückencanal in sehr gutem Zustande und auf meine Anfrage wurde mir von dem Aufseher gesagt, er wisse nicht, dafs je eine namhafte Reparatur dabei vorgenommen sei.

Schliesslich mag noch der in neuerer Zeit erbaute Brückencanal über den Calder bei Stanley in England erwähnt werden, der in sofern wichtig ist, als selbst kleinere Seeschiffe bis $6\frac{3}{4}$ Fufs Tiefgang, darüber gehn.

Da man schon eine sehr enge Stelle zur Ueberbrückung gewählt hatte, so durfte der Fluß nicht weiter eingeschränkt werden, und ohne Mittelpfeiler mußte man eine Oeffnung von $150\frac{1}{2}$ Fufs

Weite überspannen. Zwei Bogen aus durchbrochenen gußeisernen Platten zusammengesetzt, tragen den Canal, der auf ihren Anfängen ruht, während er im größten Theil seiner Länge an dieselben angehängt ist. Der Canal, gleichfalls aus Gufsplatten zusammengesetzt, ist $23\frac{1}{2}$ Fufs breit und nahe 9 Fufs hoch. Auf jeder Seite befindet sich ein Leinpfad von $3\frac{1}{4}$ Fufs Breite*).

Auffallend ist es, dafs man, soviel bekannt, noch nie Brücken-canäle aus gewalztem Eisen ausgeführt hat, welches man doch in neuerer Zeit im Schiffbau allgemein verwendet, selbst wenn der Wasserdruck 20 Fufs und mehr beträgt.

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1858, Seite 232.

Vierzehnter Abschnitt.



E i n d e i c h u n g e n .

§. 91.

Anordnung der Deiche.

Die Eindeichungen niedriger Stromthäler stehn in naher Beziehung zu den Entwässerungen sumpfiger Gegenden, wovon schon im vierten Abschnitt des ersten Theils dieses Werkes die Rede war. Eben so wie man jene vor fremdem Wasser schützt, so verhindern auch die zur Seite der Ströme erbauten Erddämme, die man Deiche nennt, das Eindringen des Hochwassers in die dahinter belegenen Niederungen. Letztere werden dadurch vor den Beschädigungen gesichert, welche sowohl die Ueberfluthung, als auch die heftige Ueberströmung an den Saaten und sonstigen Culturen, wie auch an Gebäuden und am Boden selbst veranlassen könnte. Die eingedeichten Ländereien werden zum Getreidebau nutzbar gemacht, und ihre Entwässerung läßt sich vollständiger, als früher ausführen. In solchen Stromtheilen, die dem Wechsel der Fluth und Ebbe des Meers noch nicht ausgesetzt sind, treten die Anschwellungen nur in längern Zwischenzeiten und grofsentheils in bestimmten Jahreszeiten ein, während an den Küsten des Weltmeers und der damit unmittelbar verbundenen Meerbusen, so wie auch in den Mündungen der Ströme, die sich in diese ergiefsen, der Wechsel von Hoch- und Niedrig-Wasser in wenig Stunden sich wiederholt. Bei letztern haben die Deiche in mehrfacher Beziehung eine andre Bedeutung, und die Bedingungen ihrer Anordnung, so wie auch der zugehörigen Anlagen sind wesentlich verschieden von denen der Flufsdeiche. Auf die Seedeiche wird daher im dritten Theil dieses Werkes zurückgekommen werden, und es erscheint am passendsten, alsdann alle Anlagen zu behandeln, welche sich auf den Wechsel der Fluth und Ebbe beziehn. Hier sollen nur die

eigentlichen Stromdeiche behandelt werden, welche solchem Wechsel nicht ausgesetzt sind.

Es muß zunächst auf einige Verschiedenheiten in dem Zweck und in der Anordnung der Stromdeiche aufmerksam gemacht werden. Dieselben sollen zuweilen nur den Verheerungen der Ueberströmung vorbeugen. Namentlich geschieht dieses, wenn der Strom zwischen niedrigen Ufern eine starke Serpentine bildet. Das kleine Wasser folgt alsdann dem gekrümmten Bette, sobald aber die Ufer hoch überfluthet werden, so verläßt der Strom seinen frühern Lauf, und schneidet die Krümmung ab. Indem er aber auf dem geraderen Wege ein stärkeres relatives Gefälle findet, so ergießt er sich mit großer Heftigkeit über das Terrain und bedeckt dasselbe theils mit Sand und Kies, theils greift er es aber auch an, indem er einzelne Löcher und selbst zusammenhängende Rinnen darin ausspült, wenn aber der Boden als Ackerland benutzt wird, so reißt er die fruchtbare Erddecke fort. Um dieses zu verhindern, durchschneidet man den Zug des Hochwassers auf dem Terrain, welches man schützen will, mit einem Deich. Derselbe entzieht keinen Theil des Ufers der Ueberfluthung oder der Inundation, weil das Hochwasser unterhalb des Deichs frei eintreten kann. Eine solche Anlage nennt man eine offene Eindeichung. Bis wie weit man den Deich dem Scheitel der Serpentine nähern darf, soll später untersucht werden, da die betreffenden Bedingungen allen Stromdeichen gemein sind. Hier mag aber schon darauf aufmerksam gemacht werden, daß, wo man den Endpunkt eines offenen Deichs auch hinlegen mag, dicht unterhalb desselben das Hochwasser mit großer Heftigkeit einströmt, und sonach hier dieselben Erscheinungen sich wiederholen, welche man durch die Anlage beseitigen wollte. Man begegnet denselben zum Theil dadurch, daß man den Deich sehr flach bis zur Höhe des natürlichen Terrains abfallen und in dasselbe auslaufen läßt. Dadurch wird aber mehr der Deich selbst, als das Terrain gegen Beschädigungen geschützt. Gewöhnlich fordert der Besitzer der Feldmark, die dicht unterhalb des Deichs liegt, die Verlängerung desselben, indem er von der Anlage nur Schaden, aber keinen Nutzen hat. Sobald indessen sein Wunsch oder seine billige Forderung Berücksichtigung gefunden hat, so kommt wieder der nächste Nachbar in dieselbe Verlegenheit, und in dieser Weise pflegt eine

offne Eindeichung sich nach und nach immer weiter fortzusetzen, bis sie sich zuletzt auch mit ihrem untern Ende an ein wasserfreies Terrain, oder an einen andern Deich anschliesst, und sonach ein geschlossener Deich entsteht.

Diejenigen Deiche, welche die höchsten Winter- und Frühjahrsfluthen abhalten oder kehren (dieser Ausdruck, im Holländischen üblich, ist auch an manchen Strömen in Deutschland angenommen), nennt man Winterdeiche, auch Banndeiche oder Hauptdeiche. Den Gegensatz bilden die Sommerdeiche, welche von dem Hochwasser beim Abgange des Eises überströmt werden, und die dahinter liegenden Niederungen nur gegen das Hochwasser schützen, das in der Mitte des Sommers ziemlich allgemein einzutreten pflegt. Ihr Zweck ist nur, das Sommergetreide oder die Heuernte zu sichern. Ihre Unterhaltung ist aber, wenn sie auch nur eine mäfsige Höhe haben, oft schwierig, und man giebt ihnen allgemein eine recht flache Dossirung auf der innern Seite, um die Gewalt des überströmenden Wassers zu mäfsigen.

Im Folgenden wird vorzugsweise von den geschlossenen Deichen, und zwar von Winterdeichen die Rede sein. Die durch einen solchen Deich geschützte Fläche, die gewöhnlich nicht nur verschiedenen Grundbesitzern, sondern meist zu verschiedenen Ortschaften gehört, nennt man einen Polder. Die Genossenschaft aber, welche für die gehörige Unterhaltung dieses Deiches, so wie der damit in Beziehung stehenden sonstigen Anlagen zu sorgen hat, heisst der Deichverband, auch wohl die Deichschau. Die letzte Benennung bezeichnet aber eigentlich nur die gemeinschaftlich vorzunehmende Besichtigung des Deiches. In den Niederlanden, wo das Deichwesen besonders ausgebildet ist, heisst die durch einen gemeinschaftlichen Deich geschützte Fläche eine Waterschap. Unter Polder versteht man daselbst aber eine niedrigere Fläche, die künstlich, also durch Schöpfmaschinen entwässert werden muß. Häufig liegt in einer Waterschap ein Polder, der also durch den äufsern Deich geschützt wird, aufserdem aber noch mit einem besondern niedrigen Deich umgeben ist. Liegt der Polder aber sehr tief unter dem umgebenden eingedeichten Lande, was namentlich der Fall ist, wenn er durch Ausheben des Torfes entstanden, und alsdann trocken gelegt ist, so nennt man ihn dort ein Meer.

Die ganze unter dem Spiegel des Hochwassers belegene Niederung heisst die Marsch, der Gegensatz derselben, oder das höhere wasserfreie Land die Geest. Diese Ausdrücke kommen indessen weniger bei Flüssen, als am Meere vor. Schlafdeich oder Rückdeich nennt man einen in der eingedeichten Fläche liegenden Hauptdeich. Ein solcher war gemeinhin in früherer Zeit der eigentliche Deich, er wurde aber nutzlos, indem man bei Ausdehnung der Eindeichung einen andern davor ausführte.

In Gegenden, die schon lange cultivirt sind, kommen neue, ausgedehnte Deichanlagen an Strömen nur selten vor, weil solche aus früherer Zeit schon vorhanden sind, und gemeinhin so weit gegen das Strombett vortreten, dass die Aufgabe des Baumeisters grossentheils nur darin besteht, die älteren Deiche zu reguliren und stellenweise zurückzulegen. Nicht leicht bietet sich ihm die Gelegenheit, eine neue grössere Eindeichung zu entwerfen und auszuführen, und selbst wenn solche vorkommt, sind gewöhnlich schon vorher einzelne Strecken, wenigstens als Sommerdeiche geschüttet, und indem die dadurch herbeigeführten Culturverhältnisse beachtet werden müssen, so sind in Betreff der ganzen Anlage Bedingungen gestellt, welche diejenige Anordnung verbieten, die als die zweckmässigste angesehen werden müsste, wenn man noch freie Hand hätte. Die Rücksichten, welche man bei Regulirung älterer Deiche zu nehmen hat, sind indessen nicht wesentlich von denen verschieden, die bei neuen Deichanlagen massgebend sind. Der Unterschied besteht nur darin, dass man sie nicht vollständig zur Geltung bringen darf. Es erscheint daher angemessen, die Erfordernisse der Eindeichungen hier in der Weise zu untersuchen, als wenn es sich um neue Anlagen handelte.

Es wird demnach die passendste Wahl der Deichlinie, die dem Deiche zu gebende Höhe, sein Profil und die Art seiner Ausführung und Befestigung zu behandeln sein. Zu einer Eindeichung gehören aber auch die Anlagen, die zur Entwässerung des Binnenlandes dienen, also die nöthigen Gräben und die Bauwerke, welche dem Binnenwasser den Ausfluss nach dem Strom gestatten, zugleich aber das Hochwasser vom Eintritt in das eingedeichte Land abhalten. Bei dieser Gelegenheit wird auch von der Entwässerung besonders tief gelegener Flächen die Rede sein müssen, die nur durch Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Endlich

ist noch die Unterhaltung der Deiche und namentlich ihre Sicherstellung zur Zeit der Gefahr zu behandeln, so wie auch diese Gefahren selbst beschrieben und die Maafsregeln bezeichnet werden müssen, die man ergreift, wenn der Bruch des Deiches bereits erfolgt ist. Es erscheint nothwendig, aufser diesen Gegenständen, die unbedingt zum Gebiet der Wasserbaukunst gehören, auch einige Mittheilungen über die verschiedenartige Organisation der Deichverwaltungen zu machen. Einige allgemeine Bemerkungen über Eindeichungen der Flussthäler müssen indessen vorangeschickt werden.

Schon bei Betrachtung der Veränderungen, welche in dem Thal eines sich selbst überlassenen Flusses vorgehn (§. 7 und 21), wurde darauf aufmerksam gemacht, dafs fortwährend grofse Massen Material aus den obern Gegenden gelöst und herabgetrieben werden. Diese Erscheinung stellt sich namentlich zur Zeit der Anschwellungen so augenscheinlich dar, dafs sie keinem Zweifel unterliegt. Das Wasser des Flusses ist alsdann von den thonigen Theilchen, die es enthält, dunkel gefärbt, und man sieht, nachdem der Fluß wieder in sein Bette zurückgetreten ist, den niedergeschlagenen Thon besonders auf höherem Grase liegen, und selbst Sand und Kies überdeckt stellenweise das Thal, wenn eine heftige Strömung darüber gegangen ist. Es ist auch nicht zu bezweifeln, dafs die Flussthäler auf diese Art sich nach und nach bedeutend erhöht haben. Freilich werden durch Abbruch der niedrigen Ufer und durch Vertiefung des Bettes namhafte Massen Material gelöst und durch die Strömung aus einzelnen Strecken fortgeführt, doch sind diese, besonders wenn der Strom bereits regulirt ist, verschwindend klein gegen diejenigen, welche aus den oberen Gegenden und durch die Seitenzuflüsse hinzukommen. Ist der Strom regulirt, so hören die Uferabbrüche auf, auch die Vertiefung des Bettes erreicht bald ihre Grenze, während die Niederschläge des Sandes oder wenigstens der Thontheilchen auf der Fläche des Thals nach jedem Hochwasser zu bemerken sind, und sonach die Erhöhung des Bodens, wenn auch nur langsam, doch dauernd fortschreitet.

Wenn dagegen das Thal eingedeicht wird, so ist das Binnenland diesem Niederschlage entzogen, während die Uferstreifen aufserhalb der Deiche, oder die sogenannten Aufsendeiche denselben dauernd ausgesetzt bleiben. In der Cultur giebt sich diese Ver-

schiedenheit der Verhältnisse sehr deutlich zu erkennen, indem das eingedeichte Land seine frühere Fruchtbarkeit zum Theil verliert. Besonders auf Wiesen läßt der Landmann gern das trübe Wasser treten, weil der Niederschlag wie eine Düngung wirkt. Ein andrer Unterschied zwischen dem Binnenland und dem Aufsendeich giebt sich indessen erst im Lauf der Zeit zu erkennen, und ist viel bedenklicher. Das Binnenland behält nämlich seine urprüngliche Höhe, senkt sich vielleicht sogar bei weichem Untergrund noch etwas, weil es nach der Umdeichung nicht mehr so feucht bleibt, als es früher war. Der Aufsendeich dagegen gewinnt in Folge der Niederschläge nach und nach an Höhe. Das Fluthprofil wird also mit der Zeit kleiner, als es früher war, oder das Hochwasser muß sich höher erheben, um die frühere Grösse der Profilfläche wieder herzustellen. So geschieht es, daß die eingedeichten Ländereien nach und nach ihre natürliche Entwässerung verlieren, und diese selbst bei kleinem Sommerwasserstande endlich nicht mehr von selbst erfolgt.

Diese Erscheinungen sind mehr oder weniger an allen Deichen bemerkbar, die schon seit Jahrhunderten bestehn, und treten neben den untern Stromtheilen, wo die Gefälle sehr schwach sind, am deutlichsten hervor. Der rechtseitige Nogatdeich vor dem Eller-Walde neben Elbing erhebt sich in seiner Krone bis zu den Forsten der dahinter stehenden Wohngebäude, während er gegen sein Vorland oder den Aufsendeich keine bedeutende Höhe hat. Die natürliche Entwässerung des Polders hat hier schon lange aufgehört. Noch übler sind die Verhältnisse in den Niederlanden. Blanken wies im Jahr 1818 nach*), daß trotz der Erhöhungen und Verstärkungen der Deiche am Rhein und an der Waal, dennoch die Deichbrüche sich viel häufiger wiederholten, als in frühern Zeiten, und daß die dadurch veranlafsten Inundationen immer verderblicher würden. Rechteren**) empfahl sogar die Deiche an den Hauptströmen in den Niederlanden abzutragen und sie in Sommerdeiche umzuwandeln. Ein solcher Vorschlag, der nicht nur alle Cultur-Verhältnisse verändert, sondern sogar die Bewohnbarkeit

*) *Beschouwing over de uitstrooming der Opper Rhijn, en Maas-Wateren etc.* Amsterdam 1819.

**) *Verhandelingen over den Staat van der Rijn, de Waal etc. Nijmegen.* 1830.

der Niederung in Frage stellt, ist unausführbar. Zunächst muß man sich darauf beschränken, die vorhandenen Deiche möglichst zu sichern.

Bei Aufstellung des Entwurfs zu einer neuen Deichanlage verdienen die ökonomischen Rücksichten ohne Zweifel vorzugsweise Beachtung. Niemand wird zu einer Anlage sich entschließen, deren Nutzen nicht die darauf verwendeten Kosten übertrifft. Man wird daher unter Voraussetzung einer gewissen Linie die Kosten der Anlage und Unterhaltung des Deichs ermitteln, und hiermit die Zunahme des Ertrages der dahinter liegenden Flächen vergleichen. Es ist sonach der Ertrag zu untersuchen, den diese Flächen geben, wenn sie als Vorland benutzt werden, das den Ueberfluthungen und Ueberströmungen ausgesetzt ist, und demnächst der Ertrag, den sie versprechen, wenn im Schutz der Deiche eine andre Culturart eingeführt werden kann, oder diese, wenn sie schon früher bestand, nicht mehr den Beschädigungen und Verwüstungen beim Uebertritt des Hochwassers ausgesetzt ist. Sonstige Umstände, die hierbei in Betracht kommen, sind dabei gleichfalls in Anschlag zu bringen. Man kennt indessen die passendste Deichlinie noch nicht, vielmehr ist die Wahl derselben durch die eben angeführten Umstände bedingt. Wenn die Verhältnisse in der ganzen Ausdehnung der Fläche dieselben sind, so würde die vortheilhafteste Linie, diejenige sein, die vergleichungsweise zum Flächeninhalt des von ihr eingeschlossenen Terrains ein Minimum ist. Diese Aufgabe läßt sich, nachdem man die nöthigen Abmessungen gemacht hat, nach bekannten Methoden lösen. Dasselbe ist auch der Fall, wenn andre Bedingungen erfüllt werden sollen, wenn also vielleicht gefordert wird, daß das Verhältniß des Deichs nicht zur ganzen eingedeichten Fläche, sondern nur zu einem Theil derselben ein Minimum, oder aber, wie auch häufig gefordert wird, der Ueberschufs des Capitals, welches der Vergrößerung des jährlichen Ertrages entspricht, über das Capital der Anlage und Unterhaltungskosten des Deiches, ein Maximum wird.

