

bequeme und breite Treppen nötig. Da nun massive Seitenwände ohnehin stets mit guten Deckplatten abgedeckt werden müssen, so verursacht die Herstellung massiver Treppen dabei wenig besondere Kosten, indem einfach statt der schrägliegenden Deckplatten Stufen angebracht werden. F. 1, 2 u. 5, T. V; F. 2 u. 4, T. VI; F. 2, T. VII; F. 13, T. XI und F. 1—5, T. XII geben verschiedene Beispiele hierzu. Ist der Treppenaufgang gerade und in der Flucht der Hauptmauer, so erscheinen Wangen unnötig, im anderen Falle jedoch erwünscht. Dagegen ist es, wie an der ganzen Schleuse, Regel, keine Geländer anzubringen, weil hierdurch der Dienst zu sehr erschwert werden würde.

Bei einigen Kanal- und Flussschleusen kommen auch Treppen von der Kammermauer abwärts bis etwas über den Unterwasserstand vor, um den Schiffen und Beamten den Verkehr zwischen Schiff und Ufer zu erleichtern. Solche Treppen liegen dann ähnlich wie in Trockendocks parallel zur Seitenwand. Es muß jedoch diese Anordnung in allen Fällen, wo nicht etwa die Schleusenkammer als Anlegeplatz für Passagiere gilt, wie z. B. bei der holländischen „Treckschuiten“-Fahrt, als fast überflüssig und für den Verkehr auf der Schleuse als gefährlich bezeichnet werden. Es genügt meistens für den erstgedachten Zweck, in einer dammfalzartigen, etwa 0,5 m breiten und 0,3 m tiefen Nische eine eiserne Steigeleiter anzubringen.

Über die Anbringung von Laufbrücken über den Thoren ist in § 15, sowie gelegentlich der Beschreibung verschiedener Thore in § 18 und § 19 das Nötige gesagt. Von beweglichen Brücken ist in § 26 die Rede.

C. Die Thore.

(119 Textfiguren.)

§ 15. Die Thore im allgemeinen, Arten derselben: Stemmthore, Fächerthore, einflügelige Drehthore, Klappthore, Schiebethore, Pontons. Die eigentümlichen und wichtigsten Bedingungen für die Verschlussvorrichtungen oder die Thore einer Schiffsschleuse sind Sicherheit gegen den stärksten Wasserdruck, genügende Dichtigkeit und leichte Beweglichkeit. Dafs außerdem die allgemeinen Bedingungen jeder Konstruktion, vorteilhafte Beanspruchung der verschiedenen Teile oder sparsame Verwendung des Materials, möglichst grofse und gleichmäfsige Dauer der einzelnen Teile und der ganzen Verbindung, erfüllt sein müssen, dürfte wohl als selbstverständlich gelten.

Da die Schleusenthore der kleinen und grofsen Schleusen, der im Binnenlande oder an der See belegenen u. s. w., den mannigfachsten Verhältnissen unterworfen sind und namentlich hinsichtlich der Beweglichkeit sehr verschiedenen Ansprüchen zu genügen haben, so ist es nicht auffallend, dafs eine grofse Verschiedenheit in der allgemeinen Anordnung und der Ausbildung im einzelnen besteht. Eine Dockschleuse, welche täglich höchstens zweimal geöffnet und geschlossen zu werden braucht, während ihrer Öffnungszeit aber zahlreichen Schiffen die Durchfahrt gestattet, kann ihrem Zwecke unbeschadet mehrere Minuten Zeit zur völligen Bewegung ihres Thorverschlusses erfordern, während bei Kanalschleusen, die nur jedesmal einem einzelnen Schiff die Fahrt gestatten, aber dies täglich etwa 40mal zu leisten haben, die Schnelligkeit, mit der die Thore bewegt werden, kaum grofs genug sein kann.

Einen nicht geringeren Einflufs hat sodann die Höhe und die Beständigkeit des Wasserdrucks. Es giebt Schleusen, die nur einen nach Centimetern zu messenden Spiegelunterschied zu halten oder eine der Schifffahrt kaum hinderliche Strömung abzuschneiden

haben. In solchen Fällen genügt nicht allein eine sehr einfache Anordnung des Verschlusses, sondern auch die leichteste Konstruktion. Dahingegen sind bei starkem Flutwechsel manche Seeschleusen, sowohl Schutzschleusen als Dockschleusen, einem Wasserdruck von 6 m ausgesetzt. Von der Festigkeit ihrer Thore hängt in dem einen Falle die Sicherheit einer reichen Stadt oder Landschaft, in dem anderen die einer Flotte beladener Schiffe ab. Es ist alsdann neben einer genügend leichten Beweglichkeit die Festigkeit der Thore auf das höchste Mafz zu bringen.

Ferner wird auch bei übrigens gleichem Wasserdruck und ähnlichen Ansprüchen an Beweglichkeit die Weite der Schleuse sehr mafsgebend für die Anordnung der Thore sein.

Endlich wird das zu wählende Material in geringem Mafze von den örtlichen Preisen, in höherem aber von seinen Eigenschaften und seiner Dauer in dem betreffenden Wasser abhängen, wie dieses namentlich für das vom Bohrwurm heimgesuchte Seewasser von Bedeutung ist. Seit der Ausbildung der Eisenblechkonstruktionen mufz es geradezu als ein Konstruktionsfehler gelten, wenn man noch die Thore grofzer Seehafenschleusen aus Holz herstellt. Die Schwierigkeit, mit der sich zahlreiche Hölzer zu einem den verschiedenen Angriffen widerstehenden grofsen Schleusenthore zusammensetzen lassen, bedingt eines Teils eine Anhäufung von totem Material und daneben übermäfsige Beanspruchung anderer Teile. Man kann unbedingt behaupten, dafz je gröfzer das Thor, desto weniger die Holzkonstruktion noch geeignet bleibt, während umgekehrt bei kleinen Thoren das Holz wohl stets in erster Linie Beachtung verdient. Um so weniger werden grofze Holzthore dann aber angebracht sein, wenn sie auch der Gefahr ausgesetzt sind, vom Seewurm angegriffen zu werden. Man kann allerdings durch kostspielige Mittel einen zwar notdürftigen aber nicht völlig sicheren Schutz gewähren, namentlich durch den Überzug der ganzen Aufsensfläche des Holzes mit eisernen, sehr breitköpfigen Nägeln. Vergleicht man aber die Kosten, die Dauer, das Gewicht und die Schwerfälligkeit eines grofsen eisenbenagelten Holzthores und eines gleich grofsen, aus dünnen Eisenblechen ohne Materialverschwendung konstruierten, schwimmenden und leicht beweglichen Thores, so mufz die Verwendung des Holzes in solchem Falle als fast nach allen Richtungen hin unzuweckmäfsig erscheinen. Es kommen aber begreiflicherweise Fälle vor, wo unter Einwirkung der örtlichen Verhältnisse, als Materialpreise, Entfernung von geeigneten Eisenfabriken u. s. w. die Holzkonstruktion ausnahmsweise den Vorzug verdient oder wenigstens in nähere Erwägung zu ziehen ist, während an anderen Orten für gleiche konstruktive Verhältnisse nur das Eisen in Frage kommen dürfte.

Es ist nun allerdings als ein Mangel unserer Kenntnisse anzusehen, dafz wir über die Dauer des Eisens, insbesondere des Eisenbleches, bei Schleusenthoren noch keine ausreichende Erfahrung besitzen. Die schmiedeeisernen Thore sind verhältnismäfsig noch so jung, dafz kaum die ältesten von ihnen völlig abgenutzt sind. Es kann aber schon jetzt als zweifellos gelten, dafz bei übrigens guter Konstruktion, Wartung und Unterhaltung ein schmiedeeisernes Thor, dessen dünnste Bleche etwa 6 mm sind, mindestens 30 Jahre, wahrscheinlich aber viel länger, vielleicht 60 Jahre hält. Es haben z. B. die stets unter salzigem Wasser liegenden Bleche der seit dem Jahre 1848 bestehenden alten Bremerhavener Dockschleuse bei einer im Jahre 1893 vorgenommenen Untersuchung an der stark geteerten Aufsenseite gar keine, im Innern der Thore eine nur geringe Verminderung ihrer Stärke gezeigt. Eine Dauer von 60 Jahren ist aber im Vergleich zur Dauer des Holzes so bedeutend, dafz selbst mehr als die doppelten Herstellungs-

kosten das eiserne Thor noch vorteilhafter erscheinen lassen. Denn einem aus gutem Eichenholz hergestellten Holzthore kann im Durchschnitt nicht viel mehr als eine 15jährige Dauer zugesprochen werden, wobei die jährlichen Unterhaltungskosten im Durchschnitt etwa 2 Prozent der Baukosten betragen.

Abgesehen nun von dem Materiale lassen sich die in der Überschrift dieses Paragraphen genannten Hauptarten von Schleusenthoren unterscheiden. Es soll hier zunächst die zweckmäßige Anwendung jeder dieser Arten kurz besprochen werden, worauf alsdann in späteren Paragraphen eine eingehendere Betrachtung folgen mag.

Sämtliche Thore zerfallen in zwei Hauptgruppen, deren eine und bisher gebräuchlichste die Stemmthore bilden, bei denen die Druckübertragung, wie der Name besagt, durch Gegeneinanderstemmen zweier Flügel erfolgt, während die andere Gruppe alle übrigen Thore in sich schließt, bei denen die Thore wie Platten beansprucht werden, welche auf zwei einander gegenüberliegenden oder auch auf drei und selbst allen vier Seiten unterstützt sind.

Die Stemmthore haben vor den übrigen Thorarten den Vorzug, daß sie die freie Länge auf nur wenig mehr als die Hälfte einschränken und infolge dessen einen geringeren Materialverbrauch erfordern und auch leichter zu bewegen sind, als manche der einflügeligen Thore. Dagegen haben sie den Nachteil, daß ihre statische Beanspruchung, sobald sie nicht nur stemmen, sondern auch am Drempe anliegen, eine sehr unklare wird (vergl. § 16 und 17), daß sie bei unruhigem Wasser durch Zusammen schlagen beider Flügel leicht beschädigt werden (vergl. den Schluß dieses Paragraphen), und daß sie, wenn sie ihrer Größe wegen durch Maschinen bewegt werden müssen, die doppelte Anzahl von maschinellen Einrichtungen erfordern. Da aber Betriebsstörungen hauptsächlich durch Verletzung dieser Teile, sowie der Zapfen und Halsbänder eintreten, sind Stemmthore mit Maschinenbetrieb Betriebsstörungen doppelt so leicht ausgesetzt als einflügelige Thore. Ferner macht der Ersatz alter Stemmthore durch neue weit mehr Schwierigkeiten, als bei den aus einem Stück bestehenden Thoren, weil das Einpassen der ersteren viel größere Genauigkeit erfordert und ohne Trockenlegung des Schleusenhauptes nur sehr mangelhaft ausfallen muß, auch ist die Konstruktion des Drempe bei den Stemmthoren viel umständlicher als bei jenen anderen. Endlich sind die Stemmthore viel empfindlicher gegen geringe Bewegungen der Mauern und werden durch dieselben leicht in ihrem Bestande gefährdet, während bei Schiebethoren und Pontons selbst ein starkes Neigen der Mauern weder die Festigkeit noch die Dichtigkeit beeinträchtigt und auch Klappthore und einflügelige Drehthore nur dann dadurch Schaden nehmen können, wenn man denselben zu wenig Spielraum gegeben hat. Dieses sind die Gründe, deretwegen man in neuerer Zeit nicht selten von den Stemmthoren absieht.

Nach dieser allgemeinen Erörterung der gemeinsamen Vor- und Nachteile der beiden Gruppen mögen die besonderen Vor- und Nachteile der einzelnen Thorarten kurz angeführt und die Verhältnisse angegeben werden, für welche sich dieselben eignen oder nicht eignen.

Das Stemmthor eignet sich nach dem Obigen und nach den eingehenden Untersuchungen der folgenden Paragraphen also besonders für alle mittleren und kleineren Schleusen, bei denen die Verschlüsse aus Holz hergestellt werden sollen, welche mit jedem Haupte nur nach einer Richtung zu kehren haben, und bei denen Bewegungen der Wände nicht zu fürchten sind. In Eisen ausgeführt eignet es sich aber bei diesen Verhältnissen auch noch für große Weiten, wenn nur den Eigentümlichkeiten dieses

Stoffes gehörig Rechnung getragen wird, vergl. § 16 und 17. Es ist namentlich dann geeignet, wenn wegen beschränkter Betriebes die Bewegung der Thore von Hand geschehen kann, sodafs die kostspieligen zahlreichen Bewegungsvorrichtungen fortfallen.

Weniger empfiehlt es sich dagegen bei großen Schleusen auf unsicherem Baugrunde, deren Verschlüsse in jedem Haupte nach beiden Seiten hin kehren, die bei ein- und ausgehender Strömung geschlossen werden und deren Thore wegen lebhaften Betriebes durch Maschinen bewegt werden müssen.

Das Fächerthor ist gewissermaßen nur eine feste Zusammenfügung zweier gewöhnlichen Thorflügel. Man könnte zwar auch einseitige Fächerthore nach Analogie der einflügeligen Thore herstellen, doch ist aus den später bei der eingehenden Besprechung sich ergebenden Gründen die Fächerschleuse stets mit zwei symmetrischen Flügeln versehen. Der Zweck einer solchen Anordnung ist ein ganz bestimmter, nämlich um bei beliebigem Wasserdruck die Thorflügel nach Belieben dicht schliessen oder gänzlich öffnen zu können. Es eignet sich also das Fächerthor bei etwaiger Verwendung in einer Kammerschleuse gleichzeitig auch zur Spülung des Vorhafens. Die Fächerschleuse ist aufser zu Schiffsschleusen auch als Entlastungsschleuse in Deichen angewandt, um bei einem eingetretenen Maximaldruck ein Übermaß zu vermeiden, oder um zwischen zwei verschiedenen Wasserständen jederzeit nach Belieben eine Verbindung oder Trennung herzustellen. Neben dem zu diesen Zwecken überhaupt schon selten in Gebrauch befindlichen Fächerthore sind noch ungewöhnlichere Arten zu gleichen Zwecken erfunden oder nur vorgeschlagen; dieselben sollen in § 21 als Abarten der Fächerthore Erwähnung finden.

Das einflügelige, um eine senkrechte Axe drehbare Thor fand früher nur bei kleinen Kanalschleusen von 4 bis 5 m Weite und etwa 2 m Wasserdruck namentlich in England Verwendung, ist aber neuerdings aufser bei großen Dockschleusen in der Form von Drehpontons auch bei großen Kanalschleusen bis zu 16 m Weite in Frankreich angewandt, vergl. § 21. Dies verdankt es ausschliesslich den oben allgemein als Vorzüge aller Thore mit nur einem Flügel den Stemmthoren gegenüber nachgewiesenen Eigenschaften, trotzdem es auch eine Eigenschaft besitzt, durch welche es sowohl den Stemmthoren als auch einigen anderen einteiligen Thoren gegenüber im Nachteile ist. Es ist dies die grössere freie Länge, welche nicht nur den oben erwähnten grösseren Materialaufwand bedingt, sondern auch, falls das Thor nach der Schleusenkammer hin aufschlägt (als Unterthor) die nutzbare Länge derselben beeinträchtigt; ferner bedingt es durch diese Vergrößerung der Kammer einen grösseren Wasserverbrauch.

Es eignet sich daher vorwiegend zum Verschluss der Oberhäupter, in denen es nach aufsen aufschlägt. Soll das geöffnete Thor ganz in einer Mauernische liegen, so würde allerdings ein sehr langes Oberhaupt erforderlich sein. Dieser Nachteil ist indessen zu vermeiden, da es nicht ausgeschlossen ist, einen Teil des geöffneten Thores aus dem Haupte hervorragen zu lassen und denselben in geeigneter Weise durch Pfähle zu schützen. Das einflügelige Drehthor wird also in Holz ausgeführt für kleinere Schleusen, in Eisen auch für grössere mit den Stemmthoren in Wettbewerb treten, wobei die jeweiligen besonderen Verhältnisse den Ausschlag geben müssen. Besonders günstig ist es für Doppel- oder Zwillingsschleusen, weil es gestattet, die Bedienung beider Schleusen von der Mittelmauer aus zu besorgen.

Von den sogenannten Klappthoren (Thore mit horizontaler Drehaxe) ist bisher nur in geringem Mafse Gebrauch gemacht, jedoch beginnt man in neuerer Zeit denselben mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ihre Anwendung beschränkt sich zweckmäßiger-

weise auf die Oberhäupter von Schleusen von mäfsiger Weite, welche nur nach einer Seite kehren und möglichst gleichbleibenden Wasserdruck haben. Für die Unterhäupter eignen sie sich deswegen weniger, weil sie nach der Kammer zu aufschlagend, wie die einflügeligen Drehthore, die nutzbare Länge derselben beeinträchtigen. Bei grofsen Schleusenweiten würden sie auch, um genügend widerstandsfähig zu werden, eine bedeutende Stärke erlangen. Diese bedingt aber eine entsprechend tiefe Höhlung in der Sohle, in der das geöffnete Thor Platz findet, welche ohne tiefere Fundierung nur im Oberhaupte bequem herzustellen ist. Stark wechselnde Wasserstände aber werden dadurch unbequem, dafs die Klappen für gewöhnliche Stände entweder aus dem Wasser hervorragen und dadurch schwerer beweglich werden; diesen Übelstand könnte man zwar beseitigen, aber nur auf Kosten einfacher Gestaltung.

Schiebethore sind ebenfalls erst in neuerer Zeit mehr in Aufnahme gekommen; man hat sie bisher vorwiegend für Dockschleusen und Trockendocks verwendet, in Entwürfen aber auch vielfach für Kanalschleusen mit grofsen Gefälle in Aussicht genommen, vergl. § 21.

Die Vorzüge des Schiebethores sind:

1. Seine klare Beanspruchungsweise, die es mit den anderen einflügeligen Thoren teilt;
2. seine Fähigkeit, nach beiden Seiten kehren zu können;
3. die günstige Ausnutzung der Kammerlänge, die es bietet;
4. die bequeme Verbindung über die Schleuse für Fuhrwerk und selbst für Eisenbahnen, welche es ermöglicht;
5. die grofse Betriebssicherheit, die es namentlich in der Form als Gleitponten bietet, indem keine beweglichen, leicht zerstörbaren Teile unter Wasser liegen;
6. die Eigenschaft, dafs man es auch bei durchgehender Strömung schliessen, sowie öffnen kann, bevor die vollkommene Ausspiegelung erfolgte⁵⁰), endlich
7. seine Unempfindlichkeit gegen etwaige Kippbewegungen der Schleusenwände bei schlechtem Baugrunde, da solche weder die Dichtigkeit des Thores beeinträchtigen, noch Beschädigungen desselben herbeiführen können.

Schiebethore eignen sich daher besonders für grofse Schleusen mit beliebigem Gefälle, wenn die Häupter nach beiden Seiten kehren, die Thore starkem Wellenschlage ausgesetzt sind und geschlossen werden müssen, während Strömung durch die Schleusen geht. Einem einfachen Paar Stemmthore gegenüber sind sie durch gröfseres Gewicht im Nachteile, sie können aber bei sehr schlechtem Baugrunde wegen der unter Punkt 4 und 7 aufgeführten Eigenschaften auch hier noch in Betracht kommen.

