

Schwerpunkt des erforderlichen festen Ballastes liegen, desto leichter wird also eine vollkommene Stabilität zu erreichen sein. Das ist der Grund, weshalb man die zuletzt beschriebenen Pontonformen wählte.

Ein nur den oberen Teil einer schiffbaren Öffnung versperrendes Ponton befindet sich in dem Geestemünder Hafen vor einer nur von den Petroleumschiffen benutzten Abteilung. Es verschließt die durch zwei vorspringende Mäuern gebildete Einfahrt von 14,44 m Weite nur in einer Höhe von 0,58 m unter der Oberfläche des Wasserspiegels, um bei etwaigem Brande im Petroleumhafen das auf der Oberfläche schwimmende Petroleum von dem übrigen Hafen abzuhalten. Das Ponton ist 1,17 m hoch, 1,6 m breit und hat an beiden Enden zur besseren Führung in den Falzen 2,34 m hohe Steven von 0,3 m Dicke. Das Ganze ist aus leichtem Blech konstruiert. Um das Ponton leicht für aus- und einfahrende Schiffe beseitigen zu können, sind die Falze in den Mauern nur nach der Seite des Petroleumhafens hin fest oder nur halbe Falze, während von der Seite des Haupthafens je ein nur etwa 0,5 m breites und 5 m hohes Drehthor die andere bewegliche Seite des Falzes darstellt. Diese kleineren Thore drehen sich um 90 Grad und werden in geschlossenem Zustande mit der festen Seite des Falzes verbunden.

Noch mag bemerkt werden, daß Pontons bisweilen neben anderen Thoren zur Abwehr hoher Springfluten bei Seeschleusen vorhanden sind, wie z. B. bei Bristol für die 20 m weite Schleuse der Porthhead-Docks.⁸⁶⁾

Ebenso sind für die Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals zwei Pontons beschafft, welche dazu dienen sollen, nach Bedarf eine Schleusenkammer an beiden Enden vor den Thoren abzuschließen, um die Kammer trocken legen und die Thore nachsehen zu können; bei Verwendung von Schiebethoren wären dieselben entbehrlich gewesen, weil man Schiebethore auch als Pontons benutzen kann. Mit einem Reserve-Schiebethore und dem unverletzten einer Schleuse würde man immer noch im stande sein, bei Beschädigung des anderen Betriebsthores die Schleuse zu schließen und trocken zu legen. Jene zwei Pontons haben einschließlic der Pumpen und Dampfmaschinen zum Leerpumpen der Schleusen, welche darin untergebracht sind, etwa 600000 M. gekostet.

Von den freischwimmenden und anderen Pontons wird bei Besprechung der Schiffsbau- und Reparatur-Anstalten nochmals die Rede sein.

D. Bewegungs- und Verschlufsvorrichtungen. Einrichtungen zur Wasserersparnis.

(77 Textfiguren.)

§ 22. **Vorrichtungen zum Bewegen der Thore.** In diesem Paragraphen werden nur die Vorrichtungen besprochen, welche dazu dienen, die Thore selbst zu öffnen und zu schließen. Die Vorrichtungen, welche zum Öffnen und Schließen der Schützen dienen, werden im folgenden Paragraphen vorgeführt werden, woselbst auch die Konstruktion dieser Teile behandelt wird.

Zum Öffnen und Schließen der Thore bedarf es je nach der Größe derselben oder nach dem örtlichen Bedürfnisse und der Art der Schleuse mehr oder weniger vollkommener Einrichtungen. Während es bei manchen Schleusen, z. B. Sperrschleusen, Schutzschleusen, Dockschleusen u. s. w., in der Regel auf einige Minuten Zeit zur Bewegung nicht ankommt, wenn die letztere überhaupt nur rechtzeitig begonnen wird, hängt die Leistungsfähigkeit anderer Schleusen, insbesondere auf Kanälen mit lebhaftem Verkehr, geradezu von der notwendigen Zeit zum Öffnen und Schließen der Thore ab. Bei solchen Schleusen stehen daher die Bewegungsvorrichtungen in erster Reihe, und

⁸⁶⁾ Engineering, Okt. 1877, S. 291.

auch ein kleiner Zeitgewinn bei der einmaligen Bewegung muß schon hochgeschätzt werden, weil er sich an einem Tage 40 bis 50mal wiederholen kann.

Den Anforderungen des Verkehrs gegenüber steht jedoch der aus der Trägheit des Wassers entspringende Umstand, daß, abgesehen von dem für jede einzelne Schleuse gleichbleibenden Reibungswiderstande in den Zapfen, der Widerstand gegen die Bewegung mit der Schnelligkeit derselben annähernd im quadratischen Verhältnisse wächst. Bei einer sehr langsamen Bewegung ist er kaum merkbar, während er bei größerer Schnelligkeit durch den Aufstau des Wassers in jenem Maße zunimmt und durch die Schwierigkeit, mit der das gestaute Wasser um die eingetauchten Kanten des Thorflügels abfließen kann, noch erheblich vermehrt wird. Letzteres zeigt sich namentlich bei fast vollendetem Wege in der Nähe der Thornische. Es muß deshalb von einer großen Geschwindigkeit abgesehen werden, um einen nur mit unverhältnismäßiger Kraftanstrengung und großen Kosten zu überwindenden Widerstand zu vermeiden. Wenn nun außerdem bei den meisten kleineren Schleusen die Kraft dadurch eine eng begrenzte ist, daß nur einer oder höchstens zwei Arbeiter zu Gebote stehen, so wird ohnehin die Geschwindigkeit eine mäßige bleiben. Es kommt indessen dann noch immer auf zweckmäßige Einrichtungen an, in denen möglichst wenig Arbeit durch schädliche Widerstände verzehrt wird.

1. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Stemmthore.

Der Widerstand, welcher bei diesen Bewegungen zu überwinden ist, setzt sich zusammen aus den Widerständen der Reibung am Zapfen und Halsband und dem Widerstande des Wassers.⁸⁷⁾ Der erstere ist nach der auf S. 172 näher bezeichneten Arbeit von Landsberg: Die Eisenkonstruktionen des Wasserbaues:

$$Q_1 = \frac{\mu}{4q} (V \cdot d + 2 Z d_1) \dots \dots \dots 47.$$

- worin
- μ den Koeffizienten der Zapfenreibung etwa = 0,4,
 - q den Abstand von der Drehaxe, in welchem die Kraft Q senkrecht zum Thore angreift,
 - V den Druck auf den Zapfen,
 - d den Zapfendurchmesser,
 - Z den Zug im Halsband und
 - d_1 den Durchmesser desselben bedeutet.

Der Widerstand des Wassers gegen das bewegte Thor ist:

$$Q_2 = \frac{l}{4q} (225 S \cdot v^2 + 2000 S \cdot \Delta) \dots \dots \dots 48.$$

Darin bedeutet:

- l die Länge des Thores,
- q wie oben den Abstand von der Drehaxe, in welchem Q_2 angreift,
- S die Anzahl Quadratmeter der eingetauchten Fläche,
- v die mittlere Geschwindigkeit der Bewegung des Thores,
- Δ die Differenz der Wasserstände vor und hinter dem bewegten Thore.

Die gesamte rechtwinklig zum Thore im Abstände q von der Drehaxe angreifende Kraft wird also:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{\mu (V \cdot d + 2 Z d_1) + S \cdot l (225 v^2 + 2000 \Delta)}{4 \cdot q} \dots \dots \dots 49.$$

⁸⁷⁾ Von dem Widerstande, den etwa angebrachte Laufrollen unter dem Thore verursachen (vergl. § 20), muß abgesehen werden, weil derselbe mit Sicherheit nicht zu bestimmen ist.

Die Kraft zur Bewegung eines Thores wirkt meistens unter einem anderen Winkel als 90° auf das Thor. Wenn dieselbe bei irgend einer Thorstellung den Winkel φ mit der Normalen zur Thorfläche bildet, so ist die Gröfse derselben:

$$R = \frac{Q}{\cos \varphi} \dots \dots \dots 50.$$

Je kleiner φ ist, desto kleiner ist auch die erforderliche Kraft R . Da sich nun während der Bewegung des Thores die Gröfse von φ ändert, so wird die Anordnung am zweckmäfsigsten so getroffen, dafs bei halb geöffnetem Thore $\varphi = 0$ ist, dafs also R dann rechtwinklig zur Thorfläche gerichtet sei.

Zu dem Werte für Q in Gl. 49 liefert die zweite Klammer den weitaus gröfseren Beitrag. Δ wächst namentlich, wenn das Thor sich der Nischenwand nähert, weil das Wasser dann schwerer abströmen kann. Man hat also dafür Sorge zu tragen, dafs das Abströmen möglichst erleichtert werde.

Bei Riegelstemmthoren mit durchgehender Stemmeiste an der Wendesäule beträgt der Abstand der Stemmeiste von der Wendenische meist nur etwa 2 cm (die Gröfse der Excentricität). Der Austritt des Wassers an der Wendesäule ist daher sehr erschwert, fast alles Wasser in der Nische mufs unter dem Thore hindurch oder an der Schlagssäule vorbei seinen Weg suchen; der Kraftverbrauch ist somit ein wesentlich gröfserer als bei Thoren, welche nur an einzelnen Punkten stemmen und einen bedeutenden Spielraum zwischen Wendesäule und Nische lassen, vergl. T. VIII, F. 13 und Fig. 129, S. 208. Besonders günstig kann man diesen Zwischenraum und damit den Abflufs des Wassers bei Ständerthoren gestalten, die nur oben und unten ein Stemmlager haben.

Je näher der Angriffspunkt der Kraft R bezw. Q der Lage der Mittelkraft aus den Bewegungswiderständen gerückt wird, desto weniger wird das Thor verbogen werden. Da nun die Gleichung 48 den Hauptteil der Bewegungswiderstände liefert, diese aber in halber Höhe des eingetauchten Thorteiles im Abstände $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4} l$ von der Drehaxe angreifen, so würde auch die Bewegungsvorrichtung am günstigsten in dieser Tiefe zu befestigen sein. Bei den bisherigen Ausführungen findet man sie indessen wohl meist in anderer Höhe angebracht und zwar bei kleineren und mittleren Thoren meistens über Wasser, weil sie hier bequemer zugänglich ist, bei grofsen Thoren auch wohl ganz unten.

Wenn schon bei kleinen Thoren, namentlich wenn dieselben aus Holz hergestellt sind, diese Lage nicht bedenklich ist, da für diese auch die Kraft Q nur mäfsige Gröfse hat, so empfiehlt es sich doch, bei grofsen eisernen Thoren mehr als bisher auf diesen Umstand zu achten, da für diese — namentlich wenn sie schnell geöffnet werden — bedeutende Biegemomente entstehen, welche die Undichtigkeit und damit die Zerstörung des Thores beschleunigen, vergl. auch § 17.

Endlich ergibt sich noch aus Gl. 49, dafs Q desto kleiner wird, je gröfser q , d. h. je näher der Schlagsäule der Angriffspunkt von Q liegt.

Zur Hervorbringung der Bewegung dienen nun vorzugsweise die Menschenkraft, seltener hydraulische und andere Maschinen und nur in vereinzelt Fällen die in § 24 beschriebenen Einrichtungen, wobei die lebendige Kraft des in Bewegung gesetzten Wassers die Drehung der Thore besorgt. Es möge im Nachstehenden zunächst die menschliche Kraft angenommen werden.

Für die dauernde Leistung des Menschen kommt besonders in Betracht, dafs derselbe rasch und bequem eine möglichst grofse Kraft entwickeln könne. Hierzu gehört ein sicherer Stand und eine Mitbenutzung des eigenen Gewichts. Es wird also eine

einfache Zugstange unter Voraussetzung dieser Bedingung wirksamer sein können, als eine nur durch Handkurbeln zu bewegende Winde mit großer Übersetzung, weil bei letzterer viel Reibungsverlust in den Zahnrädern stattfindet und der Mensch vorzugsweise nur mit der Muskelkraft arbeiten kann. Wenn jedoch das Thor so groß ist, daß ohne mehrfache Übersetzung der menschlichen Kraft die Reibung der Ruhe kaum überwunden werden kann, so muß schon eine Winder Vorrichtung angewandt werden. Wenn ferner zu einer solchen Winde, z. B. einem Gangspill, wobei der Mensch mit seinem Gewichte arbeiten kann, nicht der nötige Platz vorhanden ist, so muß eine nur mit Kurbeln bewegte Winde gewählt werden.

Für die Zahl der Winderapparate ist entscheidend, ob dieselben sowohl das Thor schließen als auch öffnen oder nur eins von beiden verrichten können. Wenn letzteres der Fall ist, z. B. wenn nur Ketten zwischen Winde und Thor vorhanden sind, so müssen auch für jeden Thorflügel zwei Winden angebracht werden, dagegen kann bei Anwendung einer festen Schiebestange von ein und derselben Winde der betreffende Thorflügel auf- und zuge dreht werden. Diese Einrichtung findet aber bei großen Weiten ihre Schwierigkeiten sowohl in der Größe eines noch bequem zu handhabenden Schiebebaums als auch namentlich darin, daß derselbe unter Wasser angreifen und in der Seitenwand liegen müßte. Es haben daher kleinere Schleusen in der Regel eine feste Stange für die Schließung der Thore, wobei die Öffnung entweder durch dieselbe Stange oder mit Hilfe von Seil oder Kette geschieht und die betreffende Winde in der Nähe der Schlag säule des geöffneten Thorflügels neben dessen Thornische steht. Dagegen steht für einen nur mit Ketten bewegten Thorflügel die Winde zum Öffnen zwar ebenso wie im vorgenannten Falle, die zum Schließen aber auf der anderen Seite der Schleuse, wobei die Richtungen der beiderseitigen Ketten möglichst in eine gerade Linie fallen müssen, wenn das Thor halb geöffnet ist.

Es ergibt sich für mit einfachen Ketten bewegte Thore die Notwendigkeit, daß die zum Schließen dienenden Ketten bei geöffneter Schleuse sich kreuzen. Sie müssen daher soweit nachgelassen werden, daß sie sich flach auf dem Boden der Schleuse niederlegen. Die doppelte Dicke der Kette geht demnach von dem zwischen Schiff und Schleusenboden bleibenden Spielraum verloren.

Es mögen nun die einzelnen Arten der Bewegungsvorrichtungen näher beschrieben werden.

Schiebestange. Die einfachste, bei kleinen Schleusen bis 6 m Weite unter Voraussetzung eines Arbeiters oder Wärters ausreichende Einrichtung ist die Bewegung mit einer Schiebe- und Zugstange aus freier Hand. Es genügt dazu ein gewöhnlicher Bootshaken, etwa mit einem Quergriff am losen Ende, und die Anbringung eines eisernen Bolzens mit einem Knopfe auf dem Kopfe der Schlagsäule. Der Arbeiter kann dabei mit voller Kraft ziehen oder schieben und verliert von seiner Arbeit nichts, zumal wenn er durch einzelne Erhöhungen in der Oberfläche der Schleusenmauer gegen Ausgleiten geschützt ist. Die Bewegung jedes Flügels erfolgt in etwa einer Minute. Um etwas Zeit zu sparen, kann an jedem Flügel eine solche Stange dauernd mit einem Auge um jenen Bolzen angebracht sein, wobei also die Stangen des geschlossenen Thores mit ihren Enden auf den Seitenwänden lose aufliegen.

Drehbaum. Vollkommener ist der in Fig. 103, S. 191 und Fig. 121, S. 203 angedeutete Drehbaum, besonders dann, wenn ein an seinem freien Ende angebrachtes Gegengewicht das Gewicht des Thorflügels größtenteils ausgleicht, vergl. § 16, S. 183.

Ein solcher einfacher Drehbaum ist übrigens nur bei Kanalschleusen von etwa 6 bis 7 m Weite am Platze.

Für etwas größere Weiten hat Tolkmitt den Drehbaum durch die in den Figuren 205 bis 207 dargestellte Anordnung, mit welcher er die neuen Thore der

Fig. 205 u. 206.

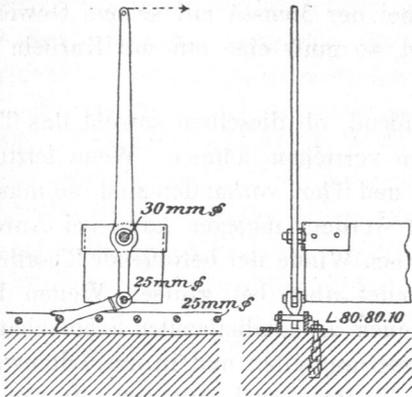
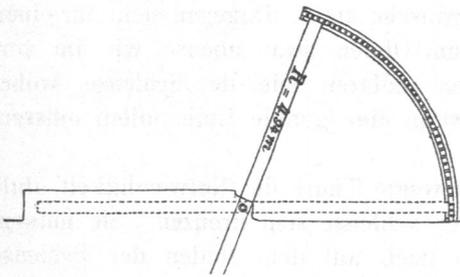


Fig. 207.



Schleuse zu Woltersdorf unweit Berlin ausstattete, verwendbar gemacht. Er brachte an dem Ende des Drehbaums um eine horizontale Axe drehbar einen ungleicharmigen Hebel an, der am unteren kürzeren Arme eine Klinke trägt. Die alte Sprossenleiter, welche früher zum festeren Halt für den unmittelbar am Drehbaum arbeitenden Schleusenwärter diente, wurde schmaler gemacht und erhielt engere Sprossen als Stützpunkte für die Klinke, wie Fig. 205 zeigt. Bewegt man nun das obere Ende des Hebels in der Pfeilrichtung, so rückt der Drehbaum in gleicher Richtung vor, dreht man den Hebel zurück, so gleitet die Klinke über die Sprossen hinweg und greift beim Wiedervorbewegen in eine der nächsten ein u. s. f. Soll die Bewegung des Drehbaums in entgegengesetzter Richtung erfolgen, so wird der Hebel in wagerechte Lage gebracht und die Klinke umgelegt. Durch diese Vorrichtung bleibt die am Hebel aufzuwendende Kraft unter $\frac{1}{3}$ des Widerstandes am Drehbaumende und es arbeitet sich an dem Hebel viel leichter, als an einer Kurbel; auch sind die Reibungswiderstände geringer.

Wegen verschiedener kleiner, aber nicht unwesentlicher Verbesserungen der in obiger Figur dargestellten Anordnung, welche von Tolkmitt empfohlen werden, ist die Quelle zu Rate zu ziehen.⁸⁸⁾

Fig. 208.

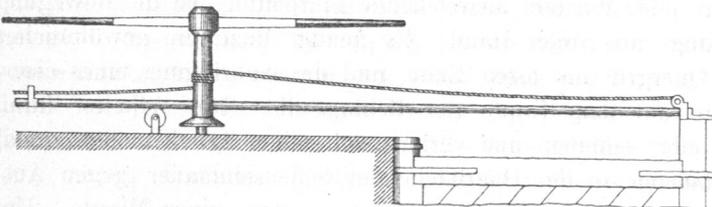
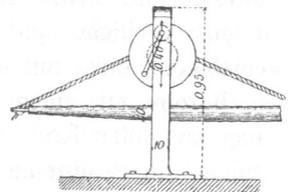


Fig. 209.



Schiebbaum mit Winde. Sobald die Schleusen eine größere Weite besitzen, genügen obige Vorrichtungen nicht mehr und es muß eine Übersetzung der menschlichen Kraft durch eine Winde eintreten. Am einfachsten sind die in F. 1 u. 2, T. V, sowie in den Figuren 208 und 209 dargestellten Anordnungen. Bei allen dreien ist

⁸⁸⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413.

ein Schiebebaum an einem Ende mit dem Kopf der Schlagsäule und am anderen Ende mit einem Tau oder einer Kette verbunden, welche letzteren um die Trommeln von stehenden oder liegenden Winden geschlungen sind. Damit kein Rutschen auf der Trommel erfolgt, sind einige Windungen erforderlich, deren Zahl bei der Bewegung des Thores sich nicht ändert. Für grössere Schleusen sind Ketten den Tauen vorzuziehen, alsdann muß jedoch die Kettentrommel mit Rillen oder Rippen versehen werden, weil sonst das Aufwickeln nicht regelmäsig erfolgt. Der Grad der Straffheit der Kette oder des Taus ist durch Versuche zu ermitteln. Bei kleineren Schleusen kann der Baum an einer liegenden Trommel frei hängen, bei grösseren jedoch, sowie bei stehender Winde bedarf er der Unterstützung durch eine oder zwei Rollen. Der eigentümliche Weg, den das lose Ende des Baumes macht (s. F. 2, T. V), ist ebenfalls am besten durch Versuche zu ermitteln. Für grössere Schleusen muß die Winde durch zwei Arbeiter bewegt werden, wenn nicht die Drehung des Thores sehr langsam erfolgen soll.

Eine recht zweckmäsig Anordnung für die Bewegung mit Zug- und Druckstange, die zuerst am Kanal du Centre und danach an einer grösseren Zahl französischer Kanäle in Anwendung gekommen ist, zeigt Fig. 210 a—d.

Die oben am Thor durch ein Scharnier mit senkrechter Axe befestigte Schubstange trägt an beiden Enden kleine Kettenrollen mit horizontaler Axe und ist am Lande durch eine Hülse geführt. Diese Hülse liegt mitten unter der Kettentrommel und ist mit dieser in einer Gabel gelagert, die sich um eine senkrechte Axe, je nach der Stellung, die das Thor einnimmt, drehen kann. Unter der Hülse befinden sich zwei Haken, in welche die Enden der Kette eingehakt werden. Die Kette geht, wie die Fig. 210 d zeigt, schräg durch die Windetrommel hindurch,

Fig. 210 a—d. Kanal du Centre.
Fig. 210 a.

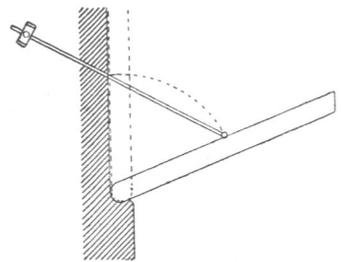
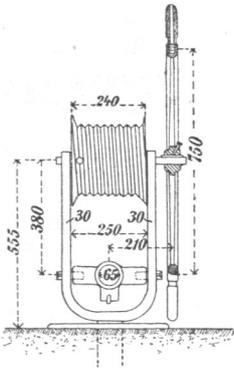


Fig. 210 b.



M. 1 : 25.

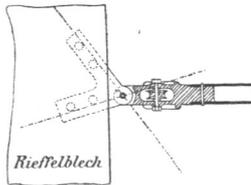
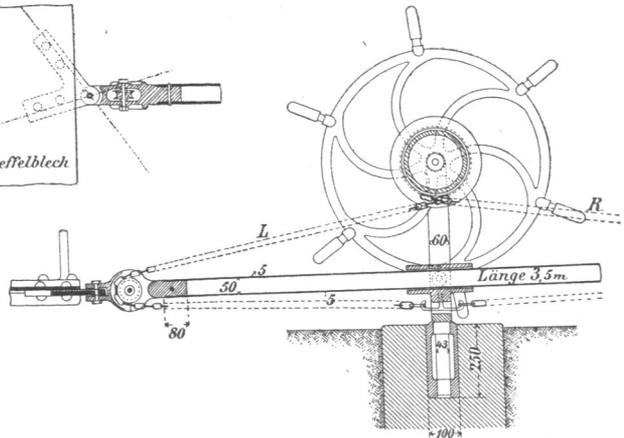


Fig. 210 c.



sodafs, wenn das eine Kettenende so auf die Trommel aufgewickelt wird, wie es die eine Endstellung des Thores erfordert, beide Kettenrichtungen an demselben Trommelende sich befinden. Wird jetzt die Winde in entgegengesetzter Richtung gedreht, so wickelt sich das vorhin aufgewickelte Kettenende ab und das andere in denselben Windegängen, unmittelbar dem

Fig. 210 d.



ablaufenden Trum folgend, auf. Die sinnreiche Durchquerung der Kettentrommel durch die Kette beschränkt die Trommellänge also auf die Hälfte derjenigen, welche erforderlich wäre, wenn die Kette nur außen herumgeschlungen würde und macht dadurch die Winde sehr handlich. Die Gabel mit der Winde ist in der Verlängerung der Sehne des Bogens aufgestellt, welchen das am Thor befestigte Ende der Stange beschreibt.⁸⁹⁾ Alles weitere ergibt sich aus den Figuren.

Eine andere zweckmäßige Anordnung vom Kanale St. Denis besteht darin, daß — ebenfalls in der Verlängerung der Sehne des Bogens, welchen das am Thor befestigte Stangenende beschreibt — eine Geradföhrung für das andere Ende der Stange angebracht ist. Neben beiden Enden dieser Geradföhrung befinden sich zwei Kettenscheiben mit senkrechten Axen, über welche eine Kette ohne Ende läuft. An das neben der Geradföhrung liegende Kettentrum ist das landseitige Ende der Schubstange befestigt, wird also durch Drehung der Kettenscheiben in dem einen oder anderen Sinne geradlinig hin und her bewegt. Die eine der Scheiben kann durch Maschinenbetrieb, die andere als Reserve durch Handbetrieb bewegt werden.⁹⁰⁾

Sprossenbaum und Zahnstange. Für kleinere Schleusen ist ferner ein gezahnter Schiebebaum (Sprossenbaum) sehr geeignet, der mittels eines durch eine Winde gedrehten Triebrades hin- und hergeschoben werden kann. So sind die in F. 1—6, T. VIII und Fig. 211 dargestellten Vorrichtungen der Schleusen zu Breslau und Berlin eingerichtet. In beiden Fällen bestehen die Stangen aus zwei Schienen mit dazwischen genieteten Sprossen. Die Stangen bewegen sich unter den Deckplatten, um den Verkehr nicht zu hindern.

Fig. 211. M. 0,025 (1:40).

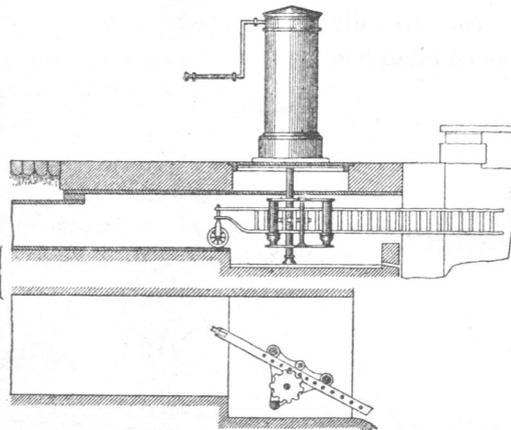
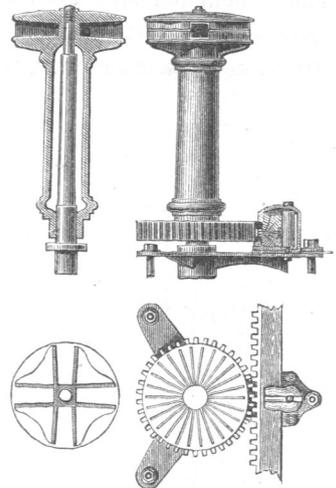


Fig. 212.



Für stehende Winden mit langen Dreharmen (Gangspill) wird oft eine hölzerne kreisförmige Bahn mit radialen vortretenden Leisten zum festeren Auftreten und Stemmen der drehenden Arbeiter angebracht. Die Handspeichen solcher Winden sind des Verkehrs auf der Schleuse wegen oft nur lose in dem Kopf der Winde; alsdann ist aber nach einer schönen Einrichtung an der alten Harburger Schleuse (Fig. 212) die Winde von Gußeisen herzustellen. Zum festen Eingreifen der Zahnstange sind hier wie in den

⁸⁹⁾ Ann. des ponts et chaussées 1886, II, S. 673.

⁹⁰⁾ Ann. des ponts et chaussées 1886, I, S. 745.

beiden vorigen Fällen Druckrollen unentbehrlich, die jedoch der Zahnstange die nötige Veränderung ihrer Richtung gestatten müssen und deshalb in der Regel beweglich gelagert sind. Damit die Zahnstange in wagerechter Lage erhalten werde, muß man dieselbe auf festen Rollen mit wagerechter Axe lagern oder sie auch wohl am landseitigen Ende mit Rollen versehen, welche den unter Möbelfüßen gebräuchlichen ähnlich sind und auf einer ebenen Bahn laufen.

Die größte Anwendung der Zahnstange dürfte diejenige an den Thoren der Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals sein, welche jedoch hier durch hydraulische Dreicylindermaschinen bewegt werden. Es ist aber Einrichtung getroffen, daß, falls die Maschinenkraft versagen sollte, eine Bewegung mittels Spills und Handspeichen-Betrieb möglich ist. Die Zahnstangen bestehen aus starken C-Eisen mit dazwischen gesetzten profilierten Zähnen ähnlich den Zahnstangen der Zahnradbahnen und greifen ungefähr in der halben Länge der Thore etwa 1 m über dem mittleren Kanalwasserspiegel an.