Die auf solche Art gefundenen Resultate sind indessen in vielen Fällen unbrauchbar, indem andre Rücksichten überwiegen. Hierzu gehört vorzugsweise die nothwendige Beachtung der Vorfluths- und der sonstigen Stromverhältnisse. Die Regulirung eines Stroms beschränkt sich beinahe ausschließlicly auf

das eigentliche Strombette, oder auf den Schlauch, in welchem das kleine und das Mittelwasser fließt. Dieselben Regeln, die man hierbei befolgt, finden aber auch ihre Anwendung, wenn man das Hochwasser gefahrlos und so abführen will, daß keine Zerstörungen an den Ufern desselben und keine starken Verflachungen in seinem Bette eintreten. Man hat freilich wohl noch nirgend die wasserfreien Ufer eines Stroms so geregelt, daß sie wie die Ufer des Bettes eines regulirten Stroms überall sanft gekrümmte und parallele Linien bilden. Wenn es sich aber um einen neuen Deich handelt, der ein Ufer für das Hochwasser darstellen soll, so bietet sich die Gelegenheit, eine Regulirung dieser Art auszuführen, und eben dadurch sowohl den neuen Deich zu sichern, als für die unschädliche Abführung der Fluthen zu sorgen.

Um die Richtung der neuen Deichlinie zu finden, muß man zunächst die größte Wassermenge kennen, welche der Strom zuweilen abführt. Die Höhe der Anschwellungen, so wie im Allgemeinen auch das alsdann statt findende Gefälle ist durch die Wasserstands-Beobachtungen gegeben. Letzteres stimmt ungefähr mit demjenigen bei kleinem Wasser überein, nur gleicht es sich mehr aus, indem die Abwechselungen zwischen starkem und schwachem Gefälle sich verringern, oder ganz verschwinden. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser ansteigt, verglichen mit der des Stromthales und des Flußbettes, giebt die mittlere Tiefe. Es bleibt daher, indem man die Wassermenge, das Gefälle, und die mittlere Tiefe des neuen Profils kennt, nur noch die Breite des letztern zu finden, welche mit dem Abstände der beiderseitigen Deiche, oder mit dem Abstände eines Deichs vom gegenüberliegenden wasserfreien Ufer übereinstimmt. Außerdem besteht offenbar noch eine innige Beziehung zwischen der Breite und der mittlern Tiefe. Die letzte ist von der ersten abhängig, man kann daher diese nicht als bekannt voraussetzen, während jene noch unbekannt ist. Sie läßt sich indessen leicht als Function von dieser ausdrücken, und man erhält alsdann nach der oben (§. 18) gegebenen Formel eine Gleichung, worin die Breite die einzige unbekannt GröÙe ist.

Man muß indessen diese Untersuchung auch auf die Geschwindigkeit ausdehnen, und sich davon überzeugen, daß diese nicht zu groß wird. Einer Geschwindigkeit von etwa 10 Fuß widerstehn wohl einige Zeit hindurch die Deiche, wenn sie keine

ungünstige Lage haben, aber es erscheint kaum räthlich, jene noch gröfser werden zu lassen. Auferdem ist darauf Rücksicht zu nehmen, dafs in Krümmungen die stärkste Strömung sich vor dem concaven Ufer zu bilden pflegt, woher die mittlere Geschwindigkeit hier geringer sein, oder das Profil erweitert werden mufs.

Wenn auf diese Weise die Weite des Fluthprofils gefunden ist, so ergibt sich daraus schon die zu wählende Deichlinie, sobald andre Deiche oder wasserfreie Ufer gegenüber liegen, wenigstens ersieht man, wo die äufserste Grenze hinfällt, über welche hinaus die Deiche nicht gelegt werden dürfen. Falls dagegen beide Ufer in grofser Breite der Inundation ausgesetzt sind, so wird es am angemessensten sein, in geraden Stromstrecken die beiderseitigen Deiche in gleichen Abstand von dem Bette zu legen, in Krümmungen aber den Deich am convexen Ufer zurückzuziehn, und den am concaven Ufer befindlichen etwas weiter vortreten zu lassen, damit das Hochwasser möglichst in gerader Richtung abfliefsen kann. In scharfen Krümmungen mufs indessen, wie bereits erwähnt, der Abstand zwischen den Deichen vergrößert werden, und namentlich ist dahin zu sehn, dafs die Deiche nicht zu weit in die Halbinseln hineintreten, um welche das Strombette sich in scharfer Serpentine herumzieht. Dergleichen Halbinseln mit den Deichen gar nicht zu berühren, und den Strom des Hochwassers ganz frei darüber sich ergiefsen zu lassen, ist dagegen nicht räthlich, denn wenn man von den bereits erwähnten Verwüstungen, die dabei eintreten, auch absehn wollte, so würde doch der Uebelstand herbeigeführt, dafs das Hochwasser die Richtung des Strombettes ganz verläfst, und letzteres dadurch starken Versandungen ausgesetzt wird.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs die Aufsendeiche, wenn sie nicht überflüssige Breite haben, mit keinen Anlagen versehn werden dürfen, welche mittelbar oder unmittelbar das Fluthprofil beschränken. Diese Regel verbietet auch Anpflanzungen von Bäumen und Sträuchern. Gebüsche oder niedrige Sträucher bewirken eine Verzögerung des hindurchströmenden Wassers, und veranlassen dadurch das feinere und gröbere Material zu Boden zu sinken, wodurch ein starkes Aufwachsen des Grundes und sonach eine Verkleinerung des Profils erfolgt. Bei hochstämmigen Bäumen, die unten keine Zweige haben, findet dieses nicht statt, dagegen

geben sie, besonders wenn sie gruppenweise stehn, Veranlassung, daß das Eis sich davor setzt und auf einander schiebt, also gleichfalls eine theilweise Sperrung des Profils eintritt. Nicht selten pflegen die Grundbesitzer, besonders vor den convexen Deichen, also auf Landzungen, um welche Serpentinaen sich gebildet haben, Bäume anzupflanzen. Dieselben gedeihen hier auch insofern, als sie weniger vom Strom getroffen werden, sie sind aber ganz besonders schädlich, und den gegenüberliegenden Deichen vorzugsweise nachtheilig, weil das Eis sich leicht dagegen stellt, und alsdann der Strom um so heftiger nach der andern Seite gedrängt wird. Im Allgemeinen gewähren Strauch- und Baumpflanzungen vor dem Fuß eines Deichs demselben einen kräftigen Schutz, will man diesen aber eintreten lassen, so ist es nothwendig, den Deich schon so weit zurückzulegen, daß die Pflanzungen außerhalb der erforderlichen Profilweite bleiben.

Bei ältern Deichen wiederholt es sich häufig, daß dieselben nicht im Zusammenhang stehn, vielmehr einzelne Gemeinden ihre Ländereien mit Deichen rings umschlossen haben. Diese Polder sind alsdann von einander getrennt durch schmalere oder breitere Flächen uneingedeichten Landes, welche zur Zeit des Hochwassers nicht nur inundirt werden, sondern worin sich sogar starke Strömungen bilden. Bei Regulirung der Deichverhältnisse pflegen sehr verschiedene Ansichten über die Nothwendigkeit solcher Fluthrinnen ausgesprochen zu werden. Es ist ohne Zweifel immer vortheilhafter, wenn man sie entbehren kann, denn dieselben Nachtheile, welche Spaltungen im eigentlichen Strombette haben, treten auch ein, sobald das Hochwasser in zwei oder mehrere Arme sich zerlegt. Die Eigenthümer solcher Fluthrinnen sind auch jederzeit sehr geneigt, dieselben zu schließsen, dagegen besorgen die Gemeinden, welche sich bereits eingedeicht haben, daß der Wasserstand alsdann im eigentlichen Strom sich höher erheben, auch die Strömung sich verstärken möchte, und dadurch die bestehenden Deiche gefährdet werden könnten.

Man kann nicht in Abrede stellen, daß durch die Schließung eines Nebenarms der Hauptarm verstärkt wird, dagegen gewinnt dieser häufig in hohem Grade an Regelmäßigkeit, wenn die Seitenströmungen aufhören, und in vielen Fällen ist die Wirksamkeit der letztern so geringfügig, auch versetzen sie sich oft so schnell

mit Eis, dafs sie in Wirklichkeit wenig zur Entlastung des eigentlichen Stroms beitragen. Von gröfserer Bedeutung sind sie dagegen, wenn sie Serpentinaen abschneiden, indem der Strom des Hochwassers, der sich durch sie ergiefst, alsdann ein stärkeres relatives Gefälle hat, als der Hauptstrom. Dasselbe ist auch der Fall, wenn sie in andre Ströme oder weite Nebenarme münden. Man nennt sie alsdann Ueberlässe. Durch einen solchen wird der Rhein nahe unterhalb der Preussischen Grenze in die Yssel, und so auch die Maas in den Biesbosch entlastet.

Um zu entscheiden, ob Fluthrinnen, und besonders ob Ueberlässe nothwendig sind, mufs man das Fluthprofil des eigentlichen Stroms in der oben angedeuteten Art untersuchen, und wenn man findet, dafs dieses zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so ist es jedenfalls vortheilhafter, es durch Zurücklegung der Deiche gehörig zu verbreiten, als Spaltungen beizubehalten. Bei Untersuchung der Fluthprofile müssen die etwa darin vorkommenden Unregelmäfsigkeiten beachtet werden. Man findet nämlich in scharf gekrümmten und engen Strombetten zuweilen stellenweise sehr bedeutende Tiefen, und wenn man nach diesen die Gröfse des Profils berechnet, so scheint oft schon eine geringere Breite zur Abführung des Wassers zu genügen. Man darf jedoch nicht erwarten, dafs solche isolirte Kolke regelmäfsig durchströmt werden, vielmehr bilden sich darin nur wirbelnde Bewegungen. Es ist daher angemessner, dieselben bei Bestimmung der mittlern Tiefe des Strombettes ganz unbeachtet zu lassen, und diese nur aus denjenigen Profilen herzuleiten, worin solche übermäfsige Vertiefungen nicht vorkommen. Ausserdem mufs man auch auf die Widerströme aufmerksam sein, und namentlich beobachten, ob sie auch zur Zeit des Hochwassers eintreten. Es leuchtet ein, dafs, wenn dieses der Fall sein sollte, keineswegs das ganze Profil als Abflufsprofil angesehen werden darf.

Ueberzeugt man sich durch eine solche Untersuchung, dafs das Fluthprofil des eigentlichen Stroms zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so mufs entweder jene Fluthrinne beibehalten, oder ersteres erweitert werden. Die Erweiterung verbietet sich aber häufig, indem entweder das wasserfreie oder doch sehr hohe Terrain auf beiden Seiten weit vortritt, oder wenn Deiche das Profil begrenzen, so liegen zuweilen einzelne Gehöfte und ganze

Ortschaften so nahe dahinter, daß eine Zurücklegung der Deiche unausführbar ist.

An manchen Strömen hat man gewisse Grenzen für die äußerste, noch zulässige Beschränkung des Fluthprofils angenommen. Dadurch werden allerdings die Untersuchungen außerordentlich vereinfacht und manche Mißgriffe vermieden, es ist aber nicht zu verkennen, daß die erforderliche Profilbreite, wenn die Wassermenge auch dieselbe bleibt, nicht constant ist, sondern theils vom Gefälle, und theils von der Höhenlage des Thalgrundes abhängt. Der Einfluß des letztern Umstandes pflegt besonders von großer Bedeutung zu sein, und darf daher nicht unbeachtet bleiben.

Außer diesen allgemeinen Rücksichten, welche bei der Wahl der Deichlinien maßgebend sind, haben auch noch die lokalen Verhältnisse, nämlich die Beschaffenheit und Höhenlage des Bodens, die Benutzungsart desselben, die Lage und Gestalt des Strombettes und andre Umstände einen wesentlichen Einfluß. Gebäude, Gärten und andre Anlagen wird man möglichst innerhalb des Deichs zu bringen suchen. Insofern die Kosten der Deichanlage sich mit der Höhe des Terrains vermindern, wird man, soviel es geschehn kann, den Deich auf höhere Stellen verlegen. Noch wichtiger ist es, sumpfige Stellen zu umgehn, weil der Deich auf solchen theils eine unsichre Lage hat, also Durchquellungen darunter eintreten, er auch wohl bei starkem Wasserdruck ganz zurückgeschoben werden kann. Gewöhnlich giebt der weiche Untergrund unter dem Gewicht eines schweren Deiches nach, oder die zuerst aufgebrachten Erdschüttungen versinken, wodurch die Erdarbeiten ausgedehnter werden.

Die Unterhaltung eines Deichs wird außerordentlich erschwert, wenn kein breites und höhres Vorland sich vor ihm befindet. Fehlt dieses ganz und berührt sein Fuß unmittelbar den Rand des Strombettes, so wird er sowohl von der Strömung, als vom Wellenschlage angegriffen, und ungewöhnliche Mittel müssen zu seinem Schutz angewendet werden. Man nennt ihn alsdann einen Schaardeich. Die Gefahr wird aber noch größer, wenn ein solcher Deich zugleich das concave Ufer bildet, weil alsdann auch in Folge der Stromkrümmung das Wasser und Eis dagegen getrieben wird. Der Wellenschlag ist aber an solchen Deichen besonders gefähr-

lich, die den heftigsten Stürmen von der Wasserseite ausgesetzt sind, und zugleich eine große Tiefe vor sich haben.

Man muß demnach bei Anlage neuer Deiche dieselben in gehöriger Entfernung von dem Strombette halten, aber es ist auch nothwendig, durch Uferdeckungen dafür zu sorgen, daß der Strom nicht weiter einbricht und dadurch Gefahren herbeiführt, die ursprünglich nicht bestanden. Dieses ist oft geschehn, und die Deiche sind dadurch nicht selten so starken Angriffen ausgesetzt worden, daß man sie nicht halten konnte, und sich gezwungen sah, sie weiter landwärts zurückzulegen.

Endlich pflegt man noch für die Wahl der Deichlinie die Regel aufzustellen, daß der Deich nie eine Lage erhalten darf, in welcher er direct vom Strom getroffen wird. Dieses besagt indessen nichts andres, als daß keine scharf einspringenden Buchten oder vortretende Ecken in der Deichlinie vorkommen dürfen, wovon schon die Rede war.

Was die Höhe der Deiche betrifft, so geht man allgemein von dem Grundsatz aus, dieselbe nur nach den Anschwellungen des Stroms bei offenem Wasser zu bemessen. Sobald Eisversetzungen eintreten, können diese unter ungünstigen Umständen einen Stau veranlassen, der jede Grenze übersteigt. Es würden daher die Kosten der Deichanlagen sich übermäßig steigern, wenn man eine Höhe wählen wollte, welche selbst bei Eisstopfungen ein Uebertreten des Wasser verhinderte, und eine volle Sicherheit wäre in dieser Beziehung doch nie zu erreichen. Der Deich an dem einen Ufer läßt sich freilich gegen solche Gefahr sichern, wenn man ihn höher hält, als den gegenüber liegenden. Allein ein Wettstreit dieser Art, der augenscheinlich die eigne Sicherheit nur auf die Vergrößerung der Gefahr für den Nachbar begründet, sollte gesetzlich verboten sein. Gewöhnlich geschieht es auch, daß nach der Erhöhung des Deichs auf einem Ufer der gegenüberliegende gleichfalls erhöht wird, und sonach der bei der ersten Anlage beabsichtigte Vortheil verschwindet, daß nämlich der letzte Deich bei hohem Wasser früher überströmt werden und brechen möchte.

Das Mittel, welches man anwendet, um das Uebertreten des Hochwassers zur Zeit einer Eisstopfung zu verhindern, ist die

temporäre Erhöhung des Deichs an solchen Stellen, wo er am meisten gefährdet ist, oder das Aufkahlen. Hiervon wird später bei Gelegenheit der Unterhaltung der Deiche die Rede sein. Außerdem ist es aber noch üblich, den Deichen gleich bei ihrer Erbauung an den Stellen, wo ein Ueberströmen und Durchbrechen besonders gefährlich sein würde, eine grössere Höhe zu geben. Dieses geschieht namentlich, wenn Dörfer oder Städte unmittelbar dahinter liegen.

Die Deichhöhe bestimmt man gewöhnlich in der Art, daß das bekannte höchste offne Wasser noch 1 Fuß unter der Krone bleibt. Bei neuen Deichanlagen ist es schwierig, diese Höhe genau zu ermitteln, da die Beengung des Flußprofils eine, wenn auch nur geringe Erhebung des Wasserstandes zur Folge hat. Diese Höhe ist aber außerdem auch nicht constant, insofern die Ströme, in Folge der zunehmenden Bodencultur in ihrem Gebiete, das Wasser, welches als atmosphärischer Niederschlag herabfällt, immer schneller aufnehmen, und daher die Wassermasse, welche sie zur Zeit der höchsten Anschwellungen abführen, immer grösser wird. Es muß daher die Deichhöhe von Zeit zu Zeit verändert werden, wie dieses auch allgemein geschieht.