Da der Verfasser zufällig in der Lage ist, einen auf durchgearbeiteten Entwürfen beruhenden Vergleich anstellen zu können zwischen den Kosten, welche bei den Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals unter Verwendung von Schiebethoren entstanden wären, gegenüber den durch Anwendung der Ebbe-, Flut- und Sperrthore wirklich entstandenen, so sei derselbe hier kurz mitgeteilt.

⁵⁰) Nach einer Mitteilung von Barkhausen in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 436 hat sich ein Schiebethor von Kinipple bereits seit nahezu 20 Jahren vorzüglich bewährt und hat die Bewegung desselben nicht nur beim heftigsten Seegange, sondern sogar bei einem einseitigen Überdrucke von 1,83 m keinerlei Schwierigkeiten gemacht. Beim Öffnen unter einseitigem Überdrucke hat man bei Schiebethoren eben nur die Reibung, die nötigenfalls in rollende verwandelt werden kann, zu überwinden, bei Stemmthoren aber den Wasserdruck selbst. Schiebethore gestatten also eine wesentliche Abkürzung der für die Ausspiegelung erforderlichen Zeit.

Die sämtlichen Thore beider Schleusenanlagen einschliesslich je eines Reservethores von jeder Sorte enthalten rund 4966 t Eisen und Stahl und kosten mit den Ausrüstungsgegenständen und dem Holzwerk rund 1 985 000 M. Anstatt der 5 Fluthore, 5 Ebbethore und 5 Sperrthore für jede Schleusenanlage, zu welchen insgesamt 30 Thorflügel gehören, wären nur 4 Schiebethore für den regelmässigen Betrieb und ein Reservethor nötig gewesen. Für Brunsbüttel und Holtenau zusammen also 10. Die Kosten dieser 10 Thore würden, nach den beim Nord-Ostsee-Kanale gezahlten Preisen veranschlagt, für rund 3000 t Eisen und Stahl, 11 t Bronze und das erforderliche Holzwerk höchstens 1 100 000 M. betragen haben, sodafs an den Thoren allein 885 000 M. gespart wären. Die Ersparnis an den Bewegungsvorrichtungen aber, die für beide Anlagen einschliesslich der Umlaufschützen und Spills jetzt etwa 2 660 000 M. kosten, würde fast doppelt so gros als obige Summe gewesen sein, sodafs sich die gesamte Minderausgabe auf mindestens 2 bis 2¹/₄ Millionen Mark berechnet. Der Hauptgewinn aber würde in der Vereinfachung und der damit verbundenen Erhöhung der Betriebssicherheit der Schleusen gelegen haben. Denn anstatt der jetzt in jeder Anlage vorhandenen 24 einzelnen Bewegungsvorrichtungen würde man dann nur 4, und zwar viel einfachere, ganz über Wasser liegende erhalten haben, die Wahrscheinlichkeit einer Betriebsstörung wäre also sechsmal geringer gewesen. Ausserdem hätten die beiden Thore jeder Schleuse in Bezug auf die Sicherheit des Schlusses bei durchgehender Strömung einander als Reserve gedient, während gegenwärtig, falls eins der betreffenden Sperrthore versagt, sofort auch das Schliessen der zugehörigen Flut- oder Ebbethore gefährlich, wenn nicht unmöglich wird. Vergl. auch den Schluss des § 21.

Für die Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals und ganz besonders für diejenigen in Brunsbüttel, bei denen des schlechten Baugrundes wegen eine nachträgliche Bewegung der Wände nicht ausgeschlossen ist, hätten daher Schiebethore nach Ansicht des Verfassers erhebliche Vorteile gehabt.⁵¹⁾

Schliesslich sind die freischwimmenden Pontons (Thorschiffe) zu nennen, deren Konstruktion namentlich bei hohen Wasserdrücken vorteilhaft ist. Bei Trockendocks werden sie häufig verwendet, als Verschlüsse von Schiffschleusen sind sie erst in vereinzelt Fällen, z. B. bei dem inneren Verschluss der neuen Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven und bei der Einfahrt des Duisburger Hafens angewandt; bei lebhaftem Verkehr erfordert das Ein- und Ausbringen zu viel Zeit. Man vergleiche übrigens § 21.

Nach der vorstehenden Übersicht über die verschiedenen Thorarten ist es am Platze, die Form und die allgemeinen konstruktiven Verhältnisse der zweiflügeligen Stemmthore, als der am häufigsten vorkommenden, etwas näher zu erörtern, während die theoretische Untersuchung derselben im § 16 und die eingehende Beschreibung der Konstruktion in den §§ 18 und 19 erfolgt.

Die cylindrische Form würde ohne Zweifel in theoretischer Hinsicht für die zweiflügeligen Thore die vollkommenste sein, weil die aus dem Wasserdruck hervorgehenden Kräfte alsdann sämtlich nur auf das Zusammendrücken der cylindrischen Fläche wirksam, dabei genau zu berechnen sind und demgemäss auch auf die vollständigste und einfachste Weise von den einzelnen Konstruktionsteilen aufgenommen werden. Nichtsdestoweniger mufs aus konstruktiven Gründen für fast alle hölzernen Thore von dieser Form abgesehen und die geradlinige Form in Anwendung gebracht werden. Denn es kann nicht erwartet werden, für gröfsere Thorflügel der beabsichtigten Form entsprechende, krummgewachsene Hölzer in genügender Zahl zu erhalten. Das sogenannte „Über den Span schneiden“ würde aber ganz unzuverlässige Hölzer geben und das etwa in feuchtem Zustande erfolgende Krümmen der Hölzer mufs für diesen Zweck als unzulässig gelten, weil die dabei eintretende Dehnung und Stauchung der Fasern die Stärke gegen Druck in der Längenrichtung zu sehr beeinträchtigen würde. Es darf die Zulässigkeit und Notwendigkeit des Biegens der Schiffsplanken nicht ent-

⁵¹⁾ Die zur Zeit (1894) im Bau begriffene grofse Kammerschleuse für Bremerhaven erhält im Binnenhaupt ein Schiebethor, für das Außenhaupt hat man aber Stemmthoren den Vorzug gegeben. Vergl. Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 73.

fernt auf die etwaige Biegung der hauptsächlichsten Thorhölzer übertragen werden, weil die ersteren Hölzer im wesentlichen nur eine wasserdichte Bekleidung abgeben sollen, aber nicht annähernd in ihrer Längenrichtung so wie die letzteren beansprucht werden. Die mehrfach bei älteren hölzernen Schleusenthoren angewandte Zusammensetzung der in ihrer Längenrichtung gedrückten Hölzer aus verschiedenen einzelnen Stücken, um dadurch eine gekrümmte Form herzustellen, muß aber mit Rücksicht auf die verschiedenartigen kleinen Bewegungen der einzelnen Hölzer bei dem Öffnen und Schließen der Thore, bei ihrem Freihängen und dem Stemmen gegen den vollen Wasserdruck u. s. w. als durchaus fehlerhaft bezeichnet werden, weil sich die einmal eingetretenen kleinsten Verschiebungen mit jedesmaligem Wechsel der Lage wiederholen und vergrößern werden.

Für Holzthore kann es demnach als Regel gelten, jede künstliche Krümmung und Zusammensetzung aus einzelnen Stücken für alle wichtigeren Konstruktionsteile unbedingt zu vermeiden und dagegen thunlichst nur geradlinige und geradfaserig gewachsene Hölzer mit möglichst einfachen Holzverbindungen zu verwenden. Es folgt daraus, daß für Holzthore die geradlinige Form die zweckmäßigste bleibt.

Aber selbst für kleinere eiserne Thore, z. B. für Kanalschleusen, wird die geradlinige Form deshalb meistens vorzuziehen sein, weil der Mehraufwand an Material durch die Vereinfachung der Arbeit in den Kosten reichlich aufgewogen wird.

Bei den größeren eisernen Thoren dagegen wird die gekrümmte oder eine aus gebrochenen Linien gebildete Form, wenigstens an der Außenseite, nicht nur keine Schwierigkeiten bieten, sondern auch wesentliche Vorteile in der Materialverwendung gewähren. Es sei dabei daran erinnert, daß die Notwendigkeit einer über das gewöhnliche und leicht zu verarbeitende Maß der Bleche hinausgehenden Stärke dahin führt, die großen Thore wenigstens in ihrem unteren Teile aus zwei Blechwänden zu konstruieren und den eingeschlossenen Luftraum als Mittel zu benutzen, die Thore im Wasser schwimmen zu lassen. Es ist ohne weiteres klar, daß man dadurch die Befestigungsvorrichtungen vereinfacht und die Beweglichkeit der Thore bei gleichem Kraftaufwande erheblich vergrößert.

Wie die Verhältnisse der geradlinigen und gekrümmten Thore in ihrem Horizontalschnitte am zweckmäßigsten zu wählen sind, möge im § 16 erörtert werden.

Die Benennung der einzelnen Teile eines Thorflügels ist bei den eisernen Thoren fast gänzlich von den älteren hölzernen Thoren übernommen worden; es fehlen allerdings meistens gewisse Stücke der Holzthore den eisernen Thoren, sowie umgekehrt einzelne Teile, z. B. Dichtungsleisten, nur bei den letzteren vorkommen.

Das wichtigste Stück ist die Wendesäule oder derjenige Teil, der die senkrechte Drehaxe des Thores enthält und an dem also alle anderen Teile des Thores sich hängend oder stützend ansetzen. Sie lehnt sich gegen einen entsprechend gebildeten Teil der Seitenmauer, die Wendenische, und ist wegen der Drehung des Thores um nahezu einen rechten Winkel auf ihrer der Mauer zugekehrten Seite in der Regel halbcylindrisch abgerundet. Es mag schon hier kurz erwähnt werden, daß man diesen Rücken der Wendesäule auch wohl durch einzelne kurze Stückchen eines Cylinders ersetzt und den Hauptteil der Wendesäule, der das ganze übrige Thor trägt, nur als prismatischen Körper herstellt. Die Wendesäule trägt stets oben den sogenannten Halszapfen oder den Hals und unten eine abwärts gekehrte Spurpfanne, durch deren übereinanderliegende

Mittelpunkte die genau senkrechte Drehaxe des Thorflügels geht. Auf die Lage dieser Axe zu der Rundung der Wendesäule wird weiter unten zurückgekommen.

Der Wendesäule gegenüber steht gleichfalls senkrecht die Schlagsäule, oder der materielle vordere Rand, mit dem die beiden geschlossenen Thorflügel sich berühren und gegeneinander stemmen. Wegen dieses weiter unten näher betrachteten Stemmens muß die Berührungsfläche eine genügend große sein. Zwischen beiden Säulen liegen fest eingespannt das obere und das untere Rahmenstück, auch Obertramen und Untertramen (Schwellrahmen) genannt. Die Rahmhölzer liegen fast stets horizontal und bilden mit der vertikalen Wendesäule und Schlagsäule ein Rechteck, innerhalb dessen sich die gleichfalls horizontalen Riegel befinden. Das auf diese Weise hergestellte Gerippe ist nach der Seite des höheren Wasserstandes stets, mitunter aber auch an der anderen Seite mit einer Bekleidung versehen.

Die Riegel, welche bei doppelhäutigen Thoren verdeckt und namentlich bei eisernen Schwimmthoren in ihrer Bedeutung etwas verringert werden, haben bei den meisten übrigen Thoren die Aufgabe, den durch das gegenseitige Stemmen in der Thorfläche entstehenden Horizontaldruck aufzunehmen, die Bekleidung zu festigen und auch, wenigstens bei allen geraden Thoren, den von der Bekleidung auf sie kommenden Wasserdruck unschädlich zu machen. Sie sind deshalb zwischen Wendesäule und Schlagsäule horizontal eingespannt und geben mit der Bekleidung zusammen das Maß für die Dicke des Thores, nicht aber auch für die Tiefe der Thornische. Da Ober- und Unterrahmstücke auch gewissermaßen als Riegel gelten können, so werden die übrigen wohl die Zwischenriegel genannt.

Bei eisernen Thoren von mässiiger Höhe und bedeutender Länge hat man in neuerer Zeit angefangen, den Stemmdruck nur oben durch einen sehr starken Riegel zu übertragen, während die Aussteifung der Haut im übrigen durch Ständer geschieht, welche oben an dem Riegel und unten am Drempeel ihre Stütze finden. Diese Stemmthore mögen im Gegensatz zu den mit einer größeren Anzahl sich stemmender Riegel versehenen und als Riegel-Stemmthore zu bezeichnenden, Ständer- oder Pfosten-Stemmthore benannt werden, vergl. T. XII, F. 8—16.

Vorzugsweise bei Holzthoren sind endlich zur Aussteifung jedes Thorflügels gegen das Versacken infolge der eigenen Schwere oder gegen die Veränderung des Rechtecks in einem Rhombus zwei Teile als wirksame Gegenmittel in Gebrauch: die Strebe und das Zugband. Sie wirken beide zu demselben Zwecke, haben aber gemäß ihrer verschiedenen Wirkungsweise eine sich überkreuzende Lage. Die Strebe geht möglichst tief von dem Fuß der Wendesäule bis zu dem der Schlagsäule naheliegenden Ende des Oberrahmstücks, wogegen das Zugband von dem Kopf der Wendesäule bis nahe zu dem tiefsten Punkte der Schlagsäule geht. Die konstruktiven Einzelheiten sind im § 18 angegeben.

In den Thorflügeln sind fast stets Schützöffnungen angebracht, auch dann, wenn neben dem Thore in oder hinter den Seitenwänden Umläufe liegen. Beide Arten von Öffnungen dienen bekanntlich dazu, das höhere Wasser mit dem niedrigeren zu verbinden und namentlich bei Kammerschleusen die Füllung und Leerung der Kammer zu bewirken. Die konstruktiven Einzelheiten der Thorschützen werden weiter unten, namentlich in § 23, ihre Bedeutung und Wirksamkeit ist dagegen im § 7 besprochen.

Endlich sei noch die Laufbrücke erwähnt, welche zur Hälfte auf jedem Thorflügel liegt und daher nur bei einem geschlossenen Thore benutzt werden kann. Ihre Konstruktion hängt durchaus von der des Thores ab, ihr Zweck ist aber bei allen

Schleusen der nämliche, die Herstellung eines Fußwegs über die Schleuse. Dies ist zur raschen Bedienung der in Kanälen liegenden Kammerschleusen durch den Schleusenwärter, namentlich wenn derselbe wie bei allen kleineren Schleusen keinen Gehilfen hat, notwendig. Die so gebildeten Laufbrücken reichen dabei aus, um bei jedem Stande des Durchschleusens rasch von dem einen Ufer auf das andere gelangen zu können, weil in diesen Kammerschleusen zu jeder Zeit das eine Thor geschlossen gehalten werden muß. Wenn bei kleineren und daher nur geringe Dicke besitzenden Thoren die Laufbrücke erheblich breiter als die Dicke des Thores wird, so entsteht daraus in der Regel keine Schwierigkeit, weil die hoch zu legende Brücke nach den Landseiten leicht um ein kleines Maß über die Seitenwände vortreten kann und deshalb bei geöffnetem Thore nicht auch wie der Thorflügel selbst Platz in der Thornische zu finden braucht. Über selbständige Brücken neben den Thoren s. § 26.

Nach dieser allgemeinen Darstellung eines zweiflügeligen Thores ist es besonders noch wichtig, die allgemeinen Bedingungen zu betrachten, welche zu einem dichten Verschluss der Thoröffnung, sowie zu einer leichten Bewegung der Thorflügel und zu ihrer geschützten Lage während ihres Offenstehens zu erfüllen sind.

In geschlossenem Zustande können die Flügel eines zweiflügeligen Drehthores nur neben und hinter der Wendesäule durch die Seitenwand und an dem Unterrahmstück durch den Drempeleine unmittelbare Unterstützung erhalten, falls nicht, wie bei manchen schiffbaren Deichschleusen, die Schleuse überdeckt ist und alsdann auch dem Oberrahmstück eine dem Drempeleinschlag ähnliche Unterstützung gewährt. Dieser Fall ist aber bei den eigentlichen Schiffsschleusen so selten, daß er hier nicht weiter in Betracht zu ziehen ist. Es würde nun offenbar bei jener nur an zwei Kanten erfolgenden Unterstützung einer elastischen Platte eine erhebliche Verbiegung derselben durch einen bedeutenden Wasserdruck erfolgen müssen, wenn nicht auch die dritte Seite, die der Schlagsäule, durch das gegenseitige Stemmen in ihrer Lage und Form erhalten würde, s. § 16.

Dieses Stemmen in der ganzen Höhe der beiden Thorflügel und ohne eine Verbiegung derselben wird aber nur dann möglich, wenn sie sich sowohl über der Spitze des Drempeleinschlages oder in der Axe des Schleusenhauptes in völlig lotrechter Ebene berühren, als auch mit Flächen von genügender Größe gegen die Seitenmauern stützen. Aber aus dieser Anforderung allein geht noch nicht die genaue Form des Thorflügels und des betreffenden Mauerteils, sowie die notwendige Breite eines Thorflügels hervor. Hierzu ist außerdem die Lage desselben in völlig geöffnetem Zustande zu berücksichtigen. Bei diesem muß nämlich der ganze Flügel mit allen etwaigen Vorsprüngen an der Unterseite so in der Thornische liegen, daß ein in der Axenrichtung durch die Schleuse fahrendes Schiff nicht die geringste Gefahr einer gegenseitigen Berührung hervorruft. Weil aber der Thorflügel vielleicht nicht immer völlig in seine Nische gedreht ist und weil ferner ein geringes seitliches Abweichen des Vorder- oder Hinterschiffs von der Axenrichtung leicht möglich sein kann, so empfiehlt es sich, den richtig in die Nische gedrehten Thorflügel noch um etwa 5 bis 10 cm hinter die Front der Seitenwände zurücktreten zu lassen. Für alle etwaigen Vorsprünge auf der Oberseite des Thorflügels müssen entweder die entsprechenden einzelnen Vertiefungen in der Seitenwand oder aber eine entsprechend größere gleichmäßige Tiefe der Thornische, als für die bloße Hauptfläche jener Seite nötig sein würde, hergestellt werden. Wird ein weiteres Übermaß der Tiefe gegeben, so kann dieses bei den von der Wasserseite kommenden Stößen nachteilig für die Befestigungsteile des Thorflügels werden. Es ist vielmehr zu empfehlen,

so viel wie möglich allen einzelnen vorspringenden Teilen, wie Schraubenköpfen, Zugbändern u. s. w. die gleiche Dicke zu geben, genau um diese Dicke die Tiefe der ganzen Thornische über das für den eigentlichen Thorflügel erforderliche Mafs zu vergröfsern und nur für alle nicht innerhalb jener Dicke zu haltenden Vorsprünge, wie Schützen, Schützstangen u. s. w. besondere kleinere Nischen auszubilden. Es wird dann der Thorflügel bei etwaigem Stofs sich an vielen Punkten gegen die Wand stützen und am wenigsten zu leiden haben. Bei grofsen Thoren bringt man auch, um ein gleichmäfsiges Anlehnen des offenen Flügels gegen die Nischenwand leichter zu erzielen, in verschiedenen Höhenlagen geeignete Futterleisten von Holz an (F. 17, T. XI; F. 10 u. 14, T. XII).