Das Druckwasser gelangt von einer Centralmaschinen-Anlage zu den hydraulischen Motoren, die in den Maschinenkammern jeder Schleusenmauer aufgestellt sind. Im allgemeinen ist die Anordnung so getroffen, daß mehrere hydraulische Motoren an einer gemeinsamen Welle arbeiten, von welcher aus durch ausrückbare Räderübersetzung je nach Bedarf entweder die Thore auf- und zuge dreht, die Schützen der Umläufe und Sperrthore gehoben oder gesenkt oder endlich die Spills angetrieben werden. Durch besondere Vorrichtungen in der Rohrleitung des Druckwassers wird bewirkt, daß die entsprechenden Teile auf beiden Seiten derselben Schleuse gleichzeitig mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden. Die gleichen Einrichtungen ermöglichen es auch, daß sämtliche Bewegungen von der Mittelmauer der Schleusen aus veranlaßt werden können. Nur zur Aufsicht und zu wenigen, selten vorkommenden Handleistungen wird auf den Seitenmauern eine geringe Bedienungsmannschaft erforderlich. Ferner ist zu bemerken, daß die entsprechenden vier Sperrthore der beiden Schleusen zwangläufig dieselben Bewegungen ausführen, daß die Sperrthore außer den Zahnstangen noch Rückhaltketten mit Gewichten haben und daß der Druck des Betriebswassers 50 Atm. beträgt.⁹¹⁾

Da mehrere Motoren an gemeinsamer Welle arbeiten, kann jede Bewegung durch mehrere Kraftmaschinen ausgeführt werden, sodaß größtenteils für jede Bewegung außer der eigentlichen Betriebsmaschine ein doppelter Ersatz vorhanden ist. Diese Sicherheit dürfte aber mit den betreffenden Kosten (für Holtenu und Brunsbüttel einschließlic der Centralanlagen zusammen fast $2\frac{3}{4}$ Millionen Mark) zu teuer bezahlt sein, zumal sie sich auf die gefährdetsten Teile, die Zapfen, Halsbänder, Zahnstangen und eingreifenden Triebräder, die ohne Reserve bleiben müssen, doch nicht erstrecken kann. Mit Rücksicht hierauf wäre ein einfacher Ersatz passender und billiger gewesen.

Jene Gefahr besteht bei Zahnstangenbetrieb darin, daß die Stange zwischen dem Thor und Getriebe eine wenig elastische Verbindung bildet, sodaß alle Stöße, welche das Thor treffen, leicht das Getriebe schädigen.⁹²⁾ Jeder Antrieb durch Ketten oder Seile ist in dieser Beziehung günstiger, weil er stets elastisch ist. Man sollte daher die Zahnstangengetriebe so einrichten, daß das eingreifende Trieb rad ausgertückt wird, sobald das Thor geöffnet oder geschlossen ist. Ein fernerer Nachteil besteht darin, daß sich in den Zähnen der Stange leicht Schmutz festsetzt, der die Widerstände vermehrt. End-

⁹¹⁾ Begleitschrift zu dem auf der Weltausstellung zu Chicago ausgestellten Modelle der Schleusen.

⁹²⁾ In der That ist bereits wenige Wochen nach der Eröffnung sowohl in Holtenu, als auch in Brunsbüttel je ein Bruch der Trieb radwellen vorgekommen.

lich ist es bei großen Thoren namentlich von Doppelschleusen oft schwierig, die lange Zahnstange unterzubringen. So mußten die Mittelmauern der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals um 1 m verstärkt werden, weil sonst die Kästen für die Zahnstangen in denselben nicht Platz gehabt hätten, trotzdem die Länge der Stangen bei dem Angriff in der halben Länge des Thores bereits möglichst eingeschränkt war.

Anstatt einer Zahnstange hat man auch unmittelbar auf das Thor wirkende hydraulische Pressen angewandt, so bei den Schleusen des Schelde-Maas-Kanals⁹³⁾

Fig. 213. Barry-Dock in Cardiff.

M. 1: 450.

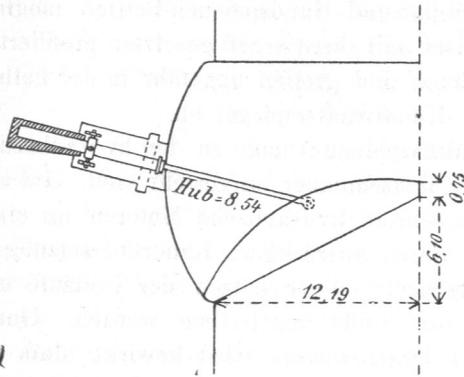


Fig. 214 u. 215. Schleuse bei Evry.

Fig. 214. Schnitt A B.

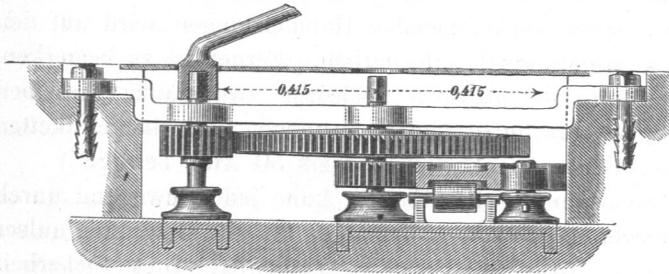
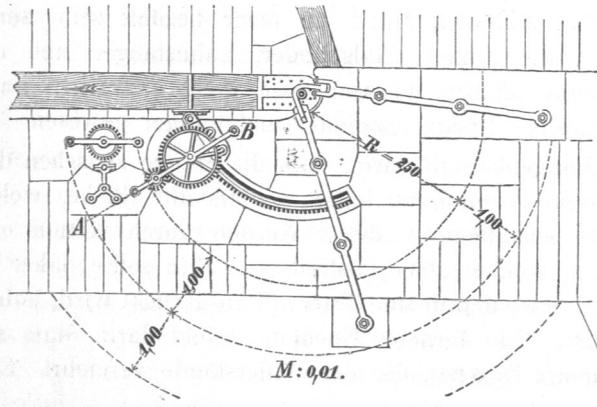


Fig. 215.



von 5,2 m Weite für einflügelige Thore und bei dem Barry-Dock zu Cardiff⁹⁴⁾ von 24,38 m Weite für Stemthore. In ersterem Falle ist der Kolben so an dem Thore befestigt, daß der Befestigungspunkt einen Bogen von 1,2 m Halbmesser beschreibt. Bei den Thoren in Cardiff dagegen greift der Kolben ungefähr in halber Höhe und halber Länge derselben an und hat 8,55 m Hub. Der Cylinder ist hier im Mauerwerk so gelagert, daß er nicht nur um eine senkrechte, sondern auch um eine wagerechte Axe gedreht und fast senkrecht aufgerichtet werden kann, wenn man den Kolben vom

Thore gelöst hat. Dies ist geschehen, um einerseits die Thornische für die Bewegung der Thore mit Handbetrieb während der Reparatur an den Pressen frei zu bekommen, sowie andererseits, um die Stopfbüchsenpackung bequem nachsehen zu können. Sollen auch die Cylinderlager nachgesehen werden, so wird der im hinteren Teile brunnenartige Cylinderschacht durch Einsetzen von Dammbalken in die Vorderkante der Thornische dicht gemacht und leer gepumpt. Fig. 213 zeigt den Grundriß der Anlage. Behufs Öffnung der Thore sind die Cylinder doppelt wirkend anzuordnen. Die volle Bewegung der Thore, die gegen 0,46 m Überdruck geöffnet und bei durchgehender

⁹³⁾ Ann. des ponts et chaussées 1883, II, S. 6.

⁹⁴⁾ Barkhausen. Über einige neuere englische Seeschleusen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 419.

Strömung geschlossen werden, dauert 40—60 Sekunden. Auch bei dieser Anordnung müssen Stöße gegen die Thore den Bewegungsmechanismus gefährden. Es empfiehlt sich daher, zum Schutze der Cylinder Sicherheitsventile anzuordnen.

Gezählter Quadrant. Bei französischen Kanalschleusen findet man oft einen gezählten Quadranten, welcher fest an der Außenseite des Thorflügels sitzt und durch ein auf oder in der Schleusenmauer befestigtes Zahnrad bewegt wird.

Die Figuren 214 und 215 zeigen die für die Schleuse bei Evry (Fig. 71 bis 75, S. 148 u. 149) getroffene Anordnung im Grundriß (Fig. 215) und im senkrechten Durchchnitt nach *AB* (Fig. 214). Aus letzterem ist besonders das kräftige Vorgelege, sowie die Unterstützung und Führung des Quadranten zu ersehen. Bei verschiedenen anderen französischen Kanalschleusen kommen auch solche durch Speichen verstärkte Zahnquadranten vor, bei denen alsdann die Unterstützung und Führung wegfällt, die Lagerung des Getriebes jedoch etwas unbequemer wird. Der Quadrant besitzt in der Regel einen Halbmesser gleich einem Viertel der Flügelänge. Je nachdem der Betrieb durch Menschenkraft oder Maschinenbetrieb erfolgen soll, bestimmt sich die Übersetzung bezw. der Halbmesser des Zahnkranzes (q in Formel 47 bis 49) aus dem Zahndruck Q der Formel 49. Für große Thore werden die Quadranten zu unhandlich und sind daher für diese wenig geeignet. In Bezug auf die Gefährdung durch Stöße gilt für sie das bei den Zahnstangen Gesagte.

Ketten. Die gebräuchlichste Art der Bewegung bei Stemmtoren großer Seeschleusen ist die durch Ketten. Hiervon geben die zur Geestemünder Schleuse gehörenden F. 13, T. VII und F. 10, T. IX, sowie Fig. 216 ein Beispiel, wengleich nicht mit allen Einzelheiten. Der Angriff der Ketten geschieht ungefähr in der Höhe des Niedrigwassers; die Ketten werden durch Rollenkasten, welche nach Fig. 217 eingerichtet und im Mauerwerke befestigt sind, hindurchgeführt und gelangen durch einen schräg aufsteigenden Schacht (siehe F. 13, T. VII) zu der Windetrommel. Fig. 216 zeigt nun eine der zwei Doppelwinden, welche in F. 10, T. VII in der Mitte zwischen dem Flutthore und dem äußeren Ebbethore stehen und nur zum Schließen dieser beiden Thore dienen. Zum Öffnen und Schließen der sechs Thorflügel sind im ganzen zwei Doppelwinden und acht einfache Winden erforderlich. Durch die in Fig. 216 gezeichneten Händel, welche mit ihrem unteren Teile bei *e* und *h* fest an der Winde sitzen und durch aufgesteckte Verlängerungen nur durch die Wärter bewegt werden, kann nach Belieben jede der Trommeln *f* und *g* einer Doppelwinde mit der Axe gekuppelt werden. Das Vorgelege besitzt nach der Lage der verschiebbaren Kurbelaxe eine Übersetzung von 1:50 und 1:25, je nachdem die Thore vor der vollständigen Ausgleichung des Wassers, bei

Fig. 216.

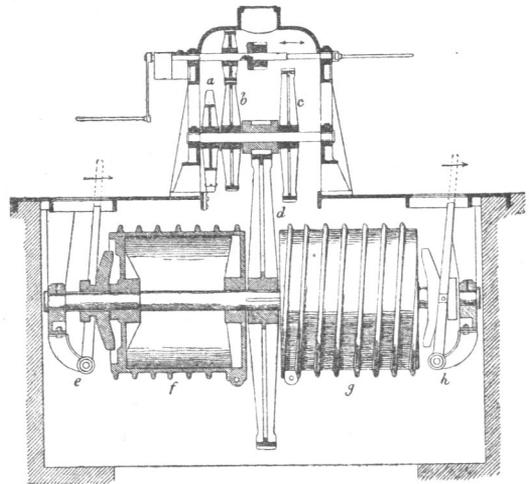
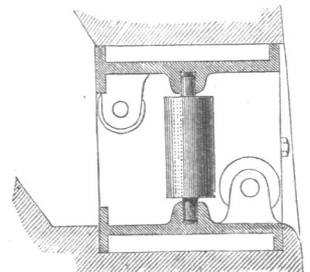
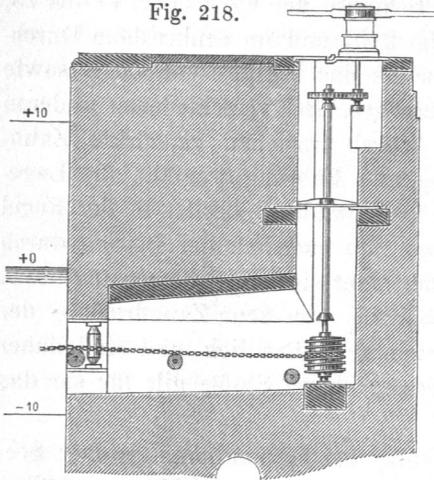


Fig. 217.



starkem Wind u. s. w. oder unter geringem Widerstande gedreht werden. Es kommen dann bezw. entweder die Zahnräder *c* oder *b* zum Eingriff mit den betreffenden auf der Kurbelaxe sitzenden Triebrädern, während das große Zahnrad *d* von dem fest-sitzenden Triebbad der Mittelaxe stets gedreht wird. Auf dieser Axe sitzt auch ein Bremsrad *a*, um die Bewegung der Trommeln bei dem Ablaufen der für das Durchschleusen niederzulassenden Ketten mäßigen zu können. Die Ketten haben 25 mm

Fig. 218.



Dicke, um die nötige Stärke auch auf die Dauer zu besitzen. Die Winden werden in der Regel von vier Mann bedient, welche bei dem völligen Hineinziehen in die Thornsichen mit voller Kraft arbeiten müssen. Es muß hierfür aufer der bereits mehrfach erwähnten Schwierigkeit, die das Wasser in der Nische zum Entweichen findet, auch besonders die Ablagerung des Schlicks in den Ecken der Thorkammer als Ursache angesehen werden. Letzterer durch die Bewegung der Thore noch verstärkte Umstand ist nur durch kräftige Spülvorrichtungen erfolgreich zu bekämpfen, s. § 7.

Bei anderen Schleusen, wie z. B. bei einer Schleuse des Hafens für Brake an der Weser, ist die Winde als stehende Winde (Fig. 218) ange-

bracht. Aufer der Notwendigkeit, die Arbeiter im Kreise gehen zu lassen, ergibt sich für die Windetrommel das Bedenken, daß sie bei tiefer Lage unter Wasser kommt und unter ungünstigen Umständen bei starkem Froste festfrieren kann. —

Hydraulische Apparate. Um bei großen Seeschleusen die Bewegung der Thore zu erleichtern, namentlich dabei die sonst erforderliche große Anzahl von Arbeitern zu ersparen und um dabei, wie auch bei binnenländischen Schleusen, die Zeit der Bewegung möglichst zu verkürzen, hat man schon seit einer Reihe von Jahren, namentlich in England, hydraulische Apparate angewandt. Wieviel an Arbeitslohn erspart und im Vergleich zu den Kosten der allerdings meistens teuren hydraulischen Anlage gewonnen wird, kann im einzelnen Falle nur durch eine vergleichende Berechnung ermittelt werden. In der Regel geschieht auch die Bewegung mit hydraulischer Kraft nur dann, wenn dieselbe auch zu anderen Zwecken, z. B. für Krane, Drehbrücken und dergl. verwandt wird, weil dadurch die Kosten der Druckpumpe, des Akkumulators u. s. w. am besten ausgenutzt werden. Ebenso pflegt mit der Bewegung der Thore auch die der etwaigen Umlaufschützen, Cabestans u. s. w. durch hydraulische Kraft verbunden zu sein und kann das für jene Gesagte auch für diese im allgemeinen gelten. Bei frequenten Schleusen ist der Gewinn an Zeit unzweifelhaft ein sehr bedeutender, indem selbst große Seeschleusenthore in zwei bis drei Minuten hydraulisch zu bewegen sind, während die Bewegung mit Menschenkraft das 5- bis 6fache an Zeit erfordert. Ob für den Betrieb der Druckpumpe eine Dampfmaschine, oder, wie bei dem unregelmäßigen Betriebe gewifs in vielen Fällen vorteilhafter sein dürfte, eine Gaskraftmaschine oder ein Petroleum-Motor anzuwenden ist, muß nach den örtlichen und Betriebsverhältnissen entschieden werden.

Um an einem Beispiele die hierbei ausschlaggebenden Erwägungen vorzuführen, mögen die in vielen Beziehungen gleichen, in anderen aber wieder sehr verschiedenen Verhältnisse der Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals näher besprochen werden.

Beide Schleusen werden von denselben Schiffen benutzt, haben daher dieselbe Weite, während aber die Schleuse in Brunsbüttel — mit nur kurzen Unterbrechungen zur Zeit der Ebbe — Tag und Nacht, jahraus, jahrein in Thätigkeit sein muß, wird die Schleuse in Holtenau durchschnittlich nur etwa 25 Tage in jedem Jahre geschlossen werden müssen, während 340 Tagen aber offen stehen. Die Dauer der Thätigkeit dieser Schleuse wird selten 24 Stunden übersteigen, die Länge der Pausen zwischen den einzelnen Thätigkeitsperioden, welche ausschließlich vom Winde abhängen, ist aber ganz unberechenbar. Für den durchaus regelmässigen Betrieb in Brunsbüttel würde also die maschinelle Centralanlage so einzurichten sein, daß die Dampferzeugung zur Beschaffung des Druckwassers eine möglichst billige sei, während auf die Schnelligkeit, mit welcher die Kessel den zum Betriebe erforderlichen Dampfdruck erreichen, kein Wert zu legen ist. Es wird ferner erforderlich sein, daß Reserve an Dampferzeugern und Maschinen vorhanden sei, um auch bei ununterbrochenem Betriebe die erforderlichen Reinigungen und Reparaturen ausführen zu können. Der Akkumulator für das Druckwasser dagegen hat hier mehr den Wert eines Regulators, um bei Unregelmäßigkeiten der Häufigkeit der Schleusungen eine Überanstrengung der Maschinen zu vermeiden und nach Bedarf so lange mitzuhelfen, bis unter verstärkter Arbeit der im Betriebe befindlichen Maschinen eine Reservemaschine mit eintreten kann. Der Kraftsammler wird daher nur von mässiger Grösse zu sein brauchen.

Wesentlich anders stellen sich die Forderungen für die Holtenauer Schleuse. Da nur $\frac{1}{14}$ des Jahres ein Schleusenbetrieb stattfindet, während $\frac{13}{14}$ aber die Maschinen stillstehen, so ist ein sparsamer Brennmaterialverbrauch weit weniger wichtig, als ein schnelles Inbetriebsetzen der Maschinen. Für kleine Schleusen, welche die dortigen Betriebsverhältnisse darböten, würden daher Gas- oder Petroleum-Motoren, auch wenn sie für die Stunde und Pferdekraft bedeutend teurer arbeiteten, den Vorzug vor Dampfmaschinen verdienen können. Wo aber wegen der örtlichen Verhältnisse Dampfmaschinen gewählt werden müßten, würde dem Akkumulator eine wesentlich andere Rolle zukommen, als in Brunsbüttel. Man hätte nämlich die Dampfmaschinen in solchem Falle nur so stark einzurichten, daß dieselben das Druckwasser für eine mittlere Zahl von Schleusungen unmittelbar zu liefern im stande wären, und würde dieselben erst anheizen, wenn mit Sicherheit der Schluß der Schleusenthore zu erwarten wäre. Der Kraftsammler aber müßte so viel Druckwasser aufspeichern können, daß er nicht nur den ganzen Bedarf vom Beginn der Schleusungen bis zur Inbetriebsetzung der Maschinen allein decken könnte, sondern auch den Mehrbedarf, welcher über die regelmässige Lieferung der Maschinen bei eintretendem Höchstbedarf der Schleusen nötig wäre. Ein so großer Akkumulator würde dann Reserve-Betriebsmaschinen entbehrlich machen, da die vielen und langen Pausen zwischen den einzelnen Betriebszeiten genug Gelegenheit bieten, die Maschinen in Stand zu halten, und außerdem die Maschinen, welche des Nachts die elektrische Beleuchtung bedienen (vergl. § 26), während des Tages als Reserve des Pumpwerks zum Auffüllen des Akkumulators u. s. w. — auch während der Pausen — benutzt werden können.

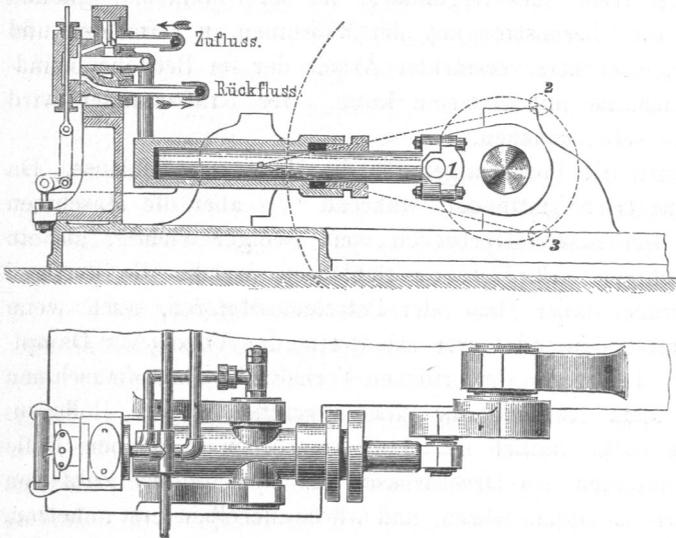
Daß eine möglichste Ersparnis an Betriebspersonal, die selbst bei regelmässigem Schleusenbetrieb erwünscht ist, bei einem Betriebe wie der in Holtenau zu erwartende doppelt zu erstreben ist, versteht sich von selbst.

Derartige maschinelle Anlagen speciell zu entwerfen ist allerdings nicht Sache des Bauingenieurs. Es ist vielmehr in solchem Falle am zweckmässigsten, durch Veranstaltung eines Wettbewerbes die speciellen Erfahrungen der Privatindustrie heranzu-

ziehen und, um dies in möglichst ausgedehntem Mafse zu können, unter Forderung bestimmter Gewährleistung dabei die Wahl der Kraftübertragung (ob unmittelbar oder durch Druckwasser, Prefsluft oder Elektrizität) freizustellen. Diejenige Anlage, deren Herstellungs- und kapitalisierten Betriebskosten am niedrigsten bleiben, würde dann die vorteilhafteste sein. — Ein solcher Wettbewerb erfordert aber selbstverständlich ein genaues, von seiten der Bauverwaltung aufzustellendes Programm (durchschnittliche Leistung, höchste Leistung in 24 Stunden, durchschnittliche und längste Dauer einer Arbeitszeit u. s. w.), und um ein solches aufstellen zu können, sind obige Erwägungen für den Bauingenieur unerlässlich, wenn nicht die Anlage unverhältnismäßig kostspielig werden soll.

Die hydraulischen Treibapparate sind fast stets entweder rotierende Maschinen mit drei Cylindern (s. Fig. 219, in welcher jedoch nur ein Teil des Grundrisses angegeben ist), welche ihre Kraft auf Windtrommeln übertragen, oder einfache Treibcylinder mit Flaschenzügen.

Fig. 219.



Bei ersterem, vorzugsweise nur in England angewandten System sind die Cylinder verhältnismäßig klein, oft nur von 7 cm Durchmesser, dagegen bewegen sich die Kolben und Schieber mit großer Geschwindigkeit, indem 200 bis 300 Spiele des Kolbens in der Minute erfolgen; die verhältnismäßig geringe treibende Kraft erfordert deshalb noch eine Übersetzung durch Zahnräder oder dergl. in der Winde. Bei den einfachen Treibcylindern macht der Kolben für die beabsichtigte ganze Bewegung nur einen einzigen

großen Hub, der Durchmesser und daher auch die treibende Kraft sind verhältnismäßig groß, während der Weg des am Schleusenthore befestigten Kettenendes durch den Flaschenzug 4 oder 6 mal verlängert wird. Weil die Bewegung des Thores oder Schützes hin und her gleich groß ist, so erhält entweder jeder Treibcylinder bald von oben und bald von unten sein Druckwasser oder es liegt jedem Treibcylinder ein entsprechender Gegencylinder von gleicher Länge, jedoch nicht einer von gleichem Durchmesser gegenüber. In letzterem Falle wird durch die feste Verbindung der beiderseitigen Kolben miteinander und die geeignete Steuerung der beiderseitigen Ventile bei dem Vorgange des einen Kolbens der andere zurück- und das Wasser des zugehörigen Cylinders als Rücklaufwasser aus demselben herausgetrieben. Ähnlich treibt auch bei der rotierenden Maschine stets einer der drei Cylinder das Wasser eines anderen rückwärts in die Rücklaufleitung. Die in England gebräuchlichen rotierenden Maschinen scheinen nun zu dem gedachten Zwecke wenig dauerhaft zu sein, indem ihre Aufstellung nicht genügend geschützt und nicht so geschehen kann, wie sie bei der Feinheit ihres Mechanismus und der Geschwindigkeit der Bewegungen erforderlich ist. Dazu verursachen die kleinsten Unreinigkeiten in dem Druckwasser, z. B. Fäden von Zeug u. s. w., Störungen in den

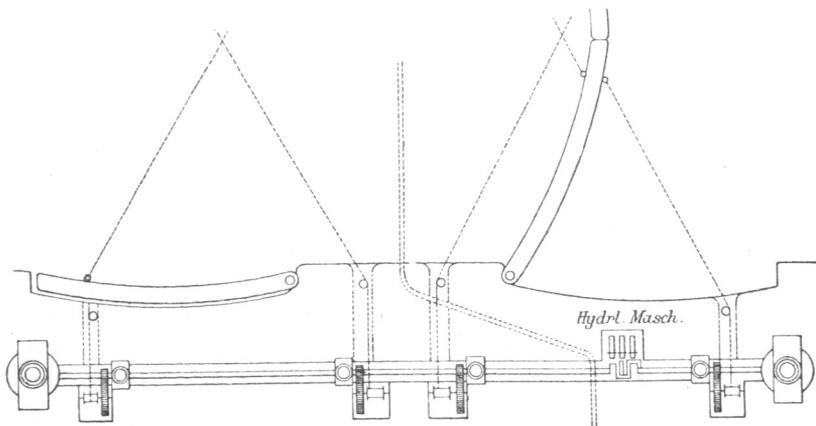
Schiebern. Die großen, einfachen Cylinder erfordern wohl größere Anlagekosten, sind aber wegen ihrer langsamen Kolbenbewegung und des einfacheren Mechanismus weit robuster und zuverlässiger als jene.

Einzelheiten. Einige Beispiele mögen die mannigfaltigen Einzelheiten in Kürze angeben. Zunächst sind zwei Anordnungen zu erwähnen, welche eine Überführung des Druckwassers von einer Schleusenwand auf die andere durch einen Tunnel oder Düker, sowie Bedienungsmannschaften auf jeder der beiden Wände bedingen.

Die Bewegung von 16 Thorwinden der im Jahre 1880 vollendeten neuen Schleuse zu Harburg, welche auf Tafel V dargestellt ist, wird durch hydraulische Kraft bewirkt. Es ist neben dem Innenhaupt der Schleuse (wie aus der Figur zu ersehen ist) ein eigenes Gebäude zur Aufnahme eines Akkumulators und einer durch eine Gasmaschine getriebenen Druckpumpe errichtet, und von diesem Ufer zum anderen sind je ein Hauptdruckrohr und ein Rücklaufrohr durch einen quer unter dem Kammerboden der Schleuse liegenden, 1 m weiten dükerartigen Kanal geführt. Das Druckwasser arbeitet überall in einfachen Treibcylindern, von deren Kolben die Kraft mittels Flaschenzügen bzw. Zahnstangen auf die Umlaufschützen übertragen wird. Indem für die Öffnung und Schließung jedes Thorflügels zwei sich genau gegenüberliegende Cylinder vorhanden sind, von denen abwechselnd der eine der Druckcylinder ist, während der andere als Gegencylinder dient, so kann durch das Ziehen eines und desselben Hebels von der Oberfläche der Schleusenmauern aus immer gleichzeitig der betreffende Druckcylinder entlastet und der Gegencylinder gefüllt werden. Die Druckrohre zweigen sich von jedem Hauptstrange ab und gehen innerhalb der aus dem Querschnitt F. 14, T. V ersichtlichen, von oben durch Lichtöffnungen erhellten Kanäle von 2 m Weite und Höhe erst nach den Ventilkasten und von dort nach ihren betreffenden Cylindern. Zwischen Ventilkasten und den Cylindern dienen dieselben Rohre sowohl als Druck- als auch als Rücklaufrohre.

Die Kolben je zweier zusammengehörigen Cylinder für die Bewegung der Thore sind durch einen kleinen Wagen mit dreirolligem Flaschenzug verbunden (ähnlich wie in Fig. 224 u. 225, S. 273). Die Ketten zum Öffnen der Thore gehen von diesem Flaschenzuge aus über eine feste, im Innern des Mauerwerks liegende Leitrolle, treten aus den in F. 12, T. V ersichtlichen großen Öffnungen der Thorkammernischen und fassen die Thore an der äußeren Seite, etwa auf $\frac{1}{3}$ ihrer Länge von der Schlagsäule. Die Ketten zum Schließens der Thore fassen diese an der inneren Seite und ganz unten, laufen über eine horizontale Rolle, welche auf den Thorkammerboden dicht vor dem 0,6 m hohen Dremelabsatz befestigt ist, gehen von hier über den Thorkammerboden nach einer vertikalen Rolle an der Seitenwand, dort in einem vertikalen Schlitz in der Mauer hinauf

Fig. 220. Schleuse in den Jarrow-Docks (Tyne).



(s. F. 14, T. V) und endlich durch eine Öffnung über eine Leitrolle bis an den Flaschenzug der Cylinder. Sämtliche Leitrollen haben 0,4 m Durchmesser. Die Ketten sind mit Spann- und Regulierungsvorrichtungen versehen (ähnlich wie bei der Schleuse in Bordeaux).

In Fig. 220 (S. 271) ist die in den Jarrow-Docks an der Tyne im Jahre 1858 ausgeführte Anordnung dargestellt, wobei jedoch nur eine Hälfte der Schleuse gezeichnet ist und die andere gleiche Hälfte hinzugegacht werden muß. Das für beide Seiten gemeinsame Druckrohr geht nach der punktierten Linie unter dem Schleusenboden hindurch und treibt auf jeder Seite die auf der rechten Seite der Figur ange-

Fig. 221 bis 223. Schleuse zu Keokuk.