Nächst entsteht die Frage, welche Breite die Krone oder die Kappe des Deichs erhalten soll. Jedenfalls muß dieselbe mindestens so gewählt werden, daß man auf dem Deich noch fahren kann. Dieses ist namentlich für seine Unterhaltung und Sicherstellung zur Zeit der Gefahr von besondrer Wichtigkeit, da die Wege im Innern der Niederung alsdann stark durchweicht und nur mit Mühe zu passiren sind. Außerdem gewährt eine große Kronenbreite dem Deich auch eine wesentliche Verstärkung, indem er bei eintretender Beschädigung und beim Einsturz der Dossirungen alsdann noch längere Zeit dem vollständigen Durchbruch widersteht. Man macht daher die Krone 10 bis 12 Fuß breit. Wo es an Erde gebricht, oder dieselbe nur mit übermäßigen Kosten aus weiter Entfernung beigeschafft werden kann, muß man sich allerdings mit einer geringern Breite begnügen, und dieselbe wird alsdann bis auf 6 Fuß beschränkt. Man verstärkt aber zuweilen den Deich noch dadurch, daß man auf seiner innern oder der Landseite ein Banket anbringt, wie Fig. 382 zeigt. Man findet in dieser Anordnung sogar den Vortheil, daß man bei hohen Anschwel-

lungen, während Eisschollen auf den Deich geschoben werden, oder die Wellen hinaufschlagen, auf solchem Banket bequemer, als auf der Deichkrone die Materialien zur Sicherung des Deichs anfahren kann. Dieser Vorzug wird indessen durch andre Nachtheile aufgehoben. Das tiefer liegende Banket kann die Gefahren einer schwachen Ueberströmung nicht in dem Maafs schwächen, als eine breitere Krone. Die schmale Krone gestattet überdies nicht eine kräftige und hohe Aufkaldung, und legt man ein breites Banket nicht gar zu tief an, so ist die dazu erforderliche Erdmasse gröfser, oder der Deich wird theurer, als wenn man ihn mit einer gehörig breiten Krone versehen hätte.

Die Krone legt man meist nicht horizontal, sondern man giebt ihr entweder, wie einer Strafsse, eine schwache Wölbung, läfst sie also nach beiden Seiten abfallen, oder man erhöht sie auf der innern Seite, damit das Wasser nach dem Strom abfließt. Diese letzte Anordnung empfiehlt sich, insofern dadurch der höchste Rücken am meisten geschützt ist, auch von dem aufschiebenden Eise am wenigsten getroffen wird.

Die Krone wird in vielen Fällen in gleicher Art, wie die beiderseitigen Dossirungen behandelt, also mit Rasen bedeckt. Wenn aber eine starke Passage auf dem Deich stattfindet, so ~~man~~ man sie wenigstens durch aufgeschütteten Sand befestigen.

In Betreff der Dossirungen bemerkt man bei den Deichen sehr grofse Verschiedenheiten. Zum Theil rühren diese davon her, dafs sowohl die Lage des Deichs, als auch das Material, woraus er besteht, bald eine gröfsere, bald eine mindere Vorsicht bedingt. Aufserdem aber hat man sich häufig auch zur Wahl sehr steiler Dossirungen entschliessen müssen, weil die disponibeln Geldmittel zur Darstellung flacher Böschungen nicht ausreichten. Bei der gewöhnlichen Unterhaltung der Deiche, wobei vorzugsweise die Erde in den obern Theilen aufgebracht wird, werden die Böschungen nach und nach steiler, als sie ursprünglich waren. Um so nöthiger ist es, die Deiche bei der ersten Anlage in recht starken Profilen darzustellen. Das Deichreglement für das Herzogthum Cleve von 1767 schreibt vor, dafs bei guter Erde die äufsere Dossirung eine vierfache, die innere dagegen eine dreifache Anlage haben soll, wenn aber sandige Erde genommen werden mufs, so soll die Anlage der äufsern Dossirung wenigstens fünf- bis sechsfach sein.

Im Allgemeinen begnügt man sich mit bedeutend schwächern Dossirungen, und man hält Deiche schon für hinreichend gesichert, wenn die äufsere Böschung eine dreifache und die innere eine zweifache Anlage hat. Dieses dürfte indessen als die äufserste Grenze anzusehn sein, die man selbst unter günstigen Verhältnissen nicht überschreiten darf. Es giebt freilich eine große Anzahl älterer Deiche, die viel steiler sind, aber die vielfachen und stets wiederkehrenden Beschädigungen, so wie die großen Gefahren, denen sie ausgesetzt sind, lassen keinen Zweifel, daß ihre Anordnung unzweckmäfsig ist und keine hinreichende Sicherheit bietet.

Die beiderseitigen Dossirungen der Deiche sind nicht nur wie bei andern Anschüttungen nothwendig, um die obern Erdtheilchen am Herabfallen durch ihr eignes Gewicht zu verhindern, und um die Bildung eines festen Rasens darauf möglich zu machen, sondern sie sollen auch eine Quellenbildung in der Nähe des Fufses, wo der Wasserdruck dieselbe am meisten begünstigt, erschweren. Außerdem ist die äufsere Dossirung den Angriffen des Stroms, des Eises und besonders des Wellenschlages ausgesetzt, wobei leicht Beschädigungen der Decke und des Erdkörpers entstehn. Es leuchtet aber ein, daß in solchem Fall die gelöste Erde oder die Rasendecke, die ihre Unterstützung verloren hat, um so leichter herabstürzt, also auch der Bruch sich schneller ausdehnt, je steiler die Böschung ist. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, eine recht flache Dossirung für die äufsre Seite zu wählen.

Insofern die Strömung mit der zunehmenden Höhe des Wasserstandes sich verstärkt, daher bei höhern Anschwellungen das Eis mit größerer Geschwindigkeit vorbeitreibt, auch der Wellenschlag alsdann am heftigsten wird, und die Beschädigungen in beiden Fällen vorzugsweise in der Nähe des jedesmaligen Wasserspiegels eintreten, so dürfte man vermuthen, daß es zweckmäfsig sei, die äufsere Dossirung eines Deichs in der Nähe der Krone abzuflachen. Dieser Vorschlag ist in der That von Woltman einst gemacht, jedoch später wieder zurückgenommen, weil anerkannt werden mußte, daß wenn der Angriff des höchsten Wassers auch am stärksten ist, und vorzugsweise die in dessen Niveau liegenden Theile des Deichs trifft, doch die Dauer dieser Gefahr sich auf sehr kurze Zeit beschränkt und Ausbesserungen hier viel früher möglich sind, als am Fufs des Deichs, der oft mehrere Wochen hindurch unter

Wasser bleibt. Außerdem zeigt auch die Erfahrung, daß die untern Theile selbst einer flachen Dossirung, vielfach beschädigt werden, und steil abgebrochen sind, sobald sie aus dem Wasser treten.

Die innern, oder die landwärts gekehrten Dossirungen sind ähnlichen Zerstörungen nicht ausgesetzt, aber nichts desto weniger verstärken auch sie den Deich, und erleichtern seine Vertheidigung, wenn sie recht flach sind. Sobald das Wasser aber die Deichkrone übersteigt, so stürzt es über die innere Böschung mit um so größerer Heftigkeit, je steiler dieselbe ist, und veranlaßt durch Aufreißen des Grundes um so schneller einen tiefen Durchbruch. Solche Deiche oder Deichstrecken, die man regelmäsig oder in außerordentlichen Fällen einer Ueberströmung aussetzen will, müssen daher mit einer sehr flachen innern Böschung versehen sein. Die Sommerdeiche erhalten deshalb gewöhnlich, wenn sie aus guter zäher Erde bestehn, eine sechsfache Anlage.

Zu dem Deichkörper gehören noch die Anfahrten, die jedesmal besonders angeschüttet werden müssen, nicht aber durch Einschneiden in den Deich dargestellt werden dürfen. Man legt sie entweder normal gegen die Richtung des Deichs, alsdann unterbrechen sie aber den daneben führenden Weg, und geben Veranlassung, dass derselbe herumgeführt werden muss, während die scharfen Biegungen am obern und untern Ende der Anfahrt sehr unbequem sind. Die nach dem Aussendeich führende Anfahrt bildet aber bei solcher Richtung nichts andres, als eine senkrechte Bühne, die theils selbst einem starken Angriff ausgesetzt ist, theils aber auch durch den Wirbel den sie erzeugt, den stromabwärts anschließenden Theil des Deichs gefährdet. Weit vortheilhafter ist es daher, die Anfahrten durch Rampen zu bilden, die unmittelbar am Fuß des Deichs beginnen und längs der Dossirung bis zur Krone ansteigen. Hier bilden sie eine Verbreiterung der letztern, und gewöhnlich läßt man sie dahinter wieder herabgehn, damit das Fuhrwerk, welches von der einen oder der andern Seite kommt, ohne eine scharfe Wendung machen zu dürfen, auf die Deichkrone gelangen kann.

Auf der innern Seite des Deichs zieht sich gewöhnlich ein Weg hin, der landwärts durch einen Graben begrenzt wird. In vielen Fällen ist dieser Graben nicht allein zur Abführung des

Wassers angelegt, vielmehr ist er entstanden, indem man hier einen Theil der zum Deichbau erforderlichen Erde entnahm. In solchem Fall pflegt er sehr breit und tief zu sein, und er befördert alsdann in hohem Grade das Durchquellen des Wassers durch den Deich und gefährdet daher den Letztern. Auf der Stromseite muß der Deich, wo möglich sich an ein hohes und gut benarbttes Vorland anschließen, und besonders dürfen daneben keine zusammenhängende Vertiefungen oder Gräben sich befinden, weil diese die Strömung vor seinem Fuße verstärken würden.

§. 92.

Ausführung der Deiche.

Bei Ausführung der Deiche sind dieselben Regeln zu beachten, die bereits bei Behandlung der Erddämme vor Reservoiren und der Canaldämme (§. 85 und §. 86) näher bezeichnet wurden. Man muß die Deiche aus reiner Erde aufschütten, Rasen, Wurzeln, Sträucher, Torfstücke und dergl. dürfen darin nicht vorkommen, weil sie die innige Verbindung der Masse verhindern und leicht zur Bildung von Quellen Veranlassung geben. Aus demselben Grunde darf die Erdschüttung auch nicht auf dem Rasen liegen, vielmehr muß dieser vorher abgestochen, auch wohl der Boden darunter aufgelockert werden, damit er sich inniger mit dem eigentlichen Deichkörper verbindet. Wenn aber Bäume in der Deichlinie stehn, so müssen diese nicht nur entfernt werden, sondern man muß aus dem angegebenen Grunde auch ihre Wurzeln vollständig beseitigen.

Die Erde wird in dünnen Lagen aufgebracht, die entweder horizontal, oder nach der Binnenseite schwach ansteigend aufgeschüttet und in etwas feuchtem Zustande fest gestampft werden. Wenn man aber die Erde in Karren anfährt, die mit Pferden bespannt sind, so kann man das Stampfen entbehren, indem die Pferde und die Wagen schon den Boden befestigen, doch muß dafür gesorgt werden, dass ein solches Durcharbeiten alle Theile der Anschüttung gleichmäßig trifft. Findet man eine gute Erde in hinreichender Masse in der Nähe, so wird der ganze Deich daraus gebildet, wenn dieses aber nicht der Fall ist, so muß

wenigstens die äußere Dossirung mehrere Fufs hoch aus solcher bestehen. In Betreff der Aufstellung der Chablonen und der Ueberhöhung des Deiches, um das Setzen oder Sacken unschädlich zu machen, gilt dasselbe, was bereits oben angeführt ist. Ebenso ist auch die Besaamung mit Gras der Bedeckung mit Rasen vorzuziehn, und die erwähnten Vorsichtsmaafsregeln zur vorläufigen Sicherung des Deichs, oder zur Bewirkung eines festen Schlusses der Rasen finden auch hier ihre Anwendung.

Die Stromdeiche sind von den Canaldämmen in sofern verschieden, als sie nicht nur den Druck des davor stehenden Wassers auszuhalten haben, sondern dieses mit Heftigkeit vorbeiströmt, schwere Eisschollen mit sich reisst, welche häufig gegen die Deiche stofsen, auch der Wellenschlag wegen der gröfsern Tiefe und der gröfsern Ausdehnung der davorstehenden Wasserflächen verheerendere Wirkungen äufsert. Sie müssen daher eine gröfsere Widerstandsfähigkeit besitzen, und man versieht sie aus diesem Grunde, wie bereits erwähnt, mit flachern äußern Dossirungen. Hierzu kommt noch, dafs die Stromdeiche keineswegs, wie Canaldämme, dauernd denselben Wasserstand vor sich haben. Sie bleiben vielmehr meist den ganzen Sommer hindurch vollständig trocken, und selbst im Herbst und im Anfang des Winters, bis der Frost eintritt, wird ihr Fufs häufig gar nicht vom Wasser berührt. Wegen ihrer freien Lage trocknen sie alsdann sehr stark aus, und bleiben in diesem Zustande, bis plötzlich beim Aufbrechen des Eises der Strom anschwillt und sich vielleicht bis nahe an ihre Krone erhebt.

Die Benutzung einer reinen Thonerde, obwohl dieselbe ohne Zweifel die gröfste Zähigkeit besitzt, und dem Strom und Wellenschlag am sichersten widersteht, ist dennoch für Deiche in sofern bedenklich, als sie beim Trocknen stark reifst, und dadurch leicht gefährliche Quellungen veranlafst. Eine Erde, der etwas Sand beigemengt ist, wird daher ziemlich allgemein als vorzüglicher erachtet, und häufig findet man solche in den Flufsthälern. Sie ist am brauchbarsten, wenn sie aus demjenigen Gemenge besteht, welches man zur Fabrikation von Ziegeln benutzt. Der Niederschlag, der sich auf den Aufsendeichen des Unterrheins und der Waal absetzt, hat gemeinhin diese Beschaffenheit, und man verwendet denselben daher sehr vortheilhaft zur Aufführung und Unterhaltung der Deiche. Eine gute Ackererde, welche einen bedeuten-

den Zusatz von Humus oder organischen Stoffen enthält, wird häufig auch als brauchbare Deicherde angesehen. Dieselbe gewährt in der That den großen Vortheil, daß sie sich besonders leicht mit einem kräftigen Rasen überzieht, und wenn sie an sich auch weniger Widerstandsfähigkeit, als der Klauboden besitzt, so wird dieser Mangel doch durch die festere Decke ersetzt. Es tritt indessen hierbei zunächst der Uebelstand ein, daß eine Masse Larven und Würmer in dem Deiche sich vorfinden, und wenn dieselben an sich auch nicht schädlich sind, so veranlassen sie, daß Maulwürfe sich zahlreich hineinziehen, deren Gänge schon häufig starke Quellungen und selbst Durchbrüche von Deichen verursacht haben. Außerdem geht diese Erde bei der wechselnden Nässe und Trockenheit mit der Zeit in einen Zustand der Verwitterung oder Verwesung über, worin sie alle Festigkeit verliert. Beim Aufgraben alter Deiche findet man häufig Lagen eines feinen, ziemlich hellen Pulvers, das weder im nassen, noch im trocknen Zustande bindet, und fast das Ansehn von Asche hat. Es wäre freilich möglich, daß dasselbe von vegetabilischen Stoffen herrührt, die man unvorsichtiger Weise mit in die Deiche gepackt hat, wenn man aber dieses auch annehmen wollte, so müßte man doch voraussetzen, daß solche Stoffe nach der ersten Fäulniß sich in Humus verwandelt hätten. Erfahrene Deichbeamte haben mich wiederholentlich auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht und nicht selten habe ich sogar den Ausdruck gehört, daß die Deicherde verfault sei.

Man entnimmt die zur Anlage und Erhaltung der Deiche erforderliche Erde am passendsten aus dem Aufsendeiche oder aus dem Vorlande, weil sie sich hier durch die Niederschläge des Stroms bald wieder ersetzt. Auch wird durch solches Abgraben des Vorlandes der Erhöhung desselben, wenn auch nur in sehr geringem Maasse, vorgebeugt. Man muß indessen die Erde nur aus einzelnen Gruben oder Pütten entnehmen, die unter sich nicht in Zusammenhang gebracht werden, weil sie sonst eine tiefe Rinne bilden, durch welche der Strom sich hindurchziehn und einen Nebenlauf darstellen könnte, der besonders nachtheilig für den Deich wäre, wenn er sehr nahe an demselben läge. In diesem Fall würde eine stärkere Strömung hier statt finden, während der Deich durch kein gehörig breites Vorland geschützt ist. Man sticht die Erde daher in der Art aus, daß die Pütten in ihrer Längsrichtung

normal gegen den Strom gerichtet sind, und läßt zwischen ihnen Erdrücken stehn, die eben so breit, wie sie selbst sind. Außerdem ist aber dafür zu sorgen, daß die so gesicherte Reihe von Pütten noch mehrere Ruthen weit vom Deich entfernt bleibt. Diese Pütten pflegen in einigen Jahren sich vollständig wieder anzufüllen, so daß man sie bald nicht mehr erkennen, und sie zu gleichem Zweck aufs Neue wieder eröffnen kann. In manchen Fällen veruracht die Beschaffung der Erde grosse Schwierigkeiten, und man sieht sich zuweilen gezwungen, sie aus dem Binnenlande zu entnehmen. Indem dieses aber schon an sich niedrig liegt, und eine Wiederanfüllung der Gruben darin nicht erfolgen kann, so wird in solchem Fall die Oberfläche derselben für beständig der Cultur entzogen, oder doch ihr Ertrag vermindert.

Das Bepflanzen der Deiche mit Bäumen und Sträuchern, und zwar eben sowohl auf der Krone, als den Dossirungen, darf nicht gestattet werden, weil theils die Bäume bei Stürmen hin und her bewegt werden, und dadurch ihre Wurzeln die Erde auflockern, theils aber auch diese Wurzeln die Bildung von Wasseradern veranlassen. Ebenso ist es gemeinlich auch untersagt, Zaunpfähle u. dergl. tief einzutreiben oder einzugraben.

§. 93.

Entwässerung der Polder.

Ein geschlossener Deich, der den Eintritt des Hochwassers in die dahinter liegende Niederung vollständig verhindert, unterbricht auch die natürliche Entwässerung derselben, und zwar nicht nur zur Zeit des Hochwassers, sondern selbst bei kleinem Wasser. Der Deich muß daher mit einer Durchfluß-Oeffnung versehen werden, die man zur Zeit der Anschwellungen schließt, zur Zeit des kleineren Wassers aber öffnen kann. Hierzu dienen die Entwässerungsschleusen, die man auch Siele nennt, wiewohl dieser Name vorzugsweise in See-Marschen üblich ist.