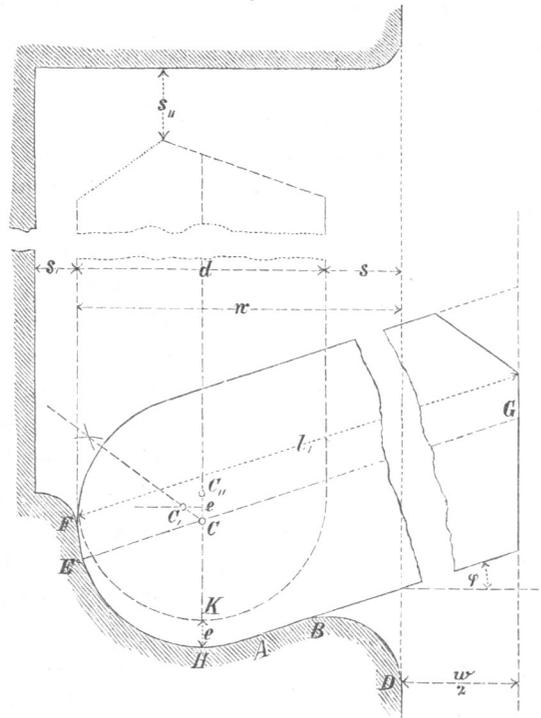
Nunmehr ist bei bekannter Weite der Schleuse und bei gegebenem Vorsprunge des Dremfels über seine Grundlinie die Breite des Thorflügels genau zu bestimmen. Es mufs nach Fig. 86 zunächst derselbe in geöffneter Lage gezeichnet werden; aus seiner Dicke d , der Gröfse des vorderen Spielraums s und dem Winkel φ , wobei $\tan \varphi$ gleich dem Verhältnis des Dremfelvorsprungs zur halben Schleusenweite, ergibt sich dann durch Rechnung oder Zeichnung sofort die gröfste Breite des Thorflügels l , von dem äufsersten Stützpunkt F bis zu dem in derselben Parallele liegenden Schnittpunkt mit der Mittellinie des Schleusenhauptes als

$$l = \frac{\frac{w}{2} + d + s}{\cos \varphi} \quad (\text{vergl. § 16}).$$

Aus der Breite des Thorflügels ergibt sich ferner erst nach Hinzurechnung eines Spielraums $s_{,,}$ von etwa 15 bis 20 cm, sowie der später noch zu begründenden Excentricität e , d. h. des Mafses, um welches sich der geöffnete Thorflügel mit dem Rücken der Wendesäule aus der Wendensche frei dreht, die Länge der ganzen Thornische also zu $s_{,,} + l + e$. Die Tiefe derselben ist gleich $s + d + s$. Die Form der Wendensche im Grundrisse ergibt sich endlich aus der Lage des geschlossenen Thores, wobei die Punkte A und F die Tangentenpunkte des Kreisbogens sind, welcher dem Rücken der Wendesäule entspricht. An diese Punkte schliesen sich gerade Linien parallel zur Schleusenaxe bzw. zur Schlagschwelle an. Oft wird jedoch bei F eine dem Bogen $A E F$ sich anschliesende, aber entgegengesetzte kleine Abrundung und stets bei B eine stärkere von etwa 5 bis 10 cm Radius je nach der Gröfse der Schleuse gegeben. Der erstere Bogen ist ziemlich unwesentlich, der letztere dagegen sehr wichtig, damit nicht bei raschem Schlufs der Thorflügel ein heftiger Stofs auf die spitzwinklige Ecke komme, welcher selbst bei harten Quadern leicht ein Abspringen zur Folge haben würde.

Für gekrümmte Schleusenthore würden sich leicht mit kleinen Änderungen der vorstehenden Figur die erforderlichen Horizontalabmessungen in ähnlicher Weise ermitteln lassen.

Fig. 86.



Es erübrigt indessen noch, die vorhin erwähnte, nach erfolgter Öffnung des Thores eintretende Excentricität des Thorrückens gegen die Rundung der Wendensche zu besprechen. Diese Excentricität wird angewandt, um bei dem Öffnen und Schließen der Thore möglichst wenig Reibung und Abnutzung der Wendensäule und Wendensche zu erhalten. Man legt dazu die Drehaxe C des Thorflügels ebenfalls nach Fig. 86 excentrisch zu der Mittellinie oder Axe C der Wendensche, alsdann wird sich beim ersten Beginn des Öffnens sofort der Rücken der Wendensäule von der Wendensche entfernen. Die Lage der Drehaxe des Thorflügels wird gefunden, wenn die vorläufig angenommene Excentricität der Mittelpunkte der Wendensche und der Wendensäule des geöffneten Thorflügels e in der Richtung der Mittellinie des geöffneten Flügels von C nach $C_{,,}$ aufgetragen und halbiert wird, wenn ferner auf dem Halbierungspunkt eine Senkrechte gegen jene Mittellinie gezogen und endlich aus dem Mittelpunkte der Wendensche C eine Halbierungslinie durch den Winkel $ECC_{,,}$ gezogen wird. Wo diese Linie jene Senkrechte schneidet, liegt die Drehaxe für den Thorflügel. Denn der Winkel $CC, C_{,,}$ ist gleich dem Drehungswinkel des Thores oder gleich $GCC_{,,}$ und es wird sich also durch die Drehung der Punkt C nach $C_{,,}$ begeben oder der Rücken der Wendensäule von E nach K . Es wird sich also auch kein Punkt der Wendensäule in der Wendensche reiben können. Es genügt, wenn man die Excentricität e gleich 2 cm nimmt. Würde man sie größer nehmen, so ist die Anbringung der Zapfen unbequem und außerdem würde um so leichter ein schwimmender Körper bei geöffnetem Thore in die Wendensche treiben und das Schließen nicht allein erschweren, sondern auch für die Verankerung des Halszapfens gefährlich werden.

Bei eisernen Thoren lassen sich Anordnungen treffen, welche die Excentricität entbehrlich machen; hiervon wird in § 20 die Rede sein.

Die Höhe der zweiflügeligen Thore bestimmt sich sehr viel einfacher. Nach § 8 und 9 (bei Beschreibung des Drempels) ist die nötige Höhe des sogenannten Thoranschlags je nach der Größe des Thores und des Wasserdrucks zwischen 10 und 20 cm bestimmt. Diese Höhe genügt, um den auf die Unterkante des Thorflügels kommenden Druck in einer für das Thor wie für den Drempel unschädlichen Weise auf den letzteren zu übertragen. Wie hoch die Thore nach oben hin zu reichen haben, muß sich aus dem Zweck der Schleuse und der Belegenheit ergeben. Bei Kanalschleusen, wo in der oberen Haltung meistens nur ein Wasserstand von bestimmter Höhe vorkommen darf, würde eben dieser Spiegel die größte Höhe der Thore bestimmen. In einzelnen Fällen, wie z. B. in dem Papenburger Kanal (s. T. VI, F. 20 bis 23) sind die Thore absichtlich so niedrig gehalten, daß selbst bei einer nur geringen Anschwellung der oberen Haltungen sofort ein Überlauf über die Thore erfolgt, der wenigstens eine merklich höhere Anschwellung verhindert und außerdem dem Wärter sofort anzeigt, daß auch die Thorschützen zur Erleichterung des Abflusses zu ziehen sind. Aus einer unnötigen Höhe der Thore kann dagegen für eine obere Haltung, die zeitweilig starken Zufluß besitzt, leicht eine schädliche Anschwellung entstehen. Bei Flußschleusen wird sich die Höhe der Thore danach richten, ob die Schleuse bei Hochwasser überströmt werden soll oder nicht. Ist ersteres der Fall, wie z. B. bei den Schleusen der kanalisierten Saar, so brauchen die Thore nicht höher zu sein als der höchste Wasserstand, bei welchem noch die Schifffahrt ausgeübt werden soll. Denn sobald dieser überschritten ist, hat auch die Schleuse für die Schifffahrt keine Bedeutung mehr. Man wird jedoch nur in solchen Fällen die Schleusen überströmen lassen, wenn einerseits kein wesentlicher Schaden für diese daraus zu erwarten ist und wenn andererseits die Höhe des höchsten

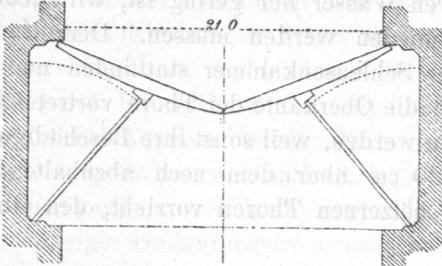
Hochwassers die des höchsten schiffbaren Wassers erheblich übersteigt und außerdem die Schleuse in oder unmittelbar neben dem eigentlichen Flußbette belegen ist, sodaß nur durch unverhältnismäßige Mehrkosten die Schleuse selbst wasserfrei gemacht werden könnte. Wo dagegen die Schleuse in einem Seitenkanal oder so geschützt liegt, daß sie leicht der Überströmung entzogen werden kann und wenn außerdem der Unterschied zwischen höchstem Wasser und höchstem schiffbaren Wasser nur gering ist, wird jedenfalls die Überströmung als ein sicheres Übel vermieden werden müssen. Denn es ist unvermeidlich, daß gewisse Ablagerungen in der Schleusenkammer stattfinden und es müssen ferner alle über die Schleusenmauern und die Oberkante der Thore vortretenden Teile rechtzeitig vor der Überströmung abgenommen werden, weil sonst ihre Beschädigung fast unausbleiblich ist. Eine Höhe von etwa 20 cm über dem noch abzuhaltenden Wasser wird aber genügen, wenn man nicht bei hölzernen Thoren vorzieht, den Obertramen wasserfrei zu legen.

Endlich ist noch die Höhe der Seeschleusenthore zu bestimmen. Hierzu kommt es namentlich auf die Belegenheit gegen die Richtung des stärksten Windes und der höheren Wellen an. Es soll allerdings, wenn irgend möglich, die Schleuse nicht in einer dieser Richtungen liegen oder wenigstens durch einen Vorhafen gegen den unmittelbaren Angriff der Wellen geschützt sein. Dennoch wird es oft nicht zu vermeiden sein, daß etwa 1 m hohe Wellen noch die Thore treffen. Es kommt dann wieder zunächst auf den Zweck der Schleuse an, ob man gestatten darf, daß die höchsten Teile der Wellen hinüberschlagen oder nicht. Wenn z. B. die Schleuse das offene Wasser von einem längeren und großen Binnenkanale trennt, in welchem eine mäßige Erhöhung keinen Nachteil bringt und außerdem mit Wahrscheinlichkeit bei einer der nächsten Ebben wieder zum Abfluß kommt, so darf man zur Ersparung an Höhe die Wellen etwas überspritzen lassen. So liegen z. B. die Fluthore der Schleusen des Amsterdamer Seekanals an der Nordsee nur 0,6 m mit ihrem dichten Teile über dem höchsten Aufsenwasser, während die Wellen, trotz der Zurücklegung der Schleusen von der Mündung des Vorhafens um etwa 2 km, mit ihren Köpfen noch etwas darüber schlagen. Bei den Fluthoren der Geestemünder Schleuse ist dagegen eine Höhe von reichlich 1 m über höchstem Aufsenwasser gewählt, weil hier nur eine beschränkte Hafensfläche durch die Schleuse geschützt wird und wegen der großen Nähe der Schleuse an der seeartig breiten Unterweser die Wellen noch über 1 m hoch über den ideellen höchsten Stand sich erheben. Wo aber gar eine tiefliegende und schwer zu entwässernde Niederung durch die Fluthore einer Seeschleuse zu schützen ist, wird unter Umständen ein noch höheres Maß der Thore über den höchsten Wasserstand notwendig sein können.

Es mag hier eine seltene und wenig zu empfehlende Anordnung der Thore Erwähnung finden, welche nach F. 9, T. VI bei der Weichsel Schleuse zu Rothebude getroffen ist. Diese Schleuse bildet den Eingang des Weichsel-Haff-Kanals von der Weichsel aus und muß zu Zeiten, wenn die letztere ihr höchstes Wasser hat, während der Wasserstand im Haff-Kanale niedrig ist, einen Druck von über 8 m ertragen. Indem die inneren nach dem Kanal hin belegenen Thore um etwa 4 m weniger hoch hinaufreichen als das höchste Aufsenwasser, sind die Aufsenhore aus zwei übereinanderliegenden Teilen gemacht. Die untere Hälfte hat die Höhe der inneren Thore und dient für die Zeiten, in denen auch das Weichselwasser nicht höher steht und die Schifffahrt auf der Weichsel betrieben wird. Diese Thore sind etwa 6,6 m hoch und schlagen an den steinernen Drempel. Um aber auch das höhere Weichselwasser abzuhalten, genügen sie offenbar nicht, sondern werden zu diesem Zwecke ergänzt durch ein für gewöhnlich in den Thornischen liegendes Flügelpaar, welches sich in geschlossenem Zustande mit der inneren Seite seiner Unterrahmstücke gegen die äußere Seite der Oberrahmstücke der unteren Thorhälfte wie gegen einen Drempel legt.

Eine eigentümliche, in deutschen Seehäfen nirgends vorkommende Anordnung ist die im § 2 bereits erwähnte Anbringung von Gegenthoren (franz. *valets*) gegen die Thore einer Dockschleuse, s. Fig. 5c, S. 57. Dies kann dort notwendig werden, wo einfache Dockschleusenthore von starken äußeren Wellen getroffen und dadurch stofsweise bald geöffnet, bald zugeschlagen werden.

Fig. 87. Gegenthor.



Wo also bei starkem Sturm die äußeren Flut- oder Sturmthore geschlossen werden, kann ein solcher Fall nicht eintreten. Da nun in französischen Häfen, namentlich am Kanale, die Sturmfluten wenig höher sind als die gewöhnlichen, so fehlen dort in der Regel die Sturmthore, andererseits sind die Gegenthore häufiger. Dieselben schlagen in die entsprechend tiefere Thornische, bestehen aus einem meist trapezförmigen, unbedeckten Rahmen mit kurzer Schlagsäule und einigen unten meist schräg liegenden Riegeln. Die Schlagsäule stützt sich gegen Knaggen, welche in der Höhe der Riegel des Hauptthores liegen, siehe Fig. 87 und T. VIII, F. 12. Durch Zusammenbinden der Gegenthore während des Sturmes wird eine Verschiebung derselben unmöglich gemacht. In Deutschland pflegt man wohl die Schlagsäulen der Sturmthore zusammenzubinden, wenn dieselben bei nur geringem Überdruck ebenfalls schlagen sollten.

Endlich ist hier kurz zu erwähnen, daß man den Thoren auch zuweilen eine größere Höhe als den Seitenwänden giebt, und zwar fast stets nur, um sie mehr gegen Versackung zu schützen oder ihre Bewegung zu erleichtern. Der obere Teil ist alsdann nicht selten unbedeckt, siehe F. 20, T. VI und Fig. 150 im Texte. — Über die etwaige Unterstützung der Thore während der Öffnung mittels Laufrollen für die Zeit der Bewegung und mittels Hebelapparaten für die Zeit der Ruhe ist in den §§ 18 und 19 und in § 20 gelegentlich die Rede, während die Verankerungen und Zapfen im § 20 und die Bewegungsvorrichtungen im § 22 ausführlich behandelt sind.

Das vorstehend über die Höhe von Stemthoren Gesagte gilt ohne weiteres auch für die Höhe der einflügeligen Drehthore, der Klappthore, Schiebethore und Pontons. Die Länge dieser Thorarten wird wesentlich von der Art der Druckübertragung auf die Seitenwände der Häupter abhängig sein und ist so einzurichten, daß der Auflagerdruck der Thoranten an keiner Stelle das Material der Auflager gefährdet. Wird der Wasserdruck unten durch den Dremel aufgenommen und oben durch einen einzigen starken, horizontalen Balken auf die Seitenwände übertragen, so muß man für diesen geeignete Auflagersteine ähnlich denjenigen von Brückenträgern anordnen.

§ 16. Theoretisches über Schleusenthore. In Nachstehendem sollen nur die wichtigsten Anhaltspunkte für die Berechnung der Schleusenthore gegeben werden, soweit dieselben diesen Konstruktionen eigentümlich sind. Die für die Berechnung der Einzelheiten erforderlichen Kenntnisse müssen als bekannt vorausgesetzt werden. Ferner wird auf das 3. Heft der zweiten Gruppe der Fortschritte der Ingenieurwissenschaften von Professor Th. Landsberg: „Die eisernen Stemthore der Schiffsschleusen“ (Leipzig 1894) verwiesen.

In theoretischer Beziehung zerfallen die Thore der Schiffsschleusen in zwei Hauptgruppen; diese sind

1. die Stemthore mit den Unterabteilungen,

- a. die geraden oder nur zum Oberwasser hin schwach gekrümmten,
 - b. die nach einem kontinuierlichen Kreisbogen gekrümmten Thore,
2. diejenigen Thore, welche die Schleusenöffnung durch einen einzigen Thor-
körper überdecken, also die einflügeligen Drehthore, die Klappthore, Schiebe-
thore und Pontons.

Zunächst sind die hölzernen Stemmthore zu betrachten; daran anknüpfend sollen die besonderen Rücksichten erwähnt werden, welche die eisernen verlangen.

1. Stemmthore.

Bei der Berechnung der Abmessungen eines Stemmthores sind zwei verschiedene Zustände desselben zu unterscheiden, nämlich die des geschlossenen und des geöffneten Thores. Für beide Zustände sind gewisse Annahmen zu machen, welche sowohl in zulässiger Weise die Rechnung vereinfachen, als auch genügende Sicherheit gegen besonders ungünstige Umstände bieten.

Für den geschlossenen Zustand muß das Thor auf den größtmöglichen Wasserdruck berechnet werden, oder unter Annahme der größten Differenz der Wasserstände zu beiden Seiten. Wann oder unter welchen Höhenmaßen zu beiden Seiten der größte Wasserdruck eintritt, muß in jedem einzelnen Falle nach den örtlichen Verhältnissen bestimmt werden. Dieser Wasserdruck fängt von der Spiegelhöhe an der Außenseite an, nimmt gleichmäßig zu bis zur Spiegelhöhe an der Innenseite und reicht von dort mit gleichbleibendem Werte bis zur Höhe des Drempelanschlags. Wenn sich beide Thorflügel gegeneinander, mit ihren Wendesäulen gegen die Thornischen stemmen und mit ihren Unterkanten gegen den Drempel stützen, so ist während des stärksten Wasserdrucks keine Gefahr vorhanden, daß die Flügel durch ihr eigenes Gewicht versacken. Für den geschlossenen Zustand kann man deshalb das Eigengewicht der Thore vernachlässigen. In der Regel wird auch die Stützung des Thores durch das Anliegen am Drempel vernachlässigt, weil diese Stützung unter Umständen fortfallen kann und die Rechnung durch Berücksichtigung derselben kaum durchführbar wird. Für Holzthore ist diese letztere Vernachlässigung unbedenklich, für eiserne von großen Abmessungen dagegen, wie weiter unten gezeigt wird, nicht. Bei solchen ist es notwendig, daß dieses für die Beanspruchung des Thores nachteilige Anliegen am Drempel durch konstruktive Anordnungen möglichst vermieden werde.