Fig. 221. Ansicht und Schnitt durch das Thor. M. 0,005 (1:200).

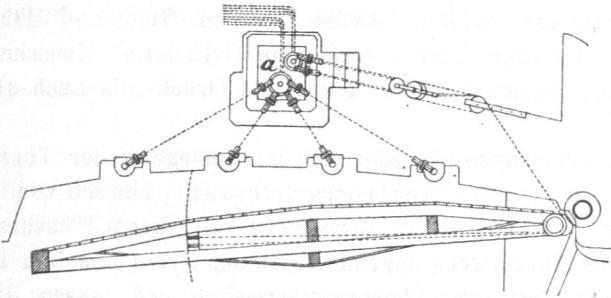
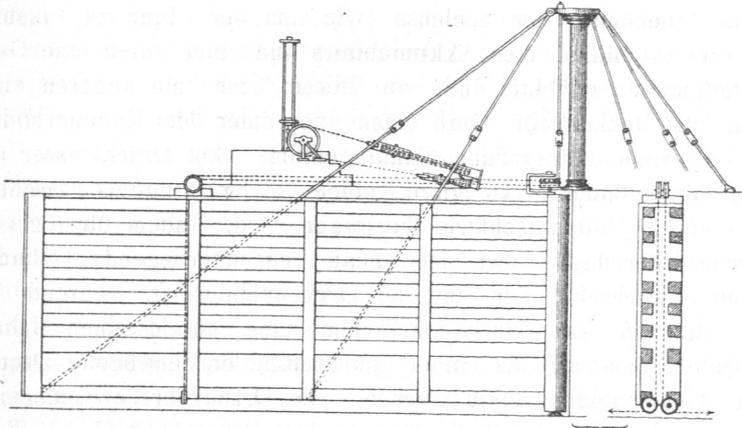
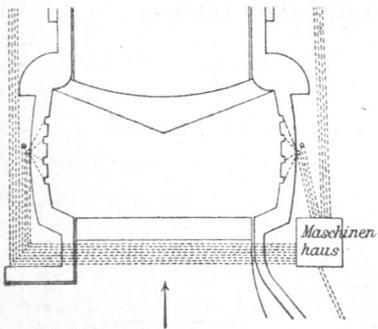


Fig. 222. Grundrifs einer Thornische.

Fig. 223. Grundrifs des Oberhauptes. M. 0,001.



Unterrahmstück befindlichen beiderseitigen Rollen, von wo aus beide Seile ganz verschiedene Richtungen annehmen, indem das eine unten an der Thornische, das andere am DrempeI befestigt ist. Wird nun der

gegebenen drei Cylinderkolben, von denen die Bewegung auf eine parallel zur Schleusenaxe liegende Welle übertragen wird. Die auf dieser Welle sitzenden Triebräder können nach Belieben in die großen Zahnräder der liegenden Windtrommeln ein- oder ausgerückt werden. Von den letzteren gehen die Zugketten über Leitrollen durch geeignete Kanäle und Schächte nach den Vorder- und Hinterseiten der Thorflügel. Vgl. Engineer 1873, April.

Bei der Schleuse zu Keokuk im Kanale des Moines⁹⁵⁾ ist zwar auch ein Düker vorhanden, die gesamte Bedienung erfolgt aber vom Maschinenhaus aus. Hinter dem Treibcylinder *a* der Umlaufschütze steht, wie aus Fig. 222 hervorgeht, der in Fig. 221 erkennbare Treibcylinder für die Bewegung der Thorflügel, während in dieser Figur der Treibapparat der Schützen

nicht gezeichnet ist. Es sei ferner darauf aufmerksam gemacht, daß die in Fig. 221 neben dem Treibcylinder sichtbare Rolle eine ebensolche, im Grundrifs Fig. 222 erkennbare verdeckt, andererseits ist in dieser Figur nur ein Flaschenzug gezeichnet, während nach Fig. 221 zwei derselben übereinander befindlich sind. Die untere Hälfte dieser Flaschenzüge liegt fest, die obere ist beweglich, wobei jedoch ihr Gewicht durch kleine, auf einer geneigten festen Bahn laufende Räder aufgenommen wird. Diese Räder nebst den Bahnen sind ebenfalls nicht gezeichnet. Von den beiden siebenfachen Flaschenzügen geht jedes lose Seilende (s. Fig. 222) zunächst nach je einer horizontal und genau über der Drehaxe des Thorflügels liegenden Rolle (siehe Fig. 221), von dort nach je einer auf dem Oberrahmstück des Thores befindlichen vertikalen Rolle, dann hinab nach den am

⁹⁵⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1877.

obere bewegliche Teil einer der beiden Flaschenzüge nach dem Treibcylinder hingezogen, so entsteht in diesem Flaschenzuge eine Zugkraft, welche das von ihm nach dem Thorflügel gehende Seil nach dem Flaschenzuge hinzieht. Dadurch wird aber die Länge des zwischen einem der beiden Befestigungspunkte und dem festen Teile des betreffenden Flaschenzuges befindlichen Seiles verkürzt, folglich der Thorflügel nach jenem Befestigungspunkte hingedrängt. Ist z. B. derjenige Flaschenzug, dessen Seilende an der Thornische befestigt ist, der nach dem Treibcylinder hingezogene, so öffnet sich das Thor, ist es der andere, so geht das Thor zum Dremel und schließt sich. Selbstverständlich muß der eine Flaschenzug passiv sein, während der andere aktiv ist. Zu diesem Zwecke und um jeden Flaschenzug nach dem Treibcylinder hinzuziehen, ist wieder zwischen jedem Flaschenzuge und der Verlängerung des Treibkolbens eine Verbindung mit je einem Drahtseile angebracht. Es ist nämlich das eine Seil an einem unteren Punkte der Kolbenverlängerung befestigt, geht aufwärts über eine der in Fig. 221 u. 222 sichtbaren Rollen, umschlingt diese, geht von dort über eine kleine am beweglichen Teile des einen Flaschenzuges sitzende Rolle, von dort zurück über die andere neben dem Treibcylinder befindliche Rolle, umschlingt diese und ist endlich wieder am unteren Punkte der Kolbenverlängerung befestigt. Das andere Seil geht umgekehrt von dem obersten Punkte derselben aus, macht einen ähnlichen Weg nach dem anderen Flaschenzug und kehrt nach dem oberen Teile der Kolbenverlängerung zurück. Macht nun der Treibkolben im Treibcylinder einen Weg von 1,83 m aufwärts oder abwärts, so zieht das betreffende Seil den beweglichen Teil des einen Flaschenzuges heran und läßt den des anderen auf seiner Bahn herabgleiten, wobei der Thorflügel mit seinen unteren Seilrollen einen Kreisbogen von 12,81 m Länge beschreibt, d. h. geöffnet oder geschlossen wird.

In Fig. 223 sind nun 18 von dem Maschinenhause ausgehende, 5 cm weite Druckrohre punktiert angedeutet, indem nach jedem Treibcylinder zwei gehen, eins nach unten, eins nach oben und die eine Hälfte derselben unter dem Oberhaupt der Schleuse hindurchgeführt ist. Zwei Druckrohre (s. Fig. 223 unten rechts) gehen nach dem Schütz eines neben der Schleuse liegenden Freigerinnes. Dieser ganze, anscheinend weitläufige Mechanismus wird in einfachster Weise von einem einzigen, in dem Maschinenhause befindlichen Maschinisten bedient. Derselbe öffnet, sobald er ein Schiff am Oberhaupte ankommen sieht, durch einen mit dem Wort „Oberthor“ versehenen Steuerungshändel die Oberthore, läßt das Schiff einfahren, schließt ebenso die Oberthore, öffnet die Umläufe des Unterhauptes u. s. w., wobei jedesmal nur eine Bewegung von ihm zu machen ist. Über den weiteren maschinellen Apparat, insbesondere die Steuerungsvorrichtungen, muß auf die oben bezeichnete Quelle verwiesen werden. —

Die Unbequemlichkeit der Untertunnelung des Schleusenhauptes zur Überführung der Druckwasserleitung suchte man zum erstenmale bei den Schleusen zu Bordeaux (T. VII, F. 4—6) zu vermeiden. Die Anlage, welche 1879 gebaut wurde, hat sich dort sehr gut bewährt und ist außerordentlich billig; sie kostete nämlich für jedes Thor nur 5200 M.

Nach den Figuren 224 bis 228 besteht der Apparat aus dem Motor, der Transmission und dem Regulator oder Gegengewicht.

Der Motor besitzt die übliche Anordnung von zwei gleichen horizontalen, sich gegenüberliegenden Cylindern, deren Kolbenenden auf einer gemeinschaftlichen Axe je zwei in einem Rahmen liegende lose Rollen tragen. Dieser Rahmen bewegt sich zwischen zwei seitlichen Führungen. Am hinteren Ende jedes Cylinders sitzen zwei feste Rollen. Zwei Ketten, welche mit einem ihrer Enden an je einen Cylinder befestigt sind, gehen über die vier Räder eines Cylinders und bilden somit je zwei getrennte Flaschenzüge, deren Bewegung jedoch durch jenen Rahmen gemeinsam gemacht ist, sodaß sich die eine Kette um ebensoviele Länge aufwickelt als die andere frei wird, wobei der eine Cylinder für das Öffnen, der andere zum Schließen des Thores dient.

Fig. 224 bis 228. *Bordeaux.*

Fig. 224 u. 225. Längenschnitt und Ansicht.
Grundrißs.

Fig. 226.
Gegengewicht.

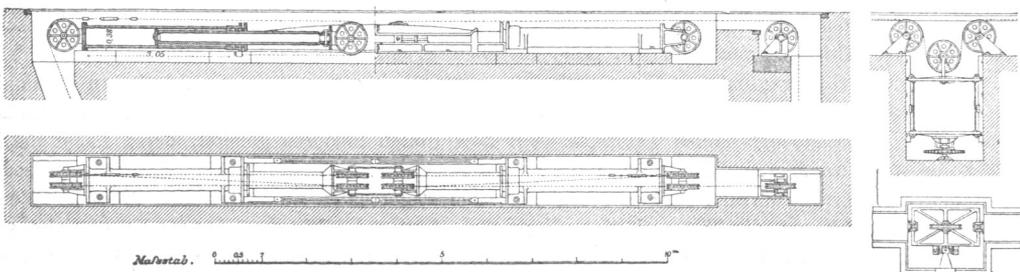
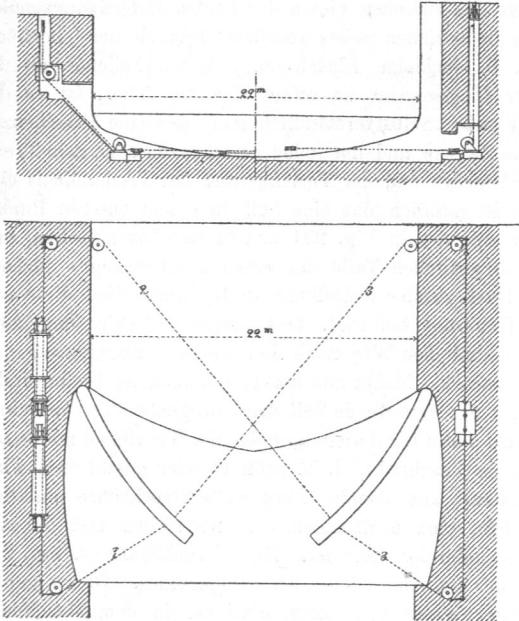


Fig. 227 u. 228. Schnitt durch Kammer und Thorkammer.
Grundrißs.



Verfolgt man nun in Fig. 227 die Thätigkeit der drei Ketten, so ergibt sich, daß die erste und zweite stets abwechselnd aktiv oder passiv sich verhalten, und daß die zeitweilig aktive auch die dritte Kette so in Thätigkeit setzt, daß die beiden Thorflügel genau dieselbe Bewegung erhalten. Die dabei in der dritten Kette entstehende Spannung hebt das regulierende Gegengewicht um ein geringes, aber in der Kettenrichtung sich verdoppelndes Maß; hört aber die Spannung in der Kette auf, so sinkt das Gegengewicht auf sein Auflager.

Die Befestigungspunkte der Ketten müssen offenbar niedrig liegen, damit bei geöffneter Schleuse die ungespannten Ketten (also namentlich die Ketten 2 u. 3) sich mit geringer Senkung sofort auf den Boden legen; ferner müssen diese Punkte an den beiden Thürflügeln genau korrespondieren, weil die Bewegung der letzteren eine genau symmetrische sein soll. Weil die Thore mit Laufrollen versehen sind, wie im vorliegenden Falle, müssen die Ketten möglichst in der Nähe der Laufrollen befestigt sein, um die Zugkräfte dem Hauptwiderstande am nächsten zu bringen. Übrigens sollen die Ketten, sobald sie gespannt sind, frei und ohne Reibung über den Boden hinweggehen und sich bei ihrer Kreuzung nicht berühren. Endlich ist zu beachten, daß die Spannung der Ketten je nach der Richtung ihres Angriffs, nach der Stellung der Flügel, wegen der gekrümmten Bahn des Befestigungspunktes, sowie nach der Geschwindigkeit der Bewegung veränderlich ist. Hierfür sind mit Rücksicht auf die unvermeidliche Verlängerung der Kolben, Spannvorrichtungen in Kette 1 und 2 anzubringen, während für Kette 3 die Regulierung des Auflagers am Gegengewicht ausreicht.

Bei dieser Anlage hat sich durch die Erfahrung ergeben, daß der eigentliche Apparat fast mathematisch genau arbeitet, daß er jedoch durch den starken Schlickfall zu leiden hat, indem der auf dem Boden liegende Schlick zuweilen die Ketten in ihrer regelrechten Bewegung hindert und die Thorflügel nicht voll in die Nischen treten läßt. Eine gute Spüleinrichtung des Thorkammerbodens und des von den Ketten berührten Teiles des Kammerbodens scheint in solchen Fällen besonders empfehlenswert. Näheres in einer Mitteilung von Boutan. Ann. des ponts et chaussées 1881, S. 540. —

Um mit zwei Bewegungsmaschinen und zwei Ketten auskommen zu können, hat man im Poplar-Dock die Kettenarme für ein Thor in der in Fig. 229 angedeuteten Weise im Mauerwerke fest verankert, sie dann etwas unterhalb der halben Thorhöhe unter zwei Rollen hindurch geleitet, deren Lager um lotrechte hohle Axen drehbar sind (Fig. 230); die Ketten sind durch die Höhlungen dieser Axen, sodann nach Rollen am oberen Thorrande geführt, von hier nach wagerechten Führungsrollen über der Wendesäule und schließlich auf die Trommel einer Handwinde hinter der Wendesäule, wo sie vereinigt sind; die eine Drehrichtung der Trommel ergibt Öffnung, die andere den Schluß der Thore. Die für je zwei

Die Übertragung der Bewegung geschieht durch Ketten und Räder, wobei drei verschiedene Kettenstränge zu unterscheiden sind, zunächst nach Fig. 224 die beiden ersten Stränge, welche bereits erwähnt sind und je einen Flügel aufsen bzw. innen fassen und öffnen bzw. schließen; der dritte Strang faßt mit seinen beiden Enden genau an den Punkten der beiden Thorflügel an, welche nur durch die Dicke der letzteren von den beiden Angriffspunkten der anderen Kettenstränge getrennt sind und geht von dort über Leitrollen durch zwei vertikale Schächte hindurch nach der Oberfläche der anderen Schleusenmauer. Hier, gegenüber dem auf der anderen Mauer befindlichen Motor, trägt diese dritte Kette nach Fig. 226 eine zwischen zwei festen Rollen hängende lose Rolle, an welcher ein Gegengewicht als Regulator hängt. Dieses besteht aus zwei horizontalen Gufseisenplatten, welche durch vier Stangen verbunden sind. Seitlich ist das Gegengewicht mittels Gleitrollen in einen mit Gleitschienen versehenen Mauerschacht sicher geführt und unten durch ein genau stellbares Auflager unterstützt, sobald die Spannung in der Kette es nicht gehoben hat.

vereinigten Arme etwas zu lange Kette ermöglicht das Schlaffhängen in den geöffneten Thoren durch den infolge zu großer Kettenlänge entstehenden toten Gang der Winde.

Ähnlich ist die Anordnung für die Unterthore der Schleuse bei Wernsdorf des Oder-Spree-Kanales (T. X, F. 20). Es sind hier allerdings für jedes Thor zwei

gesonderte Ketten vorhanden, die aber zusammen so wirken, wie bei der vorigen Anordnung eine Kette. Die eine der beiden Ketten ist bei h in der Thornische an Haken befestigt und dient zum Öffnen, die andere bei h_1 am Drempe und dient zum Schliesen.

Von diesen Punkten gehen dieselben über an den Thoren angebrachte Rollen und zwar:

- Zum Öffnen von h nach einer Rolle VIII am Untertramen des Thores, von da durch ein in das Thor eingefügtes wasserdichtes Rohr (vergl. die Abbildung) hinauf zu einer Rolle VII am Obertramen, von dort längs des Obertramen zu einer Rolle VI, welche über der Drehaxe des Thores angebracht ist und endlich über eine weitere Zahl Leitungsrollen V bis I, welche am Kolben bzw. am Druckcylinder befestigt sind, zu diesem letzteren, um an demselben befestigt zu werden;
- zum Schliesen vom Drempe bei h_1 ebenfalls nach einer Rolle 8 am Untertramen, von dort ebenfalls durch ein wasserdichtes Rohr nach oben und auf einem ähnlichen Wege zum Cylinder S , wo sie wiederum befestigt wird.

Bei der Bewegung der Kolben in den beiden Druckcylindern werden nunmehr die Ketten, da die Rollen an der Spitze der Kolben in einem diese verbindenden Schlitten sitzen, nach der einen oder anderen Richtung hin angezogen bzw. nachgelassen, und die flaschenzugartige Anordnung der Rollen vergrößert die nur geringe Bewegung der Kolben; hierdurch wird die Länge des Kreisbogens erreicht, welchen derjenige Punkt des Thores bei der Bewegung beschreibt, an dem die Kette durch dasselbe hindurchgeht.

Um den an dem Thore befestigten Seitenrollen die Möglichkeit zu gewähren, sich stets in die Richtung der ab- und aufrollenden Kette, d. h. also in die jedesmalige Tangente des Kreisbogens der Thorbewegung zu stellen, sind diese um eine senkrechte Axe drehbar angeordnet, sodafs sie durch den Kettenzug selbst in die richtige Lage eingestellt werden.⁹⁶⁾

In der angeführten Quelle sind noch weitere Einzelheiten namentlich auch über den Maschinenbetrieb angegeben. Als Arbeitsmaschine ist eine Turbine angewendet, die durch das Oberwasser getrieben wird. Da auf beiden Seiten Druckcylinder vorhanden

Fig. 229 u. 230. Kettenführung für das Poplar-Dock.

Fig. 229. Grundriffs.

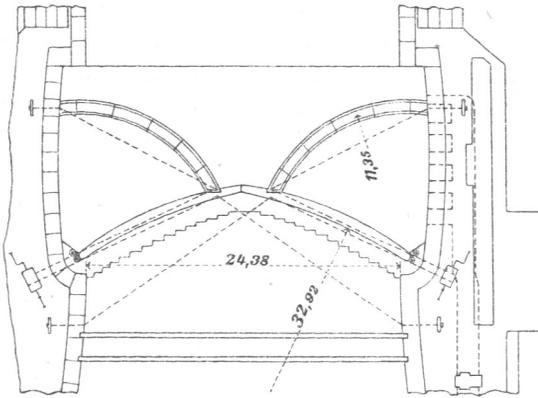
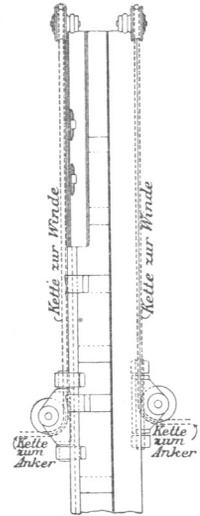


Fig. 230. Lotrechter Schnitt durch die Rollennische. M. 1:100.



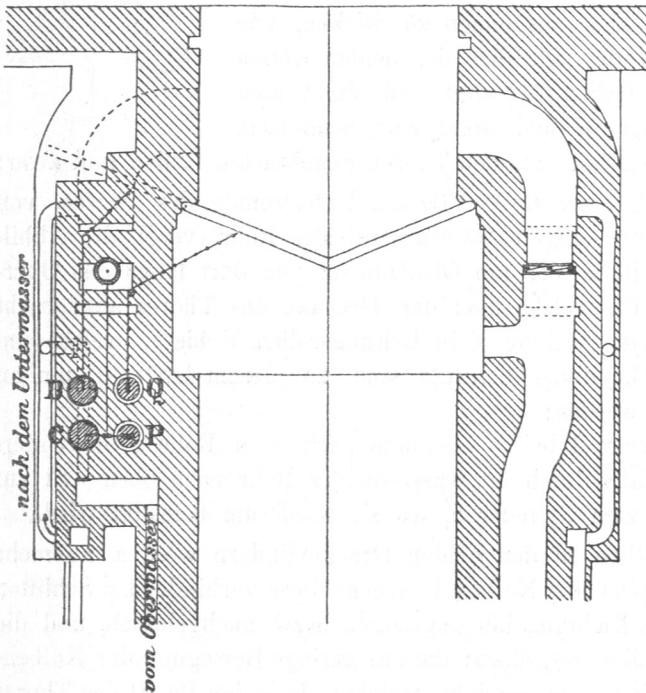
⁹⁶⁾ Mohr. Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 369 u. f. (Bewegung der Unterthore der Wernsdorfer Schleuse. S. 389.)

sind, so ist auch bei dieser Anlage die Überführung des Druckwassers von der einen zur anderen Seite erforderlich; dieselbe erfolgt über eine feste Brücke, welche einen Weg über das Unterhaupt der Schleuse leitet, bereitet also hier keine Schwierigkeit.

Alle Anordnungen mit Ketten haben den Vorzug, dafs, weil die Ketten infolge ihres Gewichtes stets mehr oder weniger durchhängen, die Verbindung zwischen dem Thore und der treibenden Maschine stets eine elastische ist. Stöße gegen das Thor werden also die maschinelle Einrichtung nicht unmittelbar gefährden, und zwar um so weniger, je mehr die Kette durchhängt, also je schwerer sie ist. Für grofse Stemthore müssen daher die Bewegungsvorrichtungen, bei welchen Ketten verwendet sind, als die zweckmäfsigsten angesehen werden.

Der Übelstand, dafs man bei Ketten entweder die Kreuzung derselben über der Sohle des Hauptes bei offenem Thore oder aber die Untertunnelung des Hauptes behufs Überführung der Kraftquelle mit in den Kauf nehmen mufs, wird als solcher nur noch

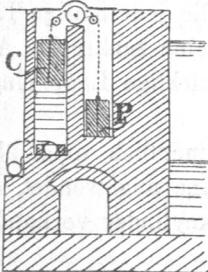
Fig. 231.



so lange vorhanden sein, wie ausschließlich Druckwasser als Kraftträger Verwendung findet. Sobald dagegen — was wohl nur noch eine Frage der Zeit ist — die Elektrizität als Kraftträger angewendet und die Dynamomaschine die hydraulische Dreicylindermaschine verdrängt haben wird, macht weder die Kraftüberführung, noch die Bedienung von einem Punkte aus irgend welche Schwierigkeiten.

Es sei hier ferner auf einen sehr sinnreichen Vorschlag von Tolkmitt aufmerksam gemacht, der zum Öffnen der Stemthore des Unterhauptes eine Kette und zum Schliessen einen Drehbaum an demselben Thore benutzen, für beide Bewegungen aber die treibende Kraft unmittelbar aus dem Schleusengefälle ohne Vermittelung von Maschinen gewinnen will.⁹⁷⁾ Er richtet zu dem Ende (Fig. 231 u. 232)

Fig. 232. Schnitt durch die Schleusenmauer bei Schacht C.



auf jeder Seite des Hauptes zwei verbundene Schächte für Schwimmer *C* und *D* ein, die beliebig mit dem Ober- oder Unterwasser in Verbindung gesetzt werden können und zwei stets wasserfreie Schächte für Gegengewichte *P* und *Q*. Von dem Schwimmer *C*, welcher zur Bewegung eines Drehschützes mit senkrechter Axe dient, führt eine Kette zu einer auf wagerechter Welle festsitzenden Scheibe und nach einer vollen Umdrehung zu dem Gegengewichte *P*. Letzteres ist so schwer, als der aus vollem Holze (nicht hohl) hergestellte Schwimmer, wenn er zur Hälfte eintaucht, sodafs bei gefülltem Schwimmerschachte die Welle nach der Richtung des Gegengewichtes, bei entleertem nach der Richtung des Schwimmers gedreht wird. Zwei Kegelräder übertragen diese Drehung auf die Axe des Drehschützes derartig, dafs im ersten Falle das Schütz geöffnet, im zweiten geschlossen wird.

⁹⁷⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 237 und 1886, S. 92.

In ähnlicher Weise erfolgt die Bewegung der Thorflügel dadurch, daß der Zug der Schwimmer *D* an dem Drehbaume und der Zug des halb so schweren Gegengewichtes an dem Oberriegel des Thores mittels der Kette angreift, sodaß bei gefülltem Schachte das letztere die Oberhand hat und den Thorflügel sofort nach erfolgter Ausspiegelung zwischen Kammer und Unterwasser öffnet, während bei entleertem Schachte der herabsinkende Schwimmer, an dem Drehbaume angreifend, den Thorflügel schließt. Die ebenso wirkende Vorrichtung für das Oberthor wird weiter unten beschrieben. Wenn die Schwimmerschächte durch einen Kanal in der Sohle des Hauptes miteinander verbunden sind, hat der Wärter bei Entleerung der Schleuse nur nötig, das Ventil *u* zum Unterwasser zu schliessen und das vom Oberwasser *o* zu öffnen, um sofort die Schwimmer zu entlasten, sodaß die Gegengewichte die beiden Drehschützen und nach erfolgter Ausspiegelung auch die beiden Thore öffnen. Das Öffnen des Ober- wie des Unterhauptes folgt stets unmittelbar auf das Füllen bzw. Leeren der Kammer und das Schliessen der Thore hat stets zugleich das Schliessen der Umläufe zur Folge. Für sehr geringe Gefälle eignet sich die Vorrichtung nicht.

Endlich möge noch auf ein Bewegungsmittel aufmerksam gemacht werden, welches allerdings für Schleusendrehthore bisher noch nicht angewendet wurde, sich im übrigen aber bereits seit lange bewährt hat, nämlich die Schiffsschraube. Die erste Idee dieser Anwendung geht von Ziegler aus, der eine Schiffsschraube nahe der Schlagsäule an einer Seite eines Thorflügels anbringen wollte. Wenn auch in dieser Lage die Wirksamkeit der Schraube wegen der ungünstigen Wasserzu- und Abführung leicht eine mangelhafte sein würde, so kann dieselbe in anderer Anordnung (Fig. 233) wohl empfohlen werden. Man müßte dieselbe nämlich an der Schlagsäule in einer cylinderförmigen Öffnung im Thore einbauen, sodaß das Wasser von der einen Seite zufließen und nach der anderen abströmen könnte. Die runde Thoröffnung wäre durch ein Schütz verschließbar zu machen und diente gleichzeitig zum Füllen und Leeren der Kammer. Die Bewegung der Schraube erfolgte am zweckmäßigsten durch eine auf dem Thore über derselben aufgestellte Dynamomaschine mittels Galle'scher Kette, deren unteres Kettenrad an den Enden der Schraubenflügel befestigt wäre, sodaß diese gleichsam die Radspeichen bildeten. Die Vorzüge dieser Anordnung wären folgende:

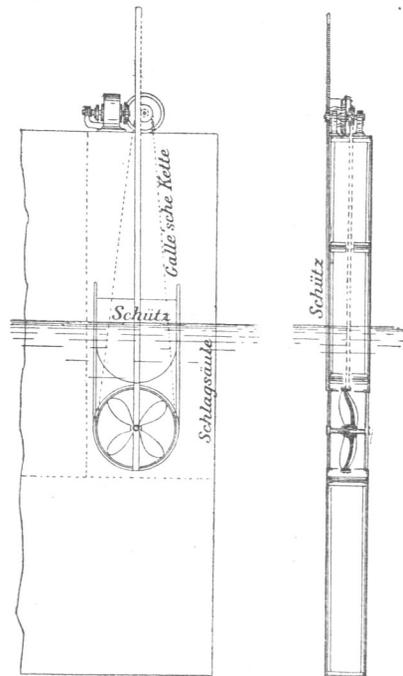
1. Außerordentlich bequeme Kraftübertragung durch ein einfach auf das Thor geleitetes Kabel ohne alle baulichen Unbequemlichkeiten, als Tunnel, Schächte u. dergl.;
2. die Schraube kann schon in Thätigkeit gesetzt werden, bevor die volle Ausspiegelung erfolgte, wodurch die letztere wesentlich beschleunigt würde;
3. die Schraube bewirkt in der Thornische, wenn das Thor sich derselben nähert, eine Senkung des Wasserspiegels. Es fällt also die bei anderen Bewegungsvorrichtungen dann eintretende Erschwerung der Bewegung durch Aufstau fort;
4. der Bewegungsapparat ist außerordentlich einfach und liegt vollkommen geschützt.