Um die Wirksamkeit der Siele zu sichern, muß die Niederung mit einem vollständigen und gehörig angeordneten System von Abzugsgräben durchzogen sein, die in gleicher Weise, wie bei Gelegenheit der Entwässerung von Sümpfen bereits erwähnt wurde

(Theil I, §. 27), wie die Zweige und Aeste eines gemeinschaftlichen Stammes zuletzt in den Haupt-Abzugsgraben oder den Busen münden, der nach dem Siel führt. Endlich muß von dem Siel durch den Aufsendeich bis zum Strombett noch ein Graben, der sogenannte Aufsengraben, oder das Sieltief angelegt und offen erhalten werden. Auch bei Niederungen kommt es beinahe jedesmal darauf an, schon geringe Niveau-Differenzen zur Entwässerung zu benutzen, man kann daher keine starken Gefälle und heftige Strömungen erzeugen. Um so nöthiger ist es, die Gräben in hinreichender Weite und Tiefe offen zu erhalten, damit sie bei märsiger Strömung schon bedeutende Wassermassen abführen.

In den Flusniederungen kommt es nicht leicht vor, daß einzelne noch tiefer belegne Flächen oder Meere von denselben umschlossen werden, dagegen haben auch hier zuweilen ganze Polder, wie etwa an der Nogat eine so tiefe Lage, daß sie nur künstlich, oder mittelst Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Alsdann gehören auch diese Maschinen mit den betreffenden sonstigen Anlagen zu den Entwässerungs-Anstalten. In allen Fällen hat jede durch einen gemeinschaftlichen Deich umschlossene Niederung, also jeder Polder, auch seine besondere Entwässerung, und wenn nicht etwa einzelne Meere darin liegen, so stehn alle Gräben der ganzen Niederung mit dem Busen in unmittelbarer Verbindung, so daß nahe derselbe Wasserstand, den dieser annimmt, sich in allen Gräben darstellt. Eine Ausnahme hiervon tritt nur ein, wenn bei besonders starker Auswässerung ein merkliches Gefälle sich bildet, oder wenn vielleicht ein heftiger Sturm das Wasser nach der einen Seite hinübertreibt.

Jeder Deichverband hat nach Maafsgabe der Höhenlage des Terrains und der Culturart des Bodens einen normalen Stand für das Wasser im Busen angenommen, und die Entwässerungsschleuse muß so gehandhabt werden, daß dieser Stand im Frühjahr möglichst bald dargestellt wird, das Wasser jedoch nicht darunter sinkt. Wenn keine künstliche Entwässerung stattfindet, so hängt der Eintritt des Zeitpunkts, in welchem das Binnenland trocken wird, vom Verhalten des Stroms ab. Während der Anschwellung desselben muß natürlich die Entwässerungsschleuse geschlossen werden, und indem der Schnee im Binnenlande schmilzt, dazu auch noch das Regenwasser kommt; und Quellen sowohl vom

höhern Ufer, als noch mehr durch die Deiche eindringen, so steigt das Wasser in dem Busen und in allen damit verbundenen Gräben, und inundirt häufig, ohne daß der angeschwollene Strom unmittelbar in die Niederung gedrunge wäre, einen großen Theil derselben. Sobald alsdann der Strom bis zum Wasserspiegel des Busens gesunken ist, so öffnet man die Entwässerungsschleuse, um beim weitem Fallen des Stroms sogleich die Entwässerung beginnen zu lassen. Bei raschem Sinken des Aufsenwassers bildet sich ein starkes Gefälle, und die Auswässerung geht schnell vor sich. Gegenheils erfolgt sie aber nur langsam, und wenn der Strom, wie oft geschieht, inzwischen wieder steigt, so muß die Schleuse aufs Neue geschlossen werden, und oft vergehn Monate, ehe endlich der normale Stand sich dargestellt hat. Sobald dieser erreicht ist, schließt man die Schleuse, weil die Niederung sonst an zu großer Trockenheit leiden und dadurch der Ertrag der Wiesen und Aecker beeinträchtigt würde. Bei anhaltender Dürre sinkt jedoch der Wasserstand in der Niederung in Folge der Verdunstung immer tiefer herab, während die Auswässerung vollständig unterbrochen ist, und sogar das Regen- und Quellwasser absichtlich zurückgehalten wird. In solcher Zeit entstehn häufig große Verlegenheiten wegen Wassermangel. Die Feldfrüchte und selbst das Gras werden am Wachsthum verhindert, und indem die Gräben trocken liegen, muß das Vieh, welches sonst sich selbst überlassen auf den Weiden bleibt, in weite Entfernungen nach den Tränken getrieben werden. Wenn alsdann der Strom wieder zu schwellen anfängt, so öffnet man die Schütze der Entwässerungsschleuse und läßt das Wasser in die Niederung hineinströmen. Ein solcher günstiger Fall ereignet sich indessen in Stromstrecken nicht leicht, die von den periodischen Schwankungen der Fluth und Ebbe nicht getroffen werden. Dagegen bietet sich bei einem lang ausgezogenen Polder zuweilen die Gelegenheit, von dem Gefälle des Stroms in dieser Beziehung Vortheil zu ziehn, und durch eine im obern Theil des Deichs angebrachte Einlafsschleuse, die Gräben und Busen nach Bedürfnis zu füllen. Auch kann man vielleicht Bäche, welche sonst durch besondere Deiche von der Niederung entfernt gehalten werden, derselben in solchem Falle zuführen.

Die Zuführung fremden Wassers in eingedeichte Polder wird zuweilen noch in andrer Beziehung nothwendig, nämlich um

entweder den Boden durch die im trüben Wasser schwebenden Erdtheilchen zu düngen, oder auch wohl um den Boden auszulaugen, und die darin enthaltenen, der Vegetation nachtheiligen Stoffe in dem reinen Wasser aufzulösen, und sie später mit diesem abfließen zu lassen. Im ersten Fall wird eine Art von Colmation (Theil I. §. 28) beabsichtigt. Der zweite Fall tritt ein, wenn der Boden aus Seen aufgewachsen ist, in welchen das Wasser besonders starken Salzgehalt hat. So schreiten die Verlandungen an der Mündung der Rhone von Jahr zu Jahr weiter vor. Wenn das neue Land aber eingedeicht ist, so zeigt es sich ganz unfähig zu allen Culturen, und man muß mehrere Jahre hindurch die Rhone, so oft sie angeschwollen ist, eintreten und ihr Wasser längere Zeit darin stehn lassen, bis es sich mit dem aus dem Boden ausgezogenen Salz gesättigt hat. Alsdann erst wird es wieder in das Mittelländische Meer abgelassen, und auf diese Art der Boden nach und nach culturfähig gemacht.

Die Entwässerungsschleusen oder Siele sind nichts andres als Archen, die in dem Deiche liegen. Sie stimmen in ihrer Construction mit den Freiarchen (§. 46) überein. Jedenfalls müssen sie so eingerichtet sein, daß sie den höchsten äußern Wasserstand abhalten, außerdem aber müssen sie, wie so eben erwähnt, zuweilen auch das Binnenwasser gegen den äußern niedrigeren Wasserstand zurückhalten. Indem an Strömen, welche dem Wechsel der Fluth und Ebbe nicht ausgesetzt sind, die Wasserstände nicht so schnell sich verändern, daß in kurzen Zwischenzeiten die Entwässerungsschleusen in Thätigkeit gesetzt und wieder geschlossen werden müssen, sie vielmehr gewöhnlich Monate hindurch offen oder geschlossen bleiben, so ist es entbehrlich, sie so einzurichten, daß sie von selbst dem Wasser den Durchgang eröffnen oder sperren. Anders verhält es sich mit den Entwässerungsschleusen an der Nordsee oder ohnfern der Strommündungen daselbst, die an jedem Tage zweimal hohes und zweimal niedriges Wasser vor sich haben. Diese werden mit Stemmthoren versehen, die durch das erstere geschlossen und beim Eintritt des letztern durch das höhere Binnenwasser geöffnet werden. Die Entwässerungsschleusen vor eigentlichen Stromniederungen, von denen hier allein die Rede ist, haben gewöhnlich Schütze, und zwar doppelte, von denen nämlich das eine, oder bei größern Oeffnungen mehrere

zusammengehörige das äufsere Hochwasser, und die übrigen das höhere Binnenwasser, so oft dieses nöthig ist, zurückhalten. Wenn das Heben der Schütze noch eine äufsere Kraft erfordert, so ist die ganze Einrichtung doch einfacher, weniger den Beschädigungen unterworfen und selbst sichrer in ihrem Erfolge, als die Benutzung der sich selbst überlassenen Stemmthore. Dieses ist der Grund, weshalb es nicht rätlich ist, die Anwendung der letztern weiter auszudehnen, als die Fluth und Ebbe sich erstreckt. Diese Ansicht ist indessen nicht allgemein angenommen, denn man findet zuweilen auch an den obern Flufstheilen Siele mit Stemmthoren.

Wenn der Polder nur geringe Ausdehnung hat, also die abzuführende Wassermasse auch nie bedeutend wird, so pflegt man wohl statt der Schleusen nur sogenannte Krüper anzulegen. Dieses sind hölzerne Rinnen, einen oder wenige Fufs weit und hoch, die man durch die Deiche legt. Zuweilen werden sie gleichfalls durch Schütze geschlossen, gewöhnlich aber nur an der Stromseite durch eine Klappe, die am obern Rahm der Rinne mittelst Charnieren befestigt ist, die also bei höherm Stande des Binnenwassers sich öffnet, sonst aber geschlossen bleibt.

Die eigentlichen Siele sollen bei Gelegenheit der Seedeiche näher beschrieben werden. In Betreff der Construction der Entwässerungsschleusen in Flufsdeichen wäre nur zu erwähnen, dafs man ihre Seitenmauern entweder bis zur Krone der Deiche heraufführt, und den Schützen, die aus mehreren über einander gestellten Tafeln bestehn, dieselbe Höhe giebt, oder dafs man sie bei höheren Deichen überwölbt, und die Schütze vor beiden Stirnflächen des Bogens und der Widerlager anbringt. Zuweilen wendet man indessen statt des Massivbaues, auch Constructionen in Holz dabei an. Jedenfalls bildet eine Entwässerungsschleuse eine schwache Stelle im Deich, indem die Verbindung der Erde mit dem Mauerwerk, oder mit dem Holz nicht so innig ist, als der Erde in sich. Dazu kommt noch das Setzen des Deichs, woran die sicher fundirte Schleuse nicht Theil nimmt. Der Erddeich löst sich daher von der Schleuse und theils bilden sich hier Quellungen, theils aber wird der äufsere Rand der Erde vom Wellenschlage übermäfsig angegriffen. Wenn man auch kräftigere Deckungsarten, wie etwa Pflasterungen hierbei benutzt, so mufs dennoch gleich bei Anlage der Schleusen für ihre möglichste Sicherung gesorgt werden. Man

verlegt sie daher an Stellen, wo der Untergrund besonders fest ist, also ein starkes Sacken des Deichs nicht erwartet werden kann, wo aber auferdem ein sichres und hohes Vorland liegt, auch der Strom nicht dagegen gerichtet ist, und wo endlich auch der Wellenschlag keine Besorgnifs erweckt.

Es ist bereits erwähnt worden, daß es gemeinhin darauf ankommt, die Entwässerung der Niederung möglichst zu beschleunigen. Zu diesem Zweck muß die Schleuse die niedrigste Stromstelle treffen, oder sie muß im untern Ende des Deichs liegen. Wenn der Deich auch nur auf eine Viertelmeile sich längs dem Strom hinzieht, so ist bei einem relativen Gefälle des letztern von 1 : 6000 das bei der Entwässerung zu benutzende absolute Gefälle am untern Ende des Deichs schon um einen Fuß größer, als am obern, und dieser Unterschied ist für die Entwässerung von großer Bedeutung.

Was den Aufsengraben oder das Sieltief betrifft, der das Wasser aus der Schleuse durch das Vorland nach dem Strombett führt, so ist derselbe sehr starken Versandungen ausgesetzt, und zwar in noch höherem Grade, als die Mündungen anderer Bäche, welche zur Zeit der Anschwellungen selbst große Wassermassen abführen, und dadurch ihr Bett aufräumen. Man darf diesen Versandungen aber nicht etwa dadurch zu begegnen suchen, daß man die Schleuse in die Nähe einer Stromkrümme legt, und zwar neben deren concavem Ufer, weil alsdann die Gefahr für sie zu groß würde. Es bleibt nur übrig, durch Räumungen, die nach jedem Hochwasser vorgenommen werden, den Graben offen zu erhalten. Wo Fluth und Ebbe stattfindet, kann man Spülungen anwenden, und die Wirkung derselben noch durch den Sielpflug (§. 50) verstärken, bei den Gräben vor Flufsdeichen bietet sich hierzu aber keine Gelegenheit.

Wenn die eingedeichte Niederung, wie häufig geschieht, nur als Wiese oder Weideland benutzt wird, so vermindert sich ihr Ertrag durch die Eindeichung, weil dadurch das trübe, mit thonigen Theilchen versetzte Wasser abgehalten wird, sie zu überfluthen und die Niederschläge darauf abzusetzen. Man versucht zuweilen, diesen Vortheil, den eine mäfsige Ueberfluthung mit trübem Wasser gewährt, dadurch herbeizuführen, daß man solches durch die Entwässerungsschleuse aus dem noch angeschwollenen Strom eintreten

läßt. Der beabsichtigte Erfolg wird dabei für die nächst belegen Flächen auch erreicht. Indem das Wasser sich aber nur langsam ausdehnt, so reinigt es sich immer mehr, und wenn es auf das entferntere Terrain tritt, so ist es schon vollkommen geklärt, kann daher zur Befruchtung des Bodens nichts beitragen. Das Verhältniß stellt sich wegen des sanften Abhanges der Niederung günstiger heraus, wenn man das Wasser von oben einläßt, doch kommen Einrichtungen dieser Art nur selten vor, und alsdann auch nur in sehr beschränkter Ausdehnung. Der Grund davon ist zum Theil in der Besorgniß zu suchen, welche die Vermehrung der Schleusen erregt.

Endlich muß noch von den künstlichen Entwässerungen die Rede sein. Dieselben erstrecken sich entweder auf die ganze von einem gemeinschaftlichen Winterdeich umschlossene Niederung, oder nur auf einen Theil derselben, der besonders tief liegt. Zur speciellen Beschreibung eignet sich vorzugsweise der letzte Fall, weil dabei zugleich das Verfahren der Eindeichung und Trockenlegung der sogenannten Meere mitgetheilt werden kann, während ganze Niederungen, die künstlich entwässert werden müssen, ursprünglich wohl nicht so tief lagen, vielmehr entweder durch die Erhöhung des sie umgebenden Wasserspiegels, oder indem sie selbst sich senkten, in diese ungünstige Lage versetzt sind.

Die einzelnen vertieften Stellen in den Niederungen rühren zum Theil von alten Flußbetten oder Auskolkungen her, die zufällig sich bildeten, in Holland sind sie aber größentheils durch Torfgräbereien entstanden, und sie haben in solchem Fall nicht selten eine Tiefe von 15 bis 20 Fuß unter dem umgebenden Wiesengrunde. Wird der Torf daraus gestochen so müssen sie von Wasser frei gehalten werden. Bei größerer Tiefe läßt man sie aber sich mit Wasser füllen, und der Torf wird alsdann gebaggert. Derselbe ist sehr fein und frei von allen gröbern Fasern, woher er in weichem, schlammartigen Zustande ausgehoben, gleichmäßig auf dem Rasen ausgebreitet, und nachdem er einigermaßen steif geworden ist, in regelmäßige Stücke zerschnitten wird. Gegenwärtig ist man in der Ertheilung von Concessionen zu solchen Torfstichen sehr vorsichtig geworden. Die Gesellschaften, denen eine Anlage dieser Art gestattet wird, müssen sich verpflichten, in bestimmten Entfernungen gewisse Zwischenwände stehn zu lassen,

damit die Wasserflächen sich nicht so ausdehnen, daß sie durch heftigen Wellenschlag den Umgebungen gefährlich werden. Außerdem müssen die Ufer gehörig befestigt werden, und endlich muß im Zeitraum von 99 Jahren nach Ertheilung der Concession der ganze Torfstich wieder culturfähig gemacht sein, indem das Wasser ausgepumpt und die Fläche mit den nöthigen Anlagen versehen ist, um dauernd entwässert zu werden. In Holland heißen solche Torfstiche Veenplaassen, sobald sie aber trocken gelegt sind, nennt man sie eine Droogmackerij oder ein Meer.

Bei Trockenlegung solcher Meere muß zunächst dafür gesorgt werden, daß das Wasser aus der umgebenden Niederung nicht in die Vertiefung tritt. Zu diesem Zweck beginnt man die Arbeit mit der Ausführung eines Umschließungsdeichs oder Ringdeichs. Derselbe braucht nicht die Höhe eines Winterdeichs zu haben, er darf nur so hoch sein, daß das höchste Binnenwasser des Polders ihn nicht überfluthet. Die dazu erforderliche Erde kann man aber nicht anders gewinnen, als indem man an der äußern Seite des Deichs einen tiefen Graben, den Ringsloot, oder die Ringfahrt aushebt. Dieser Graben wird mit den Abzugsgräben der Niederung in Verbindung gesetzt und entwässert in den Busen. Das Wasser, welches die Schöpfmaschinen liefern, fließt zunächst in ihn. Die erste aufgestellte Maschine hebt das Wasser aus einer gewissen, meist sehr mälsigen Tiefe. Wenn diese nach Monaten, oder bei großen Flächen auch wohl erst nach einem Jahr den Wasserstand so tief gesenkt hat, daß sie mit Vortheil nicht mehr schöpfen kann, so stellt man dahinter eine zweite Maschine auf, die bis zu größrer Tiefe herabreicht. Diese führt der erstern das Wasser zu, und beide bleiben nun gemeinschaftlich in Thätigkeit. Oft kommt später noch eine dritte und in manchen Fällen sogar eine vierte hinzu, bis endlich die Sohle des Meers trocken gelegt ist. Die ganze Reihe dieser zusammengehörigen Schöpfmaschinen nennt man einen Gang.