Aus dem, was vorstehend über den Wasserdruck gesagt ist, ergibt sich, daß man ihn durch eine aus einem Rechteck und einem rechtwinkligen, gleichschenkligen Dreieck zusammengesetzte Figur (Druckfigur) veranschaulichen kann. Die Höhe des Dreiecks ist h (Fig. 88), ebenso groß ist die Grundlinie des Rechtecks; die Höhe des letzteren ist der Abstand vom Wasserspiegel an der Innenseite bis zur Mitte des unteren Rahmholzes (Untertramen) des Thores, vergl. auch weiter unten Fig. 100.

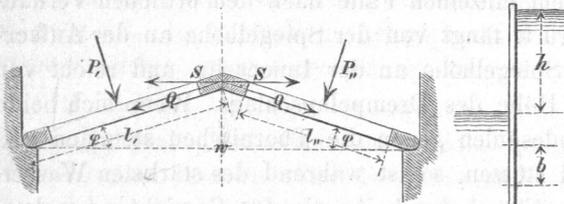
Wegen praktischer Schwierigkeiten sieht man davon ab, daß dem Thorflügel im senkrechten Querschnitt eine dem Wasserdruck entsprechende äußere Begrenzung gegeben werden könnte, man nimmt vielmehr im allgemeinen an, daß diese Begrenzung ein Rechteck oder daß die Dicke des Thores oben und unten gleich sei. Die Folge dieser letzteren Annahme ist, daß die Hauptkonstruktionsteile, welche dem Wasserdruck zu widerstehen haben, nach unten hin entweder einander näher liegen oder an sich stärker und massiger gebildet sein müssen als nach oben hin.

Unter Bezugnahme auf die in den §§ 18 und 19 besprochene Konstruktion eines mit einer größeren Zahl gerader hölzerner oder eiserner Riegel versehenen Thores von

mäßigen Abmessungen mögen für diese Konstruktionsart noch folgende Annahmen gemacht werden: Die Bekleidung, gleichviel ob mit Bohlen oder Blechen, wird lediglich als auf den Riegeln und den Umfangsstücken aufliegend und von diesen unterstützt angesehen, wogegen ihr Widerstand gegen den in der Längenrichtung der Riegel erfolgenden Angriff vernachlässigt wird. Es wird ferner von der Übertragung der Kräfte von einem Riegel auf den benachbarten, also von einer gegenseitigen Unterstützung derselben durch die Stärke der Wende- und Schlagsäule abgesehen, vielmehr jeder Riegel als für einen bestimmten horizontalen Streifen des Thorflügels wirkend betrachtet. Diese Streifen können mit hinreichender Genauigkeit als durch die Mitten der zwischen benachbarten Riegeln liegenden Abstände begrenzt angesehen werden und mögen Riegelfelder heißen. Es ist danach noch in jeder Beziehung günstig für die Sicherheit, aber ungünstig für den Materialaufwand gerechnet, wenn jedes Riegelfeld als für sich bestehend betrachtet und wenn nach Maßgabe seines Wasserdrucks zunächst die Stärken der Riegel unter Annahme der Entfernungen bestimmt werden.

Gerade Thore. Nach Fig. 88 ist der Wasserdruck eines unter Wasser liegenden Riegelfeldes für die ganze Breite l , eines Thorflügels gleich $P, = l, b h \cdot \gamma$ und für die freie Riegellänge $P,, = l,, b h \cdot \gamma$, wenn γ das spezifische Gewicht des Wassers. Beide Drücke sind in horizontaler Richtung gleichmäßig über die Längen l , und $l,,$ verteilt. Der erstere Druck ist maßgebend für den von dem ganzen Thorflügel oder einem horizontalen Streifen desselben aufgenommenen

Fig. 88.



und auf den anderen Flügel, sowie auf die Wendenische übertragenen Druck, dem sogenannten Stemmdruck Q . Unter Einsetzung einer Kraft S , durch die sich beide Flügel in ihrer Lage erhalten und welche rechtwinklig zur gemeinsamen Berührungsfläche stehen muß, erhält man zufolge der Gleichungen:

$$S \cdot l \cdot \sin \varphi = P, \frac{l}{2}, \quad S = \frac{P,}{2 \sin \varphi} \quad \text{und} \quad Q = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = \frac{P,}{2 \tan \varphi} = \frac{l, b h \cdot \gamma}{2 \tan \varphi}.$$

Bezeichnet sodann F den Querschnitt eines Riegels und K , die Beanspruchung des Materials, so muß letztere sein:

$$K, = \frac{Q}{F} = \frac{l, b h \cdot \gamma}{2 \tan \varphi \cdot F},$$

wenn nur die in der Längenrichtung des Thorflügels wirkende Kraft berücksichtigt wird.

Da jedoch auch der auf die Länge des Riegels wirkende Druck $P,,$ den Riegel auf Biegung in Anspruch nimmt und diese Beanspruchung

$$K,, = \frac{\text{Kraftmoment}}{\text{Widerstandsmoment}} \quad \text{oder} \quad K,, = \frac{1/8 P,, l,,}{J : a} = \frac{a \cdot l,,^2 b h \gamma}{8 \cdot J}$$

ist, wobei J das Trägheitsmoment des Riegelquerschnitts und a den Abstand der am stärksten beanspruchten Faser von der neutralen Axe bedeuten, so darf die größte zulässige Beanspruchung K nur sein:

$$K = K, + K,, = \frac{l, b h \gamma}{2 \tan \varphi \cdot F} + \frac{a l,,^2 b h \gamma}{8 \cdot J} \dots \dots \dots 13.$$

Für hölzerne Riegel vom Querschnitt $F = x \cdot y$, einem Trägheitsmoment $J = 1/12 y \cdot x^3$ und $a = 1/2 x$ wird also:

$$K = K, + K,, = \frac{l, b h \gamma}{2 \tan \varphi \cdot x y} + \frac{3 \cdot l,,^2 b h \gamma}{4 y x^2},$$

woraus entweder bei bekanntem Wert von K, l, l'', b, h, φ und unter vorläufiger Annahme einer Abmessung, z. B. y die andere x oder aber, wenn x und y angenommen sind, die Breite des Riegelfeldes b zu berechnen ist.

Für beiderseits gerade eiserne Riegel ist ein bestimmtes Profil, also sowohl F , als auch J und a zunächst anzunehmen und danach b zu berechnen, wobei übrigens versuchsweise verschiedene Profile zu wählen sind. Für den unteren Teil des Thores, wo bei einem gewissen Unterwasserstande der Wasserdruck konstant ist, bekommen die einzelnen Riegel für gleiche Abstände auch dieselben Profile. Wenn jedoch die Schützen eine gröfsere Höhe als jene Riegelentfernungen haben müssen, so ist für das betreffende Riegelfeld das Profil der benachbarten Riegel stärker zu nehmen. Es empfiehlt sich, eine vorläufige Bestimmung der Zahl und der Lage der Riegel in folgender Weise zu bewerkstelligen. Man ermittelt nach Obigem näherungsweise die Riegelfeldbreite b , schneidet durch Horizontallinien von der Druckfigur (s. S. 173) unten ein Rechteck von der Höhe $\frac{b}{2}$, oben ein flächengleiches oder nahezu flächengleiches Dreieck ab und zerlegt den übrig bleibenden Teil der Druckfigur in Rechtecke von der Höhe b , darüber in flächengleiche Trapeze, nötigenfalls unter Änderung jener Höhe. Aus der Anzahl der Rechtecke und Trapeze ergibt sich die Zahl, aus der Lage ihrer Schwerpunkte eine vorläufige Lage der Riegel. Praktische Rücksichten bringen es jedoch mit sich, dafs diese Lage der Riegel bei der Ausführung namentlich bei Holzthoren wesentliche Änderungen erfährt, vgl. § 18.

Für Thore, deren an der Innenseite gerade Flügel nach Fig. 89 unter einem Winkel gleich $180 - 2\varphi$ zusammenschlagen und an der Außenseite gekrümmt sind, jedoch so, dafs beide Flügel nicht eine kontinuierliche Kurve bilden, bleibt im übrigen der Gang der Berechnung wie bei den Thoren mit geraden Flügeln, nur wird zunächst als wirksamer Querschnitt F gegen Stemmen der kleinste Wert der Querschnitte des ganzen Riegels einzusetzen und sodann das Angriffs- oder Kraftmoment unter Berücksichtigung der Krümmung zu berechnen sein. Dasselbe ist:

$$\frac{P'' l''}{8} - Q \eta = \frac{l'' P''}{8} - \frac{P \eta}{2 \tan \varphi}, \dots 14.$$

worin wieder P'' den Druck auf die freie Riegellänge l'' , dagegen P den Druck auf die ganze Riegellänge l , und η den Abstand der Angriffslinie des Druckes Q von der Schweraxe des Riegels in der Mitte bezeichnet.

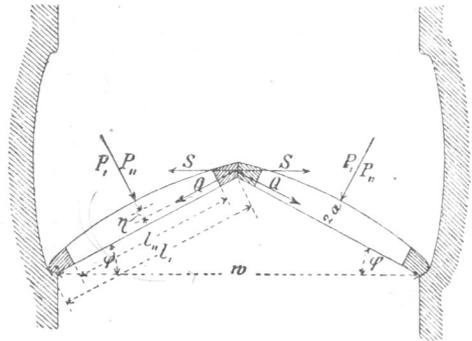
Setzt man für P , den Wert $l, b h \gamma$ und für P'' , den Wert $l'', b h \gamma$ ein und läßt die vorhin gebrauchten Bezeichnungen wieder gelten, so ist die größte vorhandene Beanspruchung, welche die zulässige des Materials nicht übersteigen darf, $K = K + K''$:

$$K = \frac{l, b h \gamma}{2 \tan \varphi \cdot F} + \frac{a \cdot l''^2 b h \gamma}{8 \cdot J} - \frac{a \cdot l, b h \gamma \cdot \eta}{2 \tan \varphi \cdot J} \dots 15.$$

Für $\eta = 0$ geht Gleichung 15 in Gl. 13 über.

Für eiserne Thore mit gekrümmter Oberwasserseite ist der Abstand η von besonderer Wichtigkeit, indem man denselben bei Eisenkonstruktionen in bedeutenden Grenzen vergrößern kann. Setzt man in Formel 14 für eiserne Riegel $l'' = l = l$,

Fig. 89.



indem unter l die Konstruktionslänge derselben verstanden wird, ferner als Folge hiervon $P, = P,, = P$, so lautet das Moment in der Mitte :

$$M_m = \frac{P \cdot l}{8} - \frac{P \cdot \eta}{2 \tan \varphi} \dots \dots \dots 16.$$

Die daraus sich ergebende Biegungsspannung im Riegel ist:

$$K,, = \pm \frac{a}{J} \left(\frac{P \cdot l}{8} - \frac{P \cdot \eta}{2 \tan \varphi} \right) \dots \dots \dots 17.$$

und zwar wird die Zugspannung (+) an der Unterwasserseite, die Druckspannung (—) an der Oberwasserseite, also an der gekrümmten Seite des bisher nach Fig. 90 symmetrisch angenommenen ($a = \frac{t_1}{2}$) Riegelquerschnittes vorhanden sein. Wenn man nun dem Riegel eine solche Form geben würde, das das Moment in der Mitte (Gl. 16)

Fig. 90.

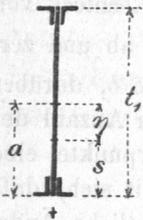
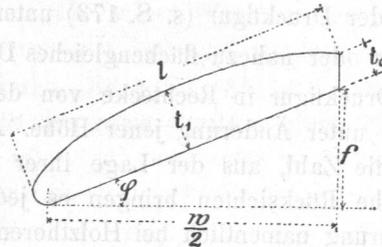


Fig. 91.



nicht nur, sondern an jeder Stelle = 0 wäre, sodafs der Riegel nur noch die einfache Druckbeanspruchung infolge des Stemmens, welche sich gleichmäfsig über den ganzen Querschnitt verteilt, auszuhalten hätte, so würde dies offenbar die günstigste Gestalt sein. Nach der oben angeführten Arbeit von Landsberg (S. 50) tritt dieser Fall ein, wenn man dem Riegel die sogenannte halbparabolische Gestalt und der Parabel die Pfeilhöhe $t_1 - t_0 = \frac{l \cdot f}{w}$ giebt (Fig. 91), worin f der Pfeil des Drepfels und w die theoretische Weite der Thore ist, also $\frac{2f}{w} = \tan \varphi$.

Da $\frac{f}{w} = \frac{1}{5}$ ein bei Stemthoren häufig angewendetes Verhältnis ist, so würde man den Stich der Parabel $t_1 - t_0 = \frac{l}{5}$ nehmen müssen, wenn man einen symmetrischen Riegelquerschnitt erhalten wollte, in welchem die vom Biegemomente allein erzeugte Spannung überall = 0 wäre.

Eine so starke Krümmung ist aber aus mancherlei Gründen unbequem, vergl. § 17 und 19: Man wird daher bei großen Thoren meistens davon absehen, die Riegel-

Fig. 92 a.

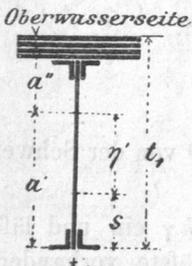
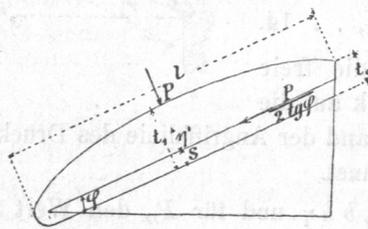


Fig. 92 b.



querschnitte symmetrisch herzustellen und es vorziehen, die Beanspruchung dadurch günstiger zu gestalten, das man den Abstand η (in Fig. 90) vergrößert, indem man einen unsymmetrischen Riegelquerschnitt anwendet, s. Fig. 92a. Dieser Querschnitt zeigt auf der Oberwasserseite eine Anzahl starker Gurtplatten, welche den Schwerpunkt desselben nach dieser Seite hinübrücken, sodafs η den größeren Wert η' annimmt. Die Abstände der am stärksten beanspruchten Fasern werden für die Druckspannung a'' und für die Zugspannung a' und zwar ist $a'' < a'$. Das Trägheitsmoment sei J' . Die größte Druckspannung aus dem Biegemomente allein wird nun:

$$K^a = - \frac{a''}{J'} \left(\frac{P \cdot l}{8} - \frac{P \cdot \eta'}{2 \tan \varphi} \right) \dots \dots \dots 18.$$

Diese ist wesentlich geringer, als im symmetrischen Querschnitte von gleichem Trägheitsmomente und gleicher Höhe, denn es ist sowohl $a'' < a$ als das a in Gl. 17,

als auch $\eta' > \eta$. Die größte Zugspannung an der Unterwasserseite dagegen bewertet sich zu

$$K'' = + \frac{a'}{J'} \left(\frac{P \cdot l}{8} - \frac{P \cdot \eta'}{2 \cdot \tan \varphi} \right) \dots \dots \dots 19.$$

Die Gesamtspannung in den äußersten Fasern des Riegelquerschnittes ergibt sich nun, wenn man zu den Werten von K'' und K'' , nach Gleichung 13 noch den Wert $K = -\frac{Q}{F'} = -\frac{P}{2 \cdot F' \cdot \tan \varphi}$ hinzufügt, d. h. die über den ganzen Riegelquerschnitt F' gleichmäßig verteilte Druckspannung, welche der Stemmdruck Q aufser dem Momente erzeugt.

Für den Querschnitt Fig. 92 a würde also die größte Druckspannung an der Oberwasserseite im ganzen

$$K^d = -\frac{P}{2 \cdot F' \cdot \tan \varphi} - \frac{a''}{J'} \left(\frac{P \cdot l}{8} - \frac{P \cdot \eta'}{2 \cdot \tan \varphi} \right) \dots \dots \dots 20.$$

werden und die größte Zugspannung an der Unterwasserseite:

$$K^z = -\frac{P}{2 \cdot F' \cdot \tan \varphi} + \frac{a'}{J'} \left(\frac{P \cdot l}{8} - \frac{P \cdot \eta'}{2 \cdot \tan \varphi} \right) \dots \dots \dots 21.$$

Eine möglichst günstige Form des Querschnittes, welche auch ohne zu ungünstige Höhenverhältnisse zu erreichen ist, ergibt sich, wenn man $K^d = K^z$ werden läßt. Aus den Gleichungen 20 und 21 erhält man für diese Form die Bedingung:

$$a'' \left(\frac{\eta'}{2 \cdot \tan \varphi} - \frac{l}{8} \right) = a' \left(\frac{l}{8} - \frac{\eta'}{2 \cdot \tan \varphi} \right), \dots \dots \dots 22.$$

in welcher a'' , a' und η' zwar veränderlich, aber voneinander abhängig sind. Es ist nämlich nach Fig. 92 b $a' + a'' = t$ und $\eta' = a' - s$. Den mittleren Riegelquerschnitt, welcher dieser Bedingung entspricht, muß man durch Versuchsrechnungen zu finden suchen, oder auch, indem man verschiedene Querschnitte aus gleichmäßig starkem Karton ausschneidet und die Schwerpunkte durch Balancieren auf einem Faden ermittelt.

Hat man so für die Mitte den günstigsten Querschnitt festgestellt, so muß man in bekannter Weise die Abstände von den beiden Riegelenden ermitteln, in welchen die Gesamtbeanspruchung gestattet, die einzelnen Gurtplatten endigen zu lassen. Besonders nützlich erweist sich bei diesen Untersuchungen das zeichnerische Verfahren, indem man z. B. für Querschnitte mit gleichbleibender Anzahl der Gurtplatten, aber von der Mitte nach den Enden abnehmender Höhe die Trägheitsmomente J' , die Werte a' und η' als Ordinaten und die zugehörigen Werte von t als Abscissen aufträgt und sich so nach einzelnen Berechnungen die Kurven der Trägheitsmomente u. s. w. bildet. In gleicher Weise kann man bei gleichbleibender Höhe t , aber abnehmender Plattenzahl verfahren.

Wenn in der Gleichung 16 das zweite Glied $\frac{P \cdot \eta}{2 \cdot \tan \varphi} > \frac{P \cdot l}{8}$ wird, so erhält das Moment in der Mitte des Riegels einen negativen Wert, d. h. das Moment würde den Riegel gegen das drückende Oberwasser hin durchzubiegen suchen. Solche Durchbiegungen sind in der That bei eisernen Thoren in Frankreich beobachtet (vergl. § 17) und sie entstehen, wenn die Thore infolge einer Verkürzung durch Abnahme der Temperatur oder aus irgend einem anderen Grunde unten am Dremmel anliegen, ohne zu stemmen. In solchem Falle fällt bei den unteren Riegeln der Stemmdruck ganz fort, sie werden also ein stärkeres positives Moment aufzunehmen haben, denn die Momentengleichung für die Mitte lautet für sie jetzt $M_m = \frac{P \cdot l}{8} - 0$. In solchem Falle wird ferner die Schlagsäule in ihrem unteren Teile stark auf Biegung beansprucht, denn sie muß den Auflagerdruck $\frac{P}{2}$ an jedem Endpunkte eines nicht stemmenden Riegels als Einzellast aufnehmen und wird durch diese Lasten nach dem Unterwasser zu verbogen. Die Schlagsäule selbst findet ihre Stütze einerseits unten am Dremmel, gegen

den sie sich lehnt, andererseits oben an den Riegeln, welche infolge der Verdrehung des Thores noch zum Stemmen kommen, nun aber infolge der Belastung durch die Schlagsäule einen erheblich größeren Stemmdruck aufzunehmen haben, als dann, wenn das Thor auf seiner ganzen Höhe stemmt.