Ein Nachteil der Schraube bestände in der Bewegung, welche sie dem Wasser in der Schleuse und damit den darin liegenden Schiffen erteilt, die aber auch bei allen Thorschützen vorhanden ist und bei sehr tiefer Lage derselben weniger fühlbar wird. Anstatt einer Schraube ließe sich auch eine Reaktions-Turbine in der angegebenen Lage verwenden; zur Bewegung von Schiffen werden dieselben wieder versuchsweise angewendet und wie es scheint, mit gutem Erfolg.⁹⁸⁾

2. Einflügelige Drehthore. Fächerthore. Klappthore. Schiebethore. Pontons.

Die einflügeligen Thore mit senkrechter Drehaxe, sowie die Doppeltore und die Fächerthore werden in derselben Weise bewegt, wie die gewöhnlichen Stemmthore. So haben die einflügeligen Thore der Schleusen des Kanals von St. Denis

Fig. 233.



⁹⁸⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1894, 6. Jan.

Zahnradquadranten erhalten⁹⁹⁾, welche aus Schmiedeeisen zusammengenietet sind, und die Fächerthore der Schleuse zu Rendsburg, welche den Nord-Ostsee-Kanal mit der Untereider verbindet, werden in gleicher Weise bewegt, wobei der Quadrant in bequemer Weise über der Zwischenkonstruktion der beiden Flügel und die Winde an der Vorderkante der Überdeckung der Nische für den Seitenflügel Platz gefunden hat, s. T. XI, F. 3. Die beim Öffnen und Schließsen der einflügeligen Thore zu überwindenden Widerstände sind genau dieselben, welche bei den Stemmthoren auftreten, sodass die für diese gegebenen Formeln ohne weiteres Anwendung finden können. Der Kraftverbrauch zum Bewegen von Doppel- und Fächerthoren dagegen hängt zu sehr von den Konstruktionsverhältnissen (der Weite der Umläufe u. s. w.) ab, um durch eine genügend einfache Formel wiedergegeben werden zu können. Es muß daher hiervon Abstand genommen werden, was um so mehr statthaft erscheint, als diese Thorarten sehr selten angewendet werden.

Klappthore. Auf die Bewegungsvorrichtungen der Klappthore mit wagerechter Drehaxe, welche in neuerer Zeit mehr in Aufnahme zu kommen scheinen, möge etwas näher eingegangen werden.

In der Regel wird das Gewicht dieser Thore so ausgeglichen, daß das Thor, wenn es ganz in Wasser eingetaucht ist, sich von selbst auf den Grund legt. In diesem Zustande wird das Gewicht des Thores am geringsten sein, weil es den größten Auftrieb erfährt. Tritt das Thor teilweise aus dem Wasser heraus, so vermindert sich zwar der Auftrieb und das Gewicht desselben G_1 nimmt infolge dessen zu. Da aber die Stellung des Thores mit zunehmendem Auftauchen immer steiler wird, so wird das Mehrgewicht des Thores meist nur den Druck auf die Zapfen und nicht den Zug der Ketten vermehren. Die durch den größeren Zapfendruck vermehrte Zapfenreibung vermehrt zwar wieder die Widerstände, welche der Aufzugapparat zu überwinden hat, aber doch nicht in dem Maße, wie das unmittelbar zu hebende Gewicht abnimmt.

Betrachtet man nun ein Klappthor in der schrägen Lage, welche Fig. 234 zeigt, so setzt sich der Zug, welcher in der Kette wirkt, aus folgenden Teilen zusammen: erstens aus dem Zuge, welcher dadurch entsteht, daß das Gewicht des Thores G_1 (abzüglich des Auftriebes) teilweise von der Kette zu halten ist und zweitens aus dem Widerstande, welchen das Wasser der Bewegung des Thores entgegenstellt; dieser Widerstand wirkt teilweise auf die Kette, teilweise auf den Zapfen. Das Gewicht G_1 verteilt sich mit dem Teile $\frac{a \cdot G_1}{l}$ auf das Ende des Thores, an welchem die Kette angreift, und mit dem Teile $\frac{b \cdot G_1}{l}$ auf das andere Ende, wenn a den Abstand des Angriffspunktes des Gewichtes, von der Drehaxe in der Thorrichtung gemessen, bedeutet, siehe die Figur. Der Widerstand, welchen das Wasser dem Bewegen des Thores entgegensetzt, ist nach den Untersuchungen von Landsberg $G_2 = 75 S \cdot v^3$, worin S die eingetauchte Fläche des Thores (in unserem Falle die ganze) und v die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher das Thor bewegt wird, bedeutet. Der Angriffspunkt dieser senkrecht zur Thorfläche wirkenden Kraft liegt im Abstände $\frac{3}{4}l$ von der Drehaxe, sodass auf die Ketten $\frac{3}{4}$ derselben, auf die Drehaxe dagegen nur $\frac{1}{4}$ entfielen.

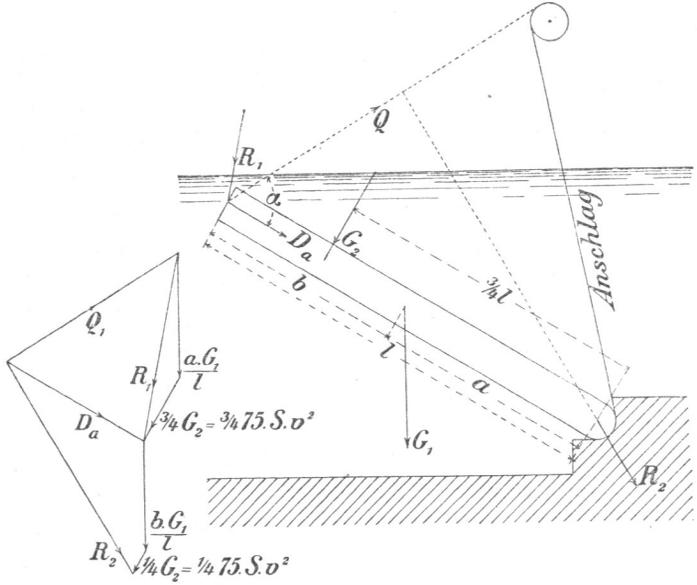
Außerdem wird noch ein hydrostatischer Druck auf das Thor zur Wirkung kommen können, falls sich durch das Heben über dem Thore eine Erhebung des Wassers

⁹⁹⁾ Ann. des ponts et chaussées 1886. Auch Zeitschr. f. Bauw. 1890. Neuerungen an Schiffahrtsschleusen von Janssen.

bemerkbar machen sollte. Eine solche wird aber nur eintreten während der Zeit kurz vor dem Auftauchen des Thores aus dem Wasser bis zum erfolgten Schlusse. Da aber dann die anderen Widerstände für die Kette sich bereits wesentlich verringert haben, so soll der durch den hydrostatischen Druck auf die obere Thorfläche entstehende Widerstand außer Betracht bleiben.

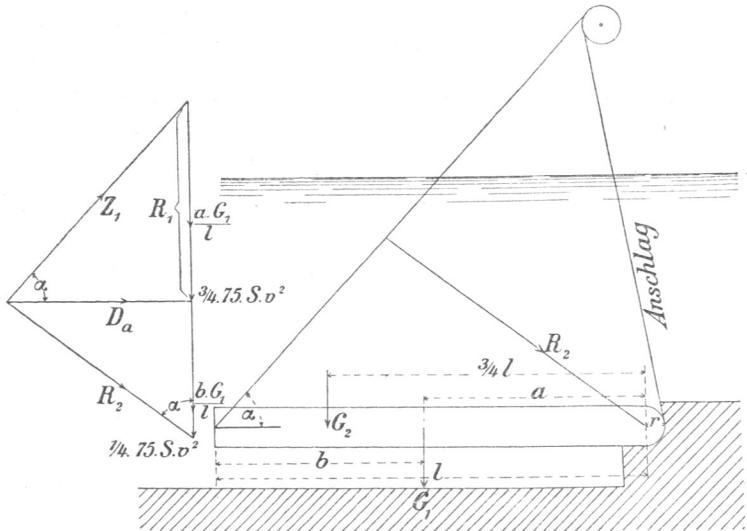
Setzt man nun die Teile von G_1 und G_2 , welche auf das obere Thorende entfallen, also $\frac{a \cdot G_1}{l}$ und $\frac{3}{4} 75 S \cdot v^2$, zeichnerisch zur Mittelkraft R_1 zusammen, wie in Fig. 234 links geschehen, und zerlegt R_1 wieder in der Richtung der Kette und des Thores in Q_1 und D_a , setzt dann ferner die von G_1 und G_2 auf die Drehschwelle bzw. die Zapfen entfallenden Teile $\frac{b \cdot G_1}{l}$ und $\frac{1}{4} G_2 = \frac{1}{4} 75 \cdot S \cdot v^2$ mit D_a zu der Resultante R_2 zusammen, so

Fig. 234.



liefert R_2 den Zapfendruck nach Größe und Richtung. Das Reibungsmoment desselben bildet den dritten Widerstand und ist $r \cdot R_2 \cdot \mu$, wenn r den Zapfen bzw. Wendeschwelle-Halbmesser und μ den Reibungskoeffizient der Zapfenreibung bzw. der Reibung zwischen dem Material der Wendeschwelle und dem der horizontalen Wendenscheibe bedeutet; hierbei ist angenommen, daß keine eigentliche Zapfenausbildung vorhanden ist, sondern daß die ganze Wendeschwelle bei der Drehung anliegt, eine Konstruktion, die übrigens nicht zu empfehlen ist.

Fig. 235.



Der Zug, welcher durch die Zapfenreibung in den Ketten erzeugt wird, ist genau genug $Q_2 = \frac{r \cdot R_2 \cdot \mu}{l \cdot \sin \alpha}$, wenn α den Winkel zwischen der jeweiligen Ketten- und der Thorrichtung bedeutet.

Der ganze Kettenzug ist also genau genug:

$$Q = Q_1 + Q_2 = Q_1 + \frac{r \cdot R_2 \cdot \mu}{l \cdot \sin \alpha}, \quad \dots \dots \dots 51.$$

worin Q_1 und R_2 aus dem Kräfteplan abzugreifen sind.

Für den Anfang des Schließens wird wohl ausnahmslos Q am größten werden. Dann ist, wie Fig. 235 zeigt:

$$Q = \frac{\frac{a \cdot G_1}{l} + \frac{3}{4} \cdot 75 S \cdot v^2}{\sin \alpha} + \frac{\left(\frac{b \cdot G_1}{l} + \frac{1}{4} \cdot 75 S \cdot v^2\right) \mu \cdot r}{l \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} \dots \dots \dots 52.$$

μ ist bei Zapfenreibung (Eisen auf Eisen mit Wasser geschmiert) etwa = 0,3, bei Reibung der ganzen Schwelle in der Nische aber bis 0,7 zu nehmen. Q ist der Gesamtzug für die Ketten auf beiden Seiten des Thores.

Als Beispiel einer Bewegungsvorrichtung für Klappthore möge diejenige des Oberthores der Schleuse bei Fürstenberg des Oder-Spree-Kanales dienen, welche für hydraulischen und für Handbetrieb eingerichtet ist.

Für den maschinellen Betrieb sind zwei Wasserdruckcylinder O und S (F. 21—23, T. X) vorhanden, von denen der erstere das Öffnen, der zweite das Schließen des Thores besorgt. Die Ketten für beide Bewegungen greifen am Zapfen des Thores an und zwar geht die zum Öffnen benutzte Kette über die Rollen 5, 4, 3, 2, 1 nach dem Punkte f am Cylinder O , die zum Schließen dagegen über die Rollen V, IV, III, II, I nach dem am Cylinder S gelegenen Punkte f' . Wird bei dem Cylinder S die Kolbenstange durch das Druckwasser hervorgetrieben, so wird dadurch gleichzeitig infolge der Kettenverbindung der Kolben in den Cylinder O hineingedrückt und umgekehrt. Die Ketten werden also immer in Spannung gehalten.

Soll das Thor mit Handbetrieb bewegt werden, so wird ein Teil der beiden Ketten ausgeschäkelt, alsdann werden die Enden derselben miteinander verbunden, nachdem man sie als Kette ohne Ende vom Zapfen am Thor über die Rolle a , oben am Mauerwerk über die Trommel der Winde d , über die Spannrolle e , über die Rolle 5 am Thor-kammerboden zurück zum Zapfen am Thore geführt hat, wie die strichpunktirte Linie in F. 21 andeutet. Die Spannrolle ist hier erforderlich, um die beim Bewegen des Thores eintretenden Längenunterschiede der Kette auszugleichen. Am Zapfen ist die Kette in einer solchen Weise befestigt, daß man dieselbe schnell losnehmen kann, ohne den Zapfen selbst zu entfernen.

Weiter auf die Einzelheiten der Ausführung, namentlich auch auf die hydraulischen Maschinen einzugehen, würde hier zu weit führen. Es muß dieserhalb auf die Quelle in der Zeitschrift für Bauwesen 1891: Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten von Mohr verwiesen werden.

Schiebethore. Es erübrigt noch, etwas über die Vorrichtungen zur Bewegung von Schiebethoren zu sagen.

Was zunächst den Bewegungswiderstand bei denselben betrifft, so setzt sich derselbe zusammen:

1. aus dem Widerstande, den die Reibung, welche durch das Pontongewicht erzeugt wird, verursacht;
2. aus dem Widerstande, welchen das Fortbewegen im Wasser verursacht, und
3. aus dem zufälligen Reibungswiderstande, welcher an den Seitenwänden der Pontonkammer entstehen kann, wenn das Ponton während der Fortbewegung sich eckt.

Der Widerstand unter 1. wird verschieden groß ausfallen, je nachdem das Ponton unten einfach gleitet oder auf Rollen bewegt wird.

Bezeichnet G das Gewicht des Pontons abzüglich des Auftriebs, so ist der Reibungswiderstand für das einfache Gleitponton

$$Q_1 = \mu \cdot G, \dots \dots \dots 53.$$

worin der Reibungskoeffizient μ je nach den aufeinander gleitenden Materialien verschieden ist, bei Eisen auf Stein etwa 0,4, bei Holz auf Stein etwa 0,6, bei Eisen auf Holz etwa 0,65.

Für Pontons, welche auf Rollen gleiten, ist der Reibungswiderstand

$$Q'_1 = \frac{G}{R} [f + \mu_1 r] \dots \dots \dots 54.$$

worin R der Rollenhalmmesser in mm,
 r der Halmmesser der Rollenzapfen in mm,
 f den Hebelarm der rollenden Reibung (für eiserne Rollen auf Eisen = 0,48 bis 0,87 mm, für den Zustand der Bewegung = 0,5 mm),
 μ_1 der Reibungskoeffizient für Zapfenreibung, etwa = 0,28.

Der Widerstand des Wassers bei der Bewegung ist nach Maßgabe des bei den Drehthoren Gesagten

$$Q_2 = 75 S \cdot v^2 + 1000 S' \cdot \Delta, \dots \dots \dots 55.$$

worin S die Summe der Flächen in qm bedeutet, welche der Bewegung Widerstand entgegensetzen, v die Geschwindigkeit und Δ der Aufstau des Wassers vor dem bewegten Ponton, d. h. die Differenz zwischen dem Wasserstande vor und hinter dem Ponton. Wo das Wasser bei Pontons mit doppelten Blechwänden, aber offenen Stirnen, der Hauptsache nach durch das Ponton selbst abgeführt wird, empfiehlt es sich, mindestens für den ersten Teil der Gleichung 55 unter S die Vertikalprojektion aller während der Bewegung des Pontons im Wasser liegenden Teile zu rechnen, also bei dem Vorhandensein einer größeren Anzahl gleichartiger Ständer die Vertikalprojektionen derselben zu summieren, auch wenn sie sich in der Zeichnung decken sollten. Man sieht auch aus Gl. 55, daß es zweckmäßig ist, alle Aussteifungen möglichst so anzuordnen, daß S recht klein ausfällt, also das Durchflußprofil möglichst frei sei.

Für den zweiten Teil der Gl. 55 genügt es, wenn man für S' nur die Vertikalprojektion einer Stirnwand, soweit dieselbe eingetaucht ist, rechnet, weil der Aufstau Δ überhaupt sehr klein ausfällt, wenn man vorsichtig konstruiert, sodaß man ihn vernachlässigen kann, und weil unter Δ die Gesamtdifferenz verstanden ist.

Der dritte Reibungswiderstand an den Seitenwänden entzieht sich der Berechnung. Man muß dafür Sorge tragen, daß er nur unbedeutend werden kann und zu dem Ende glatte seitliche Gleitschienen oder auch Rollen anbringen, und kann ihn dadurch berücksichtigen, daß man die unter 1. und 2. bezeichneten Widerstände der Sicherheit halber mit 1,5 bis 2 multipliziert.

Der Gesamtwiderstand würde sich also ausdrücken

für ein Gleitponton:

$$Q = Q_1 + Q_2 = (\mu \cdot G + 75 S \cdot v^2 + 1000 S' \cdot \Delta) (1,5 \text{ bis } 2) \dots \dots 56.$$

und für ein Rollenponton:

$$Q = \left(\frac{G}{R} (f + \mu_1 r) + 75 S \cdot v^2 + 1000 S' \cdot \Delta \right) (1,5 \text{ bis } 2) \dots \dots 57.$$

Der Angriffspunkt der Reibung liegt bei Gleitpontons an der Unterkante, bei Rollenpontons entweder ebenfalls dort oder oben, wenn die Rollen sich auf einer Brücke

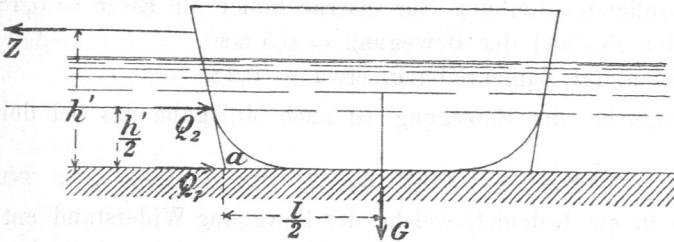
bewegen. Der Angriffspunkt von Q_2 liegt genau genug im Schwerpunkte der Flächen S des ersten Gliedes von Q_2 .

Bei Gleitpontons mit hoch liegendem Angriffspunkte der Zugvorrichtung, und Pontons, die unten auf Rollen laufen, wäre es möglich, daß ein Kanten des Pontons um die Ecke a in Fig. 236 eintreten könnte, wenn v , Δ und G nicht richtig bemessen wären. Damit nun ein Kanten nicht vorkommen kann, muß folgendes Verhältnis erfüllt sein:

$$Z \cdot h < (75 S \cdot v^2 + 1000 S' \Delta) h' + G \cdot \frac{l}{2}, \dots \dots \dots 58.$$

worin die Gewichte und Kräfte in Kilogramm, die Flächen und Längen in Meter zu verstehen sind. Die Bedeutung von l und h' ist aus der Figur ersichtlich. Z ist die

Fig. 236.



Zugkraft, welche die Bewegungsvorrichtung entwickeln kann. Es sei hier bemerkt, daß für die durchschnittlichen Verhältnisse neuerer Schleusen (etwa 24 m Weite und rund 9 m Fahrtiefe) die Vorlege der Bewegungsvorrichtungen für Kinipple'sche

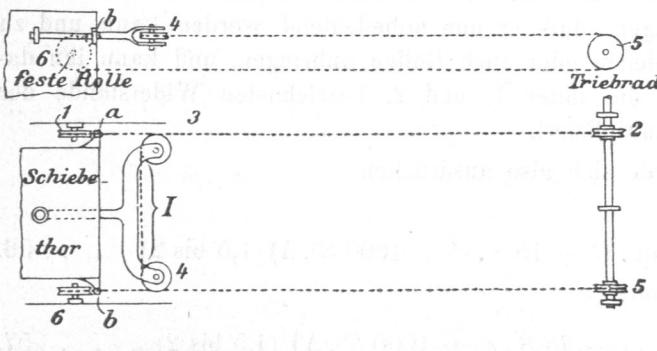
Thore solche Übersetzungsverhältnisse erhalten, daß 75 t Zugkraft zum Öffnen des Thores in 15 Minuten, 25 zum Öffnen in 5 und 15 zum Öffnen in 3 Minuten, je nach den augenblicklichen Widerständen geleistet werden können.¹⁰⁰⁾

Was nun die Bewegungsvorrichtungen der Schiebethore in konstruktiver Beziehung anbetrifft, so hat Kinipple anfangs hierfür zwei endlose Ketten verwendet, von denen je eine zu jeder Seite der Pontonkammer angebracht und mit einem Punkte an konsolartig vorspringende Teile des Pontons befestigt war. Beide Ketten gingen am Ende der Pontonkammer über Triebräder, welche auf einer gemeinschaftlichen Welle der hydraulisch betriebenen Antriebsmaschine saßen. Je nachdem die Umdrehung dieser Welle in dem einen oder anderen Sinne erfolgte, wurde das Ponton in die Pontonkammer hineingezogen oder aus derselben hinausgeschoben.

Fig. 237.

Kinipple's. Bewegungsvorrichtung für Schiebethore.

Aufriß und Grundrißs.



Diese Anordnung mit zwei getrennten Ketten hat den Übelstand, daß bei den unvermeidlichen etwas ungleichen Streckungen und Abnutzungen der Ketten das Ponton sich eckt, wodurch die Bewegung erschwert wird. Jenen Übelstand hat Kinipple bei seinen neueren Thoren dadurch vermieden, daß der Zug beim Öffnen des Thores durch einen Balancier in der Axe des Thores angreift, und

¹⁰⁰⁾ Barkhausen. Über einige neuere englische Seeschleusen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 438.

dafs nur eine einzige Kette ohne Ende zur Anwendung kommt, bei welcher die ungleichen Dehnungen sich ausgleichen. Fig. 237 zeigt diese Anordnung; der Lauf der Kette ist folgendermassen zu denken.¹⁰¹⁾

Um mit dem Laufe bei der an der einen Thorseite festsitzenden Konsole *a*, an welcher das eine Ende der Kette festgelegt ist, zu beginnen, so geht dieselbe von hier zunächst zur festen Rolle 1, über dieselbe in der unteren Ebene zum Triebrade 2, über dieses hinweg in der oberen Lage nach der Rolle 3 am Balancier, um diese zur Rolle 4 und immer noch in der oberen Lage zum zweiten Triebrad 5, steigt um diese herum zur unteren Lage hinab, läuft zur festen Rolle 6 und um diese endlich wieder nach oben zur zweiten Konsole *b*, an welcher sie endet. Die Kette macht, wie man sieht, wagerechte und senkrechte Biegungen, sie kann also keine Galle'sche, mufs vielmehr eine gewöhnliche sein. Der Zug der Maschine wirkt auf das Ponton durch den Balancier, wenn dasselbe in die Pontonkammer gezogen wird, dagegen unmittelbar durch die Konsolen *a* und *b*, wenn dasselbe aus der Kammer geschoben wird. Um Verlängerungen der Kette wieder ausgleichen zu können und ein zu grosses Durchhängen des losen Trums zu vermeiden, kann in dem Teile I eine Spannvorrichtung eingeschaltet oder auch die Befestigung an den Knaggen *a* und *b* zum Nachziehen eingerichtet werden.

Für ein neues Dock in Kiel soll das Ponton ebenfalls durch einen Balancier bewegt werden, der aber sowohl bei der Rückwärts-, als auch bei der Vorwärtsbewegung die Kraft auf das Ponton überträgt, s. Fig. 238 (S. 284). Es sind hier zwei Galle'sche Ketten ohne Ende zu beiden Seiten der Thorkammer angebracht, deren etwaige ungleiche Längungen durch Verstellbarkeit der festen Rollen und Spannvorrichtungen an den Stellen, an welchen der Balancier angreift, ausgeglichen werden können. Die Galle'sche Kette wurde vorgezogen, weil diese für die Kraftübertragung und den Raumbedarf viel bequemer ist, als die gewöhnliche.

Als Maschine wird gegenwärtig auch bei Schiebepontons wohl ausschliesslich die hydraulische benutzt. Da indessen grosse Seeschleusen, für welche die Schiebethore ganz besonders geeignet sind, fast stets mit elektrischer Beleuchtung ausgestattet zu werden pflegen, so ist es bei den grossen Fortschritten, welche die elektrische Kraftübertragung gegenwärtig macht, wohl nicht zweifelhaft, dafs in naher Zukunft auch bei diesen Thoren die Dynamomaschine an Stelle der hydraulischen treten wird.

Die Bewegungsvorrichtung des in Fig. 201 bis 203, S. 255 dargestellten Gleitpontons zu Portsmouth zeigt doppelte Windtrommeln auf jeder Seite des Pontons. Die Ketten wickeln sich auf einer Trommel auf, während sie von der anderen in gleicher Länge ablaufen. Eine Spannvorrichtung ist nicht erkennbar.

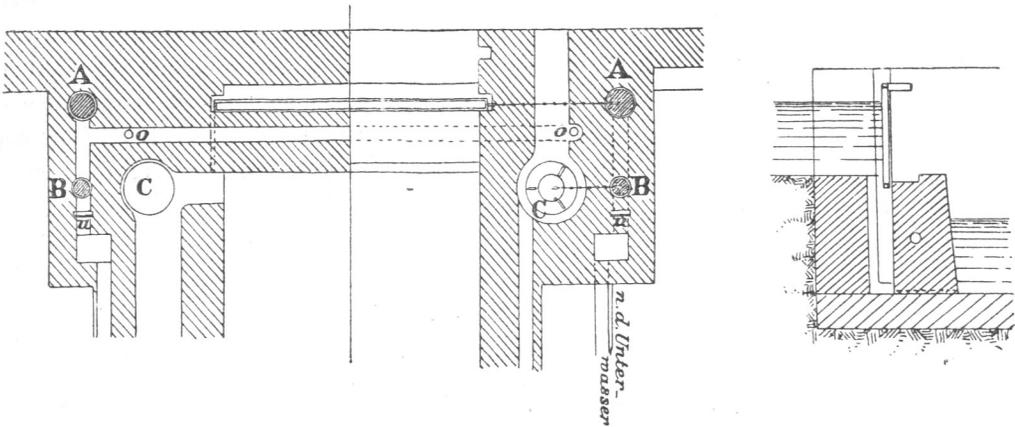
Als Bewegungsvorrichtung für doppelteilige Schiebethore an Schleusen von geringer Durchfahrthöhe (Schiffe ohne Mast), bei denen eine obere Rollenführung ausführbar ist, sei der Mechanismus der Schleuse mitgeteilt, welche den Sandthorhafen in Hamburg mit den oberhalb liegenden Hafenteilen verbindet. Bei diesem Bauwerke kam es besonders auf einen möglichst schnellen Betrieb an und dieser Zweck ist auch vollkommen erreicht. Die Bewegung beider Thorhälften geschieht gleichzeitig und zwar in etwa 15—20 Sekunden durch einen in dem Wärterhause angebrachten hydraulischen Flaschenzug von der in Fig. 239 skizzierten Anordnung. Die sich um die losen Rollen *a* und festen Rollen *b* des Flaschenzuges dreimal schlingende Kette ohne Ende geht in einem kastenförmigen Träger (Fig. 195, S. 248) von der linken Seite der Schleuse

¹⁰¹⁾ Die Quelle, der diese Skizze entlehnt ist, nämlich die erwähnte Arbeit von Barkhausen, läfst den Lauf der Kette nicht sicher erkennen. Derselbe dürfte aber in obigem richtig beschrieben sein.

Schützenthore. Bei den Schiebethoren, welche in senkrechter Richtung bewegt werden, wird man ihr Gewicht durch Gegengewichte ausgleichen, sodaß nur die Reibung zu überwinden ist. Für derartige Thore, welche zum Öffnen der Schleuse über den Wasserspiegel gehoben werden (vergl. § 13), ergibt sich der Kraftbedarf nach der in § 23 für Cylinderventile gegebenen Formel. Bei denjenigen dagegen, welche beim Öffnen in einen Schlitz des Hauptes versenkt werden, ist beim Schließens außer dem Übergewicht über den Auftrieb der Widerstand des zu verdrängenden Wassers zu überwinden. Für die Größe dieses Widerstandes geben sowohl die Betrachtungen über die Bewegung der übrigen Thorarten, als auch diejenige über das Hineinziehen der Schiffe in die Schleusen (§ 14) einen Anhalt.

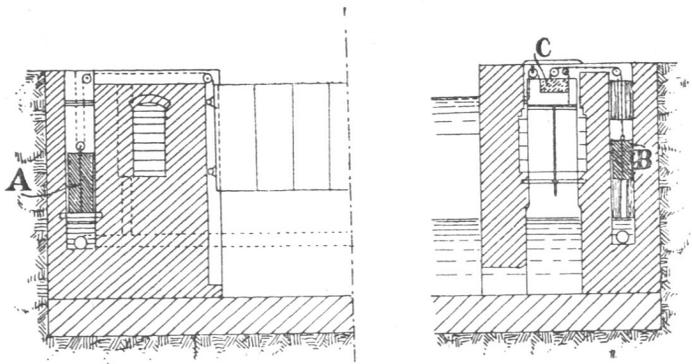
Tolkmitt hat zur Bewegung solcher Thore für das Oberhaupt einer Schleuse die nachfolgende Anordnung vorgeschlagen, welche der oben für Stemthore beschriebenen ähnlich und wie diese in Abhängigkeit mit dem Schließens und Öffnen der zugehörigen Cylinderschützen steht.

Fig. 240 u. 241.