Bei Trockenlegung des Haarlemmer Meers benutzte man Pumpen, welche durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt wurden. Die Dampfkraft ist zu demselben Zweck in den Niederlanden schon im vorigen Jahrhundert angewendet worden, und zwar geschah dieses zuerst in dem Blijdorpschen Polder. Auch später ist mehrfach dasselbe geschehn, nichts desto weniger ist das Wurfrad,

welches durch eine Windmühle getrieben wird, auch gegenwärtig noch die üblichste Vorrichtung zum Entwässern tief liegender Niederungen, und zwar nicht nur in dem Königreich der Niederlande, sondern auch bei uns an der Nogat. Hier hat man jedoch vielfach die Verbindung mit der Windmühle aufgegeben, und dafür den Betrieb durch Dampfmaschinen eingeführt. Indem das Wurfrad zum Heben des Wassers aus den Baugruben beinahe niemals benutzt wird, so konnte die Beschreibung desselben nicht füglich bei Gelegenheit der zu jenem Zwecke dienenden Schöpfmaschinen (Theil I. §. 45) gegeben werden. Dieselbe findet hier ihre passendere Stelle.

Die Figuren 381 *a*, *b* und *c* auf Taf. LV stellen ein Wurfrad der größern Art von der Seite, von oben und von vorn dar. Es hält 16 Fuß im Durchmesser, und seine Schaufeln sind 12 bis 18 Zoll breit. Das Rad wird durch vier in einander verzapfte Arme, die an ihren Enden vier Schaufeln bilden, an eine horizontale Welle befestigt. Je zwei dieser Arme sind jedesmal durch doppelte, darin eingelassene Riegel mit einander verbunden, und in diese Riegel greifen die Enden der Zwischenschaufeln ein, die in der Nähe des Umfanges des Rades noch von zwei starken eisernen oder hölzernen Reifen gehalten werden. Die Anzahl der sämtlichen Schaufeln ist acht und zwanzig.

Die erwähnte horizontale Welle erhält mittelst eines konischen Kamrades ihre Bewegung von der senkrechten Mittelwelle, welche wie bei gewöhnlichen Mahlmühlen von dem Rade an der Flügelwelle bewegt wird, und bei allen Stellungen der Kappe in gleicher Richtung sich dreht. Das Räderwerk ist so eingerichtet, daß bei einer Umdrehung des Wurfrades die Flügelwelle nahe zwei Umdrehungen macht. Die sonstige Anordnung der Mühle zeigt nichts Eigenthümliches. Sie steht auf einem Pfahlrost und wird von einer Erdschüttung umgeben, die bis zur Höhe des Deichs sich erhebt, und eine Verbreitung desselben bildet.

Das Gerinne, worin das Wurfrad sich dreht, ist so enge und schließt sich so genau an die Schaufeln an, daß dazwischen nur ein sehr geringer Spielraum, von etwa 1 Zoll an jeder Seite und am Boden bleibt. Dieses Gerinne ist mit einer Kröpfung, dem sogenannten Aufleiter versehen, und hinter demselben, möglichst nahe am Rade, und zwar auf der Seite des äußern höhern

Wassers befindet sich ein schmales Thor, die Wachtthüre genannt. Dieselbe dreht sich wie ein einfaches Schleusenthor um eine senkrechte Achse und wird, sobald die Mühle nicht in kräftigem Gang ist, vom Druck des äußern Wassers geschlossen, so daß dieses nicht zurückfließen kann. Das Rad dreht sich in solcher Richtung, daß die untern Schaufeln über dem Aufleiter aufsteigen. Sie reißen dabei das Wasser mit sich, werfen es zum Theil hoch auf, und veranlassen dadurch einen so starken Druck gegen die Wachtthüre, daß diese sich öffnet und ein regelmäßiges Aufmahlen stattfindet, so lange der Wind hinreichend stark ist. Man könnte vermuthen, daß die Richtung der Schaufeln nicht angemessen gewählt sei, und daß sie das Wasser besser fassen würden, wenn ihre Verlängerung nicht vor, sondern hinter die Welle träfe. Dabei würde aber der Uebelstand eintreten, daß das Wasser nicht nach vorn, sondern mehr rückwärts, also nach dem Rade geworfen würde, daher immer aufs Neue gefaßt und gehoben werden müßte. Die Höhe, zu der das Wasser gehoben wird, beträgt etwa 4 Fufs.

Ueber den Effect dieser Mühlen wurden in den Jahren 1774 und 1775 wichtige Beobachtungen von Brünings angestellt, deren Zweck die Vergleichung der beschriebenen senkrechten Wurfräder mit ähnlichen schräge gestellten war. Letztere waren kurz vorher erfunden, und man meinte, daß sie viel mehr als jene leisteten. Die Beobachtungen ergaben dieses indessen nicht, und die schrägen Räder haben überhaupt wenig Anwendung gefunden. Die Mühle mit dem senkrechten Wurfrade, welche zu den Versuchen benutzt wurde, war die Binnenwegsche Mühle an der Bleiswijkischen Droogmackerij. Das Wurfrad derselben hielt 19 Fufs 9 Zoll im Durchmesser, und die Schaufeln waren $18\frac{3}{4}$ Zoll breit. Die Anzahl derselben betrug acht und zwanzig. Bei einer Umdrehung dieses Rades drehte sich die Flügelwelle 1,94 mal um. Jeder der vier Mühlenflügel war 44 Fufs lang. Die Breite der windfangenden Fläche am Ende des Flügels betrug mit Einschluss des Bortes 7 Fufs 10 Zoll, und der Inhalt der ganzen windfangenden Fläche an allen vier Flügeln maß 1240 Quadratfufs.

Bei schwachem Winde, wobei das Wurfrad sich nur langsam drehte, leistete dasselbe gar nichts, indem das Wasser zwischen den Schaufeln und dem Gerinne wieder zurückfloß. Die Wacht-

thüre öffnete sich erst, sobald die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades über 2 Fufs stieg, aber auch dann war die Leistung noch sehr unbedeutend. Die nachstehende Tabelle weist die wichtigsten Resultate der Beobachtungen nach. Die erste Spalte bezeichnet die Geschwindigkeit des Windes, die zweite die des Wurfades und zwar am Umfange desselben. Beide sind in Fussen und für eine Secunde ausgedrückt. Die dritte Spalte giebt die Anzahl der Cubikfufs Wasser an, die während einer Minute 4 Fufs hoch gehoben wurden, und die vierte bezeichnet die bei einer Umdrehung der Flügelwelle gehobene Wassermenge gleichfalls in Cubikfufs.

Geschwindigkeit		Wassermenge	
des Windes.	des Wurfades.	in 1 Minute.	bei 1 Umdrehung.
14,8	3,7	420	61
17,7	4,9	772	84
22,0	6,0	1276	113
27,3	7,3	1990	145
30,5	8,3	2100	132
35,3	10,2	2436	128

Man ersieht hieraus, dafs bei zunehmender Geschwindigkeit des Windes und des Rades der Effect zwar zunimmt, doch keineswegs in gleichem Verhältnifs. Das Rad hebt bei einer Umdrehung die grösste Wassermenge, wenn seine Geschwindigkeit etwas über 7 Fufs in der Secunde beträgt. Dafs es bei langsamerer Bewegung weniger leistet, ist sehr erklärlich, weil alsdann das Wasser leichter durch die freien Seitenräume zurückfliessen kann, auffallend ist es aber, dafs der Effect auch bei grösserer Geschwindigkeit sich wieder vermindert. Vielleicht rührt dieses davon her, dafs das Wasser alsdann nicht schnell genug zufliefsen kann.

Woltman fügt der ausführlichen Mittheilung dieser Beobachtungen*) noch eine Tabelle über die Geschwindigkeit des Windes bei, wie er solche während 5 Jahren in Cuxhaven beobachtet hatte. Im Laufe eines Jahrs war nämlich diese Geschwindigkeit durchschnittlich während $212\frac{1}{2}$ Tagen zwischen 15 und 35 Fufs in der

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band. Seite 170 ff.

Secunde. Die Mühlen konnten also unter dortigen Verhältnissen 7 Monate lang in Thätigkeit sein.

In den Niederlanden nimmt man an, daß der Betrieb durchschnittlich während 200 Tagen erfolgen kann, und in dieser Zeit in jeder Minute 1000 Cubikfuß gefördert werden. Man rechnet dort auf je 2000 Morgen eine Mühle, oder bei sehr quelligem Grunde auf 1400 Morgen. Dieses Maafs gilt auch, wenn bei gröfserer Hubhöhe, mehrere Mühlen hinter einander stehn und sich das Wasser zuwerfen, also einen Gang bilden.

In neuerer Zeit ist eine andre Schöpfmaschine zu gleichem Zweck in den Niederlanden eingeführt, deren Wirksamkeit die des Wurfrades übertreffen soll. Dieses ist das sogenannte Pumprad, das Fig. 393 auf Taf. LVII im Durchschnitt dargestellt ist*). Der Civil-Ingenieur H. Overmars ist der Erfinder desselben, der auch im Jahr 1868 in den Niederlanden darauf patentirt ist.

Die Wirkung des Pumprades ist der des Wurfrades ähnlich. Die Schaufeln heben in einem Kropfgerinne das Wasser, welches sie gefafst haben in ein höheres Niveau. Der Unterschied zwischen beiden beruht vorzugsweise darauf, daß die Schaufeln sich scharf an die Sohle und an die Wände des Gerinnes anschließen und sonach selbst bei langsamer Bewegung nur wenig Wasser zurückfließt. Die große Geschwindigkeit des Wurfrades, wobei unbedingt ein bedeutender Theil der Betriebskraft verloren wird, ist daher entbehrlich, und der Nutzeffect stellt sich sogar verhältnißmäfsig am größten heraus, wenn das Rad sehr langsam gedreht wird.

Man hat diese Räder bereits in verschiedenen Dimensionen, und zwar vorzugsweise in Eisenblech, zuweilen auch in Holz ausgeführt. Ersteres ist unbedingt vorzuziehen, da bei jeder Formveränderung nicht nur der dichte Schluß, sondern auch die Beweglichkeit leidet. Das hier dargestellte Rad hält mit den Schaufeln, die aus Eisenblech bestehn, 17 Fuß im Durchmesser und ist 38 Zoll breit. Es soll seine Wirksamkeit nicht verlieren, wenn auch das Niveau des Oberwassers sich über seine Achse erhebt und selbst bis nahe an den obern Rand der Trommel steigt, wie die Figur angiebt.

*) A. Wiebe, das Pumprad, eine neue Wasserhebe- und Schöpfmaschine. Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1872. Seite 251.

Ueber die Einzelheiten der Construction ist wenig zu sagen. Die Schaufeln schliessen sich an die Trommel an und berühren mit den äussern Enden möglichst tangential die cylindrische Bodenfläche des Kropfgerinnes. Das Wichtigste ist dabei die Darstellung des genauen Schlusses. Um solchen zu erreichen, sind die Schaufeln, wie die Trommel seitwärts mit dünnen hölzernen Latten verkleidet. Diese werden nachdem das Rad in festen Pfannen liegt, sorgfältig abgedreht. Hierauf trägt man auf die Sohle und die Seitenwände des Gerinnes, das bisher reichlichen Spielraum bot, einen nicht zu schnell bindenden Cementputz auf, und schiebt nunmehr das Rad in sein Lager. Beim Umlaufen streicht es alsdann den Cement so weit ab, dass es sich so eben noch frei bewegen kann. Endlich ist zu erwähnen, dass der Kropf so lang sein muss, dass vor dem Austreten einer Schaufel, schon die folgende eingetreten ist. Die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades ist meist etwas über 3 Fufs in der Secunde, und darf nicht über 5 Fufs steigen.

Wenn es darauf ankommt, sehr bedeutende Wassermassen zu heben, wie etwa bei Trockenlegung eines ausgedehnten Meeres, und voraussichtlich die Maschinen vielleicht mehrere Jahre in ununterbrochenem Betriebe erhalten werden müssen, so empfiehlt es sich, auf die Pumpen zurückzukommen. Mit Anwendung aller Mittel, welche der neuere Maschinenbau bietet, lassen sich diese so vollkommen einrichten, dass sie einen dichten Schlufs bilden und sich am wenigsten abnutzen, während sie in sehr grossen Dimensionen ausgeführt werden können und daher bei langsamer Bewegung noch immer Ausserordentliches leisten. Die allgemeine Anordnung dieser sogenannten Kastenpumpen stellt Fig. 392 im Durchschnitt dar.

Ein grosser wasserdichter Kasten aus Eisenblechen zusammengesetzt, steht bei *B* mit dem Unterwasser und bei *A* mit dem Oberwasser mittelst einer Anzahl von scharf schliessenden Ventilkappen in Verbindung, die bei ihrer schrägen Stellung sich von selbst schliessen, wenn sie nicht durch den Wasserdruck geöffnet werden. In diesem Kasten befindet sich der gusseiserne, im Innern sorgfältig ausgedrehte Cylinder oder Pumpentiefel. Derselbe ist oben und unten offen, ruht mittelst starker Füfse auf dem Boden des Kastens, und stützt zugleich den Deckel des letztern, ohne dass dadurch das in den Cylinder eintretende, oder aus demselben aus-

tretende Wasser in seiner Bewegung behindert wird. In der Mitte des Kastens liegt eine wasserdichte horizontale Scheidewand, die den Cylinder mit den Wänden verbindet. Im Kasten bilden sich sonach zwei von einander getrennte Räume, die mit dem Cylinder in Verbindung stehn, und hier durch den Kolben geschieden werden. Letzterer wird gehoben und gesenkt durch eine Kolbenstange, die der Balancier der Dampfmaschine auf und ab bewegt. Um aber einen wasserdichten Schluß im Deckel des Kastens darzustellen, schwingt diese Kolbenstange in einem hohlen abgedrehten gußeisernen Cylinder, der mit dem Kolben verbunden ist und durch eine Stopfbüchse aus dem Deckel des Kastens austritt.

Die Figur zeigt die Stellung der Vertiklappen, während der Kolben sich aufwärts bewegt. Alsdann vergrößert sich der Raum unter der horizontalen Wand, das Unterwasser dringt also hinein, indem die Klappen unter *B* sich öffnen. In gleichem Maasse verengt sich aber der Raum über der horizontalen Wand, und das darin befindliche Wasser drückt die Klappen oberhalb *A* auf und ergießt sich in das Oberwasser. Bewegt sich darauf der Kolben abwärts, so strömt wieder aus dem Unterwasser durch die Klappen oberhalb *B* das Wasser in den obern Raum, und da der untere sich verringert, so wird aus diesem das Wasser durch die Oeffnungen unterhalb *A* in das Oberwasser gestossen. Bei jedem Auf- oder Niedergange des Kolbens treibt also die Pumpe das Unterwasser in das Oberwasser, und die jedesmal geförderte Masse ist abgesehn von geringen Verlusten gleich dem Querschnitt des Cylinders multiplicirt in die Hubhöhe des Kolbens. Dabei erfolgt aber keine überflüssige Hebung, wie bei gewöhnlichen Pumpen, aus welchen das Wasser wieder mehr oder weniger tief herabfällt, vielmehr beschränkt sich die Hebung stets auf die Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser.

Die Figur stellt die Größenverhältnisse der Maschine so dar, wie sie für die Entwässerung des Blocklandes bei Bremen gewählt wurden*). Der Cylinder hält im lichten Durchmesser 7 Fufs 9 Zoll, der Kolbenhub beträgt 4 Fufs 10 Zoll. Der Balancier wiederholt in der Minute 9 mal die auf und abgehende Bewegung. Die vier

*) Berg, die Entwässerung des Blocklandes. Bremen 1864.

Pumpen fördern also, wenn man 8 Procent Verlust annimmt, in der Stunde 918000 Cubikfufs.

Die Kastenpumpen, die man zur Trockenlegung des Haarlemmer Meeres benutzte, hatten nur Cylinder von 5 bis 6 Fufs lichter Weite, der Kolbenhub betrug dagegen über 9 Fufs. Nähere Mittheilungen über dieses höchst wichtige Unternehmen müssen hier übergangen werden*)

§. 94.

Unterhaltung der Deiche.

Die Anlage neuer Deiche, so wie auch die Unterhaltung der bestehenden wird bei uns durch Regierungsbeamte beaufsichtigt, um namentlich zu verhindern, daß eine augenscheinliche Gefahr für die Betheiligten oder für die benachbarten Grundbesitzer dadurch herbeigeführt, oder das Schiffahrts- und Vorfluths-Interesse benachtheiligt wird, die Verwaltung pflegt aber denjenigen Grundbesitzern oder Gemeinden überlassen zu bleiben, deren Ländereien im Schutz des Deichs liegen. Es ist hier nicht der Ort, die Einrichtung der Deichverbände näher zu erörtern, doch müssen zwei Punkte in Betreff derselben berührt werden.

Die Kosten für den Bau und die Instandhaltung der Deiche tragen die dabei beteiligten Gemeinden und sonstigen Grundbesitzer. In manchen Fällen werden diese Beiträge nach Maafsgabe der Höhenlage und sonstigen Beschaffenheit der einzelnen Aecker und Wiesen erhoben. Eine solche verschiedenartige Beteiligung ist indessen schwer festzustellen, und pflegt vielfache Widersprüche hervorzurufen. In dem bereits erwähnten Cleveschen Deichschau-Reglement ist dagegen im Allgemeinen der Grundsatz festgehalten, daß alle im Schutz eines Deichs liegende Ländereien gleichmäfsig besteuert werden. Durch ein Nivellement wird festgestellt, welche Flächen bei dem Wasserstande, auf den die Deichhöhe sich be-

*) Am ausführlichsten sind solche veröffentlicht in v. Endegeest, *Droogmaking van het Haarlemmer Meer*. 3 Bände, Leiden 1844, Amsterdam 1853 und Amsterdam 1861. — Auch befindet sich darüber eine Mittheilung von L. Hagen in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen, 1860. Seite 83.

zieht, inundirt sein würden, wenn der Deich nicht existirte, und auf diese werden die Lasten gleichmäfsig vertheilt. Es ist nicht zu verkennen, dafs die am Rande des Inundations-Gebiets belegenen Fluren geringern Vortheil von der Anlage des Deichs haben, als diejenigen, welche unmittelbar neben diesem liegen. Nichts desto weniger gleicht die gröfsere Gefahr der letztern diesen Vortheil einigermaafsen wieder aus. Wenn ein Deichbruch erfolgt, so ist der Schaden für die entferntern Aecker und Wiesen nicht so bedeutend, während die nahe belegenen aufgerissen und mit Sand und Kies bedeckt werden, so dafs sie leicht ihre frühere Ertragsfähigkeit für immer verlieren, jedenfalls aber nur mit grofsen Kosten wieder culturfähig gemacht werden können.