Die Verteilung des Stemmdruckes auf die oberen, stemmenden Riegel wird eine ungleichmäßige, im allgemeinen nach oben hin zunehmende sein, sodafs, wie erwähnt, schliesslich die obersten Riegel soviel Stemmdruck erhalten können, dafs das ganze Biegemoment negativ wird und die Durchbiegung gegen das Oberwasser zu stande kommt.

Diese ungünstigen Beanspruchungen eiserner Riegelstemmthore hat man entweder dadurch zu vermeiden, dafs man die Riegel so lang macht, dafs sie unter allen Umständen (auch bei der niedrigsten vorkommenden Temperatur) stemmen, ohne sich am DrempeI zu stützen. Die Dichtung am DrempeI erreicht man in diesem Falle dadurch, dafs man die Dichtungsleiste ein wenig beweglich macht, sodafs sie durch den Wasserdruck oder durch besondere Vorrichtungen gegen den DrempeI vorgeschoben wird. Derartige Dichtungen wurden, soviel bekannt, bisher noch nicht ausgeführt. Ein dahin gehender Vorschlag des Verfassers für die Thore der Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals, wo namentlich für die als Riegelstemmthore konstruierten Flutthore diese Einrichtung notwendig erschien, wurde an maafsgebender Stelle abgelehnt.

Will man die Dichtungsleiste fest machen, so mufs man entweder eine Undichtigkeit am DrempeI während der Sommerzeit mit in den Kauf nehmen, wenn man richtig wirkende Stemmthore haben will oder man mufs die Riegel unten auf das Moment $M_m = \frac{P \cdot l}{8}$ und oben auch auf ein so grosses negatives Moment, wie es nach den jedesmal vorliegenden Verhältnissen auftreten kann, berechnen. Ferner hat man dann auch die Schlagsäulen so stark zu machen, dafs sie die entstehende Biegungsspannung ohne Schaden aushalten können. Immer wird in diesem Falle die Berechnung eine sehr unsichere bleiben und ist es daher jedenfalls vorzuziehen, die Dichtung durch Anordnung beweglicher Vorrichtungen von der Kraftübertragung unabhängig zu machen.

Wenn bei Eisenkonstruktionen der aus praktischen Gründen erforderliche Querschnitt schon überhaupt dem theoretischen desto näher gebracht werden kann, je gröfser derselbe ist, so ist dies nach obigem für eiserne Riegel von Stemmthoren noch in erhöhtem Mafse der Fall. Man wird daher desto sparsamer konstruieren können, je gröfser die Thore an sich sind und je weniger Riegel man in denselben anordnet. Bei gewöhnlichen eisernen Riegelstemmthoren ist es also zweckmäfsig, grosse Riegelentfernungen zu wählen und zur Versteifung der Haut senkrechte und nötigenfalls zwischen diesen wieder horizontale Zwischenversteifungen anzuordnen. Dadurch erreicht man auch den Vorteil, dafs die einzelnen Abteilungen eines grossen Thores zwischen je zwei benachbarten Riegeln bequem zu begehen und nachzusehen sind. Übrigens ist auch durch die im folgenden Paragraphen mitgeteilten Versuche von Guillemain nachgewiesen, dafs wenige, aber starke Riegel für ein Thor günstiger sind, als eine gröfsere Anzahl schwächerer. Theorie und Praxis stimmen also in diesem Falle sehr gut überein.

Die Gröfse des Biegemomentes in Gl. 14 hängt, wie schon früher hervor gehoben wurde, wesentlich von der Gröfse η , d. i. von dem Abstände der Richtung der Stemmkraft $Q = \frac{P}{2 \sin \varphi}$ von dem Schwerpunkt des Riegelquerschnittes ab, s. Fig. 89. Um diesen zu vergröfsern, war oben versucht, den Schwerpunkt des Querschnitts durch

einseitig aufgelegte Gurtplatten (Fig. 92 a) möglichst von der Richtung von Q zu entfernen. Dabei war angenommen, daß Q durch die Mitte der Berührungsfläche der beiden geschlossenen Riegelköpfe ging, daß also Q stets die in Fig. 93 a dargestellte Lage habe.

Da aber, wie oben bereits bemerkt, große eiserne Riegel einer merklichen Längenveränderung durch den Temperaturwechsel unterworfen sind, so ist die Lage von Q veränderlich und kann — je nachdem die Temperatur niedriger oder höher wird, als sie zur Zeit des Montierens der Thore war — zwischen den in Fig. 93 b und 93 c dargestellten Grenzfällen schwanken. Der Wert von η kann also zu verschiedenen Jahreszeiten für denselben Querschnitt in nächster Nähe der Schlagsäule um $t_0 \cdot \cos \varphi$ in der Riegelmitte noch um etwa $\frac{t_0 \cdot \cos \varphi}{2}$ voneinander abweichen. Um diese Unsicherheit in der Beanspruchung zu beseitigen, ist es zweckmäßig, den Riegelköpfen in geringen Grenzen bewegliche Stemmlager zu geben, welche im Stande sind, die Richtung von Q zu sichern, vergl. § 19. Es wird dies um so nötiger, je größer die Kräfte sind, mit denen man zu thun hat. Um η nicht nur konstant, sondern auch möglichst groß zu erhalten, legt man das Stemmlager möglichst nahe zur Unterwasserseite (nach a hin, Fig. 93 c). Entsprechend den eisernen oder stählernen Stemmkörpern an den Köpfen der Riegel in der Schlagsäule ist es zweckmäßig, denselben auch an der Wendesäule regelrecht ausgebildete Stemmlager zu geben, wie dies bereits bei dem Thore in Ablon. (T. VIII, F. 13) und Charenton (Fig. 129 im Texte) geschehen ist. Man erhöht dadurch nicht nur die Klarheit der statischen Verhältnisse, sondern erleichtert auch wesentlich das Montieren.

Es ist schon erwähnt, daß die ungleichmäßigen Querschnitte (Fig. 92 a) desto wirksamer ausgebildet werden können, je größer dieselben sind, je größer also auch die durch einen Riegel zu übertragenden Kräfte sind. Man findet daher den unsymmetrischen Querschnitt, sowie eine ausgebildete Stemmlagerkonstruktion vorläufig nur an den Ständer- oder Pfostenstemmthoren, welche den ganzen Stemmdruck rechnermäßig durch den oberen Riegel auf das Mauerwerk der Wendensche übertragen und über die im folgenden Paragraphen, sowie in § 19 Näheres gesagt werden wird.

Der Hauptvorzug der Ständerstemmthore vor den Riegelstemmthoren besteht in der viel größeren statischen Klarheit, welche eine weit sparsamere Materialverwendung möglich macht. Nach den Untersuchungen von Th. Landsberg in dem oben erwähnten 3. Hefte der „Fortschritte“ ist theoretisch die Ständerkonstruktion in Bezug auf Materialverbrauch günstiger als die Riegelkonstruktion, solange (Fig. 94) $l > 1,225 h$ ist. Wegen der größeren statischen Klarheit und des größeren Riegelquerschnittes darf man aber annehmen, daß Ständerthore in der Praxis bis zu $l = h$ vorteilhafter sind.

Ist die Höhe des Thores nur um weniges größer als die Länge, so dürfte es sich aus denselben Gründen auch noch empfehlen, einen einzigen Riegel beizubehalten, den man aber nicht ganz an der oberen Kante des Thores anordnet, sondern in einer Höhe über dem Drempel, welche gleich oder etwas kleiner als die Flügellänge ist (Fig. 94, $x \leq l$). Der obere Teil des Thores würde dann durch konsolartige Verlänge-

Fig. 93.

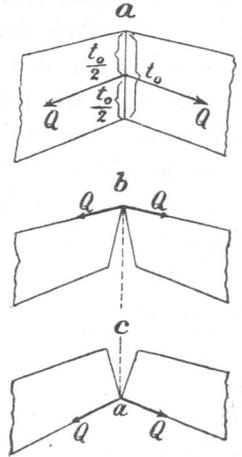
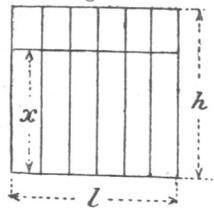


Fig. 94.



rungen der Ständer zu versteifen sein. Ist die Thorhöhe h sehr viel größer als die Länge l , so würde den erwähnten Versuchen von Guillemain und den obigen theoretischen Betrachtungen am meisten die Anordnung von nur zwei starken, einem oberen und einem mittleren, Riegeln entsprechen, deren Köpfe an der Schlagsäule so ausgebildet sind, daß durch sie allein der Stemmdruck übertragen wird. Zwischen diesen beiden Riegeln und dem Drempeel würden als Aussteifungen der Haut Ständer anzubringen sein, die man der Vorsicht halber als an beiden Enden frei aufliegend berechnen kann. Die weitere Aussteifung würde wieder durch horizontale Konstruktionen geschehen können, welche sich auf die Ständer stützen und die man als kontinuierliche Träger berechnen kann, wenn man sie so legt, daß sie zwischen den Gurtungen der Ständer und der Haut von der Schlag- zur Wendesäule durchlaufen.

Bei den gekrümmten Schleusenthoren der zweiten Unterabteilung der Stemmtore, deren beide Flügel in geschlossenem Zustande eine Cylinderfläche bilden, wird unter der Annahme, daß das Thorgewicht und der Anschlag an dem Drempeel vernachlässigt werde, der Druck des äußeren Wassers keine Biegung des Thorflügels, sondern nur einen Tangentialdruck in demselben bewirken, welcher von der Schlagsäule bis zur Wendesäule sich völlig gleich bleibt.

Wenn nun, wie im § 19 besprochen wird, für genügende Aussteifung der cylindrischen Fläche gesorgt ist, sodafs eine Verbiegung durch andere Angriffe als den Wasserdruck bei geschlossenem Thore nicht eintreten kann, so ist die nötige Stärke des Thores in Bezug auf den Wasserdruck an jeder Stelle, bei gleicher Höhe über dem Drempeelanschlag, die gleiche und einfach durch die zulässige Beanspruchung des Materials

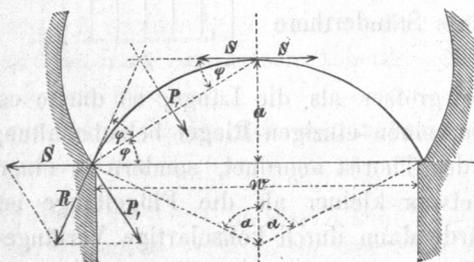
$$K = \frac{r \cdot p}{F} \dots \dots \dots 23.$$

zu finden, wo F die wirksame Querschnittsgröße eines bestimmten horizontalen Streifens bedeutet.

Da die Größe des Tangentialdruckes, abgesehen von der gegebenen Größe p , nur vom Halbmesser r abhängt, so ließe sich bei diesen gekrümmten Thoren weit einfacher als bei geraden durch theoretische Betrachtung die zweckmässigste Form des Thores oder Drempeels bestimmen, wenn nicht hier wieder die Rücksichten auf die praktische Durchführung vorzugsweise maßgebend wären. Es wird offenbar der Druck im Thore bei einer Halbkreisform am kleinsten; doch würde bei einem Halbmesser gleich der halben Schleusenweite und der halben Thordicke die Länge jedes Flügels am größten, die Herstellung am schwierigsten und die Form der Thornische und des Thorkammerbodens am ungünstigsten, sodafs dadurch der Gewinn an Querschnittsgröße unbedingt bei weitem aufgewogen werden würde.

Wenn lediglich die Materialverwendung des Thores in Betracht gezogen und diese als eine Funktion des im Querschnitte wirkenden Druckes und der Flügellänge angesehen wird, so ergibt sich durch Rechnung aus $f(r) = p \cdot r \cdot r \cdot \alpha$, wo α (Fig. 95) den halben Centriwinkel bedeutet, der Winkel $\alpha = 66^\circ 47'$ und hiernach $r = 0,544 \cdot w$ als derjenige Wert von r ,

Fig. 95.

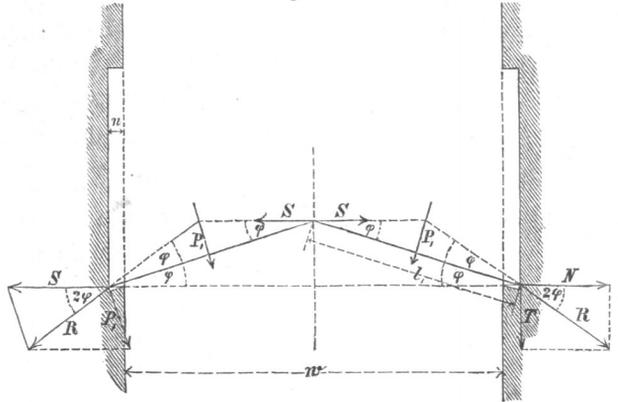


wobei die Materialverwendung im Thore zu einem Minimum wird. Es folgt hieraus weiter, daß dann $\alpha : w = 0,3296$ oder etwa wie 1 : 3 sein müßte, wenn nicht mit Rücksicht auf die vorhin genannten Umstände diese Pfeilhöhe weit kleiner, etwa gleich 1 : 5, zu nehmen wäre. Will man in einem bestimmten Falle das zweckmässigste Verhältnis ermitteln, so läßt sich für verschiedene Werte von r das Verhältnis der verschiedenen Tangentialdrücke, sowie der danach zu wählenden Querschnitte und die Materialverwendung in Zahlen

berechnen und mit den überschläglich ermittelten Kosten der verschiedenen Anordnungen der Seitenwände und des Thorkammerbodens vergleichen. Es gibt z. B. die Anwendung eines Drempelverhältnisses 1 : 5 gegen einen Drempel 1 : 4 einen Materialaufwand im Thore wie 408:345, wenn von der schwierigeren Aussteifung des stärker gekrümmten Thores abgesehen wird. Zur Vermeidung von Verbiegungen des geöffneten Thores pflegt die innere Fläche eines aus zwei Blechhäuten gebildeten Schwimmthores nicht parallel zur äusseren, sondern etwas weniger gekrümmt gemacht zu werden.

Wirkung eines geschlossenen Thores auf die Seitenwände. Die vorstehenden Betrachtungen über die in dem Schleusenthore wirkenden Kräfte genügen nicht, um die Wirkung eines geschlossenen geraden Thores auf die Seitenwände der Schleuse ohne weiteres zu bestimmen. Auch hier werde die Stützung der Thorflügel durch den Drempel vernachlässigt. Ferner werde abgesehen von der Verschiedenheit des Druckes in verschiedenen Höhen und es bezeichne mit Bezug auf Fig. 96 bei geraden Drempellinien

Fig. 96.



$$P_1 = l, p = \frac{\frac{w}{2} + n}{\cos \varphi} \cdot p$$

den auf den ganzen Thorflügel, p den auf die Längeneinheit kommenden Wasserdruck. Dieser Druck ist bei einem an der unteren Seite ganz wasserfreien Thore, z. B. bei dem um die Höhe h unter dem Oberwasser, aber trocken liegenden Drempel einer Kanalschleuse $= \frac{h^2}{2} \gamma$, dagegen bei einem mit einer Wasserdifferenz h , und einem Unterwasser von der Höhe h_1 , gedrückten Thore $= \frac{h^2_1}{2} \gamma + h, h_1, \gamma$.

Auf jeden Thorflügel wirken dann nur die zwei äusseren Kräfte P_1 und $S = \frac{P_1}{2 \sin \varphi}$. Beide Kräfte parallel zu sich selbst nach dem Stützpunkt der Wendenische versetzt (s. die linke Seite der Figur) bilden ein Parallelogramm mit der Resultante:

$$R = \sqrt{S^2 + P_1^2 + 2 S P_1 \cos (90 + \varphi)} = \sqrt{S^2 + P_1^2 - 2 S P_1 \sin \varphi} = S, \dots 24.$$

das heisst: die auf die Wendenische wirkende Resultante ist gleich dem rechtwinklig zur Schleusenachse wirkenden Thorschub S . Es kommt also wegen der Mitwirkung der Kraft P nicht die ganze Kraft S als rechtwinklig zur Schleusenachse gerichteter Druck auf die Seitenwand, sondern nur ein der Grösse des Winkels φ entsprechender Teil. Denn (s. Fig. 96, links) die Kraft R muss, wenn sie gleich S ist, mit der Richtung des Thorflügels ebenfalls wie die Kraft S den Winkel φ und mit der Drempelbasis den Winkel 2φ und endlich mit der Schleusenachse den Winkel $90 - 2\varphi$ bilden. Wird dann R rechtwinklig und parallel zur Schleusenachse zerlegt (s. die rechte Seite der Figur),

so ist, weil $R = S = \frac{P_1}{2 \sin \varphi}$ und weil $\frac{(\frac{w}{2} + n)}{\cos \varphi} \cdot \frac{P_1}{2 \sin \varphi} = \frac{(\frac{w}{2} + n) P_1}{\sin 2\varphi}$,

$$N = R \cos 2\varphi = S \cos 2\varphi = \frac{(\frac{w}{2} + n) P_1}{\tan 2\varphi} \dots \dots \dots 25.$$

$$T = R \sin 2\varphi = S \sin 2\varphi = \left(\frac{w}{2} + n\right) \cdot P_1 \cos \varphi \dots \dots \dots 26.$$

Wird der Winkel $\varphi = 45^\circ$, so wird R und S ein Minimum und $N = 0$. Dagegen werden aber die auf den Thorflügel selbst wirkenden Kräfte mit der Vergrößerung

seiner Länge sehr groß. Wird der Winkel $\varphi = 22,5^\circ$ oder $2\varphi = 45^\circ$, so wird $N = T$, oder so lange $\varphi < 22,5^\circ$, ist auch $T < N$, wird $\varphi > 22,5^\circ$, so wird auch $T > N$.

Wenn nun auch in den meisten Fällen, namentlich bei massiven Seitenwänden, N und T mit reichlicher Sicherheit aufgenommen werden, so ist bei einem großen Winkel φ die gegen den vortretenden Teil der Wendensche gerichtete Kraft P , noch besonders zu berücksichtigen. Offenbar wird diese für das Abspringen jenes Teiles der Wendensche, namentlich bei heftigem Zuschlagen der Thorflügel, um so gefährlicher, je größer φ ist.