Das Oberhaupt hat auf jeder Seite einen Schacht *A* (Fig. 240) für die Bewegung des Thores und einen Schacht *B* für die Bewegung des Cylinderschützes. Jeder Schwimmer *A* hängt vermittels einer losen Rolle an einer Kette, deren eines Ende über dem Schacht unwandelbar befestigt ist und welche weiterhin über zwei feste Rollen laufend an die das Oberthor bildende Schützttafel (Fig. 242) angreift. Der Zug der Schwimmer *B* wirkt an den Gegengewichten der Cylinderventile *C* (Fig. 243).

Fig. 242 u. 243.



Das Thor wird etwa um das halbe Schwimmergewicht *A* schwerer hergestellt, als das verdrängte Wasser ist; jedes Cylinderventil ist um das halbe Schwimmergewicht *B* leichter als sein Gegengewicht. Sämtliche vier Schächte sind vermittels eines durch den Dremel hindurch geführten Kanals miteinander verbunden. Werden sie gefüllt, so verlieren die aus massivem Holz mit Eisenbeschlag gedachten Schwimmer fast ihr ganzes Gewicht, die Cylinderventile, sowie die Schwimmer *B* werden durch die Gegengewichte hochgezogen und die Kammer wird gefüllt. Unmittelbar nach erfolgter Ausspiegelung zwischen Oberwasser und Schleusen-kammer sinkt das Thor, die Schwimmer *A* hochziehend, in den Dremelschlitz hinab und das Oberhaupt ist geöffnet. Bringt man nun durch Schließens des Ventils *o* und Öffnen des Ventils *u* (Fig. 240) die

Schwimmerschächte mit dem Unterhaupte in Verbindung, so kommt alsbald das Gewicht der Schwimmer zur Geltung, die Schwimmer *A* erlangen das Übergewicht und ziehen, hinuntersinkend, das Thor hoch, während gleichzeitig die Cylinderventile schwerer als ihre durch den Zug der Schwimmer entlasteten Gegengewichte werden und, auf ihren Sitz hinabsinkend, den Verschluss der Umläufe bewirken.¹⁰²⁾

§ 23. **Konstruktion der Verschlussvorrichtungen.** Die Verschlussvorrichtungen, welche bei Thorschützen, sowie bei Umläufen zur Anwendung gebracht sind, können nach drei Hauptarten unterschieden werden, in Zugschütze, Drehschütze und Ventile.

1. Zugschützen.

Bei den Zugschützen liegt die Öffnung in einer vertikalen Ebene und wird durch eine Tafel, die Schütztafel oder auch nur das Schütz genannt, verschlossen (siehe T. V, F. 1; T. VIII, F. 13, ferner Fig. 103 u. 129 im Text). Die Bewegung der Tafel geschieht parallel zu jener Ebene und zwar meistens in senkrechter, selten in geneigter Richtung. Es kann dabei das Schütz aus einer völlig einheitlichen oder aus einer durchbrochenen Tafel bestehen, ferner nur nach einer Richtung oder unter Umständen abwechselnd nach beiden Seiten (Fig. 246 u. 247) Druck erhalten und den Verschluss bewirken.

Als Widerstand gegen die Bewegung ist bei allen Schütztafeln das Produkt aus dem Druck auf die Schützfläche mit dem Reibungskoeffizienten anzusehen, zu welchem noch das Eigengewicht der Schütztafel hinzutritt. Bezeichnet man die zum Aufziehen des Schützes erforderliche Zugkraft mit *Z*, so ist:

$$Z \geq \mu \cdot 1000 \cdot h \cdot F + G, \dots \dots \dots 59.$$

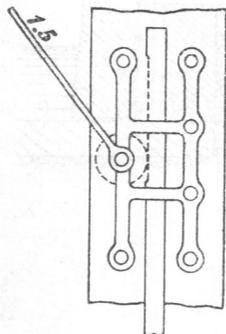
worin

- μ den Reibungskoeffizient,
- F* die Fläche des Schützes,
- h* das Schleusengefälle und
- G* das Gewicht des Schützes

bedeutet.

Nach Landsberg, „Die eisernen Stemmthore der Schiffschleusen“ lassen sich gußeiserne und schmiedeeiserne Schützen von 300 bzw. 200 kg f. d. qm Gewicht noch durch einfaches Hebelumlegen (Fig. 244) bei einem Umsetzungsverhältnisse des Hebels von 1:10 von zwei Arbeitern mit zusammen 60 kg Arbeitsdruck öffnen, wenn folgende Verhältnisse vorhanden sind:

Fig. 244.



Umsetzungsverhältnis des Hebels	Schleusenstau <i>h</i> m	Gußeisenschütz		Schmiedeeisenschütz	
		<i>Z</i> pro qm Schützfläche	Größte Schützfläche qm	<i>Z</i> pro qm Schützfläche	Größte Schützfläche qm
1 : 10	1	600	1,0	500	1,2
1 : 10	1,5	750	0,8	650	0,92
1 : 10	2	900	0,67	800	0,75
1 : 10	2,5	1050	0,57	950	0,63
1 : 10	3	1200	0,50	1100	0,55
1 : 10	3,5	1350	0,44	1250	0,48

Werden größere Schützöffnungen, als in der Tabelle angegeben, erforderlich, so sind Vorgelege oder Schrauben nötig, vergl. T. VIII, F. 5 u. 7, sowie Fig. 110, S. 197 und Fig. 245.¹⁰³⁾

¹⁰²⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 92.

¹⁰³⁾ Vergl. auch den vierten Band dieses Handbuchs (Baumaschinen), Kap. XIII, S. 65 (Schützenwinden).

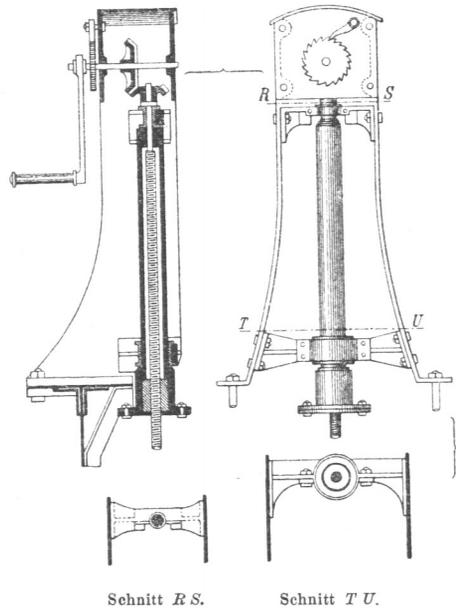
Die konstruktiven Einzelheiten sind aus folgenden Beispielen näher zu ersehen.

In Fig. 110 ist ein großes hölzernes Thorschütz der Papenburger Schleuse von reichlich 0,9 qm Weite dargestellt. Bei derartigen Schützen werden zwischen zwei unter dem Unterwasser oder Niedrigwasser liegenden Riegeln zunächst zwei Schützständer von gleicher Dicke wie die der Riegel eingezapft sowohl zur Unterstützung der Schütztafel als der abgeschnittenen Bekleidungsbohlen. Damit das Schütz seine Führung erhalte, werden die sogenannten Schützgeleitständer oder Schützleisten aufsen auf der Fläche der Bekleidung aufgeschraubt von einer solchen Höhe, daß aufser der nötigen Führung das Schütz hoch genug für etwaige Reparaturen u. s. w. hinaufgezogen werden kann. Diese Ständer sind entweder von Holz oder wie in Fig. 122, S. 203 von Gußeisen und enthalten einen Falz von einigen Centimeter Breite. Zwischen den Ständern liegt unten mit der Oberkante des Riegels in einer Höhe die Schüttschwelle, auf welche das Schütz sich aufsetzt. Um in dem vorliegenden Falle die Schütztafel über das schräge Zugband hinüberziehen zu können, liegt eine etwas dickere Leiste an der oberen Kante der Schützöffnung; außerdem ist der Falz in den Geleitständern um die gleiche Dicke von der Bekleidungsfläche entfernt. Die Schütztafel besteht aus gespundeten Querbohlen, welche durch zwei vertikale Leisten zusammengehalten werden. Auf letzteren liegt die Gabel der oben gezahnten Schützstange, welche beide mit einem Gelenk verbunden sind, um bequem getrennt werden zu können. Damit der Reibungswiderstand möglichst klein werde, sind die Schütztafeln und die Geleitflächen der Ständer mit gehobelten Eisenschienen eingefasst, sodafs die Reibung nur etwa ein Viertel so groß bleibt, als wenn die Holzschützen sich auf den hölzernen Leisten hätten bewegen müssen.

Wenn es auch im allgemeinen zu empfehlen ist, die Schützen aus Eisen zu konstruieren, um Abnutzung und Formveränderung zu verringern, so mußte doch bei den Papenburger Schleusenthoren wegen des großen Gewichtes davon Abstand genommen werden. Um nämlich bei geschlossenen Ebbethoren die nötige Abwässerung des Binnenlandes nicht zu unterbrechen, sind die Ebbethorflügel je mit zwei Schützen von obiger Weite, im ganzen also mit 3,7 qm Öffnung versehen. Die Ebbethore selbst zur gewöhnlichen Abwässerung zu benutzen verbot sich durch die Schwierigkeit, die Thore während starker Ausströmung sicher und rechtzeitig zu schließen. Jene Weite der Schützöffnungen hätte aber sehr schwere gußeiserne Schützen und Leisten bedingt und die ohnehin ungünstig geformten Ebbethore zur Versackung veranlafst. Die Schützen der Flutthore wurden der Gleichmäfsigkeit wegen nun ebenfalls aus Holz konstruiert; ihre große Öffnung war durch die große Kammer bedingt.

Beachtenswert ist das Schütz der Schleuse in Breslau F. 6, T. VIII, weil die Abrundung der unteren Kante desselben in Verein mit der Abrundung der Schüttschwelle eine namhafte Vergrößerung des Ausfluskoeffizienten im Gefolge hat.

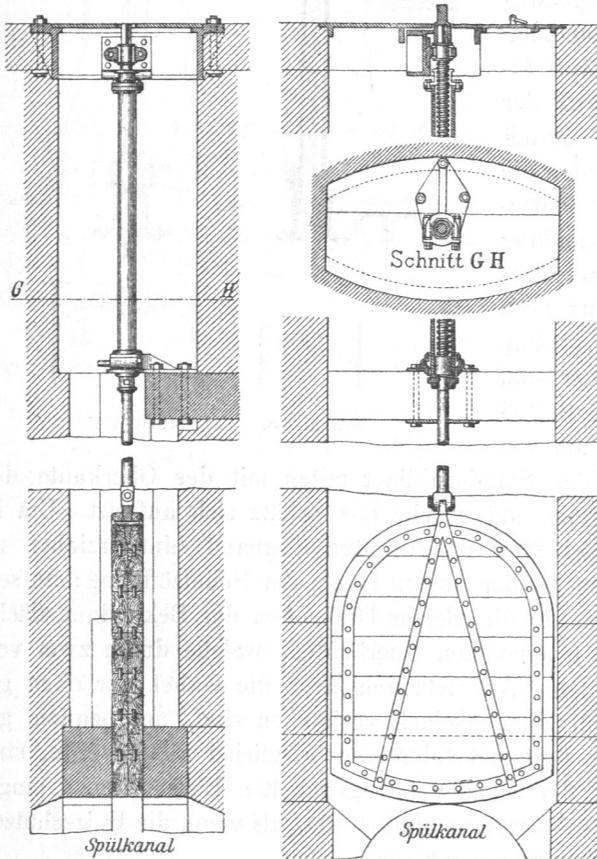
Fig. 245. M. 0,05.



Das ebenfalls aus Holz konstruierte Schütz in den Spülkanälen der Dockschleuse zu Leer ist bereits in § 7 erwähnt und dient als Beispiel eines nach beiden Seiten hin kehrenden Holzschützes. Wie die Figuren 246 und 247 ergeben, wird dies Zugschütz durch horizontale Umdrehung einer Schraubenspindel gehoben und gesenkt. Die Drehung

Fig. 246 u. 247. Leer. M. 0,02 (1:50).

Spülschütz nebst Winde.



geschieht mittels eines aufgesetzten Schlüssels, welcher in bequemer Höhe für zwei Mann einen horizontalen Querstock trägt. Die Spindel, welche dicht unter ihrem Kopf durch ein Halslager gehalten und getragen wird, wirkt auf eine bewegliche Mutter, die in der Zeichnung ihren höchsten Stand zeigt. An dieser sitzt eine die Spindel umgebende Hülse, welche unten durch eine feste Führung geht und zugleich in ihrem Inneren für das untere Ende der Spindel die nötige Führung giebt. An der Hülse hängt endlich die Schützstange. Der größte Druck auf das Schütz beträgt 6400 kg und verursacht mit dem Gewicht des Schützes einen Widerstand, der bei 12 mm Steigung der Schraube mit dem etwa 0,7 m langen Querstock am Schlüssel durch 30 kg Druck überwunden werden kann. Das Schütz ist in diesem Falle der größeren Leichtigkeit wegen aus Holz konstruiert und läuft mit etwa 12 cm Anschlag zwischen Sandsteinquadern. Eine weit geringere Reibung des Schützes

würde unzweifelhaft durch Verwendung von Eisen zum Schütz, sowie zum Rahmen gewonnen werden können.

Für die mechanische Arbeit des Aufziehens von erheblichem Gewinn ist die Zerteilung der Schützfläche in einzelne übereinanderliegende Streifen. Von diesen Schützen, welche Register- oder Coulissenschütze heißen, geben die Figuren 248 u. 249 ein Beispiel. Es liegen dabei fünf Öffnungen übereinander und zwar sowohl in der Schütztafel, als in dem festen Rahmen des Schützes. Die Zwischenräume zwischen den Öffnungen haben genau dieselbe Höhe als diese. Sobald also die Schütztafel nur um die Höhe einer Öffnung aufgezogen oder niedergedrückt wird, sind alle Öffnungen für das Durchströmen des Wassers frei. Eine wesentliche Vervollkommnung dieser Art von Schützen liegt ferner darin, daß die zwischen den Öffnungen der Schütztafel liegenden Streifen im Querschnitt nach Halbkreisen gekrümmt sind, sodafs je zwei benachbarte von ihnen mit den festen Zwischenstreifen des Rahmens zusammen annähernd die Form des kontrahierten Wasserstrahles bilden. Hierdurch wird die Kontraktion sehr verringert

und der Ausflusskoeffizient erheblich vergrößert. Denn bei den gewöhnlichen, mit scharfen Kanten in der senkrechten Wand liegenden Schützöffnungen mittlerer Größe (etwa 0,5 qm) muß der Ausflusskoeffizient nur zu 0,6 angenommen werden, wogegen er bei einem solchen Coulißenschütz vielleicht gleich 0,9 gesetzt werden darf. Endlich ist bei dem dargestellten Beispiele die Anbringung zweier Schützen nebeneinander zu beachten, wodurch mit Hilfe der geeigneten Bewegungsvorrichtung das gleichzeitige Öffnen beider erreicht und das Eigengewicht G derselben (vergl. Gl. 59) ausgeglichen wird. Diese Einrichtung ist auch bei anderen ungeteilten Schützen getroffen, so z. B. bei dem in F. 6, T. VIII dargestellten, doch wird sie bei Registerschützen erst besonders vorteilhaft.

Für derartige Doppelschützen lautet die Gleichung zur Ermittlung der erforderlichen Zugkraft also nur:

$$Z \geq \rho \cdot 1000 \cdot h \cdot F \dots 60.$$

Registerschützen haben eine größere Anzahl Fugen und sind infolge dessen naturgemäß schwerer dicht zu bekommen. Auch ist es wegen der engen Durchflußöffnungen leichter möglich, daß ein durch die Strömung mitgerissener fester Körper in der Öffnung hängen bleibt und zu Betriebsstörungen Veranlassung giebt, als bei einem gewöhnlichen großen Zugschützen. Man hat daher bei Schleusen, deren Thore mit hydraulischer Kraft bewegt wurden, auch neuerdings noch häufig statt der Registerschützen einfache in Anwendung gebracht und diese dann mit Hilfe des Wasserdruckes geöffnet.

Ein Beispiel hierfür bieten die Umlaufschützen der bereits in § 22 erwähnten Schleuse zu Keokuk, s. Fig. 250. Jedes Schütz hängt dort an einer Kette, die über die zwei aus der Figur ersichtlichen Rollen geht und bei deren Drehung von links nach rechts sich aufwickelt. Die Bewegung der beiden Rollen erfolgt mittels doppelter Drahtseile, welche um sie geschlungen und sowohl an dem Kopfe der Kolbenstange, als auch an dem Kopfe der in einer halbcylindrischen Führung sich bewegenden Schützstange befestigt sind. Geht nun der Treibkolben aufwärts, so gehen die beiden Rollen von rechts nach links, die Kette wickelt sich ab, die an der Schützstange befestigten Drahtseile gehen herab und ziehen die Stange mit sich. Bei umgekehrter, abwärts gerichteter Bewegung des Kolbens gehen die Drahtseile an der Kolbenstange ebenfalls abwärts, die Rollen von links nach rechts und die Schützstange mit dem Schütz aufwärts. In Fig. 250 sind nur zwei Drahtseile rechts und links von der Kolbenstange gezeichnet, während thatsächlich vier Paare und zwar je eins für jedes Schütz und das zugehörige Rollenpaar vorhanden sind. Selbstverständlich liegen zwischen dem Kopf der Kolbenstange und den nächstliegenden Rollen kleine, nicht weiter gezeichnete Leitrollen.

Fig. 248 u. 249. Saar-Kohlen-Kanal.

Registerschütze. Ansicht und Schnitt G.H. M. 0,025.

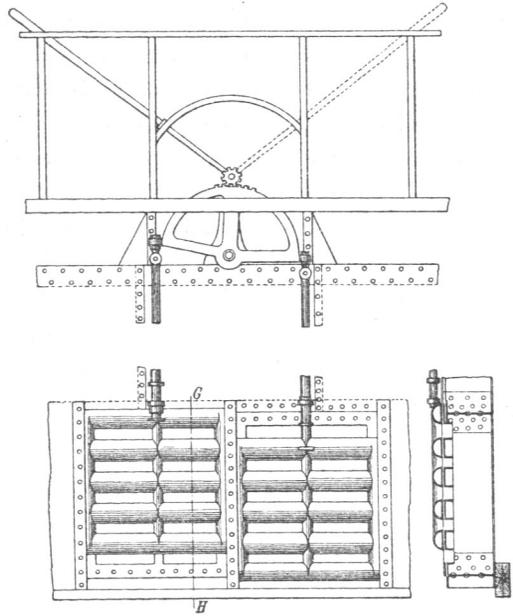
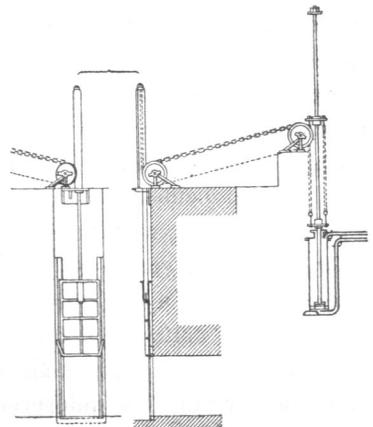


Fig. 250. Keokuk.

Schütz für die Umläufe. M. 0,005.

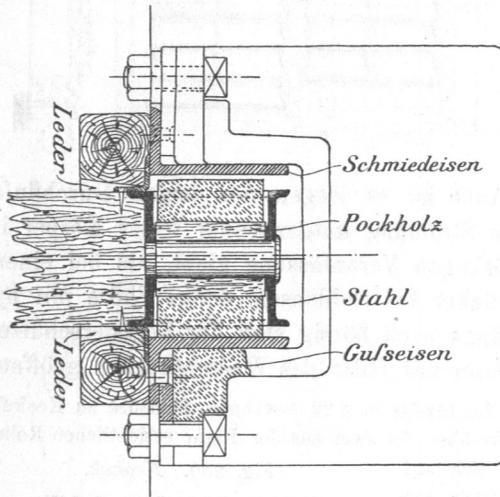


Um indessen an Kraft zu sparen, ist man bestrebt gewesen, die gleitende Reibung bei großen Zugschützen in rollende oder Zapfenreibung umzuwandeln.

Eine solche Konstruktion erhielten z. B. die Umlaufschützen der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals, welche im Prinzip den Schützen der Sperrthore F. 8—12, T. XII gleichen. Die Schütztafel (vergl. F. 6, 8 u. 11 daselbst) besteht aus Holz und zwar sind die einzelnen Bohlen auf beiden Seiten genietet und durch eingelegte Federn miteinander verbunden. Es wechseln immer eine breitere und eine schmalere Bohle miteinander ab. An den Enden der etwas kürzeren, breiteren Bohlen befinden sich die Lagerstühle der Rollen, welche je durch vier kräftige Holzschrauben an den Bohlen befestigt sind. Jedes Rollenlager ist von den beiden benachbarten vollkommen unabhängig, kann also durch Lösen der vier Befestigungsschrauben mit seiner Rolle vom Schütz losgenommen werden; allerdings ist dazu ein Herausheben des Schützes erforderlich. Die schmaleren Bohlen greifen mit zapfenartigen Enden in die Hülsen ein, welche zwei benachbarte Rollenlager miteinander bilden. Starke Anker, sowie Flacheisenlaschen, welche auf beiden Seiten der Schütztafel angebracht sind, sichern die Verbindung der einzelnen Bohlen.

An den Laschen, welche in der senkrechten Axe der Tafeln befestigt sind, befindet sich auf der einen Seite die Zahnstange, welche zur Bewegung des Schützes dient.

Fig. 251.



Dem eingreifenden Trieb gegenüber sitzt eine Führungsrolle, welche die Lage des Schützes sichert. Oben über dem Schütz befindet sich eine gußeiserne Haube, in welche die Zahnstange bei beendetem Hube noch ein wenig hineinragt. An dieser Haube ist ein Zeigerwerk angebracht, an dem man zu jeder Zeit die Stellung des Schützes erkennen kann. Die Dichtung an den Längsseiten und oben ist in der durch Fig. 251 dargestellten Weise ausgeführt. Ein im Winkel gebogener Lederstreifen ist mit dem einen Schenkel am Schütz festgenagelt und legt sich mit dem anderen gegen die Schenkel der U-Eisen, welche als Rollenbahn dienen.

Der freie Schenkel des Lederstreifens ist

durch eine Holzleiste versteift, welche beim Aufziehen des Schützes durch Knaggen am unteren Rande der Tafel beim Herablassen desselben durch einen eisernen Querbalken oben am Schütz mitgenommen wird. Die obere Dichtungsleiste muß wegen der Führungsrolle und des Triebrades über den beiderseitigen Laschen in der Mitte des Schützes fehlen. Unten ist eine besondere Dichtungsleiste überhaupt nicht vorgesehen. Da das Schütz nach beiden Seiten kehren soll, so sind auch auf beiden Seiten Dichtungsleisten vorhanden. Ein wirklich dichter Abschluß wird durch dies Schütz nicht erreicht, ist aber unter den vorliegenden Verhältnissen auch nicht erforderlich. Wollte man dieselbe Konstruktion auch bei Schleusen anwenden, bei denen man auf möglichste Wasserersparnis bedacht sein müßte, so dürfte vor allen Dingen die Zahnstange sich nicht wie bei den beschriebenen bis auf die eigentliche Schütztafel erstrecken, um die obere Dichtungsleiste nicht in der Mitte zu unterbrechen. Die zum Aufziehen dieser Schützkonstruktion erforderliche Zugkraft ist (genau genug):

$$Z \geq 1000 h \left(\frac{F}{R} (t + \mu_1 r) + f \cdot \mu \right) + G \dots \dots \dots 61.$$

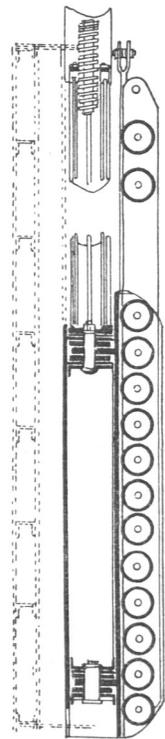
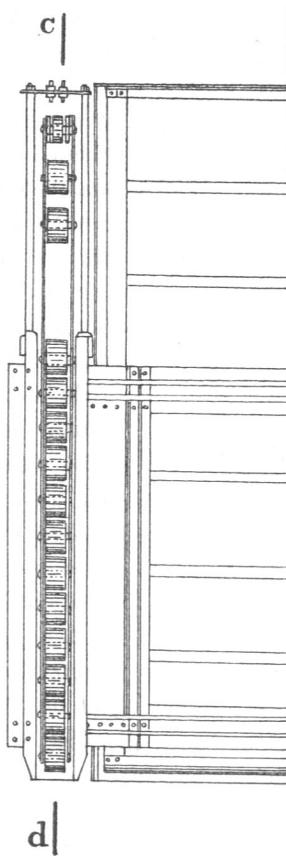
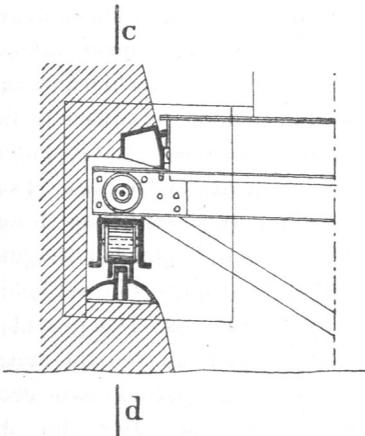
Darin ist wie früher F die Fläche des Schützes, h das Schleusengefälle und G das zu hebende Gewicht des Schützes mit allem Zubehör. Es ist ferner R der Halbmesser der Rollen und r der Halbmesser der Rollenzapfen, f die Dichtungsfläche der Lederstreifen, alles in m, qm und kg. t ist der Hebelarm der rollenden Reibung, der für Rollen aus hartem Holze oder Eisen auf eben solchen Unterlagen = 0,00048 bis 0,00087 m zu setzen ist, für den Zustand der Bewegung = 0,0005 m. μ_1 ist der Reibungskoeffizient für Zapfenreibung bei Wasserschmierung (je nach dem Material bis 0,3 wachsend), μ endlich der Koeffizient für gleitende Reibung (hier Leder auf Eisen etwa = 0,38).

Im allgemeinen ist die obige Konstruktion ziemlich kompliziert und etwaige Ausbesserungen sind schwierig. Die nachstehend zu beschreibende, in England für sehr große Schützen vielfach angewendete ist in dieser Beziehung zweckmäßiger und erfordert auch weniger Kraft, weil bei ihr die Zapfenreibung fortfällt.

Fig. 252. Wagerechter Schnitt.

Fig. 253. Ansicht.

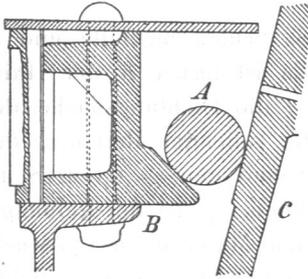
Fig. 254. Schnitt C D.



Bei dieser Konstruktion sind die Rollen in einem beweglichen Rahmen vereinigt, s. Fig. 252 bis 254. Wird nun das Schütz gezogen, so rollt es dabei auf den Rollen, ohne deren Zapfen zu belasten und nimmt dieselben samt dem Rahmen mit nach oben, wobei jedoch die Rollenaxen nur den halben Weg des Schützes durchlaufen. Damit letzteres auch weiter oben Rollen vorfinde, ist der Rahmen entsprechend länger als die Höhe des Schützes und trägt oben noch einige Rollen, gegen welche das Schütz sich nur während des Anziehens stützt. Durch geeignete Vorkehrungen am Schütz kann der Rollenrahmen, wenn das Schütz gesenkt wird, mit nach unten genommen werden. Der Rollenrahmen ist ganz unabhängig vom Schütz und kann, wenn er entlastet ist, leicht herausgenommen und nachgesehen werden.

Die Dichtung kann bei diesem Schütz in verschiedener Weise geschehen; der Erfinder desselben, Stoney, hat mehrfach die in Fig. 255 dargestellte mit gutem Erfolge angewendet. Ein rund abgedrehter Eisenstab A wird durch den Wasserdruck in die Fuge zwischen der am Schütz befestigten Leiste B und der am Mauerwerk befestigten eisernen Platte C gedrückt und versperrt dieselbe. Die Berührungsflächen

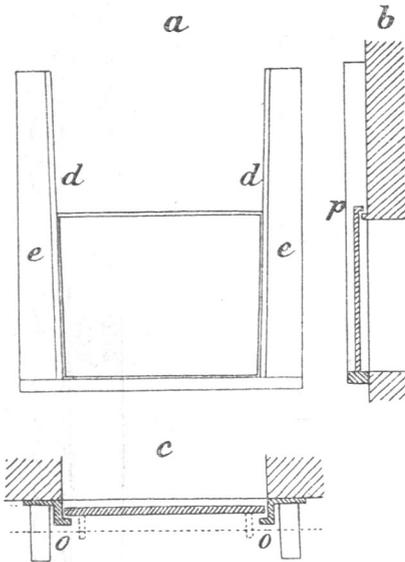
Fig. 255.



Sinn haben, wie bei Gl. 61. Werden die Dichtungsstangen vorher entfernt, so fällt $\mu \cdot f$ fort. Ist das Gewicht des Rollenrahmens durch Gegengewichte ausgeglichen, so fällt auch $g \left(\frac{\mu r}{R} + \frac{1}{2} \right)$ aus.

Eine weitere zweckmäßige Neuerung an Zugschützen zeigt die von Tolkmitt an der Schleuse in Woltersdorf getroffene Anordnung¹⁰⁴⁾, welche in Fig. 256 in ihren

Fig. 256.