Eine andere Frage bezieht sich darauf, ob jedem Betheiligten ein angemessnes Stück des Deichs, ein Pfand genannt, überwiesen werden soll, für dessen Instandhaltung er verantwortlich ist. Dieses Verfahren, das allerdings in manchen Niederungen üblich ist, rechtfertigt man dadurch, dafs es jedem Grundbesitzer viel leichter ist, Leute und Gespann, wenn er solche gerade in seiner Wirthschaft nicht braucht, einige Tage hindurch zur Ausbesserung des Deichs zu beschäftigen, als die Unterhaltungskosten baar zu zahlen. Diese Absicht läfst sich indessen nicht vollständig erreichen, indem zu gröfsern Ausbesserungen, und vollends wenn Deichbrüche erfolgt sind, der ganze Verband zutreten mufs. Aber selbst kleinere Reparaturen pflegen alsdann schlecht und meist auch sehr spät ausgebessert zu werden, woher dabei leicht der ganze Polder gefährdet wird. Dieser Uebelstand läfst sich auch, wie die Erfahrung zeigt, durch die von den Vertretern des Verbandes abgehaltenen Deichschauern keineswegs vollständig beseitigen. Es ist demnach zweckmäfsiger, alle Instandsetzungen auf Kosten des ganzen Verbandes und unter gehöriger Aufsicht vorzunehmen. Die baaren Auslagen der Einzelnen, und namentlich der kleinern Grundbesitzer, lassen sich dabei aber noch immer umgehn, indem diese mit ihren Leuten und ihrem Fuhrwerk an der Arbeit sich betheiligen und den Taglohn verdienen können.

Zum Schutz des Deiches trägt der Rasen, der ihn bedeckt, wesentlich bei. Man mufs daher vorzugsweise dafür sorgen, diesen in gutem Stande und in recht kräftigem Wuchs zu erhalten. Er wird mehrmals im Jahre gemäht, und es ist sogar nothwendig vor

der Blüthe des dazwischen wachsenden Unkrauts, dasselbe abzuhauen, damit der Saamen nicht zur Reife kommt und der Graswuchs unterdrückt wird. Das Beweiden des Deichs ist in trockner Jahreszeit keineswegs nachtheilig, vielmehr dient es sogar dazu, die Gänge, welche der Maulwurf gebildet hat zu schliessen. Dieses Beweiden darf aber nur durch Pferde und Hornvieh geschehn. Ziegen, Schweine und Gänse sind dagegen sorgfältig von den Deichen abzuhalten, weil sie den Rasen zerstören.

Wenn die Dossirungen theilweise ausgerissen sind, so darf dieses nicht durch bloßes Ueberschütten mit Erde ausgebessert werden, man muß vielmehr den Rasen darüber sorgfältig entfernen, die alte Erde durch Aufhacken wund machen, die neue anstampfen und mit kräftigen Soden bedecken. In gleicher Weise wird auch verfahren, wenn der Deich durch Versacken oder aus andern Gründen seine Höhe verloren hat. Indem man aber alsdann die untern Theile der Dossirungen, wenn sie sonst in gutem Stande sind, zu erhalten wünscht, so begnügt man sich oft damit, nur den obern Theil und die Krone zu beschütten. In diesem Falle vermindern sich die beiderseitigen Böschungen, oder werden steiler, als sie früher waren. Dafs keine Pflanzungen von Gebüsch oder Bäumen auf den Deichen selbst angelegt, auch Aufgrabungen nicht darauf, oder unmittelbar daneben vorgenommen werden dürfen, ist bereits erwähnt.

Von großer Wichtigkeit ist die Erhaltung des Vorlandes oder des Aufsendeichs. Namentlich wenn dasselbe unmittelbar vor dem Deiche abbricht, muß man die Löcher wieder füllen, oder wenn sie schon eine bedeutende Längen-Ausdehnung haben, sie wenigstens vielfach coupiren, damit der Strom darin gebrochen wird und sie nach und nach wieder verlanden. Vorzugsweise ist dafür zu sorgen, daß die Strombette dem Deich sich nicht nähert, denn der Kampf wird aus den oben angeführten Gründen ungleich schwieriger, wenn das tiefe Bette unmittelbar neben dem Deich liegt. Zur Erhaltung des Deichs gehört daher wesentlich auch die Erhaltung der Ufer, und selbst in Ländern, wo für den eigentlichen Strombau beinahe gar nichts geschieht, wie früher in den Niederlanden, führt man dennoch ausgedehnte Buhnen-Systeme aus, sobald ein Deich in Gefahr kommt. Ein Deich an sich setzt dem Andränge des Stroms keine Grenze, aber seine Zurücklegung beeinträchtigt den Besitzstand, daher wird die Uferstelle, worauf der

Deich liegt, mit viel größerer Vorsicht als jede andre geschützt. Auf diese Art geben die Deiche Veranlassung, daß man den Uferbrüchen eine endliche Grenze zu setzen sich bemüht, und so haben die Deiche zum Schutz des dahinter liegenden Landes wesentlich beigetragen. Selbst wenn der Andrang des Stroms sehr heftig wird, und eine Zurücklegung der Deiche vortheilhafter erscheint, als die Erhaltung derselben, so pflegt man doch vor den Dörfern die Deiche zu halten, und besonders sind es Kirchen, zu deren Ausdeichung man sich nicht leicht entschließt. Daher kommt es, daß man in den Niederlanden nicht selten Kirchen auf weit vorspringenden Uferecken liegen sieht, um welche scharf gekrümmt der Deich sich herumzieht, der, dem heftigsten Angriff ausgesetzt, nur durch die außerordentlichsten Mittel gehalten werden kann.

Wenn es darauf ankommt, einzelne besonders stark angegriffene Stellen des Deichs zu sichern, so wählt man dazu kräftigere Mittel, als die Rasendecke. So werden vortretende Deichecken zuweilen durch Steinpflaster oder auch wohl durch Steinschüttungen gehalten, und wenn man mit den Reparaturen nicht schnell genug fertig werden kann, also vor dem Eintritt des neuen Hochwassers die Rasendecke noch fehlt, so wendet man oft auch Deckungen mit Strauch, also Spreutlagen oder noch besser Rauchwehren an. Dieselben bieten freilich gegen das vorübertreibende Eis einen guten Schutz, aber im Wellenschlage werden sie leicht gelöst, und sind daher unsicher. Ihre Anwendung rechtfertigt sich nur im Fall der Noth, und man muss sie möglichst bald beseitigen. Von andern Deckungsarten wird bei Gelegenheit der Seeldeiche die Rede sein.

Sobald das Hochwasser vor dem Deich steht, sind die Maafsregeln, die man zur Sicherstellung und zur Verhütung von Durchbrüchen anwenden kann, von weit geringerer Bedeutung, indem die äußere Böschung verdeckt ist, und an der innern Seite Aufgrabungen u. dergl. sehr bedenklich werden, auch die Beschaffung großer Massen von Material im Augenblick der Gefahr unmöglich ist. Es kommt daher immer darauf an, die Deiche schon vorher in gehörigen Stand zu setzen. Je vollständiger dieses geschehn ist, um so sicherer werden sie auch das Hochwasser abhalten, und dem Angriff desselben widerstehn. Nichts desto weniger darf man sie in solcher Zeit doch nicht ganz sich selbst überlassen. Bei gewissen höhern Wasserständen muss der Verband

die vorschriftsmäßige Mannschaft und das Fuhrwerk stellen, damit überall, wo es Noth thut, Hülfe geschafft werden kann. Das zur Sicherung des Deichs erforderliche Material, Strauch, Pfähle, Bretter, Dünger, Säcke und dergl. ist schon früher auf bestimmte Stellen gebracht, und die Deichbeamten beziehen die Wachbuden. Eine fortdauernde Besichtigung des ganzen Deichs wird eingerichtet, und man sorgt dafür, daß der obere Beamte, von allen Vorgängen möglichst schnell Nachricht erhält.

Die Deiche erhalten, wie erwähnt, nur eine solche Höhe, daß sie bei den höchsten eisfreien Wasserständen sicher sind. Treten Eisstopfungen ein, so erhebt sich das Wasser vor denselben leicht zu einer größern Höhe. Man pflegt alsdann die Deichkrone an den bedrohten Stellen noch schleunigst zu erhöhen, oder aufzukahden. Die Kahde ist wieder eine Art von Deich, der auf die Krone gestellt wird. Sie kann indessen bei der Eile, womit man sie erbaut, nicht die übliche Befestigung erhalten. Fig. 383 auf Taf. LV sind zwei verschiedene Arten von Kahden dargestellt. *a* zeigt eine solche, die mit einem gewöhnlichen Fangedamm Aehnlichkeit hat. Man schlägt kleine Pfählchen in 4 Fufs Abstand in den Deich, und lehnt dagegen Bretter. Den Zwischenraum, der 2 bis 3 Fufs breit ist, füllt man mit Erde an. Doch ist man in der Wahl des Materials weniger schwierig. Man nimmt vielmehr, was man am leichtesten beschaffen kann, und selbst die Verwendung von Sand findet keinen Anstand. Hat man nicht genug Bretter und Pfähle vorräthig, so bildet man nur eine Holzwand die jedoch auf der Stromseite sich befinden muß, um einigen Widerstand dem Wellenschlage, und dem gegenstossenden Eise zu leisten. Auf der innern Seite lehnt sich eine Erdböschung dagegen. Wenn aber nur sehr wenig Erde beigeschafft werden kann, also die Kahde sehr schmal wird, so pflegt man wohl je zwei Pfähle einander gegenüber zu stellen, und diese oberhalb der Bohlen mit Weidenruthen zusammen zu binden. Fig. *b* zeigt eine andre Anordnung, wobei statt der Bohlen oder Bretter, Faschinen verwendet sind, die gleichfalls durch Pfähle und eine Erdböschung gesichert werden.

Man kann auf diese Weise eine Erhöhung des Deichs von $1\frac{1}{2}$ Fufs, und selbst von 2 Fufs leicht darstellen. Solche große Erhöhung ist indessen gemeinhin nur auf kurze Deichstrecken erforderlich, indem bei Eisversetzungen das Gefälle des Wasserspiegels

davor beinahe zu verschwinden pflegt. Wenn Eis gegen den Deich drängt, so stellt man die Kahde auf den innern Rand der Krone, um sie einigermaassen zu schützen. Man hat dabei noch den Vortheil, das sie hier etwas niedriger sein darf. Sonst ist es aber vorzuziehen, sie an den äufsern Rand zu stellen, weil alsdann hinter ihr noch Wagen auf dem Deich fahren können.

Diese temporären Erhöhungen der Deiche haben vorzugsweise den Zweck, das Ueberlaufen bis zur Lösung der Eisstopfungen zu verhindern, die in der Regel bald eintritt, und namentlich durch den verstärkten Wasserdruck befördert wird. Ausserdem trifft die Gefahr, wenn die Stopfung sich nicht sobald löst, die beiden gegenüber liegenden Deiche, und sie tritt bei demjenigen ein, der am ersten überläuft. Häufig waltet daher bei der Vertheidigung auch die Absicht vor, den Deich nur etwas länger zu halten, als der am andern Ufer belegene widersteht. Sobald letzterer stark überströmt wird und durchbricht, ist der erstere gerettet, weil das Wasser sogleich fällt. Wenn das Ueberlaufen über einen recht regelmässigen, und mit flacher Binnendossirung versehenen Deich eintritt, und besonders wenn derselbe noch fest gefroren ist, so kann es stundenlang erfolgen, ehe der Bruch stattfindet. Andererseits aber, wenn die Krone an einer Stelle bedeutend vertieft ist, hier also die Strömung sich concentrirt, auch die innere Böschung sehr steil und das Erdreich bereits durchweicht ist, so geht die Zerstörung sehr schnell vor sich. In der kürzesten Zeit stürzt der Deich zusammen, während das herabströmende Wasser schon den Boden angreift und ein tiefer Kolk am Fufs sich bildet, der beim Bruch des Deichs sich vergrößert und eine bedeutende Längenausdehnung in der Richtung der Strömung annimmt.

Eine andre noch gröfsere Gefahr veranlassen die Quellen im Deiche. Sie entstehn zum Theil aus den Gängen der Maulwürfe und Mäuse, häufig aber auch aus der unvorsichtigen Verwendung unreiner, oder sehr sandiger Erde, besonders wenn diese zufälliger Weise in einzelnen Streifen der Quere nach sich durch den Deich hindurchzieht, während im Uebrigen festes Material gewählt ist, welches nicht nachsinkt. In dieser Beziehung scheint sogar ein Deich, der ganz aus Sand besteht, weniger gefährlich. Derselbe wird freilich keineswegs dicht sein, vielmehr quillt das Wasser überall hindurch, aber die Quellungen bilden sich weniger

leicht so stark aus, als im ersten Fall zu besorgen ist. Unter dem Schutz einer festen Decke, die nicht sogleich zerbricht und nachstürzt, greift das Quellwasser den umgebenden Boden immer stärker an, und bildet nach und nach weite Canäle. Es entstehn sogar in solchem Deich große Höhlungen, während die äußere Decke vollkommen fest ist, und die Gefahr nicht früher bemerken läßt, bis sie plötzlich zusammenstürzt, und der Bruch des Deichs erfolgt.

Am sichersten würde man die Quellen stopfen, wenn dieses auf der äußern Seite geschehn könnte. Bei ruhigem Wetter, und wenn keine große Eismassen das Wasser bedecken, hat man dieses wohl zuweilen versucht, indem man aus der Bewegung des Wassers auf die Lage der Einmündungen solcher Quellen schließen kann, worauf Sandsäcke darüber versenkt werden. Das Wasser, das heftig in die Oeffnung dringt, erleichtert einigermaßen einen solchen Versuch, indem es den herabsinkenden Körper mit sich reißt, die Wahrscheinlichkeit des Gelingens ist indessen so unbedeutend, daß man meist von diesem Mittel keinen Gebrauch macht. In Holland hat man in einzelnen Fällen auch die äußern Dossirungen, während sie vom Wasser bedeckt waren, durch Segel gedichtet, die darüber versenkt wurden. Man überzeugt sich aber leicht, wie wenig Erfolg solche Mittel versprechen, die nur unter günstigen Umständen und wenn sie mit der größten Vorsicht zur Ausführung gebracht werden, gelingen können. Im Augenblick der Gefahr rechtfertigt es sich nicht, Zeit und Menschenkräfte auf Versuche zu verwenden, die wenig versprechen, man greift also allgemein zu andern Mitteln. Das Verstopfen der Oeffnungen, durch welche das Wasser ausströmt, ist gemeinhin nutzlos, indem letzteres sogleich an einer andern Stelle durchzudringen pflegt, wenn die erste geschlossen ist. Auch Anschüttungen von Erde helfen nicht viel, indem diese sogleich erweicht und fortgespült werden. Nichts desto weniger sucht man hierdurch doch zuweilen Hülfe zu schaffen, indem man die Erde gegen Holzwände lehnt, oder ihr durch Faschinenlagen einige Sicherung giebt.

Am häufigsten wird bei starken Quellungen die Handramme kräftig gebraucht, sie äußert aber nur in dem Fall eine günstige Wirkung, wenn die Quellen sich dicht unter der Oberfläche hinziehn. Liegen sie tiefer, so pflegt man auch wohl in der Längsrichtung des Deichs möglichst schnell einen Graben zu ziehn, um

den Quell zu erreichen. Gelingt dieses, so wird der Graben schleunigst mit Mist gefüllt, und letzterer, sobald er hoch genug angeschüttet ist, fest gerammt. Dieses Mittel ist indessen überaus gefährlich, weil der Bruch des Deichs durch das Aufgraben beschleunigt werden kann. In dem Cleveschen Deichreglement ist ein solches Verfahren unbedingt verboten.

Am sichersten ist es, bei bedenklichen Quellungen einen neuen Deich vor der innern Seite des alten an der bedrohten Stelle aufzuführen. Bei den beschränkten Hülfsmitteln, und der erforderlichen Eile kann freilich von einer regelmässigen Deichanlage nicht die Rede sein, aber dieser Schutzdeich, auch die Quell-Kahde genannt, ist dem Angriff des Stroms, des Wellenschlages und des Eises vollständig entzogen, und hat nur den Druck des Wassers abzuhalten. Man bildet daher gemeinhin Erdschüttungen zwischen Holzwänden, wie Fangedämme, oder man wählt Constructionsarten aus Faschinen, wie bei Coupirungen, und selbst Säcke mit Sand und Erde gefüllt werden dabei verwendet. Wenn dieser Schutzdeich aber auch nicht die volle Deichhöhe erreicht, so spannt er doch das Wasser vor sich an, und vermindert dadurch den Druck gegen den Hauptdeich, so daß die Mittel zur Erhaltung des letztern wirksamer werden. Auf diese Weise ist es mehrfach geglückt, Deiche zu halten, bei denen die Gefahr bereits sehr groß war.