Aus den Gesamtverhältnissen der auf die Seitenwände einschließlic der Wendensche, sowie der in dem Thorflügel selbst wirkenden Kräfte den günstigsten Winkel φ zu berechnen, hat praktisch keinen Wert, weil die Verschiedenheit der Materialien dabei zu sehr mitspricht. Um die Thorflügel nicht erheblich größer als die halbe Schleusenweite zu bekommen und die erwähnte Gefahr für die Wendensche zu vermeiden, dagegen die in dem Thore wirkende Kraft $Q = \frac{P}{2 \tan \varphi}$ nicht zu groß werden zu lassen, empfiehlt es sich, den Wert von $\tan \varphi$ nicht größer als 0,4, nicht kleiner als 0,2, sondern etwa $= 0,33$ zu nehmen, d. h. die sogenannte Drempehöhe gleich $\frac{1}{3}$ der Schleusenweite zu machen.

Ordnet man zur Übertragung des Stemmdruckes nur eine Leiste (Stemmaleiste) an, während man die Dichtung durch eine besondere, aber bewegliche Dichtungsleiste bewirkt (vergl. § 19), so wird die letztere den geringsten Druck erhalten, also ein Absprengen des gefährdeten Thornischenteiles um so weniger bewirken können, wenn die Mittellinie der Stemmaleiste in die Richtung der Resultante R gelegt wird.

Für gekrümmte Thore mit einheitlicher Cylinderfläche ergibt sich nach Fig. 95, S. 180 und der obigen Betrachtung über die im Thore wirkenden Kräfte, für die Resultante R oder den Gesamtdruck auf die Wendensche dasselbe Verhältnis zu der Kraft S und den Druck auf einen Thorflügel P , welcher hinsichtlich des Druckes in der Wendensche in Rechnung zu ziehen ist. Es ist dies offenbar nur der rechtwinklig zur Sehne des Bogens eines Thorflügels oder der auf die in dieser Richtung genommene Projektion kommende Druck, welcher völlig gleich ist dem Drucke auf einen geraden in der Richtung dieser Sehne liegenden Thorflügel. Es ist also der resultierende Druck R oder der Tangentialdruck S bei dem gekrümmten Thore völlig gleich den gleichnamigen Größen bei einem geradlinigen Thore, dessen Flügel die Sehnen des gekrümmten Thores bilden. Der Tangentialdruck R an der Wendensäule bildet, da er gleich dem Tangentialdruck S an der Schlagsäule ist, mit der Sehne des Bogens eines Flügels denselben Winkel φ , welchen auch diese Sehne mit der Sehne des ganzen Thorbogens bildet oder welchen bei dem geradlinigen Thore die beiden DremPELLINIEEN mit der DremPELBASIS bilden würden.

Verhalten des geöffneten Thores. Es ist nunmehr zu untersuchen, wie das Verhalten des geöffneten Thores die Konstruktion desselben und die Befestigung an den Wänden und dem Boden der Schleuse beeinflusst.

Bezeichnet G das Thorgewicht, welches im Abstände b von der Drehaxe angreift, A den Auftrieb mit dem Abstände c , und h den Abstand zwischen Halslager und Zapfen, so ist (Fig. 97) bei geöffnetem Thore der senkrechte Zapfendruck:

$$V = G - \mathfrak{A}, \dots \dots \dots 27.$$

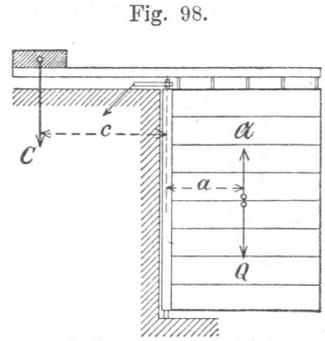
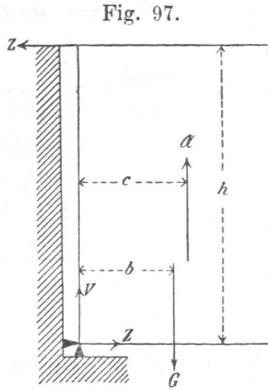
der Zug, den das Halsband aufzunehmen hat, aber:

$$Z = \frac{G \cdot b - \mathfrak{A} \cdot c}{h} \dots \dots \dots 28.$$

Ebenso groß wie der Zug des Halsbandes ist der horizontale Druck, welchen der Zapfen aufzunehmen hat. V und Z erreichen ihren größten Wert für $\mathfrak{A} = 0$, d. h. für den Fall, daß das Thor in der trocken gelegten Schleuse aufgehängt ist. Bei hölzernen Thoren muß die Strebe oder das Zugband das Gewicht G nach dem Zapfen oder Halsband übertragen und erhalten diese Teile infolge dessen die Beanspruchung

$$D = \frac{G}{\cos \alpha}, \dots 29.$$

wenn α der spitze Winkel ist, welchen die Richtungen der Strebe oder des Zugbandes mit der Senkrechten bilden.



Man ist nun bestrebt gewesen, den Horizontalschub gegen den Zapfen und den Zug des Halsbandes möglichst zu verringern. Bei kleinen Thoren geschieht dies am einfachsten dadurch, daß man einen Drehbaum anordnet und diesen an seinem Ende so stark belastet, daß der Gesamtschwerpunkt von Thor und Gegengewicht in die Drehaxe fällt. Dann ist also Z und $Z' = 0$.

Damit dies der Fall sei, muß also das Gegengewicht C (Fig. 98) den Wert

$$C = \frac{(G - \mathfrak{A}) \cdot a}{c} \dots \dots \dots 30.$$

haben, wenn G das Thorgewicht und \mathfrak{A} der Auftrieb ist und angenommen wird, daß beide am Hebelarm a angreifen.

Neuerdings sind derartige Gegengewichte bei den eisernen Thoren der Schleusen des Oder-Spree-Kanals angewendet, trotzdem die Bewegung der Thore ohne Benutzung des Drehbaumes mit Maschinenbetrieb erfolgt.

Eine andere Vorrichtung zur Aufhebung des Seitendrucks gegen den Zapfen und des Zuges im Halsband sind Rollen zum Tragen der Thore, die man namentlich bei großen Holzthoren häufig findet. Eine feste Säule mit Zugstangen hinter der Wendnische, wie bei den Thoren der Schleuse zu Koekuk (Fig. 221), entlastet den Zapfen vorzugsweise vom senkrechten Drucke, ist aber unbequem und bei Seeschleusen unstatthaft, wegen des behinderten Verkehrs längs der Mauern.

Bei Schwimmthoren in sehr stark veränderlichem Wasserstande kann unter Umständen der Auftrieb größer als das Gewicht werden, sodafs sich dann die Richtungen der Kräfte Z umkehren. Im allgemeinen wird es aber vorzuziehen sein, das Thor stets mit einem möglichst gleichmäßigen Gewichte auf den Zapfen drücken zu lassen. Um dies zu erreichen, müssen die Luftkasten so angeordnet werden, daß sie, wenn das Thor gedreht wird, stets ganz im Wasser liegen.

Die Luftkasten müssen ferner so liegen, daß der Zapfen möglichst wenig Seitendruck, bzw. das Halsband während der Drehung möglichst wenig Zug erhält, da dadurch die Reibungswiderstände vermindert, die Bewegung also erleichtert wird. Zu dem Ende wird man den Teil des Thorgewichtes, welcher nicht durch den Auftrieb des Luftkastens aufgehoben werden, sondern dauernd den Zapfen belasten soll, diesem möglichst nahe rücken müssen.

Fig. 99 a.

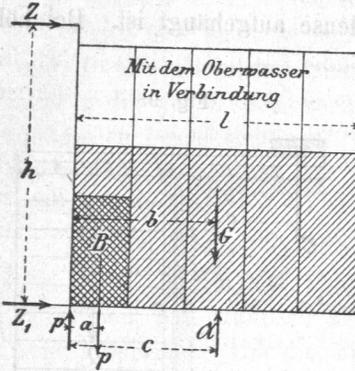
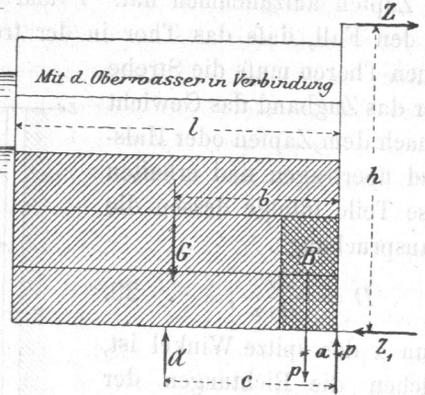


Fig. 99 b.



Bei den Thoren des Unterhauptes, welche gedreht werden, wenn sie den Auftrieb des niedrigen Unterwassers erfahren, wird man am einfachsten einen auf die ganze Länge l des Thores durchgehenden Luftkasten anordnen, wie Fig. 99 a für ein Ständerthor und Fig. 99 b für ein Riegelthor in der schraffierten Gesamtfläche zeigt. Der Auftrieb \mathcal{A} des ganzen Kastens ist gleich dem Gewichte G des Thores während der Eintauchung in das Unterwasser. Unmittelbar an der Wendesäule trennt man einen Teil B im Luftkasten wasserdicht ab, in welchen man soviel Wasserballast einlässt, als man zur dauernden Belastung des Zapfens für wünschenswert hält. Ist p das Gewicht dieses Wasserballastes, so wird der Zug, welchen das Halsband bei regelrechtem Betriebe erleidet:

$$Z = Z_1 = \frac{G \cdot b - \mathcal{A} \cdot l + p \cdot a}{h} \dots \dots \dots 31.$$

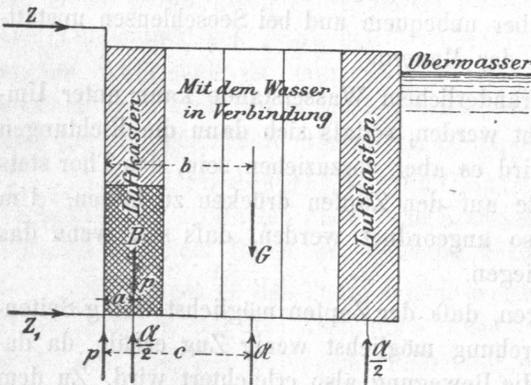
oder, wenn b und c als gleich angenommen werden, was meistens nahezu der Fall sein wird:

$$Z = Z_1 = \frac{p \cdot a}{h},$$

denn G war gleich \mathcal{A} angenommen. Die Beanspruchung des Halsbandes und der Seitendruck des Zapfens wird also desto kleiner, je kleiner a gewählt wird.

Bei Ständerthoren für das Oberhaupt, die also bei Eintauchung in das Oberwasser gedreht werden und bei denen daher die Luftkasten bis zum Oberwasserspiegel hinaufreichen können, wird es unter Umständen bequemer werden, zwei Luftkasten, den einen an der Schlagsäule, den anderen an der Wendesäule von je $\frac{\mathcal{A}}{2}$ Auftrieb ($\mathcal{A} = G$) anzuordnen, wiewohl nicht zu übersehen ist, dass alsdann mehr Fugen dicht zu halten sind. Fig. 99 c zeigt diese Anordnung, bei welcher dann im Ständerfelde am Zapfen der Ballastraum B liegen muss. Z und Z_1 behalten dann den in Gl. 31 angegebenen Wert bei.

Fig. 99 c.



Die mittleren Ständerfelder erhalten dann entweder nur einseitig eine Haut, Diagonalverband, oder sie stehen wenigstens mit dem Wasser von der einen Seite in offener Verbindung, falls man, wie meist üblich, beide Seiten des Thores durchweg mit einer Haut versieht.

auf der anderen Seite aber nur einen starken Diagonalverband, oder sie stehen wenigstens mit dem Wasser von der einen Seite in offener Verbindung, falls man, wie meist üblich, beide Seiten des Thores durchweg mit einer Haut versieht.

Wen schon in dieser Weise die Beanspruchungen des Halslagers und der Seitendruck gegen den Zapfen sehr herabgemindert werden, empfiehlt es sich dennoch, bei der Bemessung der Stärken dieser Teile auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß durch Zufälle die Entlastungen ganz oder teilweise fortfallen können. Bei der Berechnung für diesen Ausnahmefall können die Materialien aber stärker in Anspruch genommen werden, da es sich nur darum handelt, eine Zerstörung zu vermeiden. Näheres hierüber s. § 20.

Bei gekrümmten Thoren liegt der Schwerpunkt außerhalb des Thorkörpers. Bei diesen Thoren ist deshalb darauf zu achten, daß die Horizontalkraft Z , welche im Grundrisse des Thores durch die Projektion der Drehaxe und des Schwerpunktes geht, keine Verbiegung der krummen Thorfläche bewirkt. Es muß also gegen die das Oberrahmstück streckende, das Unterrahmstück zusammenbiegende Kraft Z die nötige Steifigkeit gegeben werden. Endlich werden die Befestigungsteile des Thores in dem Falle, daß der obere Zapfen nicht in der oberen Kante, sondern tiefer liegt, besonders vorichtig zu berechnen sein, weil dabei h um so kleiner, Z um so größer wird.

In Betreff der Berechnung der Einzelheiten eiserner Drehthore wird auf die bereits angeführte Arbeit von Th. Landsberg verwiesen.

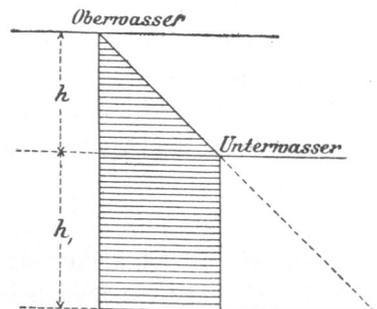
2. Einflügelige Drehthore. Klappthore. Schiebethore. Pontons.

Die zweite Hauptgruppe der Schleusenthore umfaßt die Drehthore mit einem Flügel, die Klappthore, die Schiebethore und die Pontons. Alle diese Arten sind in gleicher Weise beansprucht und das Bild, welches sie bieten, ist ein viel klareres als dasjenige der Stemmthore.

Die Thore stellen Platten dar, welche mindestens an drei Seiten, nämlich unten am Drempe, sowie an beiden Seitenwänden, bisweilen aber auch noch oben gegen eine vorher geschlossene, bewegliche Brücke oder gegen Mauerwerk, z. B. bei den Schachtschleusen gegen das Gewölbe zwischen den Seitenwänden des Hauptes, gestützt sind. Wo diese obere Stütze fehlt, ist zunächst der obere Rand durch einen starken horizontalen Balken auszusteifen. Ob dann die weiteren Aussteifungen wagerecht oder senkrecht zu stellen sind, wird vom Verhältnis der Länge des Thores zur Höhe desselben abhängen. Ist die Länge des Thores größer als die Höhe, was wohl meistens der Fall sein wird, so sind senkrechte Aussteifungen, welche oben gegen den horizontalen Balken und unten gegen den Drempe liegen, am zweckmäßigsten.

Da die zeichnerische Darstellung des Wasserdruckes gegen das Thor ein Trapez von nebenstehender Form (Fig. 100) ist, so ist es klar, daß der horizontale Balken desto weniger Druck aufzunehmen hat, daß er also auch desto leichter werden wird, je weiter nach oben er angeordnet ist. Allerdings wächst das Moment und damit Querschnitt und Gewicht der Ständer wieder mit zunehmender Höhenlage des wagerechten Balkens und es ist nicht ohne weiteres zu ersehen, welche Lage des letzteren für das Gesamtgewicht der Versteifungen die günstigste ist. Diese muß vielmehr durch vergleichende Rechnungen ermittelt werden. Indessen sind, wie weiter unten nachgewiesen wird, häufig auch andere Umstände für eine bestimmte Höhenlage des oberen Balkens entscheidend.

Fig. 100.



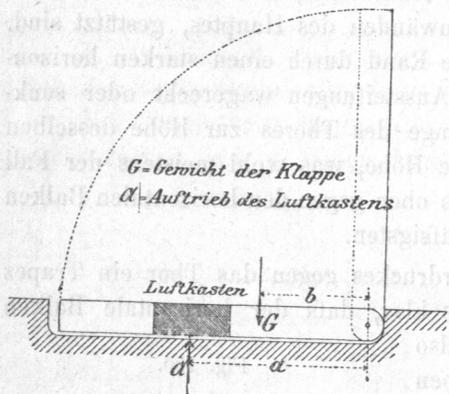
Die Drehthore mit nur einem Flügel bieten, wenn sie aus Holz hergestellt werden, wenig Bemerkenswertes. Sie verlangen dieselben Verstrebrungen und Verankerungen, wie ein Flügel eines Stemthores, jedoch werden diese, der gröfseren Länge des Thores wegen, entsprechend stärker ausfallen müssen, um Versackungen vorzubeugen. Aus demselben Grunde wird man grofse eiserne, einflügelige Drehthore nach den oben gegebenen Anweisungen durch zweckmäfsig angeordnete Luftkasten thunlichst zu entlasten haben.

Die Konstruktion hölzerner Klappthore, insbesondere die Gestaltung ihres Rahmwerks, ist ebenfalls nicht schwierig. Der horizontalen unteren Wendesäule, welche, wenn das Thor geschlossen ist, in ihrer ganzen Länge den Dremel berührt, also keine Biegungsspannung erhält, liegt ein oberer starker horizontaler Balken gegenüber. Beide sind an den Enden und je nach Bedarf noch mehrmals in der Mitte durch Ständer verbunden, welche den gegen die Bekleidungsbohlen wirkenden Wasserdruck auf den Dremel und das obere Rahmholz übertragen.

Eine Diagonalverstrebrung ist theoretisch nicht erforderlich und wird in genügendem Mafse durch diagonale Lage der Bekleidung erzielt. Die Bewegung der hölzernen Klappthore läfst sich durch zwei Gegengewichte, welche an den Enden des oberen Rahmens angreifen, erleichtern.

Auch für eiserne Klappthore ist die eben beschriebene Anordnung die nächstliegende, nur wird es bei sehr grofsen Thoren meistens zweckmäfsiger sein, das Gewicht durch die Anbringung von Luftkasten auszugleichen; wenn diese Luftkasten auch dann, wenn das Thor aufgerichtet ist, richtig wirken sollen, müssen sie unterhalb des Wasserspiegels liegen, welcher während des Schliessens vorhanden ist. In Bezug auf die Gröfse und Lage des Luftkastens ist folgendes hervorzuheben. Soll der Luftkasten so grofs

Fig. 101.



sein, dafs von dem Bewegungsmechanismus nur die Reibung in den Lagern der Wendesäule zu überwinden ist, aber kein Teil des Thorgewichtes mehr gehoben werden mufs, so mufs nach Fig. 101 die Gleichung stattfinden:

$$A \cdot a = G \cdot b$$

oder der Auftrieb A müfste gleich sein:

$$A = \frac{G \cdot b}{a} \dots \dots \dots 32.$$

Dabei ist allerdings die Gewichtszunahme vernachlässigt, welche eintritt, wenn der obere Teil der Eisenkonstruktion aus dem Wasser auftaucht; diese ist gleich dem kubischen Inhalte des über Wasser liegenden Eisens mal dem Einheitsgewichte des Wassers und mufs aufser der Reibung durch die Hebevorrichtung bewältigt werden.

Wenn nun, so lange das ganze Thor unter Wasser ist, die Hebevorrichtungen nur die Reibung überwinden sollen, so hat man ferner:

$$A + R = G \dots \dots \dots 33.$$

worin R den Druck in den Zapfenlagern bedeutet.