Grundzügen dargestellt ist. Die Schützöffnung ist unten und an beiden Seiten mit einem Rahmen eingefasst, dessen Innenflächen d die Berührungsflächen mit den entsprechenden Randflächen der Schütztafel bilden, die ebenso wie jene sorgfältig abgehobelt sind. Die Schütztafel ist oben etwas breiter als unten, sodafs ihre seitlichen Randflächen geneigt sind. Genau in gleicher Neigung gegen die Lotrechte stehen auch die seitlichen Berührungsflächen d des Rahmens. Das geschlossene Schütz liegt unten und an beiden Seiten dicht an dem Rahmen, von dem es sich beim Öffnen sogleich überall abhebt. Der auf die Schütztafel wirkende Wasserdruck wird von Rollen aufgenommen, welche auf den lotrechten breiten Vorderflächen e des Rahmens laufen und an deren Axen die Tafel etwas beweglich aufgehängt ist. Oben erfolgt der dichte Abschluss in der aus Fig. 256 b ersichtlichen Weise durch eine auf der oberen Randfläche der Schütztafel befestigte Platte p von Leder oder Gummi, deren überstehender Streifen durch den Wasserdruck gegen eine auf dem Schützrahmen angebrachte Anschlagleiste geprefst wird. Das Hinausfallen der Schütztafel aus dem Rahmen wird durch die aus Fig. 256 c ersichtlichen Knaggen o , welche in Fig. 256 a fortgelassen sind, verhindert.

Derartige Schützen hat die Schleuse sowohl in den Umläufen, als in den Thoren erhalten. Bei den Umläufen ist das Gewicht der Schützen durch Gegengewichte ausgeglichen. Bei den Thoren sind in jedem zwei kleinere Schützen angeordnet, von denen das eine nach oben, das andere nach unten geöffnet wird und die beide an den Endpunkten eines gleicharmigen Schwinghebels (Balanciers) befestigt sind. Dadurch heben sich die Eigengewichte der Schützen gegenseitig auf.

¹⁰⁴⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413.

Die zum Öffnen eines solchen Schützes erforderliche Zugkraft muß sein:

$$Z \geq 1000 h \left(\frac{F}{R} (t + \mu_1 r) + f \right) + G, \dots \dots \dots 63.$$

worin unter f nur die Anschlagfläche der Dichtungslasche aus Leder oder Gummi zu verstehen ist.

Ist das Eigengewicht durch Gegengewicht aufgehoben, so fällt G fort. Genau genommen würde dafür, so wie in den früheren Formeln, wenn Gegengewichte angenommen wurden, ein Glied treten müssen, welches die Widerstände berücksichtigt, die an den Rollen für das Gegengewicht entstehen. Meistens werden dieselben aber dem Übrigen gegenüber, wie bisher geschehen, vernachlässigt werden können.

Man wird übrigens gut thun, bei der Bemessung von Z für die besprochene Schützkonstruktion darauf Rücksicht zu nehmen, dafs das erste Lösen der beim Schließen in den Rahmen vielleicht etwas fest eingelassenen Schütztafel einen etwas gröfseren Kraftbedarf erfordern kann.

Endlich sei noch die in Fig. 257 dargestellte Anordnung erwähnt, welche in etwas anderer Gestalt von Ehlers im Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 228 vorgeschlagen ist. Dieselbe verwandelt ebenfalls die gleitende Reibung in rollende und zeichnet sich dadurch aus, dafs sie in bequemer Weise einen vollkommen dichten Abschluß ermöglicht.

Die beiden senkrechten Seiten der Schütztafel sind um ein genügendes Stück über die Dichtungsfläche hinaus verlängert und tragen hier gehobelte Eisenschienen M (Fig. 257 *b*), welche als Laufflächen der Rollen R dienen. Diese Rollen sitzen an den Enden der Kniehebel K (Fig. 257 *a*), deren andere Enden an der Leiste U um wagerechte Axen drehbar befestigt sind. Heben und Senken der Kniehebel und damit der Rollen R erfolgt gemeinsam an der Zugstange Z' mittels des Hebels H . Haben die Kniehebel die in Fig. 257 *a* dargestellte, nach unten geneigte Lage, so liegt das Schütz auf der Anschlagfläche, werden die Hebel in die wagerechte Lage (in der Darstellung punktiert) gehoben, so wird das Schütz von der Anschlagfläche abgehoben, und damit ist die gleitende Reibung beseitigt. Während das Schütz aufgezogen wird, ist der Hebel H so fest zu stellen, dafs die Kniehebel K und Rollen R in der punktierten Lage bleiben. Auch hier läfst sich leicht die Anordnung treffen, dafs die Leiste U mit allen Rollen und Kniehebeln jederzeit herausgezogen und nachgesehen werden kann.

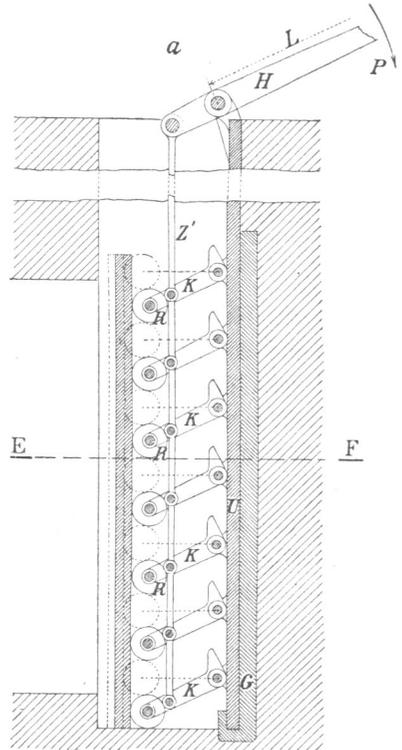
Für die Berechnung der zum Öffnen aufzuwendenden Kraft ergibt sich Folgendes: Zunächst ist das Schütz vom Anschlage abzurücken durch Anziehen der Kniehebel K . Hierfür ist an der Zugstange Z' ein gleichnamiger Zug auszuüben, der sein muß:

$$Z' \geq \frac{1000 \cdot h F'}{2} \left(\tan \alpha + \frac{\mu_1 r'}{a \cdot \cos \alpha} + \frac{l}{a \cdot R} (t + \mu_1 r) \right) + \frac{G' \cdot b}{a} \dots \dots \dots 64.$$

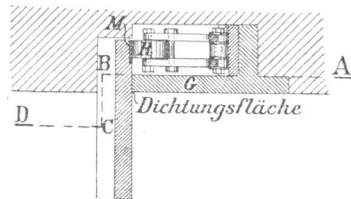
F' ist die Fläche der Schütztafel und zwar genau genommen nach Abzug der über den Anschlag vorspringenden Ränder, h wie früher das Schleusengefälle, α der Winkel, welchen die Kniehebel beim Beginn des Abhebens mit der Horizontalen bilden (Fig. 258),

Fig. 257.

Schnitt *ABCD*.



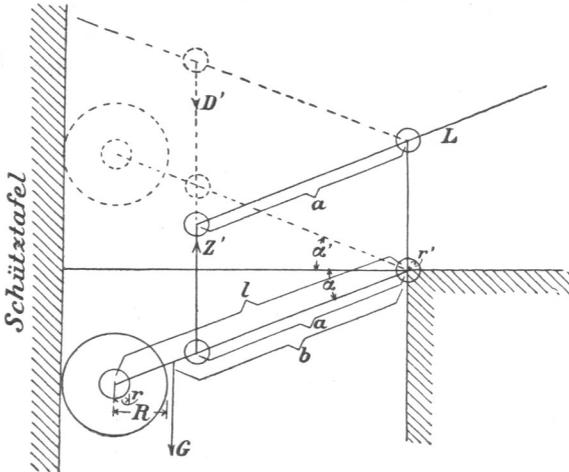
b



Schnitt *EF*.

R ist der Halbmesser der Rollen, r derjenige der Rollenzapfen, r' der Halbmesser des Zapfens der Kniehebel am Drehpunkte derselben, l ist die Länge des Kniehebels, a der Teil desselben zwischen dem Angriffspunkte der Stange Z' und dem Drehpunkte, t und μ_1 haben die früher angegebenen Werte. G' ist das Gewicht der Rollen, Kniehebel und der Zugstange Z' für die eine Schützenseite, welches im Abstände b vom Drehpunkte

Fig. 258.



der Kniehebel angreift. Vernachlässigt ist die Reibung in den Zapfen der Zugstange Z' selbst, weil zur Berechnung derselben die Kraft Z' erst bekannt sein muß, sowie der Widerstand, den das Wasser der Bewegung entgegensetzt, der nicht bedeutend wird, weil die Bewegung eine sehr langsame ist.

Der Druck, welcher am Ende des Hebels H auszuüben ist, ergibt sich alsdann:

$$P = \frac{Z' \cdot a}{L}, \dots 65.$$

worin L die Länge des freien Armes ist (s. Fig. 257). Da der

Arbeiter am Hebel mit seinem Gewichte wirkt, so kann $D = 50$ bis 60 kg genommen werden, und es wird bei einem einigermaßen großen Umsetzungsverhältnisse des Hebels H leicht sein, ein großes Schütz durch einen Arbeiter vom Anschlage abzuheben.

Trifft man die Einrichtung so, daß die Rollen von der Horizontalen nach oben hin um den Winkel α' ausgertickt werden, wenn das Schütz geschlossen sein soll, wie die punktierte Lage in Fig. 258 zeigt, so werden zum Abdrücken des Schützes vom Anschlag die Rollen um α' nach unten gesenkt. Das Gewicht derselben wirkt in diesem Falle günstig und der Druck, welcher durch die Verbindungsstange der Kniehebel auszuüben ist, erhält den Wert:

$$D' \geq \frac{1000 h F'}{2} \left(\tan \alpha + \frac{\mu_1 r'}{a \cdot \cos \alpha} + \frac{l}{a \cdot R} (t + \mu_1 r) \right) - \frac{G' \cdot b}{a} \dots 66.$$

Die zum Aufziehen des Schützes selbst in beiden Fällen erforderliche Kraft ist:

$$Z \geq \frac{1000 h F'}{R} (t + \mu_1 r) + G \dots 67.$$

Unter F kann der Sicherheit halber die ganze Schützfläche in qm verstanden werden. Die anderen Buchstaben haben die früher angegebene Bedeutung.

An dem Werte von Z wird G den größten Anteil haben; es ist daher zweckmäßig, G durch Gegengewichte auszugleichen.

Als eine Vervollkommnung sämtlicher Schützkonstruktionen für Umläufe kann empfohlen werden, den Rahmen für das Schütz nicht einzumauern, sondern zum Herausheben einzurichten, ähnlich wie dies bei dem Klappschütz für einen Umlauf der Bromberger Stadtschleuse weiter unten beschrieben werden wird.

2. Drehschützen.

Die Drehschützen oder Drehklappen bewegen sich um eine vertikale oder um eine horizontale Axe, ersteres vorzüglich nur in den Umläufen. In der Regel teilt die Axe die ganze Klappe in zwei ungleiche Flächen im Verhältnis von etwa 8 bis 9:10,

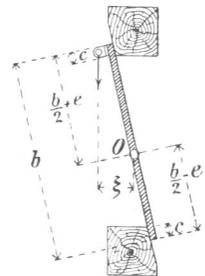
wobei der Überdruck der größeren Fläche den dichten Anschluß der Klappenränder an den festen Rahmen bewirken muß. Bei der Öffnung muß die Klappe dem durchströmenden Wasser möglichst wenig Widerstand entgegensetzen, dazu an den der Strömung entgegenliegenden Kanten thunlichst schmal sein und sich genau in die Richtung des ausfließenden Wassers stellen lassen. Der Widerstand gegen die Bewegung wird zu Anfang derselben durch hydrostatischen Druck erzeugt, im weiteren Verlauf dagegen durch hydraulischen, zu welchen beiden noch die Reibungswiderstände hinzutreten.

Das ganze Moment, welches zu Anfang dem Öffnen entgegenwirkt (in Bezug auf die Drehaxe), ist unter Vernachlässigung einiger kleinen Größen genügend genau:

$$M = \frac{\gamma \cdot a \cdot b \cdot h}{2} (2e + c + \mu \cdot d), \quad \dots \dots \dots 68. \quad \text{Fig. 259.}$$

worin

- γ das Gewicht von 1 cbm Wasser = 1000 kg,
- h das Schleusengefälle,
- a die Breite } des Schützes, normal zur Drehaxe gemessen,
- b die Höhe } des Schützes, normal zur Drehaxe gemessen,
- e die Excentricität (positiv, wenn die Dichtigkeit befördernd, sonst negativ),
- c die Anschlagbreite der Tafel,
- d den Zapfendurchmesser



bedeuten, vergl. Fig. 259.

Führt man den hydrostatischen Druck D auf die ganze Klappe ein, welcher gleich $\gamma \cdot a \cdot b \cdot h$ ist, so ergibt sich:

$$M = D \left(e + \frac{c}{2} + \mu \cdot \frac{d}{2} \right) \dots \dots \dots 69.$$

Bezeichnet man ferner mit ξ den Hebelarm der Kraft P , welche beim Öffnen auf die Klappe übertragen wird und mit G das Gewicht des Gestänges, so muß sein:

$$P \geq \frac{D}{\xi} \left(e + \frac{c}{2} + \mu \cdot \frac{d}{2} \right) - G \dots \dots \dots 70.$$

Wird das Übersetzungsverhältnis am Hebel zum Öffnen des Drehschützes mit $n:1$ bezeichnet und die am Druckhebel bzw. an der Kurbel ausgeübte Kraft K genannt, endlich mit η eine Konstante bezeichnet, welche die Widerstände des Bewegungsmechanismus berücksichtigt und die je nach der Konstruktion der Geradföhrung gleich 1,1 bis 1,2 genommen werden kann, so ist:

$$K = \frac{P \cdot \eta}{n} + \frac{\eta}{n} \left[\frac{D}{\xi} \left(e + \frac{c}{2} + \frac{\mu \cdot d}{2} \right) - G \right] \dots \dots \dots 71.$$

μ wird meist = 0,3, G im Mittel etwa 50 kg sein. K ist für einen Arbeiter = 30 kg, für zwei = 55 bis 60 kg.¹⁰⁵⁾

Für den zweiten Teil der Drehung berechnet Lieckfeld in der Zeitschrift für Bauwesen 1892, S. 385 folgendes: Während der Drehung ist das größte Moment der hydraulischen Widerstände proportional der Klappenbreite a und dem Quadrate der Klappenhöhe b , wobei die Höhe immer (wie auch oben) die Abmessung senkrecht zur Drehaxe ist, also bei $\left\{ \begin{array}{l} \text{wagerechter} \\ \text{lotrechter} \end{array} \right\}$ Drehaxe ist $b \left\{ \begin{array}{l} \text{lotrecht.} \\ \text{wagerecht.} \end{array} \right.$

¹⁰⁵⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1878, S. 374 und Th. Landsberg. Die eisernen Stemthore der Schiffschleusen.

Bezeichnet wieder D den auf die geschlossene Klappe wirkenden hydrostatischen Gesamtdruck (ohne Abzug des Anschlages), so ist der grösste Wert des Momentes der Widerstände, bezogen auf die Drehaxe:

$$M' = 0,9 D (0,075 b \pm e + 0,15 d) \dots \dots \dots 72.$$

Das erste Glied der Klammer giebt den Einfluss der hydraulischen Widerstände, das zweite den der Excentricität (positiv, wenn den Schlufs befördernd wie oben), das dritte endlich denjenigen der Zapfenreibung.

Die hydraulischen Widerstände entstehen erst durch die Strömung; bei plötzlichem Öffnen der Klappe ist aber die spätere Geschwindigkeit des Wassers nicht sofort vorhanden, vielmehr ist eine gewisse Zeit zur Erreichung derselben nötig, welche Zeit um so grösser ist, je grösser die Masse des in Bewegung zu setzenden Wassers. Daraus erklärt sich, dass der Widerstand bei schnellem Umlegen des Hebels oft geringer ist, als bei langsamem. Gegen Ende der Bewegung nehmen die Widerstände ziemlich plötzlich ab und es tritt eine starke Zunahme des Wirkungsgrades des Druckhebels auf. Auch unterstützt dann das Gewicht des Hebelarmes die Bewegung des Öffnens. Dadurch erklärt sich der am Schlufs der Bewegung im Sinne des Öffnens auftretende Stofs.

Die grösste Kraft, welche beim Öffnen zur Überwindung der Widerstände erforderlich wird, ist:

$$K' = \frac{P \cdot \eta}{n} = \frac{\eta}{n} \left[\frac{0,9 D}{\xi} \left(0,075 b \pm e + \frac{\mu \cdot d}{2} \right) - G \right] \dots \dots \dots 73.$$

ξ ist hier der Hebelarm der Kraft P gegen die Drehaxe bei einer Stellung der Klappe von etwa 67° gegen die Lotrechte (für Klappen mit wagerechter Axe). Für Handbetrieb der Drehschützen muss man die Klappenmaasse in den Gleichungen 69 bis 73 so bestimmen, dass K nicht grösser als 30 kg wird.

Was die vielfach zur Unterstützung des Öffnens angewendete negative Excentricität der Drehaxe anbelangt, so ist deren Wirkung, da sie höchstens gleich der Hälfte der Anschlagbreite bemessen werden darf, wenn nicht ein selbstthätiges Öffnen der Klappe stattfinden soll¹⁰⁶⁾ und deshalb wohl selten über 5 mm beträgt, nach Lieckfeld nur verschwindend klein. Jedenfalls ist der durch solche negative Excentricität der Drehaxe vermehrte Übelstand der Undichtigkeit viel erheblicher, als der durch die geringe Kraftverminderung erreichte Vorteil. Es empfiehlt sich deshalb, entweder gar keine oder eine auf Schliessen wirkende, positive Excentricität der Drehaxe anzuwenden.

Von den Drehschützen oder Drehklappen ist zunächst in Fig. 260 u. 261 ein Beispiel für den Abschluss eines Umlaufkanals gegeben. In der Ansicht ist das Schütz zur Hälfte rechts mit den beiderseitigen Holzbohlen bekleidet, links dagegen unbedeckt nur im eisernen Gerippe dargestellt. Ausser dieser Konstruktion giebt es namentlich für kleinere Klappen reine Eisenkonstruktionen in Blech oder Gussseisen. Aus den Zahlen im Schnitt AB geht hervor, dass die linke Hälfte 1,22 m, die rechte 1,12 m breit ist, erstere also den Überdruck hat. Zum Öffnen und Schliessen dient das wegen seiner vielen kleinen Zahnräder wohl nicht besonders zweckmässige Windwerk. Drehschützen mit senkrechten Axen besitzen auch die Schiebethore der Schleuse zu Davis Island, vergl. F. 20—23, T. IX.

In der Anordnung sehr ähnlich sind die in Fig. 262 u. 263 gegebenen Beispiele von Spülthoren, wovon bei Besprechung der Seehäfen eingehender die Rede ist.

In den Stemmthoren würde für den gewöhnlichen Gebrauch zum Füllen und Leeren der Kammer eine Drehklappe mit vertikaler Axe nicht zweckmässig sein, weil

¹⁰⁶⁾ Vergl. weiter unten die Schützen der Stadtschleuse zu Bromberg mit hölzernem Anschlage.

Fig. 260 u. 261.
Drehschütz in einem Umlaufkanal.
Ansicht, Schnitt A B, Grundrifs. M. 0,015.

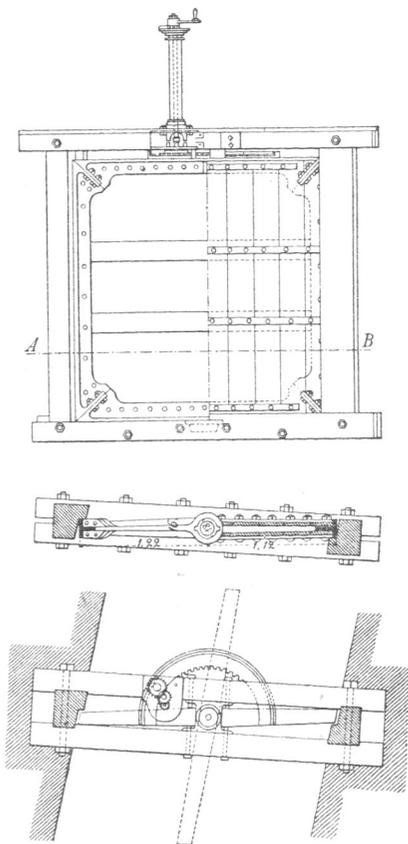


Fig. 262. Spülthor.
Grundrifs.

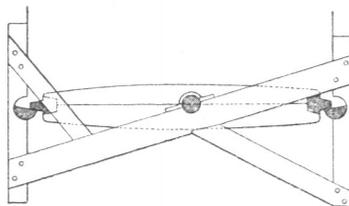
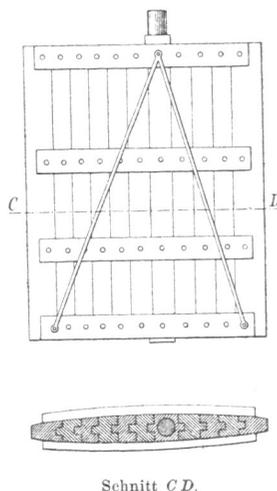


Fig. 263. Spülflügel.
Ansicht.



sie am Thore nicht so bequem zu bedienen ist, als eine Klappe mit horizontaler Axe, vorausgesetzt, dafs dabei eine mäfsige Gröfse nicht überschritten wird. Es bedarf nämlich bei den horizontalen Klappen nur einer etwas schrägen Stellung während des Verschlusses und eines abwärts gerichteten Drucks gegen die gröfsere obere Hälfte der Klappe, um diese zur Öffnung zu bringen. Diese Bewegung wird besonders leicht durch einen auf der Laufbrücke liegenden Winkelhebel hervorgebracht, dessen langer Schenkel etwa 10 mal so grofs als der kurze ist und, um 180° gedreht, eine an dem kurzen Arm hängende Lenkstange um die doppelte Länge des letzteren hinabdrückt. Die Lenkstange ist durch ein Gelenk mit einer senkrechten Führungsstange verbunden und diese wieder mit der oberen Kante der Drehklappe. Bei dieser Einrichtung lassen sich nahezu 1 qm grofse Klappen in einigen Sekunden Zeit öffnen, während zum Öffnen eines etwa gleich grofsen einfachen Zugschützes etwa 2 Minuten erforderlich sind.

Ähnlich ist die Anordnung bei der Mehrzahl der Drehschützen für die Umläufe der Stadtschleuse in Bromberg ausgeführt (Fig. 264, S. 298). Man hatte hier versucht, die Excentricität der Drehaxe so zu bemessen, dafs die Kraft K' in Gl. 73, welche erforderlich ist, um die vom bewegten Wasser herrührenden Widerstände zu überwinden, soweit sie nicht durch einen Arbeiter ausgeübt werden konnte, durch den Überdruck des Wassers auf die gröfsere Seite der Klappe hergegeben würde. Man fand aber,

dafs dann in geschlossener Stellung ein selbstthätiges Öffnen des Schützes eintreten mußte, weil der hydrostatische Druck auf die gröfsere Hälfte zu groß wurde. Ein annähernd dichter Schlufs war also bei dieser Anordnung unmöglich. Da nun zum Öffnen des Schützes bei vollem Drucke drei Mann am Druckhebel kaum ausreichten, ist nachträglich die untere Seite desselben über den Anschlag hinaus um 14 cm verlängert worden. Eine solche Verlängerung ist bei geschlossenem Schütz ohne Wirkung, bei dem Öffnen aber wird sie von dem Stofse des Wassers getroffen und unterstützt das Öffnen in der wirksamsten Weise. Diese Anordnung hat sich gut bewährt, und ein Mann ist im stande, bei vollem Wasserdrucke von 3,2 m zu öffnen. Dem Schliesen bei diesem Drucke, wenn solches nötig werden sollte, setzen sich indessen erhebliche Widerstände entgegen.¹⁰⁷⁾

Fig. 264 u. 265. Neue Stadtschleuse, Bromberg.

Fig. 264.

Drehschütz mit Druckhebel im Trennungspfeiler.

M. 0,02 (1:50).

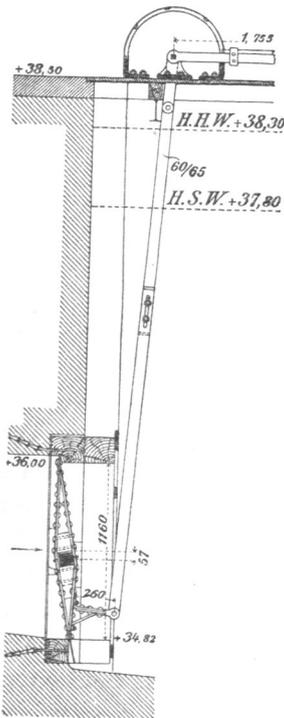
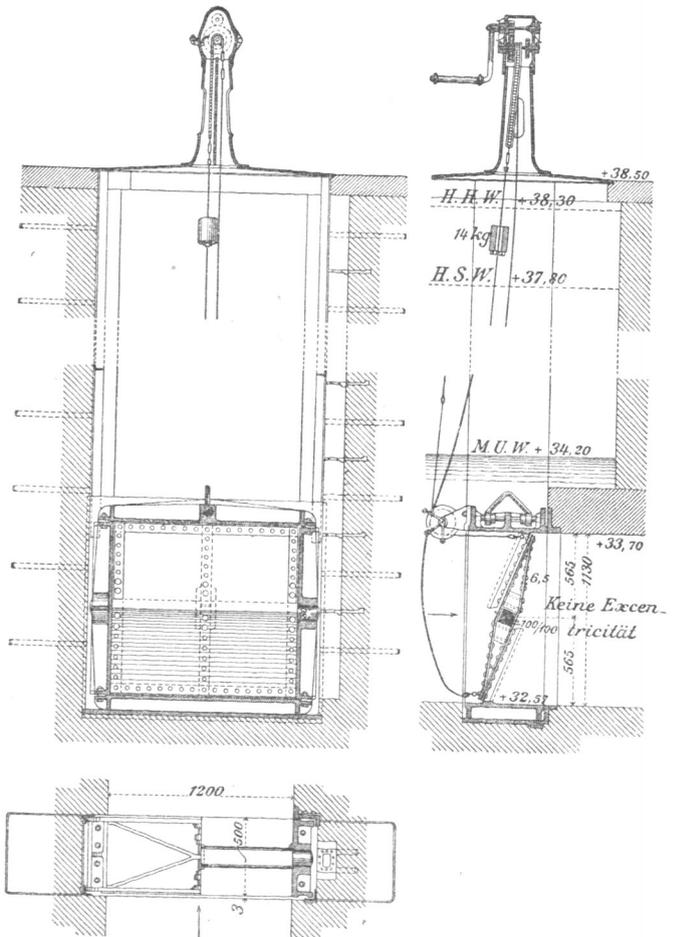


Fig. 265.

Drehschütz mit Kurbelbetrieb an der östlichen Seite des Unterhauptes. M. 0,02 (1:50).



Bei so bedeutenden Druckhöhen wie in Bromberg ist ein Druckhebel nicht sonderlich empfehlenswert, es ist zweckmäßiger, die Bewegungen durch auf Zug beanspruchte Teile auszuführen. Eine solche Anordnung zeigt das Drehschütz Fig. 265 von derselben

¹⁰⁷⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 56.

Schleuse, welches außerdem den noch wichtigen Vorzug hat, dafs das ganze Schütz mit Rahmen herausgenommen und nachgesehen werden kann, ohne dafs es nötig wäre, das Wasser abzdämmen. Die ebenso wie die vorigen 1,2 m im Geviert grofse schmiedeeiserne Schütztafel ist nämlich in einem gufseisernen Rahmen befestigt, in welchem sie sich gleichfalls um eine horizontale Axe dreht. Dieser Schützrahmen, welcher in einem in den Ecken mit Winkeleisen besetzten Schlitze frei in die Höhe gezogen werden kann, setzt sich unten auf eine Platte und wird von dem Wasserdrucke gegen einen lotrecht vermauerten gufseisernen Rahmen fest angepreft. Da die Berührungsflächen gehobelt sind, so entsteht ein dichter Schlufs.

Die Drehung des Schützes erfolgt durch zwei Ketten, welche mittels eines Stückes Gliederkette über eine durch Kurbel gedrehte Kettentrommel geführt werden. Je nachdem die Trommel rechts oder links herum gedreht wird, wird das Schütz geöffnet oder geschlossen. Die Ketten werden unten über eine am Schützenrahmen befestigte Doppelrolle geführt, deren beide Scheiben sich unabhängig voneinander frei auf ihrer gemeinsamen Welle bewegen.

Um das Schütz nebst Rahmen herauszunehmen, hat man nur nötig, in einen an dem Rahmen zu diesem Zwecke befestigten aufrecht stehenden Bügel den Haken eines Flaschenzuges zu führen und letzteren an einen über dem Schacht aufgestellten Bock zu befestigen.

Der harte Anschlag der Klappe an dem gufseisernen Rahmen hat sich weder als Übelstand, noch überhaupt bemerkbar gemacht, zumal die Kettentrommel des Getriebes durch eine Sperrklinke gehalten wird, ein selbstthätiges Zuschlagen des Schützes also nicht stattfinden kann. Derselbe ermöglicht aber einen weit dichteren Abschluß als der Holzanschlag und gewährleistet denselben namentlich auf längere Zeit. Das Schütz wird in sechs Umdrehungen der Kurbel geöffnet, erfordert aber bei vollem Wasserdrucke von 3,2 m und halber Öffnung der Klappe eine gröfste Kraft von 45 kg an der Kurbel, sodafs dann zwei Mann erforderlich sind. Es würde sich daher empfehlen, durch Erhöhung des Umsetzungsverhältnisses auf 10 Umdrehungen die erforderliche Kraft an der Kurbel soweit zu vermindern, dafs ein Mann zur Bedienung genügt.