Endlich treten bei Deichen zuweilen noch andre Beschädigungen ein, die einen plötzlichen Bruch verursachen können, während kein Zeichen einer Gefahr ihnen voranging. Dieses sind die sogenannten Kappstürzungen, die sich oft nicht bis zur Kappe oder Krone ausdehnen, und nur die äußern Dossirungen treffen. Sie entsprechen den gewöhnlichen Uferbrüchen und treten meist an solchen Stellen ein, wo der Deich unmittelbar an dem Flußufer liegt. Wenn letzteres zur Zeit des Hochwassers abbricht, so setzt sich der Bruch in der äußern Dossirung des Deiches fort, und es bildet sich eine steile Erdwand, von der sich immer neue Massen lösen und herabstürzen, die aber sogleich vom Strom fortgetrieben werden. So lange diese Beschädigungen unter dem Wasserspiegel bleiben, so bemerkt man sie nicht, indem die feste Rasendecke das Nachsinken der dahinter liegenden Theile verhindert. Stürzt endlich der obere Theil der Dossirung oder wohl gar ein Theil der Krone ein, so muß man durch Senklagen, oder auf andere

Art der weitem Ausdehnung des Bruchs Einhalt zu thun suchen. Dieses ist aber bei hohen Wasserstände sehr schwierig, und gemeinlich ist alsdann der Deich auch bereits so sehr geschwächt, daß er bald nachgiebt. Diese Kappstürzungen treten nicht selten erst ein, wenn das Wasser schon stark fällt, sowie auch alsdann Uferbrüche nicht ungewöhnlich sind. Die Erde wird nämlich durch den Gegendruck des hohen Wassers noch gehalten, sobald dieses aber sinkt, so stürzt sie nach. In manchen Fällen sind Deiche, die während des Hochwassers gar keine Besorgniß erregten, nachdem dasselbe abgefallen, vollständig und zwar in der ganzen Breite ihre Krone versunken.

Wenn der Deichbruch erfolgt, oder in der einen oder andern Weise Erscheinungen eintreten, welche denselben als ganz sicher vorhersehn lassen, so werden die Alarm-Signale gegeben, um die Einwohner des Polders von der bevorstehenden Ueberfluthung zu benachrichtigen. Die Arbeiten der Deichvertheidigung hören alsdann auf, die ganze Mannschaft pflegt sich auch zu zerstreuen, indem Jeder noch vor dem Wasser seine Wohnung zu erreichen sucht, um für die Seinigen und für sein Eigenthum soviel wie möglich zu sorgen. Es fehlt daher gemeinlich in dieser Zeit an allen Kräften, und wenn Einzelne noch auf der Deichwache bleiben, so beschränkt man sich nur darauf, den Bruch nicht gar zu groß werden zu lassen, und die äußern Enden der Deiche mit Faschinenlagen zu decken.

Der heftige Strom, der durch den Durchbruch fällt, reißt den Boden auf, und bildet darin einen Kolk, auch Braake genannt, der bei großen Strömen oft 50 Ruthen lang und eben soviel Fuß, auch wohl darüber tief ist. Derselbe liegt größtentheils auf der Landseite der frühern Deichlinie, doch pflegt er sich auch auswärtz derselben etwas auszudehnen. Die ausgeriße Erde, der Sand und Kies verbreiten sich über die Niederung, und namentlich die nächst belegenen Fluren werden oft mehrere Fuß hoch damit bedeckt, so daß sie ihre Fruchtbarkeit vollständig verlieren, oder diese ihnen doch nur durch Abgraben des Sandes wieder gegeben werden kann. Der größte Nachtheil eines Deichbruchs pflegt in diesen Verwüstungen des Bodens zu bestehn. Außerdem treten dabei noch manche andre Schäden ein, welche die Betheiligten allerdings sehr schwer treffen, die aber doch nur vorübergehend sind, und keine

bleibenden Folgen haben. Hierher gehört der Verlust der nächsten Ernte, wozu vielleicht auch der Verlust von einigem Vieh kommt. Die Wohnungen leiden, und während der Ueberschwemmung werden die wirthschaftlichen Verhältnisse übermächtig erschwert, oder ganz unterbrochen. Im Allgemeinen stellen sich diese Uebelstände jedoch nicht so groß heraus, als man vermuthen sollte. Wenn die Häuser auch so niedrig liegen, daß die gewöhnlichen Wohnräume mit Wasser angefüllt werden, so ist ein solcher Fall doch schon in der Einrichtung der Wirthschaft vorgesehen. Menschen und Vieh finden auf dem Dachboden ihr Unterkommen, und wenn für das Vieh kein Futter vorhanden ist, so bietet das Strohdach einen nothdürftigen Ersatz. Der Polder wird bald nach dem Eintritt der Ueberschwemmung mit Kähnen befahren und Hülfe geleistet, wo es Noth thut, doch nur in augenscheinlicher Gefahr verläßt eine Familie ihr Wohnhaus. Die Häuser sind fast in allen Niederungen aus Holz erbaut, sie stehn daher, obwohl tief unter Wasser, doch fest, und leiden gemeinhin nur insofern, als die Oefen einstürzen. Große Eisschollen sind ihr gefährlichster Feind. Es ist nicht ohne Beispiel, daß die Gebäude, wenn sie aus starken Blockwänden gezimmert waren, selbst ins Treiben kamen, und auf andre Stellen versetzt wurden.

Die Entfernung des Wassers muß die nächste Sorge sein. Bei Poldern, die nicht tief liegen, und nur in geringer Längenausdehnung sich am Fluß hinziehen, geschieht dieses, sobald das Wasser im Strom zu sinken anfängt. Ein Theil fließt durch den Bruch wieder zurück, den andern beseitigt man, indem man den Deich im untern Theil abgräbt. Die Entwässerungsschleuse ist in der Regel nicht weit genug, um große Massen abzuführen, auch würde sie selbst dabei leicht in Gefahr kommen.

Weit übler ist es, wenn der Deich sich auf große Länge am Strom hinzieht, und das eingedrungene Wasser, dem natürlichen Abhange des Thals folgend, im Binnenlande herabfließt, ohne durch einen Querdeich aufgehalten zu werden. Es staut alsdann im untern Theil des Polders so hoch auf, daß es hier den Deich von der innern Seite überströmt, und durchbricht, wenn man nicht durch Abgrabung desselben dem Durchbruch zuvorkommt, und die Entwässerung an eine passende Stelle leitet. Als im Jahr 1829 der linkseitige Weichseldeich ohnfern Dirschau durchbrach, setzte

das Binnenwasser die Stadt Danzig in augenscheinliche Gefahr. Eine Ableitung desselben fand aus fortificatorischen Rücksichten Widerspruch, und es mußte dem Zufall überlassen bleiben, wo der Deich durchbrechen würde. Dieses geschah endlich neben der Rückforter Schanze, und der Strom stürzte sich hier mit solcher Heftigkeit in die noch mit Eis bedeckte Weichsel, daß er sich sogleich auf das andre niedrige Ufer warf und dieses bis zum Fort Weichselmünde verfolgte. Hier wurden viele Gebäude zerstört, und nochmals kreuzte das abfließende Binnenwasser die mit Eis bedeckte Weichsel und ergoß sich oberhalb Neufahrwasser in den Sasper-See, dem es eine weit geöffnete Mündung in die Ostsee gab.

In Fällen dieser Art, wo das Wasser einen Abfluß aus der Niederung findet, füllt die letztere sich nicht in kurzer Zeit vollständig an, worauf der Strom aufhört, sondern eine anhaltende Durchströmung tritt ein, die nicht nur die Verwüstungen vergrößert, sondern auch die Schließung des Bruchs erschwert. Durch bloße Erdschüttungen kann dieselbe alsdann nicht erfolgen, man muß vielmehr, wie im offenen Strom, eine Coupirung aus Faschinen erbauen, und erst wenn diese geschlossen, oder die Durchströmung unterbrochen ist, kann man den Deich anschütten. Derselbe darf sich wohl an den Packwerksbau anlehnen, jedoch nicht von demselben getragen werden, weil ihm alsdann die erforderliche Wasserdichtigkeit abgehn würde.

Wenn der Polder, in den das Hochwasser getreten ist, sehr niedrig liegt und einer natürlichen Entwässerung ganz entbehrt, so kann dessen Trockenlegung nicht anders, als mittelst Schöpf-Maschinen erfolgen. Selbst bei geringer Ausdehnung pflegt dieses vor dem Herbst nicht der Fall zu sein. Die ganze einjährige Nutzung der Fluren wird daher verloren.

Endlich entsteht noch die Frage, in welcher Art ein durchbrochener Deich wieder hergestellt werden soll. In seiner frühern Richtung liegt der tiefe Kolk, oder die Braake, die sich landwärts weit ausdehnt, während sie sich gewöhnlich nur wenig in das Vorland oder den Aufsendeich fortsetzt. Die Wiederherstellung des frühern Deichs oder die Durchschüttung des Kolks, obwohl sie zuweilen gewählt werden muß, pflegt besonders kostbar zu sein, auch ist dieselbe wegen der beiderseitigen großen Tiefen in Bezug auf die Sicherheit des Deichs nicht zu empfehlen. Am

wohlfeilsten ist es, den Deich über das Vorland um den Kolk herumzuziehn, und gemeinhin sind die Betheiligten hierzu auch am meisten geneigt. Man nennt eine solche Anordnung eine Auslage, weil der Deich herausgelegt wird. Dabei erhält jedoch der Deich, insofern er eine vorspringende Ecke bildet und die tiefe Wasserfläche hinter sich hat, eine sehr gefährliche Lage. Ein anderer Uebelstand dieser Anordnung beruht noch darauf, daß der Kolk, obwohl ein Theil des Sandes und Kieses hineingeworfen werden kann, doch niemals mit fruchtbarer Erde gefüllt wird und für ewige Zeiten nutzlos bleibt. Weit angemessener ist es daher, eine sogenannte Einlage zu machen, oder den neuen Deich auf der Landseite um die Braake herumzuziehn. Der Deich wird dadurch allerdings länger und folglich auch kostbarer. Er erhält aber eine sehr geschützte Lage, und der Kolk, der bei jeder Anschwellung des Stroms mit trübem Wasser gefüllt wird, verflacht sich nach und nach und wächst endlich bis zur Thalsohle auf. Alsdann kann man den Deich wieder in seine ursprüngliche Richtung verlegen, und die ausgedeichte Fläche in voller Ertragsfähigkeit wieder in den Schutz des Deichs bringen.

Ende vom vierten und letzten Bande des zweiten Theils.



Inhalts - Nachweisung

der

vier Bände des zweiten Theils vom Handbuch der Wasserbaukunst.

(Die Römischen Zahlen bezeichnen den Band, die Arabischen die Seitenzahl.)

- Abfahrten von Deichen. IV. 379.
Abfallböden. III. 178.
Ablagerungen in Strömen. I. 173.
Abschufs-Böden. II. 270. 368.
Abschlufs-Dämme. IV. 237.
Abschlufs-Mauern. IV. 231.
Alewyn's Schleuse. IV. 60.
Anker-Pfähle. I. 112.
Anschwellungen. I. 169. 191.
Aufleiter. IV. 391.
Auflockern d. Grundes. II. 340. III. 33.
Aufsatz-Bretter. II. 299.
Auslagen bei Deichen. IV. 408.
Auslaugen des Bodens. IV. 386.
Ausleger. I. 85.
Aufsendeiche. IV. 367.
Ausschufs-Lagen. II. 128.
- Baaken. III. 150.
Bäche, Einmündung in Canäle. IV. 338.
— Kreuzung mit Canälen. IV. 339.
Bären (Wehre). II. 249.
Baggern. II. 335.
Banndeiche. IV. 365.
Batardeaux. II. 249.
Baumstämme in Strömen. I. 155.
Bekleidung der Schleusen-Thore. III.
257. 264.
Bergfahrt. III. 92.
Bermen. IV. 203. 262.
Beschwerungs-Material. II. 111.
Besatz bei Sprengen. III. 5. 41.
- Béton-Mauern. I. 62.
Bewegung des Wassers in Strömen.
I. 271.
Bewegung, gleichförmige. I. 274. 297.
— ungleichförmige. I. 318.
— permanente. I. 275. 318.
— innere. I. 277. 361.
— vor Wehren. I. 327.
Binder. I. 43. III. 217.
Bindweiden. II. 105.
Binnen-Seen. I. 134.
Blanken-Schleuse. IV. 63.
Bleslagen. II. 143.
Böcke, zum Heben. I. 77. II. 397.
Böschungen der Fluszufer. I. 372.
Böschungsköpfe. II. 88.
Bohlwerke. I. 99. 372.
— eiserne. I. 127.
Bohlwerks-Pfähle. I. 102.
Bohren in Felsen. III. 29.
Braaken. IV. 405.
Brücken auf Schleusen-Thoren. IV. 47.
Brücken-Canäle. IV. 337. 348.
— eiserne. IV. 356.
— hängende. IV. 354.
— hölzerne. IV. 353.
— massive. IV. 349.
Buhnen. I. 379. II. 36.
— Abstände ders. I. 385. II. 36.
— Höhe ders. II. 38.
— Köpfe ders. II. 159. 181.
— Länge ders. II. 38. 50.
— Pflasterung ders. II. 167.

- Bühnen, Querprofile ders. II. 45.
 — Richtung ders. II. 43.
 — Sicherung ders. II. 49.
 — Wurzeln ders. II. 155.
 Bühnen-Systeme. I. 389. II. 36.
 Busen. IV. 384.
- Cabeosche Stab. I. 252.
 Canäle, Schiffahrts-Canäle. IV. 153.
 Canal-Häfen. IV. 200.
 — Linien. IV. 181.
 — Haltungen od. Strecken. VI. 182. 192.
 — Ufer. IV. 201.
 Canalisirung der Flüsse. III. 91.
 Clyde-Correction. II. 337.
 Cohäsion der Erde. I. 9.
 Contractions Coefficient. I. 339.
 Coupirungen. I. 383. 409. II. 226.
 — Dichtung ders. II. 243.
 — Lage ders. II. 229.
 — Schließung ders. II. 237.
- Dammbalken. II. 290.
 Dammfalze. II. 291.
 Dammschüttungen. IV. 266.
 Dammwände. II. 294.
 Dampfschiffe. II. 160. III. 100.
 Deckplatten. I. 45.
 Declinante Bühnen. I. 396. II. 43.
 Deiche. IV. 363.
 — Ausführung ders. IV. 380.
 — Unterhaltung ders. IV. 397.
 Deichbrüche. IV. 405.
 Deichlinien. IV. 369.
 Deichprofile. IV. 376.
 Deichschauern. IV. 366.
 Dichtung der Canäle. IV. 293.
 Donker-Schleuse. IV. 57.
 Doppel-Schleusen. III. 176.
 Dossirungen. IV. 289.
 Drehbäume. III. 274. 342.
 Drehungs-Achsen der Schleusen-Thore.
 III. 254.
 Drempel. III. 179.
 Durchlässe. IV. 291. 338.
 — heberförmige. IV. 345.
 Durchstiche. I. 347. II. 202.
- Eckstücke an Schleusen-Thoren. III. 337.
 Eilböte. IV. 156.
 Einbaue. I. 380.
 Eindeichungen. IV. 361.
- Einlagen bei Deichen. IV. 408.
 Einschnitte. IV. 267.
 Eisenbahnen. I. 94. IV. 155.
 Eisenbeschläge der Schleusen-Thore.
 III. 263.
 Eisgang. I. 202.
 Eispfähle, I. 117.
 Eis-Sprengen. I. 207.
 Eis-Stopfung. I. 202. 345.
 Enclavirungen. II. 227.
 Entwässerung der Polder. IV. 383.
 — künstliche. IV. 389.
 Erd-Anker. I. 61. 110.
 Erd-Arbeiten. IV. 192. 253.
 — Berechnung ders. IV. 254.
 Erd-Schüttungen. IV. 238.
 Erd-Transporte. IV. 269.
 Excavatoren. IV. 267.
- Fachbäume bei Wehren. II. 272.
 Fächerthore. IV. 36.
 Fahrtiefe. III. 85.
 Fahrwasser, Reinigen dess. II. 368.
 — Vertiefen dess. II. 333.
 Fallkessel. IV. 217.
 Faschinen. II. 96.
 — Auslegen ders. II. 128.
 — Binden ders. II. 102.
 Faschinen-Lagen. II. 113.
 — schwebende. II. 141.
 Faschinen-Messer. II. 108.
 — Pfähle. II. 110.
 Festigkeit der Mauern. I. 38.
 Filtration der Canäle. IV. 165.
 Fischwehre. II. 256.
 Flechtbänder. II. 110.
 Flechtruthen. II. 188.
 Flechtzäune. II. 187.
 Flösserei. III. 158.
 — von Scheitholz. III. 164.
 Flottmasse. IV. 171.
 Flügel-Bühnen. I. 388. II. 44.
 Flügel-Mauern der Schiffs-Schleusen.
 IV. 39.
 Flufs-Häfen. I. 413. III. 151.
 Flufs-Schiffahrt. III. 83.
 Flufs-Thäler. I. 144.
 Fluth-Thore. III. 185.
 Fluth-Wellen. I. 195. II. 331. III. 88.
 Fowlersches Rad. III. 113.
 Freiarchen. II. 280.
 Füllmasse. IV. 170.
 Furthen. I. 147.
 Futtermauern. I. 4. 51.