Aus Gl. 32 folgt, dafs der Auftrieb A desto kleiner wird, je gröfser der Abstand a von der Drehaxe genommen ist. Das Anbringen des Luftkastens möglichst nahe dem oberen Ende der Klappe würde also gestatten, diesen kleiner zu machen und damit

Eisen zu sparen. Aus den Gleichungen 32 und 33 ergibt sich aber für den Zapfendruck R der Wert:

$$R = G \left(1 - \frac{b}{a} \right) 34.$$

und daraus folgt, daß R desto größer wird, je größer man a nimmt. Mit wachsendem Zapfendrucke nimmt aber auch die Zapfenreibung, d. i. der Widerstand zu, der von dem Bewegungsmechanismus überwunden werden muß, selbst wenn das Thor ganz unter Wasser liegt. Da die leichte Beweglichkeit des Thores meistens wichtiger sein wird, als eine etwas größere Gewichtersparnis, so dürfte es sich im allgemeinen empfehlen, den Luftkasten so zu legen, daß seine Mitte bei horizontaler Lage des Thores unter dem Schwerpunkte desselben liegt, daß also $a = b$ ist.

Für diese Lage wird $R = 0$ und die Reibung in den Lagern am geringsten. Die Größe des Luftkastens ist dann so zu bemessen, daß das Thor, wenn es ganz eingetaucht ist, noch von selbst zu Boden sinkt.

Ob bei der besprochenen Lage des Kastens dieser selbst zugleich als ein Träger auszubilden ist, welcher den Wasserdruck auf die Seitenwände des Hauptes überträgt und gegen welchen der oberhalb liegende Teil des Thores durch senkrechte Konsolen abgesteift ist, oder ob man den Luftkasten nur als solchen berechnet und den horizontalen Hauptträger der Klappe am oberen Rande derselben beläßt, läßt sich nicht allgemein entscheiden. Die letztere Konstruktion ist allerdings in mancher Beziehung unbequem, weil die Ständer den Luftkasten durchdringen müssen. Benutzt man aber den Luftkasten bei dieser tiefen Lage zugleich als Horizontalbalken, so muß derselbe fast den ganzen Wasserdruck auf die Seitenwände übertragen, würde also sehr schwer werden.

Von den Schiebethoren weisen besonders diejenigen einige Konstruktionseigentümlichkeiten auf, welche groß, in Eisen ausgeführt und seitlich offen sind, mögen sie nun unten einfach gleiten oder wie die von Kinipple auf Rollen laufen. Für solche Thore ist offenbar eine möglichst große Standsicherheit erforderlich, die man dadurch erreicht, daß man ihnen einesteils eine bedeutende Breite giebt, sowie ferner dadurch, daß man den Schwimmkasten möglichst hoch oben anordnet, damit der Schwerpunkt des Auftriebes über dem Schwerpunkte des Thorgewichtes liegt.

Die hohe Lage des Schwimmkastens bringt es mit sich, daß dieser zweckmäßig als großer Kastenträger ausgebildet wird, der den weiteren senkrechten Aussteifungen der Haut als Stütze dient und den Wasserdruck auf die Seitenwände überträgt. Da es wünschenswert ist, daß das Thor mit Hilfe des Schwimmkastens zum Aufschwimmen gebracht werden kann, um aus dem Schleusenhaupte herausgezogen und zur Reparatur in ein Dock gebracht zu werden, so bringt man an beiden Enden des Kastens besondere Abteilungen zur Aufnahme von Wasserballast an, welche groß genug sind, um durch ihre Füllung den beabsichtigten Druck auf die unteren Gleitlager oder Rollen zu erzeugen und die leer gepumpt werden, wenn das Schiebethor aufschwimmen soll.

Die Höhe, um welche das Thor sich beim Aufschwimmen heben muß, damit es aus dem Haupte herausgezogen werden kann, ist maßgebend für die Höhenlage der Oberkante des Schwimmkastens unter dem Wasserspiegel. Je geringer dieselbe ist, desto leichter wird die Thoronstruktion; daher ist durch die Formgebung des Mauerwerks auf möglichste Verminderung derselben hinzuwirken.

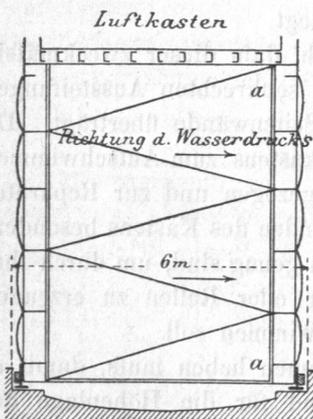
Soll das Thor nach beiden Seiten hin kehren, so erhält es auf beiden Seiten eine Haut und Anschlagsleisten, die am einfachsten aus Holz bestehen. Die ganzen Stirnwände des Thores dagegen sind mit Ausnahme des vom Schwimmkasten eingenom-

menen Teiles zweckmäßigerweise offen, damit das in der Thorkammer befindliche Wasser durch das Thor selbst unter und über den Schwimmkasten hinweg abfließen kann, wenn das Thor in die Kammer gezogen wird. Um diesen Abfluß, sowie das Zuströmen des Wassers in die Kammer beim Schließen des Thores thunlichst zu erleichtern und dadurch die Bewegungswiderstände zu vermindern, sind die Diagonalverbände der Ständer so einzurichten, daß sie dem durchfließenden Wasser möglichst kleine Flächen darbieten. Da die senkrechten Ständer bei geschlossenem Thore sich unten gegen den Drempelegen, so ist hier nur ein leichter horizontaler Verband erforderlich. Wenn trotzdem statt desselben ein durchgehender, horizontaler Blechträger angeordnet wird, so geschieht dies, um durch die Blechwand ein bequemes Lager für etwaigen Ballast aus Beton oder Roheisen zu erhalten, den man anbringt, sei es, um die Stabilität zu vergrößern, sei es, um das Gewicht, welches die Grundfläche während des gewöhnlichen Betriebes belasten soll, bequemer regeln zu können.

Die Schiebethore von Kinipple (vergl. § 21) weichen von obiger Anordnung insofern ab, als sie an allen Seiten (an den Stirnen und unten) geschlossene Blechwände haben, mithin vollkommen den Schwimmpontons gleichen. Das aus der Pontonkammer zu verdrängende Wasser muß bei denselben also unter dem Thore, sowie durch besondere Umläufe entweichen, die an die Pontonkammer anschließen. Es ist aber kein Grund zu finden, weshalb nicht auch für auf Rollen laufende Thore die Stirnwände größtenteils offen bleiben können, falls die starke Strömung unter dem Thore nicht zur Spülung der Sohle erforderlich ist. Die oben angegebenen Konstruktionsgrundsätze bleiben daher im allgemeinen auch für Thore auf Rollen bestehen.

Soll das Thor nur nach einer Seite hin kehren, so ist es nicht erforderlich, eine doppelte Haut durchweg anzubringen. Man findet aber auch für diesen Fall — soviel bekannt — bei allen bisher vorliegenden Ausführungen von Schiebethoren die Haut auf beiden Seiten voll durchgeführt. Als Material für die Haut hat man bisher außer Holz für die zweiseitigen kleineren Schiebethore in Hamburg (s. § 21) nur ebene Bleche verwendet.

Fig. 102.



Für die Wände des Schwimmkastens, falls dieser zugleich als horizontaler Träger dient, ist es auch zweckmäßig, solche beizubehalten, da die Bleche dann nicht nur von dem unmittelbar auf sie wirkenden Wasserdrucke, sondern auch als Teile des Trägers in einer Weise beansprucht werden, welche die ebene Gestalt als die geeignetste erscheinen läßt. Für den übrigen Teil der Haut trifft dies aber nicht zu. Man kann durch Verwendung von Wellblech oder Tonnen- und Buckelblechen ganz bedeutend an Material sparen, ohne der Sicherheit der Konstruktion Eintrag zu thun. Wendet man Tonnenbleche in der durch Fig. 102 angedeuteten Lage an, so ist die Beanspruchung der Gurtungsteile *a* der senkrechten Ständer, welche hier aus Gitterwerk gebildet sind und die ganze Pontonbreite als Konstruktionshöhe ausnutzen,

besonders günstig. Bei der durch Pfeile angedeuteten Richtung des Wasserdrucks ist diese Gurtung nämlich die gezogene des Ständers. Die an derselben befestigten Tonnenbleche erzeugen aber Druckspannungen, welche einen Teil der Hauptspannung aufheben.

Daß bei dieser Lage die cylindrische Form der Tonnenbleche oberhalb des Unterwasserspiegels nicht genau den statischen Forderungen entspricht, welche der nach

oben abnehmende Wasserdruck stellt, erscheint um so mehr unbedenklich, als man die Bleche aus praktischen Gründen nach oben ohnehin viel stärker macht, als die Rechnung verlangt; die geringste Stärke sollte 5 mm sein.

Die Berechnung der an den Querseiten geschlossenen Schiebethore und der freischwimmenden Pontons wird sich am einfachsten auch wieder auf die vorhandenen wasserdichten Decks, welche als horizontale Träger aufzufassen sind, stützen. Will man indessen das ganze Ponton als großen Träger auffassen, dessen beide Gurtungen durch die beiden Häute gebildet werden, so muß die Spannung, welche die Bleche der Haut aus dem unmittelbar auf sie wirkenden Wasserdrucke erhalten, an den verschiedensten Stellen ermittelt werden; diese Spannungen müssen zu denen gleichen Vorzeichens, welche die Hautbleche als Gurtungen des großen Trägers erhalten, hinzugefügt werden, um die größte vorkommende Spannung zu ermitteln.

§ 17. Die Entwicklung der Schleusenthore. Nachdem in § 15 und 16 die Konstruktion der Schleusenthore im allgemeinen bzw. das Wichtigste aus der Theorie derselben besprochen ist, möge vor einer eingehenden Beschreibung einzelner Ausführungen einiges über die allmähliche Entwicklung der Schleusenthore gesagt werden.

Ebenso wie das Sprengwerk und der Bogen im Hochbau und im Brückenbau sich dem einfachen Balken gegenüber als Erfindungen späterer Zeit darstellen, die ein höheres technisches Verständnis voraussetzen, ist das Stemmthor mit zwei Flügeln gegenüber dem einflügeligen Verschlusse sicher die jüngere Form. Die ältesten Abschlüsse gegen einen höheren Wasserstand (vergl. die Besprechung der Flößerei-Anlagen im IX. Kapitel) waren Schützen, im wesentlichen also Schiebethore, dann folgten wahrscheinlich, ebenfalls für Zwecke der Flößerei, einflügelige Drehthore mit senkrechter Axe (sogenannte Schlagthore) und verwandte Anordnungen in mannigfaltiger Gestaltung. Stemmthore sind wohl zuerst bei den in Deichen angelegten Schutzschleusen zur Anwendung gekommen. Die Form des doppelflügeligen Stemmthores hat sich aber schnell eingebürgert und die einflügeligen Thore bei den Schiffahrtsschleusen fast vollkommen verdrängt; noch jetzt behauptet sie, wenn auch nicht überall mit vollem Rechte, das Feld.

So lange als Baustoff für die Thore ausschliesslich das Holz in Frage kommen konnte, waren die doppelflügeligen Stemmthore auch wohl meist die zweckmässigste Form, da sie die Länge der erforderlichen Hölzer gegenüber den einflügeligen Thoren fast auf die Hälfte einschränkten, da sie ferner das Holz sehr günstig beanspruchten und die erforderliche Dichtigkeit ohne Schwierigkeiten erreichen ließen.

Je größer indessen die Schiffe wurden und je mehr sich die Holzbestände in der alten Kulturwelt lichteteten, desto schwieriger und kostspieliger wurde es, genügend starke Hölzer zu beschaffen, und wenn man sich auch der bequemen Behandlung des Holzes wegen lange dagegen sträubte, schliesslich sah man sich dennoch genötigt, für die Thore großer Schleusen das im Brücken- und Hochbau schon in weit größerem Umfange eingeführte Eisen anzuwenden. Wenn noch jetzt, wo selbst die großen Seeschiffe nur noch aus Eisen hergestellt werden, beim Manchester-Seekanale die Schleusenthore aus Holz gefertigt wurden, so muß dies als verfehlt bezeichnet werden.

Wenn wir also gezwungen sind, für die Thore unserer großen Schiffahrts- und Dockschleusen das Eisen anzuwenden, so ist es auch erforderlich, den Eigenschaften dieses Baustoffes, welche von denen des Holzes wesentlich abweichen, voll Rechnung zu tragen, was bisher nicht immer in genügendem Mafse geschehen ist.

Die Hauptunterschiede der beiden Baustoffe Holz und Eisen, welche beim Übergange zu dem letztgenannten besonders berücksichtigt werden müssen, sind die folgenden:

1. Die Ausdehnung des Holzes bei einem Temperaturwechsel, wie er bei Schleusenthoren vorkommt, ist so unbedeutend, daß er stets vernachlässigt werden kann. Ein großer eiserner Thorflügel dagegen, der im Hochsommer montiert ist, wird im Winter eine Zusammenziehung erleiden, die bei Stemmthoren eine erhebliche Änderung der Beanspruchung herbeiführen muß, wenn bei der Konstruktion nicht darauf Rücksicht genommen wurde.
2. Holz gestattet nur etwa den zehnten Teil der Beanspruchung des Eisens für die Flächeneinheit des Querschnittes und ist
3. infolge der größeren Weichheit weit leichter zu bearbeiten als das Eisen.
4. Bei Eisenkonstruktionen läßt sich der Querschnitt weit genauer den statischen Bedürfnissen anpassen, als bei Holzkonstruktionen und zwar um so genauer, je größer die erforderlichen Querschnitte sind.
5. Bei Holz ist aber ein sehr genaues Anpassen an die statischen Verhältnisse auch weniger notwendig, weil Holz billiger als Eisen ist.

Die Punkte 2 bis 5 deuten an, daß es bei Holzthoren richtiger ist, ja bei größeren notwendig werden kann, die Kraftübertragung möglichst auf das ganze Thor auszudehnen, bei eisernen dagegen — und zwar namentlich bei großen — ist es richtiger, die Kräfte durch möglichst wenige und dafür desto stärkere Teile aufzunehmen.

6. Eisenthore sind, wenn wir von den gußeisernen absehen, aus einzelnen Teilen zusammengenietet. Verbiegungen lockern die Niete und lassen das Wasser in die Nietlöcher eindringen, was Rostbildung herbeiführt; damit wird die Zerstörung des Thores angebahnt. Den Holzthoren dagegen schaden weder märsige Verbiegungen, noch bewirkt das Wasser, ausgenommen an den Stellen, an welchen Wasser und Luft wechseln, bei ihnen eine beschleunigte Zerstörung. Bei eisernen Thoren muß man daher weit mehr als bei hölzernen darauf bedacht sein, daß dieselben vor starken Verdrehungen und Verbiegungen bewahrt bleiben.

Wegen der in Punkt 1 und 6 aufgeführten Unterschiede ist das Eisen als Baustoff für Stemmthore und namentlich für Riegelstemmthore im allgemeinen weniger geeignet, als das Holz, namentlich für große eiserne Schleusenthore bietet die Form der Riegelstemmthore, wenn sie wissenschaftlich auf der Höhe der Zeit stehen soll, mehr Schwierigkeiten, als jede andere und namentlich als die einflügeligen Thore jeder Art.

Indem wegen der näheren Begründung des oben Gesagten auf den vorigen Paragraphen verwiesen wird, soll jetzt erörtert werden, wie sich ein klares Verständnis und wissenschaftliche Auffassung allmählich Bahn gebrochen hat und in den einzelnen Ausführungen zur Darstellung gebracht ist.

Thore aus Gußeisen. Die ersten eisernen Thore wurden, soviel bekannt, im Jahre 1793 von Telford für die kleinen, zum Teil nur 2,1 m weiten Schleusen des Ellesmere-Kanals angewandt. Sie sind aus Gußeisen, einflügelig und bestehen nur aus einer mit Verstärkungsrippen versehenen Platte.

Ähnlich sind die in Fig. 103 dargestellten, etwas später gebauten zweiflügeligen Thore des Montgomery-Kanals konstruiert. Auch hier ist die Schleusenweite nur 2,1 m und jeder Thorflügel besteht aus einem einzigen Gußstück. Die geschlossenen Flügel bilden eine cylindrische Fläche von etwa 2,4 m Sehne und 0,4 m Pfeilhöhe. Außer den an der oberen Seite liegenden Verstärkungsrippen besitzt das Thor noch eine besonders breite Rippe für den Thoranschlag und zur Aufnahme der Zapfenpfanne, während mit der obersten Rippe zugleich der Hals für die Verankerung verbunden ist, an welchen sich mittels Flantschen der konisch gestaltete Drehbaum zur Bewegung des Thores ansetzt. Dadurch, daß die Hauptfläche des Thores nach unten liegt, werden die Wendensäule und Wendensche ebenfalls sehr vereinfacht.

Telford wandte später auch das Gufseisen zu größeren Schleusen, z. B. zuerst für den Kale-
donischen Kanal (s. Kap. XV unter „Seekanäle“) an, wobei die 12 m weiten Schleusen etwa 6,6 m
breite Thorflügel mit nur 0,15 m Pfeilhöhe besitzen. In Fig. 104 ist der Horizontalschnitt eines
solchen Thores und der in der Nähe der Schlag-
säule genommene, aber die Wendesäule zeigende
Vertikalschnitt skizziert. Es ist dabei das Prin-
zip eines selbständigen Gerippes mit einer be-
sonderen Bekleidung aus Holzbohlen wieder auf-
genommen. Wegen mangels jeder Art von Ver-
strebung ist an den Rippen in der Nähe der
Schlagsäule eine Laufrolle angebracht. Die
Wendesäule ist ein hohler Halbcylinder von
0,45 m Durchmesser mit oben und unten ange-
gossenen cylindrischen Zapfen. Die gerade Quer-
wand, an welche sich, wie bei der ebenfalls ge-
raden Schlagsäule, die Riegel mit Lappen und
vier Schrauben ansetzen, ist durchbrochen. Das
Unterrahmstück und die Schlagsäule haben Holz-
leisten zum dichteren Anschluß erhalten, die
7 cm starken eichenen Bekleidungsbohlen laufen
vertikal und sind durch Schraubenbolzen mit den
Vertikalrippen der Riegel verbunden. Trotzdem
die alten Thore noch im Jahre 1874 keine Mängel
erkennen ließen, waren doch bei einigen Schlei-
sen dieses Kanals neue Holzthore mit Riegeln
von ähnlicher Krümmung wie die alten gufs-
eisernen angebracht, angeblich, weil die letzteren
durch anstossende Schiffe zersprungen sein sollten.

Fig. 103.
Thorflügel aus Gufseisen.

Ansicht,
Grundrifs und Schnitt J.K.