In horizontaler Lage kommen die Drehschützen hauptsächlich bei Klappthoren vor. So bei den Schleusen des Erie-Kanals in Nordamerika (Fig. 189 bis 192, S. 246) und bei den Oberthoren der Schleusen des Oder-Spree-Kanals, vergl. F. 21—23, T. X.

Wie bei Beschreibung der Drehschützen alter Konstruktion mit hölzernem Anschlagrahmen erwähnt wurde, hat man, um die hydraulischen Widerstände während des Öffnens zu vermindern, die untere Klappenhälfte um 14 cm verlängert. Den gleichen Zweck wird man offenbar erreichen, wenn man nach Lieckfeld's Vorschlag in der oberen Klappenhälfte eine Klappe anbringt, die vor dem Öffnen des Drehschützes aufgemacht wird, sodafs dadurch die Druckfläche der oberen Klappenhälfte verkleinert wird, s. Fig. 266.

Als ferneres Mittel zur Verringerung des Kraftverbrauchs empfiehlt Lieckfeld die Zerlegung des Schützes in eine Anzahl kleinerer, s. Fig. 267. Da der hydraulische Widerstand, wie oben erwähnt, im Verhältnis zum Quadrat der Höhe des Schützes wächst, so wird, wenn der Widerstand für ein Schütz von der Höhe h einem Ausdrucke $A h^2$ entspricht, der Widerstand von n Schützen von je $\frac{h}{n}$ Höhe nur $n \cdot \left(\frac{h}{n}\right)^2 \cdot A$ betragen, also nur den n ten Teil des grofsen.

Fig. 266.

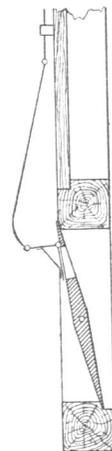
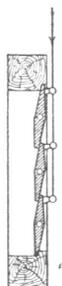


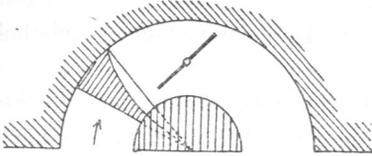
Fig. 267.



Ein Jalousieschütz mit zwei eisernen Klappen und eisernen Anschlagrahmen hat eine Schleuse zu Hansweerd in Holland in ihren Thoren erhalten.¹⁰⁸⁾ Derartige Jalousieschütze haben allerdings dieselben Übelstände wie das Jalousie-Zugschütz (viele Fugen und leichteres Festsetzen von Fremdkörpern).

Bei Klappschützen mit lotrechter Drehaxe, wie sie in Umläufen Verwendung finden können, kann die Führung des Kanals zur Unterstützung des Öffnens benutzt werden. Bei einem Kanal, wie ihn Fig. 268 im Grundrifs darstellt, verteilt sich die Geschwindigkeit und nach dem Quadrate der letzteren die Stosswirkung des Wassers in dem Kanalquerschnitte etwa nach der schraffierten Fläche. Bei der gezeichneten Anordnung der Klappe wird deren Öffnen daher unterstützt; bei entgegengesetztem Anschlagen derselben würde das Öffnen der Klappe durch den Stofs des Wassers erschwert werden.

Fig. 268.



Im allgemeinen empfiehlt es sich, die Anwendung von Drehschützen auf geringe Druckhöhen oder kleine Abmessungen zu beschränken, sofern nicht mechanische Betriebskräfte vorhanden sind. Zur Anwendung in Schleusenthoren, bei denen eine leichte Handhabung besonders erwünscht ist, erscheint daher anstatt des einfachen Drehschützes das Jalousie-Drehschütz um so mehr geeignet, weil es gleichzeitig in geöffnetem Zustande weniger vor die Thorfläche vortritt, also geschützter liegt, als das gleich große einfache. Übrigens werden die hydraulischen Widerstände bei Drehschützen in Thoren kaum dieselbe Höhe erreichen, wie in Umläufen, weil das Thor die Richtung der durch das nur teilweise geöffnete Schütz strömenden Wasserstrahlen weniger einschränkt als ein geschlossener Umlaufkanal.

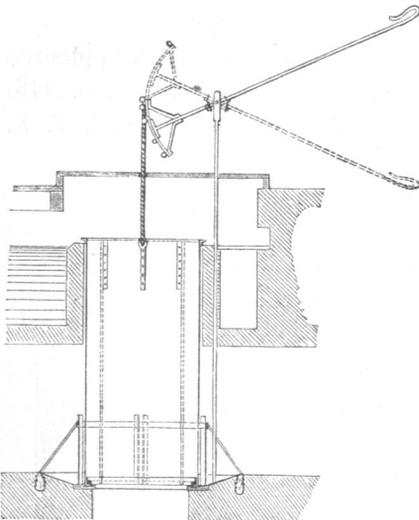
Bei größeren Druckhöhen ist jedenfalls ein eiserner Rahmen und Anschlag dem hölzernen vorzuziehen.

Eine besondere Art von Drehklappen bildet das sogenannte Kreis- oder Segmentschütz, wobei die Drehaxe außerhalb der verschließenden Klappe liegt und diese eine Segmentform erhält. Der Widerstand wird hierbei sehr gering, aber in gleichem Mafse auch die Dichtigkeit.

3. Ventile.

Die Ventilverschlüsse können als einfache Klappenventile, Kegel- und Glockenventile oder als Cylinderventile gebildet sein. Das wesentliche bei ihnen ist, dafs von der verschlossenen Öffnung ein den vorstehenden Namen entsprechender Körper abgehoben und für den Verschluss wieder darauf niedergelassen wird. Der Form dieser

Fig. 269.



Körper gemäfs ist bei dem Anheben ein großer oder kleiner Widerstand zu überwinden, je nachdem der Wasserdruck auf die Oberfläche des Körpers unmittelbar zu überwinden ist, oder nur die diesem Druck entsprechende Reibung oder gar nur die Reibung des Wassers an dem Körper. In letzterem Falle, namentlich bei den Cylinderventilen, ist die zur Hebung notwendige Kraft besonders klein. Während der Öffnung erhalten die Ventile einen hydraulischen Druck, welcher bei geeigneter Form ebenfalls sehr klein ausfällt.

Von den Ventilverschlüssen sind die Klappen- und Kegelyentile nach einigen Anwendungen als unzuweckmäfsig verlassen, dagegen verdienen die in den Figuren 1—4, T. VIII dargestellten und auch bei dem Caligny'schen Apparat (s. § 24) benutzten Cylinderventile für Umläufe besondere Be-

achtung. Dieselben kommen u. a. auch bei Verschlüssen von Einlaufrohren für Wasserleitungen vor und haben den bereits oben erwähnten Vorteil, dafs die zu ihrer Bewegung

¹⁰⁸⁾ Tijdschr. van het kon. Inst. van ingenieurs 1886/87, S. 22 und Tafel 9.

erforderliche Kraft und Zeit verhältnismäßig am kleinsten ist. Sie bestehen nach Fig. 269, sowie nach F. 3, T. VIII im wesentlichen aus einem über das Oberwasser reichenden Blechcylinder, welcher unten entweder mit einer konischen Ringfläche (Sitz) oder einfacher mit einem schweren Zinkwulst auf einem Gummiringe an dem Rande einer festen Öffnung aufsteht und oben an einer Kette (am besten einer Galle'schen wegen Drehung) hängt. Die Kette selbst ist entweder an einem Kreissegment oder an einer Zahnstange befestigt, sodafs bezw. ein einfaches Niederdrücken des Hebels oder ein entsprechendes Aufziehen der Zahnstange mittels eines Vorgeleges zur Hebung des unten in einer ringförmigen Führung stehenden Cylinders genügt, wobei die Hubkraft nur etwas mehr als das Gewicht desselben beträgt, wenn nicht gar letzteres durch ein Gegengewicht ganz oder zum Teil ausgeglichen wird. Ein besonderer Vorteil liegt bei diesen Cylindern unter Umständen darin, dafs ohne Gefahr einer Stofswirkung die Öffnung plötzlich geschlossen werden kann.

Der Ventilverschluss in den Umläufen der Schleuse zu Breslau, F. 1—4, T. VIII, besitzt in der Einströmungsöffnung ein konoidisch erweitertes gusseisernes Mundstück, in welches das aus 6 mm starkem Eisenblech bestehende Cylinderventil mit dem unteren gusseisernen und nach einer Kugelzone abgedrehten Rande hineinfafst. Der dichte Verschluss wird durch die letztere Form von der übrigens noch durch schmiedeeiserne Arme bewirkten Führung (s. F. 3) unabhängig. Der 3,75 m hohe, auch oben offene Cylinder ist nur bis zur Höhe des höchsten schiffbaren Oberwassers geführt, und wird bei noch höherem Wasser zur Verhütung der Durchströmung mit einem Deckel geschlossen. Das Gewicht des Ventils (etwa 750 kg) wird durch ein hufeisenförmiges Gegengewicht (F. 2 u. 3, T. VIII) so ausgeglichen, dafs nur die Reibung zu überwinden ist. Die Bewegung geschieht mittels einer kleinen Winde und einer bis zum oberen Rand des Ventils hinabreichenden gezahnten Stange durch einen Arbeiter in fünf Sekunden. Der Hub des Ventils wird rechtzeitig begrenzt dadurch, dafs sich das Gegengewicht auf einen Mauervorsprung der Nische legt. Näheres s. Zeitschr. f. Bauw. 1880.

Auch die mehrfach erwähnte Stadtschleuse in Bromberg besitzt Cylinderventile von 1,2 m Durchmesser und 6 mm Wandstärke. Der Ventilsitz ist aus Gufseisen und schliesst sich wie in Breslau möglichst der Gestalt des zusammengezogenen Wasserstrahles an. Rings um den Blechcylinder ist in Höhe des Zuleitungskanales eine Ausparung des Mauerwerks von 35 cm Weite vorgenommen, um dem Wasser von allen Seiten ungehinderten Eintritt in den Schacht des Abführungskanals zu gewähren.

Der Blechcylinder ist auch hier durch ein Gegengewicht aus Gufseisen entlastet, das aber beim Anheben des Cylinders sich in denselben hineinsenkt. Die Führung des Ventils bei der Bewegung bewirkt eine die Cylinderaxe bildende und mit diesem fest verbundene schmiedeeiserne Stange von 60 mm Durchmesser, welche unterhalb des Cylinders durch einen von drei vermauerten Armen getragenen Führungsring gesteckt ist und oberhalb das Gegengewicht durchdringt. Dieser Führungsring ist indessen später zerstört und hat sich auch als überflüssig erwiesen. Die Führungsstange trägt oben eine Zahnstange, welche ohne weitere Übersetzung durch ein Triebbad mittels Kurbel bewegt wird. Fünf Umdrehungen der Kurbel genügen zu einem vollständigen Hub.

Der gufseiserne Deckel des Schachtes ist durchbrochen; die darin befindlichen Öffnungen lassen bei plötzlichem Schliesen des Ventils die Luft und teilweise auch das aufspritzende Wasser entweichen.¹⁰⁹⁾

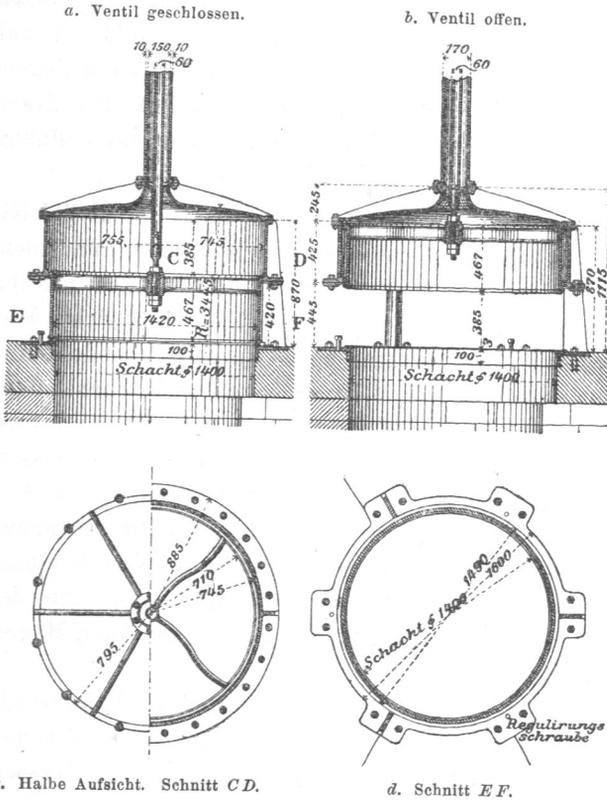
¹⁰⁹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 53.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß ein Cylinderventil ebenso gut anwendbar ist, wenn der höhere Wasserspiegel im Innern des Cylinders sich befindet, als wenn derselbe das Ventil außen umgiebt.

Neuerdings wird in Frankreich unter dem Namen „niedrige Cylinderventile“ vielfach die in Fig. 270 dargestellte Abart angewendet, so namentlich bei den Schleusenumbauten des Kanals St. Denis.

Fig. 270. Kanal St. Denis. Cylinderventil.

M. 0,04 (1:25). Vertikalschnitte.



Das Ventil besteht im wesentlichen aus zwei Cylindern, einem beweglichen, oben und unten offenen, welcher die Durchlaßöffnung seitlich abschließt, und einem festen, in den der bewegliche Cylinder beim Öffnen hinaufgezogen wird, s. Fig. 270 b. Der feste Cylinder ist oben durch einen Deckel abgeschlossen, an den sich ein Rohr anschließt, welches in der verlängerten Axe der beiden Cylinder nach oben führt bis über den höchsten Wasserstand. Durch dieses Rohr führt ein entsprechend engeres nach unten, welches als Zug- und Druckstange zum Heben und Senken des beweglichen Cylinders dient. Die Arbeitsleiste außen am oberen Rande des beweglichen Cylinders ist genau nach demselben Durchmesser abgedreht, wie eine entsprechende Arbeitsleiste am inneren unteren Rande des festen, sodafs, wenn das Ventil geschlossen

ist (Fig. 270 a), beide Arbeitsleisten genau ineinander passen und einen wasserdichten Abschluß herstellen. Eine abgedrehte Fase am unteren Rande des beweglichen Cylinders greift in eine entsprechende Nut des Ventilsitzes und bildet dadurch den unteren Verschluss. Bei geschlossenem Ventil steht also der Innenraum desselben, wie bei der älteren Konstruktion der Innenraum des großen Cylinders, mit dem Unterwasser in offener Verbindung.

Um die richtige Stellung der beiden Cylinder gegeneinander zu sichern, ist der feste Cylinder mit dem eingemauerten Ventilsitz am Rande des Schachtes durch drei gußeiserne Stützen verbunden, ferner sind drei Stellschrauben (Fig. 270 d) angebracht, welche ein genaues Montieren ermöglichen sollen.

Die oben beschriebene Gestalt des Ventilsitzes hat man wohl der genaueren Einstellung wegen gewählt; für das Einströmen des Wassers in den Schacht ist dieselbe nicht günstig, da sie eine bedeutende Kontraktion des Strahles bewirkt. Ferner werden auch die drei Stützen des festen Cylinders den Einlauf ungünstiger gestalten, als bei den hohen Cylindern älterer Konstruktion. Dagegen ist die Wasserzuführung bei diesem Ventil wesentlich günstiger, als bei jenen, denn das Wasser kann hier nicht

nur an den Seiten, sondern auch über dem Ventil zufließen. Ohne weiteres dürfte daher der einen oder der anderen der beiden Arten der Vorzug nicht unbedingt zuzusprechen sein.

Übrigens lassen sich die Nachteile der französischen Konstruktion leicht beseitigen. Man hat nur nötig, den festen Cylinder nicht mit dem Ventilsitz durch Stützen zu verbinden, sondern aufzuhängen, und zwar um eine geringe Beweglichkeit zu ermöglichen, nicht den Cylinder selbst, sondern diesen mittelbar durch das Rohr an seiner Decke (s. Fig. 271). Wenn man dann die Dichtung zwischen dem unteren Rande des beweglichen Cylinders und dem Ventilsitz nicht durch passend gedrehte Metallteile, sondern durch einen elastischen Dichtungsring am unteren Rande des Cylinders bewirkt, kann man auch den Ventilsitz wieder entsprechend der Gestalt des einfließenden Wasserstrahles abschrägen. Die Einziehung des unteren Randes des Ventils bewirkt ferner, daß der hydraulische Druck des einströmenden Wassers, sobald das Ventil vom Sitze gelüftet ist, das Ventiltgewicht teilweise aufhebt, also die Bewegung erleichtert. Damit ein selbstthätiges unbeabsichtigtes Abheben des Ventils vom Sitze nicht vorkommen kann, falls das Ventil nicht vollkommen schließt, darf die Abschrägung nicht zu groß genommen werden. Die Führung des Ventils in der Axe des Gehäuses geschieht außer in diesem selbst zweckmäßig auch noch an zwei Stellen des Rohres.

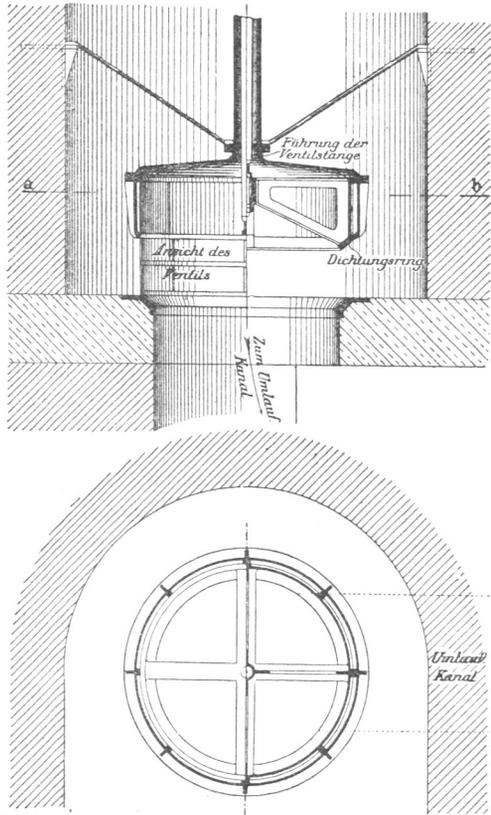
Auch diese niedrigen Cylinderventile lassen sich für inneren und äußeren Wasserdruk verwenden, man hat aber dabei zu bedenken, daß bei innerem Überdrucke, wenn das Ventil schnell geschlossen wird, ein heftiger Stoß gegen den Deckel des festen Cylinders eintreten kann. Dies befürchtend hat man

bei den Ventilen der Sparbassins der Schachtschleuse im Kanal St. Denis (vergl. § 25), welche bald von innen, bald von außen Überdruck erhalten, für die festen Cylinder keine Deckel angewendet, sondern unter Verzicht auf die oben erwähnte bequeme Wasserzuführung dieselben in vollem Durchmesser bis über Wasser geführt.¹¹⁰⁾

Die Ventilkörper, welche früher aus Gußeisen waren, sollen übrigens durch solche aus Stahlblech ausgewechselt werden, weil erstere bei dem großen Durchmesser von 1,6 m nicht sicher genug schienen.

Für diese doppeltwirkenden, sowie für die neuesten niederen Cylinderventile überhaupt ist als Dichtung eine solche von Leder für die obere Fuge zwischen beweglichem und festem Cylinder vorgesehen. Dieselbe besteht nach Fig. 272 (S. 304) aus zwei Lederringen, von denen der obere am beweglichen Cylinder befestigt ist und bei innerem Überdrucke die Dichtung besorgt, während der andere am festen Cylinder sitzt und bei äußerem Überdrucke dichtet. Die Fuge zwischen dem beweglichen Cylinder

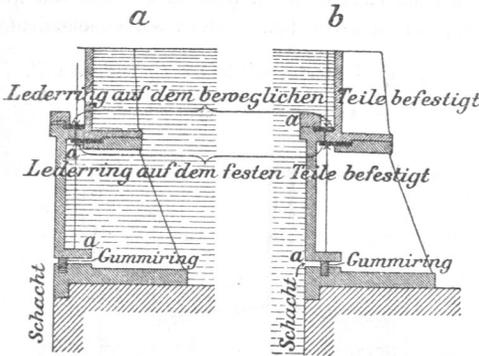
Fig. 271. *Verbessertes niedriges Cylinderventil.*
Vertikalschnitt und Schnitt a b.



¹¹⁰⁾ Ann. des ponts et chaussées 1893, II, S. 82.

und dem Ventil Sitz ist bei der Schachtschleuse durch einen Gummiring gedichtet, der in den Sitz eingelassen ist. Die Lage dieses Ringes muß sich nach der Wirkungsweise

Fig. 272.



des Ventils richten. Kehrt dasselbe nur gegen äußeren Überdruck, so muß der Ring möglichst nahe an dem Innenrande der Ventilsitzplatte angebracht werden (Fig. 272 a), weil dann möglichst jede einseitige Pressung auf die untere Flantsche a fortfällt, die das Abheben des Ventils erschweren würde. Würde das Ventil stets nur inneren Druck erhalten, so müßte der Gummiwulst so weit vom Rande des Ventilsitzes entfernt angebracht werden, daß der von oben nach unten gerichtete Wasserdruck auf den oberen Flantsch a (Fig. 272 b) durch den umgekehrt gerichteten gegen den unteren

Flantsch a aufgehoben wird. Bei doppeltwirkenden niedrigen Cylinderschützen ist der Ring so anzuordnen, daß der Überschufs des dem Abheben des Ventils entgegenwirkenden Wasserdruckes in beiden Fällen möglichst gleich groß werde. Bei den Schützen für die Sparbassins der Schachtschleuse von 20 m Gefälle (§ 25) ist der Wasserüberdruck in beiden Fällen $W = 190 \text{ kg}$, Schützöffnung 1,7 m. Ist G das Gewicht des Schützes, μ' der Koeffizient der Zapfenreibung, r der Halbmesser der Rollenzapfen, R der Halbmesser der Rollen, r' der Teilkreis halbmesser des Triebrades und L die Länge der Handkurbel, so ist ohne Rücksicht auf die Reibung des Wassers und die Steifigkeit der Ketten für Schütze, deren Gewicht durch Gegengewichte vollkommen ausgeglichen ist, die zum Heben nötige Kraft:

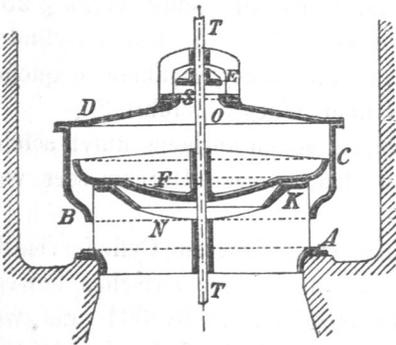
$$= \frac{2(W + G)\mu' r \cdot r'}{R \cdot L} + W \dots \dots \dots 74.$$

μ' ist hier groß zu nehmen.

Ein Ventil für große Druckhöhen zeigt Fig. 273. Bei demselben wird das große Ventil durch den Wasserdruck selbst abgehoben, wenn zuvor ein kleines Ventil geöffnet wird.

Das Ventil besteht aus dem Hohlzylinder C , dessen beweglicher Boden F auf dem Gußstück ANK ruht. Letzteres besteht aus dem ringförmigen Ventilsitze A , von welchem vier senkrechte Rippen zu dem oberen Ringe K gehen, der den Boden F trägt. Der Cylinder C hat unten eine kegelförmige Verjüngung, welche das Abheben des Ventils durch das Wasser ermöglicht, und ist oben durch den dichten Deckel D geschlossen, dessen mittlere Öffnung O durch ein kleines Ventil S gedeckt wird. S ist durch einen Stift an der Hubstange T befestigt, die in dem Gußstück ANK geführt wird. Oben an der Stange greift die Hebevorrichtung an, welche entweder aus Zahnrad mit Kurbel oder aus einem einfachen Hebel bestehen kann. Der äußere Durchmesser des Bodens F paßt genau in den Cylinder C , indem der Rand von F und die Innenfläche von C abgedreht werden. Zwischen beiden sind die Wasserverluste daher so klein, daß sie mit Rücksicht auf das durch das Ventil S einströmende Wasser vernachlässigt werden können.

Fig. 273.



Bezeichnet H das Schleusengefälle und h den Abstand des Kreises D vom Binnenwasser, indem angenommen wird, D liege bei geschlossenem Ventil über dem Binnenwasser, und ist ferner R der Halbmesser des Deckels D , r der Halbmesser des eingezogenen Ventilrandes bei B , und G das Ventilgewicht, so ist der Wasserdruck, welcher das geschlossene Ventil auf seinen Sitz niederhält, genau genug (da h gegen H sehr klein sein wird) $= \gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot H + G$, oder wenn das Gewicht des Kubikmeter Wasser $\gamma = 1 \text{ t}$

gesetzt wird, $= \pi r^2 H + G$ in Tonnen und Metern. Um das kleine Ventil S anzuheben, ist erforderlich ein Zug:

$$Z = \pi (r_1^2 - \rho) (H - h) + p, \dots \dots \dots 75.$$

worin r_1 den Halbmesser des Ventils, ρ den Halbmesser der Zugstange, T und p das Gewicht des Ventils und der Stange bedeuten. Ist das Ventil S gehoben, so tritt das Oberwasser zwischen den Deckel D und den Boden F und hebt das Ventil vom Sitze ab, bis der Hub durch den Boden F begrenzt wird.

Nach der Quelle, welcher wir diese Mitteilung entnehmen, ist der hydraulische Druck, welcher gegen den Deckel D wirkt und das Ventil zu heben strebt, genau genug auszudrücken durch:

$$P = \pi (R^2 - r^2) \left[H - \left(\frac{f}{\pi (r_1^2 - \rho^2)} \right)^2 \frac{H}{r^2} \right] \text{Tonnen, } \dots \dots \dots 76.$$

worin f die Fläche des Zwischenraumes zwischen dem Boden F und dem Cylinder C bedeutet (in qm). Der Druckhöhenverlust, gegenüber der hydrostatischen Druckhöhe H , welcher durch das negative Glied der großen Klammer näherungsweise ausgedrückt wird, ist nach einem berechneten Beispiele $= \frac{H}{20}$. Bei guter Konstruktion wird man also setzen können:

$$P = \frac{18 \text{ bis } 19}{2} H \cdot \pi (R^2 - r^2) \dots \dots \dots 77.$$

Da die Geschwindigkeit des einströmenden Wassers langsamer abnimmt, als die Druckhöhe H , weil die Strömung so lange anhalten wird, bis die lebendige Kraft des bewegten Wassers verbraucht ist, so folgert unsere Quelle, dafs das Ventil, sich selbst überlassen, sich erst schliesst, nachdem der Unterschied zwischen beiden Wasserständen bereits negativ geworden sei.¹¹¹⁾ Trotzdem wird es geraten sein, die Stange T so stark zu machen, dafs man das selbstthätig geöffnete Ventil daran offen halten und zur Not auch samt dem Boden F nach oben heben kann, um es nachzusehen.

Auch bei diesem Ventile ist die Einströmung des Wassers — und zwar hier wohl unabänderlich — durch die drei Rippen N beeinträchtigt.

Die letzteren Anordnungen entsprechen vollkommen den Verschlufsarten, wie sie in mannigfacher Form im Maschinenbau für Rohrleitungen gebräuchlich sind. Da es nun nicht unwahrscheinlich ist, dafs sich noch eine gröfsere Zahl der bei Wasserleitungen bereits bewährten entlasteten Ventile, Schieber, Drosselklappen u. dergl., wenn man sie zweckmäfsig vergröfsert, im Wasserbau für den Verschlufs von Umläufen verwerten lassen, so möge auch auf diese hingewiesen werden.

Wegen selbstthätiger Öffnung von Cylinderventilen durch Schwimmer vergl. den Schlufs des § 22, wo die von Tolkmitt ersonnene Anordnung in Verbindung mit der Bewegung der Thore beschrieben ist. Ferner möge noch auf eine ebenfalls durch den Wasserdruck sich öffnende Klappenkonstruktion von Rautenberg hingewiesen werden, die in der Deutschen Bauzeitung 1885, S. 255 mitgeteilt ist. Die vier-eckige Klappe dreht sich um ihre obere, horizontale Kante nach der Unterwasserseite zu. In geschlossenem Zustande legen sich Anschlagsleisten unten und seitlich gegen dieselbe, drücken sie gegen die Auflager und bewirken dadurch den dichten Abschlufs. Sobald man diese Leisten durch eine Vorrichtung von oben fortzieht, schlägt der Wasserdruck die Klappe auf, die dann in geöffneter Stellung durch ein Seil von oben gehalten wird.

Zum Schlufs mufs noch hervorgehoben werden, dafs alle Cylinderventile den Nachteil einer zweimaligen Änderung der Richtung des Wassers haben. Wenn man auch für möglichste Abrundungen Sorge trägt, so wird ein ziemlicher Druckhöhenverlust bei denselben dennoch nicht zu vermeiden sein. In dieser Beziehung ist das Zugschütz mit grofsen Öffnung das vorteilhafteste, dem sich die zuletzt erwähnte Klappe und demnächst das einfache Drehschütz mit Drehaxe in der Mitte anschliesst.