- Galvanische Entzündung. III. 37. 42.
 Gebirgs-Bäche. I. 186.
 Geest. IV. 366.
 Gefälle der Speisegräben. IV. 212.
 — der Ströme. I. 148. II. 13.
 — starke. II. 54. III. 114.
 Gegenströmung. III. 125.
 Geneigte Ebenen. IV. 104.
 — mit beweglichen Kammern. IV. 112.
 — mit Scheiteln. IV. 116. 127.
 — mit festen Kammern. IV. 119.
 — Betrieb auf dens. IV. 144.
 Geschwindigkeit der Ströme. II. 17.
 — in verschied. Tiefen. I. 292. II. 17.
 — bei Anschwellungen. I. 199.
 — treibender Schiffe. I. 248. 278.
 — gleichförmige. I. 297.
 — mittlere. I. 279.
 — ungleichförmige. I. 318.
 Geschwindigkeits-Messungen. I. 247.
 — Scalen. I. 280.
 Gordungs-Wände. I. 102.
 Griesholme. II. 283.
 Gries-Säulen. II. 281.
 Grund-Ablässe. II. 253,
 Grund-Eis. I. 202.
 Grund-Schwellen. II. 40.
 Grund-Wehre. II. 249.
- Haken-Keile. II. 396. III. 13.
 Haken-Pfähle. II. 111.
 Halsbänder der Schleusen-Thore. III. 259. 323.
 — Verankerung ders. III. 328.
 Heben versunkener Anker. II. 384.
 — v. Bäumen. II. 373.
 — v. Schiffen. II. 378.
 — der Steine. II. 385.
 — der Erde. IV. 272.
 — senkrechtes, der Schiffe. IV. 93.
 Heerdmauern. III. 215.
 Hinterböden. III. 178.
 Hinterketten. IV. 124. 136.
 Höfter. I. 382.
 Holme. I. 104.
 Hydrometrischer Flügel. I. 256.
 — Rad. I. 255.
 — Schnellwage. I. 261.
 — Stab. I. 252.
- Inclinante Bühnen. I. 396. II. 43.
 Inseln. I. 166.
 Inundations-Gebiet. I. 220.
- Kahden. IV. 401.
 Kalfatern. III. 209.
 Kammerböden, hölzerne. III. 202.
 — massive. III. 199.
 Kammer-Mauern. III. 194.
 Kammer-Schleusen. III. 115. 171.
 Kappen der Deiche. IV. 376.
 Kappstürzungen. IV. 404.
 Kaspen. III. 207.
 Kasten-Pumpen. IV. 395.
 Katze, an Krahenen. I. 88.
 Kessel-Pflanzung. II. 198.
 — Schleusen. III. 175.
 Ketten-Schiffahrt. III. 104.
 Klammern. I. 141.
 Klappen in Schleusen-Thoren. IV. 10. 25.
 Klapp-Pfosten. II. 297.
 — Schleusen. IV. 146.
 — Thore. III. 246. 282.
 — Wehre. II. 300.
 Klausen. III. 164.
 Königsstiel. IV. 55.
 Köpfe, kurze Bühnen. II. 38.
 — Untiefen. I. 147.
 Komplaten. III. 218.
 Kopf-Pfähle. I. 117.
 Krahne. I. 85.
 Kratzen. II. 340.
 Krauten. II. 370.
 Kribben. I. 382.
 Kribbmeister. II. 129.
 Krüper. IV. 387.
 Kugel zu Geschw.-Mess. I. 250.
 Kuppel-Schleusen. III. 188.
- Ladeebäume. I. 79.
 Ladebrücken. I. 126.
 Läufer. I. 43.
 Längen-Profile der Ströme. I. 237.
 Laufbrücken auf Schleusen-Thoren. III. 258.
 Laufkrahne. I. 89.
 Leinpfade an Canälen. IV. 206. 262.
 — an Strömen. III. 98. 136.
 Leinpfads-Brücken. III. 145.
 — Coupirungen. II. 232.
 Leitrollen. III. 143.
 Linth-Correction. I. 173.
 Log. I. 254.
 Loth. I. 231.
 Luft-Schleusen. III. 76.
- Mantel, Hebe-Vorrichtung. I. 77.

- Marsch. IV. 366.
 Masten-Krahne. III. 151.
 Mauern. I. 65.
 — trocken. I. 94.
 Marqueur. I. 240.
 Meere. IV. 365.
 Merkpfähle. II. 253.
 Mittel-Balken. III. 213.
 — Stiele. III. 257.
 Moos. I. 96.
 Mörtel. I. 69.
 Mündungen der Bäche. I. 186.
 — in Canäle. IV. 217.

 Nadeln. II. 316. 330.
 Nadel-Wehre. II. 315.
 Nadi's Flasche. I. 282.
 Neeren. I. 279.
 Nester-Pflanzung. II. 197.
 Nivellement der Ströme. I. 224.
 Normal-Breite. I. 354.

 Ober-Böden. III. 178.
 — massive. III. 227.
 Ober-Canäle. III. 119.
 Oberländischer Canal. IV. 129.
 Oberwasser b. Schiffs-Schleusen. IV. 37.

 Packwerksbau. II. 92. 126.
 — Material dess. II. 96.
 — Sicherung dess. II. 154.
 Packwerksbau in den Niederlanden. II. 151.
 Parallel-Werke. I. 375. II. 56.
 Pegel. I. 240.
 Peilstangen. I. 228.
 Perré. I. 97.
 Pfand, im Deich. IV. 398.
 Pfannen. III. 258.
 — Träger. III. 218.
 Pitot'sche Röhre. I. 263.
 Pflanzungen. II. 192.
 Pflanzlinien. I. 383.
 Pflasterung der Bühnen. II. 71.
 Pfuhl. II. 15.
 Polder. IV. 365.
 — Entwässerung ders. IV. 383.
 Ponton-Thore. III. 312.
 Pritschen bei Wehren. II. 267.
 Profilweite der Ströme. II. 11.
 Pülv-Lagen. II. 120.

 Pütten. IV. 382.
 Pumpräder. IV. 394.

 Quer-Profile der Canäle. IV. 195. 311.
 — der Ströme. I. 220. 238.

 Rahme der Schleusen-Thore. III. 256.
 Rand-Würste. II. 132.
 Rauhwehren. II. 172.
 Rauschen. I. 382. II. 191.
 Rauschbuhnen. II. 56.
 Reactions-Schiffe. III. 103.
 Regulirung der Ströme. I. 341.
 Reib-Pfähle. I. 117.
 Reibung der Erde. I. 9.
 Reservoir. I. 170. IV. 228.
 Richtwerke. I. 375.
 Riegel d. Schleusen-Thore. III. 256. 308.
 Rigolen. IV. 211.
 Ringfahrten. IV. 390.
 Ringsloote. IV. 390.
 Rollbrücken. IV. 105.
 Rollen unter Schleusen-Thoren. III. 344.
 Roll-Krahne. I. 89.
 Roll-Schichten. I. 45.
 Rücklagen II. 130.
 Rüstungen, fliegende. I. 76.
 Runsen. I. 172.

 Sand. I. 165.
 Sacken der Dämme. IV. 257. 290.
 Sacken der Schiffe. III. 95.
 Sandstracken. III. 207.
 Scaphander. III. 53.
 Schacht-Schleusen. III. 189.
 Schart-Deiche. IV. 374.
 Schart-Ufer. I. 223.
 Scheitel-Strecken. IV. 182.
 Schichten in Mauern. I. 41.
 Schiffahrts-Anlagen. III. 81. 148.
 Schiffahrts-Canäle. IV. 153.
 — Anordnung ders. IV. 155.
 — Gefälle ders. VI. 196.
 — Quer-Profile ders. IV. 195.
 Schiffe. III. 84. IV. 133.
 — Anlegen ders. III. 97.
 — Ankern ders. III. 148.
 Schiffs-Durchlässe. II. 59. III. 124.
 Schiffs-Halter. III. 149.
 Schiffs-Ringe. IV. 43.
 Schiffs-Schleusen. III. 169. IV. 1.
 — eigenthümliche. IV. 49.

- Schiffs-Schleusen, gußeiserne. III. 241.
 — Nebentheile ders. IV. 37.
 — mit Seitenbassins. IV. 79.
 Schlachten. I. 382. II. 248.
 Schlaf-Deiche. IV. 366.
 Schlagsäulen. III. 256.
 Schlagschwellen. III. 179. 217.
 Schlingen. I. 382.
 Schlepp-Schiffe. III. 101.
 Schleusen-Canäle. III. 118.
 Schleusen-Gefälle. III. 188.
 Schleusen-Häupter. III. 174. 211.
 Schleusen-Kammern. III. 179. 192.
 — Füllen und Leeren ders. IV. 3.
 — hängende. IV. 96.
 — schwimmende. IV. 95.
 Schleusen-Thore. III. 180. 246.
 — eiserne. III. 285. 298.
 — gekrümmte. III. 249. 275.
 — hölzerne. III. 247. 259.
 — hohle. III. 307. 352.
 — Befestigung ders. III. 313. 354.
 — Einhängen ders. III. 333.
 — Oeffnen ders. III. 357.
 — Unterstützen ders. III. 240. 336.
 Schleusungen. III. 88.
 Schlickfänge. I. 382. II. 181.
 Schlickzäune. II. 182.
 Schlösser in Faschinen. II. 109.
 Schnallen. III. 341.
 Schöpfbühnen. I. 383. 408.
 Schofstüren. III. 265.
 Schürze bei Coupirungen. II. 237.
 Schütze. II. 284. IV. 6. 22.
 — drehbare. IV. 9.
 Schurbäume. III. 94.
 Schwalpen. III. 209.
 Schwellrahme. III. 256.
 Schwimmbäume. II. 142.
 Schwimmer, Geschwindigkeits-Messung.
 I. 248. 268.
 Segel-Schiffahrt. III. 91.
 Seiten-Bassins. IV. 79.
 Seiten-Canäle. IV. 192.
 Seitendruck der Erde. I. 3.
 Seiten-Zuflüsse. I. 169.
 Senkfaschinen. II. 78.
 Senkkasten. II. 76. 268.
 Senkkörbe. II. 89.
 Senklagen. II. 177.
 Senkrechte Bühnen. I. 396.
 Senkstücke. II. 162. 240.
 Separations-Werke. I. 411. II. 47.
 Serpentinaen. I. 144.
 Setzseisen. II. 196.
 Setzpfosten. II. 288.
 Sicherheits-Thore. IV. 223.
 Siele. IV. 388.
 Sielpflug. II. 361.
 Sieltiefe. IV. 384.
 Sommer-Deiche. IV. 365.
 Sommer-Leinpfade. III. 139.
 Speise-Bassins der Canäle. IV. 228.
 — Ableitung ders. IV. 245.
 — Abschluß ders. IV. 230.
 — Ergiebigkeit ders. IV. 229.
 Speise-Gräben der Canäle. IV. 211.
 Speisung der Canäle. IV. 185. 208.
 Sperrbühnen. I. 383.
 Spiekpfahle. II. 110.
 Spreitlagen. II. 172.
 Sprengen der Felsen. III. 3.
 — ohne Bohrlöcher. III. 43.
 Sprengröhren. III. 4.
 Spülthore. IV. 51.
 Spundwände. I. 108.
 Stabilität der Mauern. I. 51.
 Stacken. I. 382.
 Stangen-Wehre. II. 267.
 Stau-Anlagen. II. 245.
 Stau-Höhen. I. 336. II. 250.
 Stau-Kasten. III. 10.
 Stau-Schleusen. II. 59. III. 122.
 Stau-Schwellen. II. 249.
 Stau-Weiten. I. 333. II. 250.
 Stecklinge. II. 196.
 Steinbühnen. II. 63.
 Steindübel. I. 67.
 Steinklammern. I. 66.
 Steinklauen. I. 74.
 Steinkörbe. II. 387.
 Steinschüttungen. I. 373. II. 65.
 Steinzangen. I. 74. II. 390.
 Stemthore. III. 246.
 Strebepfeiler. I. 56.
 Streben an Schleusen-Thoren. III. 269.
 Strecker. I. 43.
 Streichbäume. III. 141.
 Streichlinien. I. 387. II. 25.
 Streichruder. III. 93.
 Streichwerke. I. 375.
 Strömung, Wirkung ders. I. 158. 355.
 — vor Bühnen. I. 362.
 Stromarme. II. 46.
 Strombauten. II. 1. 61.
 Strombetten. I. 133.
 Stromcharten. I. 215.
 Stromcoupirungen. II. 226.
 Stromdurchstiche. II. 202.
 Stromkrümmungen. II. 28.

- Stromregulirung. I. 341. II. 3.
 Stromschiffahrt. II. 6.
 Stromschnellen. II. 13. 54.
 Stromspaltungen. I. 137. 399. II. 47.
 Stromstrich. I. 219.
 Stromquadrant. I. 262.
 Stroppe. I. 74.
 Sturmthore. III. 185.
 Sturz-Betten. II. 233.
 Stütz-Bühnen. IV. 271.
 Suez-Canal. IV. 278.

 Tachometer. I. 266.
 Taucher-Apparate. III. 46.
 — Glocken. III. 59.
 — Helme. III. 46.
 — Lampen. III. 58.
 — Schachte. III. 70.
 — Schiffe. III. 65.
 Teufelsklauen. II. 392.
 Thäler. I. 167.
 Thalfahrt. III. 92.
 Thalsperren. I. 181.
 Themse-Tunnel. IV. 326.
 Thorkammern. III. 178.
 Thornischen. III. 180.
 Thorzapfen. III. 315.
 Tiefen-Messungen. I. 228.
 — auf Felsboden. I. 235. III. 25.
 Tiefenlinien. I. 219.
 Torf zum Dichten. IV. 305.
 Torfgräbereien. IV. 389.
 Touage. III. 104.
 Tragreiser. II. 141.
 Traversen. II. 182.
 Treideln. III. 92.
 Treppen in Schleusen. IV. 45.
 Triangel-Werke. I. 398.
 Triften. III. 164.
 Triftrechen. III. 167.

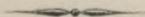
 Ueberfälle. I. 336. IV. 219.
 Ueberlässe. IV. 372.
 Ueberschläge der Leinpfade. III. 140.
 Ufer. I. 149.
 — Abbrüche. I. 345.
 — Deckungen. I. 369. II. 124. 143.
 — Linien. II. 25.
 — Schälungen. I. 1.
 Umläufe. III. 242. IV. 12.
 — verzweigte. IV. 21. 35.
 Unter-Canäle. III. 119.
 Unter-Böden. III. 178.

 Unterirdische Canäle. IV. 309.
 — Ausführung ders. IV. 318.
 — Leinpfade darin. IV. 312.
 — Schiffahrt-Betrieb. IV. 314.

 Verbindung der Schichten. I. 66.
 Verdunstung. IV. 164.
 Verkleidung der Mauern. I. 44.
 Verhandlungen. I. 356. II. 219.
 Versatz-Balken. II. 290.
 Versetzen der Werkstücke. I. 69.
 Vertiefung durch Strömung. I. 358.
 II. 342.
 — des Fahrwassers. III. 1.
 Vorböden. II. 270. III. 178.
 Vorfluth. I. 344.
 Vorlagen im Packwerk. II. 128.
 Vorreiber an Spülthoren. IV. 55.

 Waarde. II. 199.
 Wacht-Thüren. IV. 392.
 Wände, aufgesetzte. I. 101.
 Wagen auf geneigten Ebenen. IV. 118.
 140.
 Wahrschauen. III. 150.
 Warp-Ketten oder Tuae. III. 108.
 — ohne Ende. III. 110.
 Warp-Schiffahrt. III. 104. IV. 157.
 Wasserbedarf der Canäle. IV. 163.
 — der Schleusen. IV. 87. 170.
 Wasserfälle. I. 141.
 Wasserfahne. I. 262.
 Wasserfernrohr. III. 79.
 Wasserlösen. IV. 219.
 Wassermengen der Ströme. I. 200.
 316. II. 16.
 Wasserpest. II. 372.
 Wasserstände. I. 187.
 Wasserstands-Messungen. I. 192. 239.
 — Scalen. I. 246.
 Wehre. II. 248.
 — bewegliche. II. 298.
 — halbmassive. II. 265.
 — hölzerne. II. 268.
 — hydrostatische. II. 308.
 — massive. II. 254.
 — selbstthätige. II. 302.
 Weiden-Pflanzungen. I. 152. II. 195.
 Wellen, stehende. I. 365. III. 126.
 Wendenischen. III. 236.
 Wendesäulen. II. 295. III. 255.
 Widerstand der Schiffe. IV. 197.
 Widerströme. I. 279.

Wiegen der Schiffe. IV. 48.	Wurfräder. IV. 390.
Winde, polnische. II. 375.	Wurzeln der Buhnen. II. 155.
Winter-Deiche. IV. 365.	
Wippen. II. 104.	Zangen an Bohlwerken. I. 106.
Wirbel. I. 366.	Zwischenwerke. II. 50.
Wolf. I. 74.	Zündfäden. III. 35.
Woltman'scher Flügel. I. 256.	Zündnadeln. III. 5.
Woog. I. 147.	Zündröhren. III. 9.
Würste. II. 104.	Zugbänder an Schleusen-Thoren. III.
Wuhre. I. 382.	269. 338.



Walden IV 300	Walden IV 300
Walden der Böhmen II 125	Walden der Böhmen II 125
König an Böhmen I 100	König an Böhmen I 100
König an Böhmen II 50	König an Böhmen II 50
König an Böhmen III 50	König an Böhmen III 50
König an Böhmen IV 50	König an Böhmen IV 50
König an Böhmen V 50	König an Böhmen V 50
König an Böhmen VI 50	König an Böhmen VI 50
König an Böhmen VII 50	König an Böhmen VII 50
König an Böhmen VIII 50	König an Böhmen VIII 50
König an Böhmen IX 50	König an Böhmen IX 50
König an Böhmen X 50	König an Böhmen X 50
König an Böhmen XI 50	König an Böhmen XI 50
König an Böhmen XII 50	König an Böhmen XII 50
König an Böhmen XIII 50	König an Böhmen XIII 50
König an Böhmen XIV 50	König an Böhmen XIV 50
König an Böhmen XV 50	König an Böhmen XV 50
König an Böhmen XVI 50	König an Böhmen XVI 50
König an Böhmen XVII 50	König an Böhmen XVII 50
König an Böhmen XVIII 50	König an Böhmen XVIII 50
König an Böhmen XIX 50	König an Böhmen XIX 50
König an Böhmen XX 50	König an Böhmen XX 50
König an Böhmen XXI 50	König an Böhmen XXI 50
König an Böhmen XXII 50	König an Böhmen XXII 50
König an Böhmen XXIII 50	König an Böhmen XXIII 50
König an Böhmen XXIV 50	König an Böhmen XXIV 50
König an Böhmen XXV 50	König an Böhmen XXV 50
König an Böhmen XXVI 50	König an Böhmen XXVI 50
König an Böhmen XXVII 50	König an Böhmen XXVII 50
König an Böhmen XXVIII 50	König an Böhmen XXVIII 50
König an Böhmen XXIX 50	König an Böhmen XXIX 50
König an Böhmen XXX 50	König an Böhmen XXX 50

101

200.00

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349955

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349613

Kdn. 524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000309178

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300972