§ 24. Besondere Einrichtungen zur Wasserersparnis und zur Erleichterung des Durchschleusens. Das Wasser für die Speisung von Schiffahrtskanälen ist oft schwer zu beschaffen und mitunter sind gewisse Kanallinien nur deshalb unausführbar, weil es ihnen an Speisewasser für ihre oberen Haltungen gebricht. Es ist deshalb eine

¹¹¹⁾ Tijdschr. van het koninkl. Inst. van ing. 1886/87, S. 48 und Revue industr. 1884, 23. Apr., S. 169.

wichtige Frage, wie die Kanalschleusen unter ungünstigen Wasserhältnissen als besonders sparsam im Wasserverbrauch eingerichtet werden können. Diese Frage kann anscheinend in sehr einfacher Weise dadurch umgangen werden, daß man aus den unteren, genügend gespeisten Haltungen so viel in die oberen hineinschöpft, als diese zur Deckung ihrer Verluste erfordern. Man hat sogar versucht, die bei der Entleerung der Schleusen-kammer in das Unterwasser fließende Wassermenge als Aufschlagwasser zum Betriebe von Wasserrädern zu benutzen, welche jenes Aufschöpfen besorgen sollten. Diese Versuche sind mißlungen und zwar größtenteils deshalb, weil auf diese Weise ein kleinerer Teil des Wassers der Schleusen-kammer wieder gewonnen wird, als dies durch weit einfachere Mittel möglich ist. Die abnehmende Druckhöhe des Schleusenwassers giebt nämlich bei den unvermeidlich schädlichen Widerständen einen zu ungünstigen Nutzeffekt für das die Schöpfmaschine treibende Wasserrad, sodaß es kaum möglich scheint, mehr als etwa 30 Prozent der ganzen mechanischen Arbeit des fallenden Wassers nutzbar zu machen, oder mehr als etwa ein Drittel dieses Wassers wieder zu gewinnen. Das unmittelbare Aufpumpen des gesamten fehlenden Speisewassers wird aber wohl in den meisten Fällen als zu kostspielig erscheinen, weil dieses Quantum Wasser ungleich größer ist, als die sich auf dem Kanal bewegenden Nutzlasten der Schiffe. Denn es ist sehr gering gerechnet das Gewicht jeder Schleusenfüllung mindestens doppelt so groß, wie die Nutzlast eines vollen Schiffes, und da jedes durchgeschleuste Schiff nicht selten eine ganze, mindestens eine halbe Schleusenfüllung verbraucht, ferner aber das nötige Speisewasser nur zum Teil zur Füllung der Schleusen, zum großen Teil zur Deckung sonstiger Verluste dient, so würde durch das Aufpumpen des Speisewassers, zumal bei mehreren Haltungen hintereinander, der Betrieb des Kanals in vielen Fällen unverhältnismäßig teuer werden. Unter besonders günstigen örtlichen Verhältnissen wird man vielleicht als billige Betriebskraft für Schöpfwerke auf den Wind rechnen können. Ferner steht zu hoffen, daß die sich schnell entwickelnde Elektrotechnik uns demnächst die Mittel an die Hand giebt, fern gelegene billige Wasserkräfte zum Speisen der oberen wasserarmen Haltung eines Kanals aus der unteren zu benutzen.

Die bis jetzt versuchten Mittel zur Ersparung an Durchschleusungswasser beruhen auf verschiedenen Grundlagen. Bei den gewöhnlichen Seitenbecken, von welchen weiter unten eingehender die Rede ist, wird ein durch hydrostatische Ausspiegelung genau begrenztes Quantum Wasser aus der Kammer in ein oder mehrere Becken hineingelassen und aus diesen wieder in die Kammer zurückgeführt.

Bei den Seitenbecken mit Schwimmern nach dem System Girard wird die Füllmasse der Kammer bald in das feste Seitenbecken hinabgelassen, bald wieder aus diesem in die Kammer hinaufgedrückt, je nachdem ein dieses Seitenbecken nahezu ganz ausfüllendes bewegliches Becken oder ein Schwimmer aufsteigt oder niedersinkt und in letzterem Falle auf die in dem festen Becken enthaltene Füllmasse drückt. Es handelt sich hier um eine sehr sinnreiche Anordnung, welche noch heute Beachtung verdient, obwohl sie nicht zur Ausführung gelangt ist. Wegen der betreffenden Einzelheiten muß indessen auf die 2. Auflage dieses Werks (Kap. XXI, S. 461) und auf die unten erwähnten Quellen verwiesen werden.¹¹²⁾

Bei dem Seitenbecken mit Kolben von J. Nyssens-Hart besteht dasselbe aus einer oben und an den Seiten luftdicht abgeschlossenen Glocke Fig. 274, in welcher

¹¹²⁾ Rapport et mémoire sur le nouveau système d'écluse à flotteur de M. D. Girard. Paris 1845. Über die Girard'sche Schiffsschleuse mit Schwimmer nach Poncelet, mit einigen Anmerkungen von Crelle. Berlin 1864.

ein Kolben durch Prefswasser bewegt werden kann. Je nachdem der Kolben gehoben oder gesenkt wird, strömt das Wasser aus der Glocke in die Schleusen- oder zurück.¹¹⁹⁾

Als vierte Einrichtung zur Wasserersparnis sind die beweglichen Kammern zu betrachten, bei denen unter vollständiger Trennung des Oberwassers vom

Unterwasser die mit Wasser gefüllte Schleusen- oder Kammer so vor die Haltungen geführt wird, daß eine Verbindung eintreten kann und daß ein voll hinabfahrendes Schiff, welches aus dem Oberwasser in die ohne Schiff vom Unterwasser nach oben gehobene Kammer fährt, einen großen Teil der Füllmasse derselben in das Oberwasser drückt.

Durch diese vier verschiedenen Anordnungen wird auf rein hydrostatischem Wege ein gewisses Quantum Oberwasser erspart oder Unterwasser gewonnen. Es ist außerdem noch durch Caligny die Aufgabe glücklich gelöst worden, die lebendige Kraft der sich aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser bewegenden Masse zu benutzen, um entweder möglichst viel Oberwasser zu sparen oder aber Unterwasser in das Oberwasser hinaufzuziehen.

Von den aufgeführten verschiedenen Einrichtungen zur Wasserersparnis haben die beweglichen Kammern die größte Bedeutung und werden daher im nächsten Paragraphen, der von den Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle handelt, eingehender besprochen werden. Von den übrigen erscheint es ihrer allgemeinen Bedeutung nach genügend, sie — ähnlich wie es oben mit der Nyssens-Hart'schen Einrichtung geschehen — nur an Skizzen zu erläutern. Von anderen vorgeschlagenen und sogar ausgeführten, aber nicht bewährten Einrichtungen soll dagegen gänzlich abgesehen werden.

Die einfachen festen Seitenbecken sind in ihren Grundzügen durch Fig. 275 dargestellt. Neben der Kammer liegt ein mit wasserdichten Wänden und Boden versehenes und durch einen abschütz- baren Kanal mit der Kammer verbundenes Becken. Wird die oberste mit I bezeichnete Schicht der Kammer in das Becken gelassen, so kann nach entleerter Kammer, aber auch nur dann, diese Wassermenge wieder in eine tiefere Lage, als Schicht III, in die Kammer zurückgeführt werden. Es ist ohne weiteres klar, daß, wenn alles in das Seitenbecken gelassene Wasser wieder in die Kammer zurückgeführt werden soll, die Oberfläche des Beckenwassers höchstens dem tiefsten Stande des aus der Kammer abzulassenden Wassers gleich kommen und daß das in die Kammer zurückgeführte Wasser höchstens die Höhe des Bodens im Seitenbecken annehmen kann. Besitzt also das Seitenbecken eine gleiche horizontale Ausdehnung wie die Kammer, so kann offenbar nur höchstens ein Drittel der Kammerfüllung durch das Seitenbecken aufgenommen und der Kammer wieder-

Fig. 274.

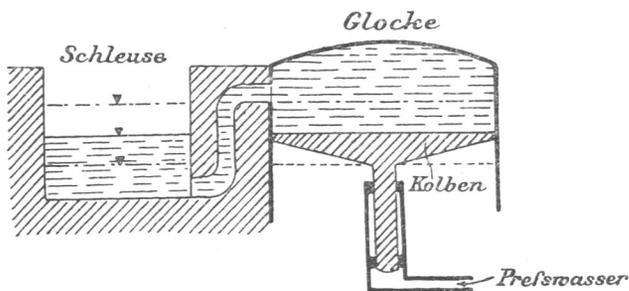
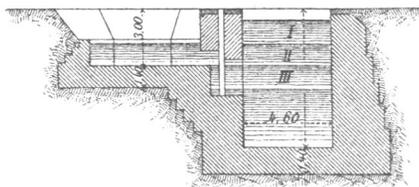


Fig. 275.

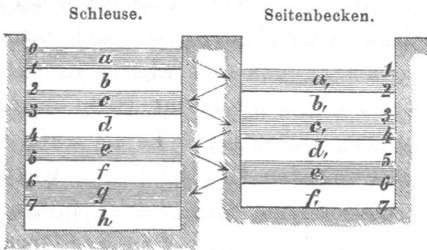


¹¹⁹⁾ Annales des travaux publics de Belgique 1887, S. 301.

gegeben werden. Besäße dagegen das Seitenbecken eine gegen die Oberfläche der Kammer unendlich große Ausdehnung, so würde in dem Becken nur eine unendlich kleine Höhe zur Anfüllung nötig sein, folglich auch bei der Wiederauffüllung der Kammer verloren gehen, d. h. es würde theoretisch fast die halbe Kammerfüllung in das Becken und wieder in die Kammer zurück gelangen können. Bei einem einzigen Seitenbecken wird also zwischen diesen beiden extremen Fällen die Wahl zu treffen sein, wobei leicht durch Rechnung zu finden ist, daß schon bei mäßiger Vermehrung (über ein Drittel) der zu ersparenden Wassermenge die Größe des Beckens erheblich wächst, daß also dieses Mittel sehr kostbar wird.

Günstiger stellt sich die Kostenfrage und zugleich die Größe der Ersparnis, wenn man nicht eins, sondern mehrere Becken nebeneinander, etwa zu beiden Seiten der Schleuse, herrichtet, und dann nicht

Fig. 276.



eine sehr hohe Wasserschicht der Kammer verhältnismäßig tief hinabfallen läßt, sondern die Wassermenge der Kammer in viele dünne Schichten teilt, dieselben seitwärts mit möglichst kleinem Fallverlust ablagert und dann bei der Wiederauffüllung der Kammer diese vielen seitwärts gelagerten Schichten ebenfalls mit kleinstem Gefälle in die Kammer zurückleitet. Bei zunächst angenommener gleicher Oberfläche der einzelnen Becken wie die der Kammer und bei gleicher Schichtenhöhe wird nach nebenstehender Fig. 276 die Schicht *a* durch *a*, nach *c*, die Schicht *b* durch *b*, nach *d* u. s. w. gelangen, so daß bei *n* Seitenbecken *n* + 2 Schichten in der Kammer

notwendig sind und daher die Ersparung des Kammerwassers = $\frac{n}{n+2}$ der ganzen Füllmasse ist. Es ist also die Ersparung bei 1 Becken = $\frac{1}{3}$, bei 2 Becken = $\frac{1}{2}$, bei 3 = $\frac{2}{5}$, bei 4 = $\frac{2}{3}$ u. s. w.

Will man außer der größeren Zahl der Becken auch die Oberfläche derselben vergrößern, so wird allerdings nach dem vorigen die Ersparung noch mehr zunehmen, jedoch nicht in dem Maße, daß der Nutzen dem größeren Aufwande entsprechen dürfte. Wenn die Fläche der Becken z. B. doppelt so groß als die der Kammer, die Höhe also entsprechend kleiner genommen wird, so ergibt sich bei einer Höheneinteilung, in der die Beckenhöhe als Einheit zu Grunde gelegt wird, leicht, daß die größte Ersparung sein wird $\frac{2n}{2n+3}$, also bei 1 Becken = $\frac{2}{5}$, bei 2 derselben = $\frac{4}{7}$, bei 3 = $\frac{2}{3}$, bei 4 = $\frac{8}{11}$ u. s. w. Am größten ist also in den beiden obigen Beispielen der Unterschied bei zwei Becken, derselbe wird aber bei zunehmender Zahl immer kleiner.

Man hat sich nun in den meisten Fällen mit einem oder zwei Becken der großen Kosten wegen begnügt und schon dabei nicht unerheblich an Wasser gespart. Trotzdem ist im ganzen nur wenig Gebrauch von den Seitenbecken gemacht, weil außer den Kosten auch der Zeitverlust durch das langsame Füllen und Leeren in Betracht kommt. Will man aber die völlige Ausspiegelung nicht ganz abwarten, so tritt dadurch wieder eine geringere Ersparung als die theoretische ein. Um die Kosten einer größeren Anzahl Becken möglichst klein zu erhalten, würde vorkommenden Falls statt der bislang üblichen massiven Konstruktion, die nicht gestattet, die Becken übereinander zu legen, es in Frage kommen, die Becken nur durch dünne Eisenblechböden voneinander zu trennen und in größerer Zahl übereinander zu schichten.

Eine unter Umständen praktische Anwendung von Seitenbecken läßt sich ohne merkliche Kostenvermehrung machen, wenn zwei Schleusen nebeneinander liegen, wie dies bei verkehrsreichen Kanälen zuweilen der Fall ist. Es kann dann durch bloße Verbindung beider Kammern und bei geeigneter Handhabung beider Schleusen fast die halbe Füllmasse der Kammern erspart werden, weil diese nur von der vollen Kammer in die leere gelassen und nicht wieder zurückgeführt zu werden braucht.

Bei einfachen Seitenbecken läßt sich endlich durch Benutzung der lebendigen Kraft des in Bewegung gesetzten Wassers das auf kurze Zeit in dem Seitenbecken

Hierzu dienen die in Fig. 277 bis 279 dargestellten Einrichtungen.

Dieselben bestehen:

1. aus einem gemauerten, halbkreisförmig überdeckten Kanale von 1,2 m Weite und 1,55 m Höhe bis zum Scheitel; in der Thorkammer des Unterhauptes beginnt derselbe mit einer Sohlentiefe von 1,8 m unter dem Unterwasser zugleich mit einer horizontalen Erweiterung von 2,7 m; er fällt nach dem Oberhaupte hin auf seiner letzten Strecke bis auf etwa 3,8 m unter Unterwasserhöhe mit der Sohle hinab und endet neben dem Oberhaupte mit zwei durch Cylinderventile (s. Fig. 269, S. 300) verschließbaren Öffnungen *a* und *b* unter zwei besonderen, mit dem Oberwasser und mit einem großen Seitenbassin in Verbindung stehenden Räumen;
2. aus dem eben erwähnten Seitenbecken, auch Sparbecken genannt, welches unterhalb der Schleuse aus dem Unterwasser beginnt, bei einer passenden Stelle durch ein Drehthor abgeschlossen werden kann und sich, wie unter 1. erwähnt, am oberen Ende bis über die erste Öffnung *b* des genannten Kanals erstreckt;
3. aus den zwei über den Öffnungen *a* und *b* des gemauerten Kanals befindlichen, oben und unten offenen Cylinderventilen, welche an Ketten hängen und durch einen Hebel mit Leichtigkeit gehoben werden können. Sie stehen mit ihren unteren Rändern mit Hilfe von Gummi wasserdicht auf den Rändern der Öffnungen des gemauerten Kanals und verschließen als Ventile diese Öffnungen, falls nicht etwa ein Wasserstrahl durch sie selbst hindurch und oben aus ihnen heraustritt. Die beiden Ventile, von denen *a* das Oberventil, *b* das Unterventil genannt werden mag, haben nicht gleichen Durchmesser, sondern es muß das Unterventil *b* etwas weiter sein als das Oberventil *a*.

Die Weiten sind bei der Schleuse zu Aubois 1,48 und 1,40 m. Weil die obere Kanalhaltung sehr kurz ist, so mußten ungünstigerweise beide Cylinder um 10 cm über den normalen Oberwasserspiegel reichen. Die verschiedene Länge hat für die Wirkung der Ventile keine Bedeutung und entspringt aus der notwendigen Form des gemauerten und am Ende aufwärts gebogenen Kanals.

Es ist nun ersichtlich, daß, wenn beide Ventile aufstehen, der Kanal am oberen Ende geschlossen ist; daß, wenn man das Oberventil hebt, das Oberwasser in den Kanal und dadurch in die Kammer gelangt, daß endlich durch Hebung des Unterventils das Kammerwasser mit dem Seitenbecken in Verbindung tritt. Demnach ergeben sich für den Gebrauch folgende Handlungen:

Soll die Schleuse entleert werden, so wird das Unterventil gehoben. Das Kammerwasser durchläuft den Kanal und tritt in das leere Seitenbecken; nach einigen Sekunden ist die Geschwindigkeit groß genug, man läßt das Unterventil fallen und das in Bewegung gesetzte Wasser strömt vermöge seiner lebendigen Kraft durch beide Ventile in das Oberwasser. Sobald die lebendige Kraft hierzu nicht mehr ausreicht, wird das Spiel wiederholt, bis die Kammer so weit entleert ist, daß sich keine genügende Geschwindigkeit im Kanale mehr bildet. Man kann alsdann entweder einfach durch Hebung des Unterventils den Rest des Kammerwassers in das Seitenbecken und durch dieses in das Unterwasser ablassen, oder aber man kann eine fernere Ersparung herbeiführen. Hierzu schließt man das Drehthor zwischen Seitenbecken und Unterwasser und hebt dann das Unterventil. Das alsdann aus der Kammer in das Seitenbecken fließende Wasser nimmt in dem Kanal noch eine solche Geschwindigkeit an, daß das Wasser in dem Seitenbecken für kurze Zeit höher steigt, als es in der Kammer fällt; es wird dann im richtigen Augenblick das Unterventil geschlossen, während gleichzeitig sich die Unterthore selbstwirkend öffnen und aus der unteren Haltung soviel Wasser in die Kammer lassen, als deren Stand unter der Höhe des Unterwassers gesunken ist. Das in dem Seitenbecken bis 15 cm über Unterwasserhöhe gestiegene Wasser wird später zur ersten Füllung der Kammer wieder verwandt.

Soll die Kammer gefüllt werden, so beginnt man mit dem Einlassen des zuletzt erwähnten Wassers aus dem Seitenbecken, wozu nur die Hebung des Unterventils notwendig ist. Es läuft jetzt das Wasser in umgekehrter Richtung wie vorhin in dem Kanal, reißt aber durch seine Geschwindigkeit ebenso wieder das Wasser des Beckens in die Kammer und erzeugt dort eine ähnliche Erhöhung und in dem Seitenbecken eine Erniedrigung, welche letztere ebenfalls mit Vorteil aus dem Unterwasser ersetzt wird. Sodann läßt man das Unterventil fallen, hebt dagegen das Oberventil; das Oberwasser strömt durch den Kanal in die Kammer, jedoch nur für einige Sekunden, weil nach diesen die Geschwindigkeit groß genug ist, um mittels Senkung des Oberventils und Hebung des Unterventils das Wasser aus dem Seitenbecken aufzusaugen und mit in die Kammer zu führen. Das Seitenbecken befindet sich dabei in offener Verbindung mit dem Unterwasser. Die Kammer füllt sich also zum Teil aus dem Oberwasser, zum Teil aus dem Unterwasser. Auch dieses Spiel wird mehrfach wiederholt, bis wiederum die Fallhöhe hierzu nicht mehr

ausreicht. Alsdann wird das Oberventil dauernd gehoben und die Füllung aus dem Oberwasser vollendet, durch welche jedoch eine solche Überhöhung in der Kammer eintritt, daß sich die Oberthore selbstthätig öffnen.

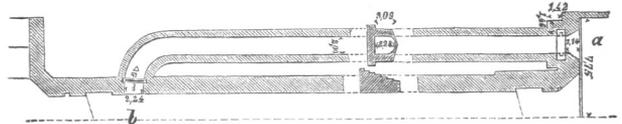
Zu Aulois geschahen 7 bis 8 einzelne Spiele für die Füllung und Leerung der Schleuse innerhalb 5 bis 6 Minuten. Aus zahlreichen Versuchen hat sich ergeben, daß bei der Füllung, ohne Mitbenutzung der Ersparung durch das Seitenbecken, das aus dem Unterwasser gewonnene Wasser sich zu dem aus dem Oberwasser abgelassenen wie 0,41 zu 0,59 verhält, sodafs also hierbei die Ersparung etwa $\frac{2}{5}$ der ganzen Kammerfüllung ist. Bei der Entleerung gelangt dagegen nur 0,386 der ganzen Wassermenge in das Oberwasser und 0,614 desselben in das Unterwasser. Es wird also dabei etwas weniger als $\frac{2}{5}$ gespart, welche Differenz wohl der ungünstigen Überhöhung der beiden Ventile über den Stand des normalen Oberwassers zuzuschreiben ist. Während nun jene beiden Ersparungen zusammen 0,796 ausmachen, wird durch Mitbenutzung des Seitenbeckens die gesamte Ersparung bei einmaligem Füllen und Leeren auf 90 Prozent der ganzen Füllmasse gebracht.

Ein Hauptvorteil des Apparates ist aufser der Wasserersparung, daß für etwaige kurze obere Haltungen sehr geringe Schwankungen und an engen Stellen keine heftigen Geschwindigkeiten bei dem Durchschleusen eintreten und daß die Öffnung der Thore erleichtert wird. Übrigens dürfte sich empfehlen, noch gewöhnliche Thorschützen anzubringen, um den Betrieb zu sichern, und die bedeutenden Kosten würden sich durch Vereinfachung der Anlage des Seitenbeckens wohl etwas verringern lassen.¹¹⁶⁾

Die lebendige Kraft des bewegten Wassers läßt sich, wie schon beiläufig erwähnt wurde, aufser zur Ersparung des Oberwassers auch für leichtere Bedienung der Schleuse und bequemes Aus- und Einfahren der Schiffe verwenden.

Die erste gelungene Anwendung hiervon ist durch den Ingenieur Maus bei den Schleusen zu Herbières und Ath in Belgien gemacht. Die Veranlassung hierzu gab die Schwierigkeit, mit welcher die sehr voll gebauten, bis 250 Tonnen haltenden belgischen Kanalschiffe in die nur um ein sehr geringes Maß weiteren Schleusen aus- und einfahren, indem die beladenen Schiffe sich ähnlich wie der Kolben in einem Cylinder verhielten. Es kam zunächst also darauf an, dem Wasser bei der Einfahrt eines Schiffes einen leichten Ausweg und ebenso bei der Ausfahrt ihm einen Zuweg in den hinteren Teil der Kammer zu gestatten. Hierzu dient bei der Schleuse

Fig. 280.



zu Herbières der in Fig. 280 skizzierte Seitenkanal *a b*, welcher 2 m breit und 2,22 m bis zum Scheitel seines halbkreisförmigen Gewölbes hoch ist. Die geradlinige Sohle befindet sich in der Höhe des Oberdempels und der Scheitel etwas über dem Oberwasserspiegel. An seinem unteren Ende bei *b* befindet sich das in Fig. 260 u. 261 dargestellte Drehschütz, welches vom Wärter mit Hilfe einer Schraube bewegt werden kann. Bei der Füllung der Schleuse beginnt man mit der Öffnung der Thorschützen und öffnet das Drehthor des Seitenkanals erst dann, wenn die Spiegeldifferenz auf etwa 0,5 m herabgesunken ist. Es füllt sich alsdann nicht nur rasch die Kammer, sondern es öffnen sich durch die entstandene Überhöhung des Kammerwassers die Oberthore und das etwa in der Kammer befindliche Schiff wird sanft aus derselben in die obere Haltung getrieben. So notwendig die große Länge und Weite des Seitenkanals zur Erzeugung einer wirksamen lebendigen Kraft ist, so darf doch nicht bei einem größeren Gefälle als dem genannten von 0,5 m die Bewegung erfolgen, weil sonst eine zu heftige Bewegung in der Kammer entstehen und der Wärter nicht Herr über das Drehthor bleiben würde. Nach der Ansicht des Erfinders würde aber aufser einer etwas größeren Weite des Seitenkanals noch die Anbringung eines Schützes in dem größeren Flügel des Drehthores zweckmäßiger sein, um das Thor jederzeit mit Leichtigkeit beherrschen zu können.

Bei der Schleuse zu Ath, welche vorzugsweise von beladen zu Berg fahrenden Schiffen benutzt wird, kommt es umgekehrt darauf an, die aus dem Unterwasser kommenden Schiffe leicht in die Schleuse einfahren zu lassen. Zu dem Zwecke geht ein ähnlicher Seitenkanal von dem oberen Ende der Kammer nach dem Unterwasser, um nach seiner Öffnung das Wasser in der Kammer so zu erniedrigen, daß das

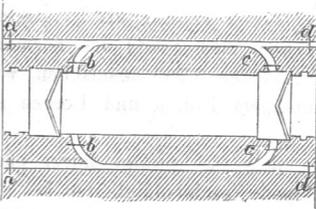
¹¹⁶⁾ Näheres über die Einrichtung und die Theorie des Apparates s. Lagrené. Cours de navigation intérieure. III. Bd. — Ann. des ponts et chaussées (März 1869 u. Sept. 1880). — Journ. de mathématiques de Lionville. 1838. — Comptes rendus de l'Académie des sciences 1872/73.

Unterwasser die Unterthore öffnen und das Schiff in die Kammer hineindrängen muß. Nach den Angaben Lagrené's¹¹⁷⁾ hierüber scheint die Tiefe des Seitenkanals jedoch nicht zu genügen.

Von demselben Schriftsteller wird zur Erlangung der meisten Vorteile die folgende, in Fig. 281 dargestellte Anordnung empfohlen:

An jeder Seite der Schleuse geht ein Längskanal ganz vom Oberwasser bis zum Unterwasser. Dicht hinter dem Oberthore und vor dem Unterthore verbindet ein sanft gekrümmter Querkanal die Kammer mit den beiden Längskanälen. Sämtliche Querkanäle und Enden der Längskanäle müssen durch Schützen *aa*, *bb*, *cc*, *dd* leicht abzusperrn und zu öffnen sein. Um dann die leere Kammer zu füllen und ein von unten kommendes Schiff in die obere Haltung zu lassen, werden die Schützen *bb* und *dd* geschlossen, *aa* und *cc* geöffnet.

Fig. 281.



Das Wasser der Kammer überhöht sich, öffnet die Oberthore und treibt das Schiff aus der Kammer. Um in die leere Kammer aus dem Unterwasser ein Schiff hineinzulassen, schließt man zuerst die Querkanäle, läßt durch die offenen Längskanäle eine kurze Zeit lang den Strom vom Oberwasser nach dem Unterwasser laufen, schließt

dann rasch die Schützen *aa* und öffnet *bb*; alsdann reißt der Strom im Längskanal durch Ansaugung das Wasser aus der Kammer, wodurch sich die Unterthore öffnen und das Schiff in die Kammer hineingezogen wird.

Um dagegen aus der vollen Kammer ein Schiff ins Unterwasser zu lassen, werden die Schützen *aa* und *cc* geschlossen; das Wasser in der Kammer erniedrigt sich unter dem Unterwasserspiegel und die Unterthore öffnen sich; es müssen dann aber die Schützen *bb* geschlossen und die Schützen der Oberthore geöffnet werden, um nach dem Aufhören des Kreislaufs eine mächtige Oberwasserströmung zum Hinausdrücken des Schiffes in das Unterwasser zu erzeugen. Ebenso kann durch Öffnen der Schützen in den Unterthoren nach Öffnung der Oberthore ein Schiff aus der oberen Haltung in die Kammer gezogen werden.

Damit alle diese Vorgänge gelingen, müssen die sämtlichen Kanäle lang und weit genug sein, um der bewegten Wassermenge die nötige lebendige Kraft zu geben. Außerdem müssen sie mit ihrem Querschnitt unter dem Spiegel des Unterwassers liegen, und endlich müssen die betreffenden Schützen fast gleichzeitig bedient, z. B. *bb* geöffnet und *aa* geschlossen werden können. Es wird diese Forderung allerdings erschwert durch Anwendung symmetrischer Kanäle auf beiden Seiten der Schleuse, wogegen andererseits hierdurch die Regelmäßigkeit der Strömungen in der Kammer zum Vorteil der Schiffe sehr vermehrt wird.

E. Vorrichtungen für große Gefälle. Nebenanlagen. Betrieb und Unterhaltung.

(14 Textfiguren.)

§ 25. Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle. Schachtschleuse, geneigte Ebenen und Schiffseisenbahnen, senkrechte Schiffshebwerke. Die Notwendigkeit, behufs weiterer Entwicklung des Verkehrs der Massengüter Verbindungen zwischen Wasserstraßen auch dort herzustellen, wo es an Wasser gebricht oder wo die Höhenunterschiede der Spiegel zu bedeutende sind, um durch Schleusentreppen ohne unverhältnismäßigen Kosten- und Zeitaufwand überwunden zu werden, hat in der Neuzeit dazu geführt, alte fast vergessene Schätze wieder auszugraben und den Fortschritten der Technik entsprechend neu zu gestalten. Die Grundgedanken der oben angeführten Schiffshebevorrichtungen entstammen nämlich größtenteils bereits dem vorigen und noch früheren Jahrhunderten.

1. Schachtschleusen.

Der erste Versuch zur Herstellung einer Schachtschleuse von Polhem in Schweden ist bereits in § 3 erwähnt. Zur Anwendung ist jedoch die Schachtschleuse und zwar

¹¹⁷⁾ Lagrené. Cours de navigation intérieure. III. Bd., S. 126.