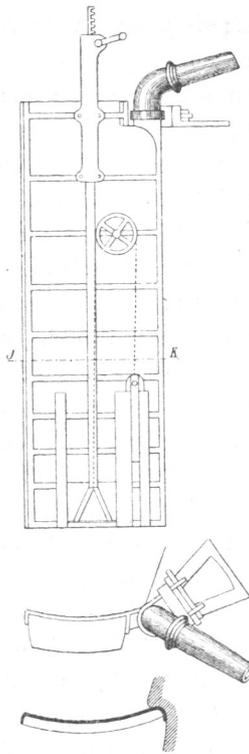
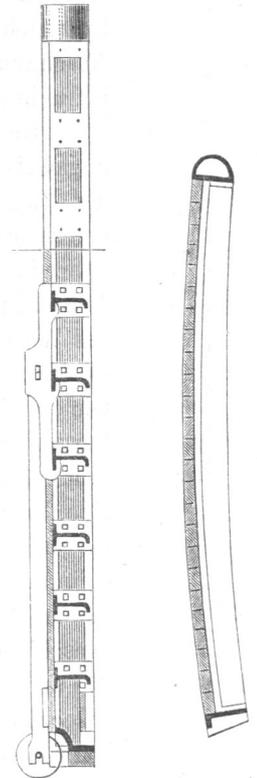


Fig. 104.



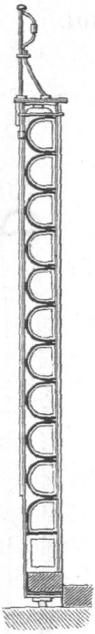
Ogleich nun in England selbst große Seeschleusen, z. B. in Woolwich von 24 m
Weite, mit gufseisernen Thoren erbaut sind, so muß doch heutzutage die Ver-
wendung von Gufseisen zu allen Hauptteilen als veraltet erscheinen. Denn
es bleibt außer der zweifelhaften Haltbarkeit des Gufseisens im Seewasser für einzelne
Fälle noch allgemein der Fehler des Gufseisens bestehen, daß es zu spröde gegen
Stöße und namentlich in der Kälte sehr unzuverlässig ist. Es kann zu kleinen, eine
geschlossene Form besitzenden Stücken mit Vorteil verwendet werden, wo durch die
ganze Masse und deren Abmessungen jede Gefahr eines Zerspringens ausgeschlossen
scheint (vergl. § 20), doch nie zu ausgedehnten Konstruktionsteilen, wie Riegeln, Wende-
säulen u. s. w.

Entwicklung der geraden Stemmthore aus Walzeisen. Während man
also wegen der Sprödigkeit des Gufseisens teilweise wieder zur alten Holzkonstruktion
zurückgriff, versuchte man andererseits das Gufseisen durch Walzeisen zu ersetzen.

Zu den ersten derartigen Konstruktionen gehört die von Poirée schon im Jahre
1853 bei der Schleuse de la Monnaie in Paris ausgeführte und im Bd. XV der Zeitschr.
f. Bauw. beschriebene.⁵²⁾ Es gehen dabei nach der Skizze des Vertikalschnittes (Fig. 105)
die Rippen und die Bekleidungsbleche ineinander über, indem die horizontal liegenden
Bleche so gebogen sind, daß sie im Querschnitt überhöhte Halbkreise bilden, deren
geradlinig verlängerte Schenkel mit denen der benachbarten Bleche unter Einschaltung

⁵²⁾ Über noch ältere Thore von Eisenblech für den Rhone-Rhein-Kanal vergl. Allg. Bauz. 1850, Bl. 343.

Fig. 105.



eines schmalen Zwischenbleches zusammengenietet sind. Durch ebenso gebogene Winkeleisen sind die Hauptbleche mit den vertikalen Säulen verbunden. Die Thore haben 340 M. f. d. qm gekostet, sind also ziemlich kostspielig gewesen. Die Konstruktion beruht aber auf theoretisch richtigen Anschauungen; sie kann als ein Vorläufer der neueren Wellblechkonstruktionen betrachtet werden.

Hiernach folgten Thore aus Walzeisen, welche sich in ihrer Ausführungsweise eng an die Holzthore anlehnen. Sie zeigen eine große Zahl eiserner Riegel, die entweder nur auf einer oder auch auf beiden Seiten mit einer Blechhaut überzogen sind. Die Entfernung der Riegel voneinander ist entweder gleich groß angenommen, wie bei den Thoren der Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals (T. IX, F. 7—9), oder entsprechend der Zunahme des Wasserdrucks bis zum Unterwasserspiegel ungleich, wie bei den Schleusen zu Charenton (Textfig. 129 u. 130) und Geestemünde (T. IX, F. 10—18). Die Schlagsäulen sind in ihrer ganzen Höhe mit einer hölzernen, festen Leiste versehen, welche sowohl die Dichtung herstellen, als auch den Stemmdruck übertragen soll. Desgleichen wird die Dichtung am Drempele durch eine Holzleiste bewirkt. Bei älteren Thoren ist die Wendesäule aus Eisen hergestellt, hat eine cylindrische Form und wird in den steinernen Hohlzylinder der Wendensche mühsam eingepaßt, bis sie von oben bis unten bei geschlossenem Thore möglichst zum Anliegen gebracht ist. Die Dichtung an der Wendesäule geschieht gleichfalls durch eine feste Holzleiste, die unten an die Drempele dichtungslaste anschließt. In dieser Weise sind u. a. die Thore der Schleusen zu Hameln und Geestemünde (T. IX, F. 1—6 bezw. F. 10—19) ausgeführt.

Da das Einpassen der Wendesäule in die Wendensche sehr zeitraubend und kostspielig war, suchte man diese Übelstände dadurch zu vermeiden, daß man nicht Eisen direkt auf Stein stemmen ließ, sondern die Wendesäule in ihrer ganzen Höhe außer mit der hölzernen Dichtungslaste auch noch mit einer hölzernen Stemmleiste versah, welche sich den Ungleichheiten der steinernen Wendensche leichter anpassen ließ. In dieser Weise ist das Thor der Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals (T. IX, F. 7—9) ausgeführt, auch die Fluthore der Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals (T. XI, F. 14—17).

Bei Seeschleusen werden diese Holzleisten durch den Bohrwurm unter Umständen schnell zerstört, sodaß es wünschenswert ist, das ganze Thor samt Dichtungs- und Stemmleisten aus Eisen herzustellen. Eine derartige Ausführung wurde für die zweite Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven geplant⁵³⁾, aber in Bezug auf die eiserne Stemmleiste an der Wendesäule an der damals maßgebenden Stelle der Kaiserlichen Marine nicht genehmigt, sodaß die ganze Wendesäule zum Stemmen gebracht werden mußte.

Noch einen Schritt weiter ging man bei den Thoren der Schleuse zu Charenton, indem man den ganzen Stemmdruck nur an vier Punkten der Wendesäule durch besondere Gußstücke übertrug, die sich mit verhältnismäßig kleinen Flächen gegen andere Gußkörper stemmen, welche in die nicht mehr cylindrische Wendensche eingelassen sind. Dadurch ist das Einpassen des Thores sehr erleichtert.

Sämtliche bisher angeführten Konstruktionen zeigen aber noch geringe Entfernungen der einzelnen Riegel voneinander namentlich unterhalb des Unterwasserspiegels,

⁵³⁾ Vergl. E. Rechter und H. Arnold. Der Bau der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1891, S. 352.

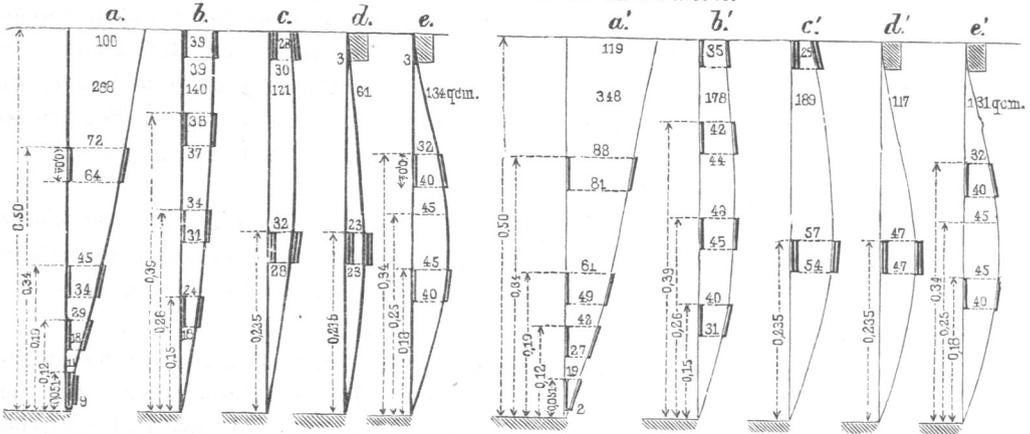
wodurch für die mit doppelter Haut versehenen Thore das Nachsehen der einzelnen Abteilungen sehr beschwerlich wird.

Die vier Stemmlager des Thores zu Charenton sind übrigens nicht an den Enden einzelner Riegel angebracht, sondern entsprechend der Verteilung des Gesamtwasserdruckes über das ganze Thor geordnet, sodafs also der Wendesäule die Aufgabe zufällt, den Druck einer Anzahl von Riegeln auf ein Stemmlager überzuführen.

Zu einer klareren Anordnung des Thorgerippes gelangte Guillemain durch Versuche, die er in folgender Weise anstellte.

Ein 0,5 m hoher und ebenso breiter, rechteckiger Holzrahmen, dessen obere Seite fehlte, überzogen mit einer doppelten dünnen Gummihaut, diente als senkrechter Verschluss eines mit Wasser gefüllten Kastens. Zwischen beide Gummihäute waren dünne vertikale Brettchen dicht nebeneinander gestellt, welche die senkrechte Bekleidung des Thores vertraten, während außerhalb des Wassers horizontale Stäbchen die Riegel bildeten. Die Durchbiegungen sämtlicher Teile des Modellthores wurden an genügenden Punkten durch verschiebbare Stäbe gemessen.

Fig. 106. Vertikalschnitte des Modellthores.



In der Fig. 106 sind die Lagen der lotrechten Brettchen, unbelastet und dem Wasserdruck ausgesetzt, enthalten. Aus dem Flächeninhalt der zwischen je zwei Linien (der senkrechten Geraden und der rechts davon befindlichen Kurve) und der oberen Horizontalen liegenden Figur war das Gesamtergebnis der Verbiegung bequem zu bestimmen. Dabei ist anzunehmen, dafs die Verbiegung des Thores und der von ihm zu leistende Widerstand in demselben Sinne sich verändern, ferner dafs das Thor dort am meisten Stärke bedarf, wo seine Durchbiegung am grössten ist.

Die Versuche wurden mit senkrechten Stäben von zwei verschiedenen Dicken (5 mm und 2,5 mm) gemacht und in beiden Fällen fünf verschiedene, mit a. b. c. d. e. bzw. a'. b'. u. s. w. bezeichnete Verteilungen der horizontalen Riegel vorgenommen. Dabei ergab sich zunächst für den ersten Fall:

- a. Dafs die grösste Verbiegung eintrat, wenn die Riegel im umgekehrten Verhältnis zum Wasserdruck verteilt wurden;
- b. dafs die gleichmässige Verteilung der Riegel eine wesentlich kleinere Verbiegung bewirkte;
- c. dafs bei Vereinigung je zweier Riegel in der Mitte und oben die Verbiegung noch abnahm;
- d. dafs bei Anwendung eines unbiegsamen Riegels an der oberen Kante und sonst gleicher Anordnung wie bei c. die Verbiegung am kleinsten und viermal kleiner wurde als im Falle a.;
- e. dafs bei Verteilung der beiden in der Mitte vereinigten Riegel auf ein und zwei Drittel der Höhe die Durchbiegung wieder zunahm,

und endlich, dafs die Ergebnisse nur wenig abgeschwächt werden, wenn die vertikalen Stäbe schwächer sind, wie aus der Fig. 106 a'.—e'. zu ersehen. Daraus folgt, dafs ein in vertikaler Richtung steifes Thor sich am wenigsten unter dem Wasserdrucke verbiegt, wenn der Widerstand in der oberen Kante und etwas unter der halben Höhe am grössten gemacht wird.

Auf Grund dieser Versuche sind die Thore der Schleuse zu Ablon⁵⁴⁾ (T. VIII, F. 13—15) konstruiert, worüber in § 19 das Nähere angeführt ist.

⁵⁴⁾ Les portes de l'écluse d'Ablon. Ann. des ponts et chaussées 1882.

Bei den Thoren der Schleuse zu Ablon findet man demnach nur noch drei Riegel und jeder Riegel endigt an der Wendesäule in einem gußeisernen Stemmlager, welches sich wie beim Thore zu Charenton gegen einen in die Wendenische eingelassenen gegossenen Stemmkörper stützt, wenn das Thor geschlossen ist.

Außer dem Fortschritte, welchen die klarere Beanspruchung bedingt, zeigt dies Thor noch eine andere theoretisch richtige Anordnung, deren Notwendigkeit für große eiserne Thore nicht aus den obigen Versuchen, sondern aus den Beobachtungen von M. Galliot⁵⁵⁾ zu folgern ist. Diese Anordnung besteht darin, daß das Thor unten nicht stemmt; sie ist in Ablon übrigens nur getroffen, um der Kette für die Schleppschiffahrt Platz zu machen, und nicht auf Grund theoretischer Erwägungen.

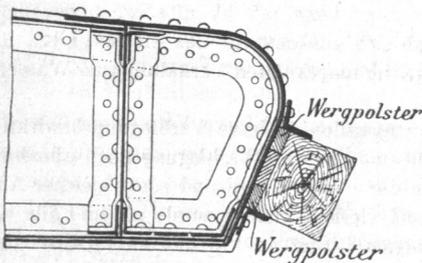
Die erwähnten Beobachtungen von Galliot an verschiedenen eisernen Thoren französischer Schleusen haben nun ergeben, daß sich die obersten Riegel derselben teilweise nach dem Oberwasser zu durchbogen. Dies kommt, wie in § 16 nachgewiesen ist, daher, daß die Thore infolge ihrer Verkürzung durch Abnahme der Temperatur oder aus einem anderen Grunde unten an den Schlagsäulen nicht mehr gegeneinander stemmten, sondern nur am Drempeel anlagen. Diese Längenänderung der Thore wird desto merkbarer, je größer das Thor ist und kann bei Flügeln von 14 m Länge, die im Sommer montiert und zum Schlusse gebracht sind, bis 7 mm betragen. Bei großen eisernen Schleusenthoren hat man hierauf Rücksicht zu nehmen und die in § 16, S. 178 empfohlenen Anordnungen zu treffen.

Eine zweite Abhilfe gegen diesen Übelstand und gleichzeitig eine viel klarere Kraftübertragung bietet das Ständer- oder Pfosten-Stemmtor, welches nur einen Riegel zur Übertragung des ganzen Stemmdruckes am oberen Rande hat, unten sich aber gegen den Drempeel legt, ohne zu stemmen, vergl. § 16.

Diese Anordnung ist, soviel bekannt, bereits 1863 von Collignon vorgeschlagen, damals aber höheren Ortes verworfen. Erst in den siebziger Jahren wurde die Idee von dem Ingenieur Guillain wieder aufgenommen und bei der Schleuse zu Dünkirchen mit Erfolg zur Ausführung gebracht.

Nach demselben Grundsatz sind dann die neuen eisernen Thore der Schleuse in Havre gebaut⁵⁶⁾, sowie die Sperrthore und die Ebbethore der Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals. Die Thore in Havre zeigen aber merkwürdigerweise auch unten einen

Fig. 107.



sehr starken Riegel, trotzdem in der angeführten Quelle ausdrücklich gesagt ist, daß dieser nur dazu dienen soll, die senkrechten Ständer kräftig miteinander zu verbinden, und trotzdem derselbe nicht, wie der obere an der Schlagsäule einen Stemmkörper von Gußstahl hat; die hölzerne, an der Schlagsäule befindliche Dichtungsleiste läuft über ihn hinweg. Wegen der geringen Festigkeit des Holzes im Vergleich zu der des Gußstahls wird der Druck, welcher auf den unteren Riegel kommen kann, nur gering werden. Will man denselben noch mehr vermindern, so muß man zwischen die Dichtungsleiste und die Schlagsäule elastische Körper

⁵⁵⁾ Ann. des ponts et chaussées 1887, I, S. 724 und L. Brennecke. Die Entwicklung der Schleusenthore in der Neuzeit. Deutsche Bauz. 1891, S. 446.

⁵⁶⁾ Mémoire sur les nouvelles portes en tôle de l'écluse des transatlantiques. Ann. des ponts et chaussées 1887, I, S. 411.

— am einfachsten ein Wergpolster (Fig. 107) — einlegen, welche noch weniger Druck zu übertragen vermögen als die Holzleiste. Eine solche Anordnung beabsichtigte Verfasser für die Sperr- und Ebbethore der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals; dieselbe ist jedoch nicht ausgeführt worden.

Die vorhin erwähnten Stemmkörper von Gufsstahl für den oberen Riegel an der Schlagsäule sind in Havre an den Berührungsflächen eben bearbeitet. Da nun wegen der unter dem Einflusse der Temperatur wechselnden Länge der Riegel die Ebenen der beiden Stemmkörper nur ausnahmsweise, d. h. bei einer bestimmten Temperatur, sich gleichmäfsig in ganzer Ausdehnung berühren können (vergl. § 16, S. 179), so ist dadurch die Richtung des Stemmdruckes im Riegel eine wechselnde. Diesen Übelstand hat Verfasser bei den Sperrthoren der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals durch einen universal-gelenkartigen Lagerkörper zu vermeiden gesucht, vergl. § 19. Die betreffenden Ebbethore sowohl, als auch die Sperrthore zeigen den Thoren von Havre gegenüber den Fortschritt, dafs der unnötig starke untere Riegel fehlt.

Da bei den Ständerthoren nur der obere Riegel Stemmdruck auf das Mauerwerk der Wendensische übertragen soll, so ist auch nur das Ende dieses Riegels an der Wendensäule bei geschlossenem Thore in gleichmäfsige Berührung mit dem Mauerwerk der Nische zu bringen. Höchstens wird man noch zur Sicherung des Zapfens gegen starken Seitendruck, welcher eintreten könnte, wenn sich beim Schliesen ein fester Körper unten zwischen die Schlagsäulen klemmte, auch unten an der Wendensäule eine Stemfläche anordnen. Immerhin hat man beim Montieren nur diese beiden Stellen einzupassen, wodurch dieses gegenüber demjenigen der Riegelthore erheblich erleichtert wird.

Noch bequemer kann man das Aufstellen der Thore dadurch gestalten, dafs man die ganze Wendensäule in der Werkstätte fertigt, die cylinderförmigen Stemmkörper an derselben befestigt, abdreht und ebenfalls durch Abdrehen nach gleichem Halbmesser genau passende cylinderförmige Hohlkörper aus Gufsstahl herstellt, welche mit angegossenen Rippen in die Stemsteine der Wendensische eingelassen und mit Cement hintergossen werden, nachdem die Wendensäule genau senkrecht aufgestellt ist. Derartig hergestellte stählerne Lagerschalen braucht man dann nicht excentrisch zur Wendensäulenaxe in der Nische zu befestigen, sondern man kann sie wie die Lager einer stehenden Welle behandeln, sodafs sie auch beim Drehen des Thores stets mit den Lagerteilen am Thore in Berührung bleiben. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dafs ein Einklemmen von Gegenständen zwischen die Lagerkörper ausgeschlossen ist.

Entwicklung der gekrümmten Stemnthore. Während die Stemnthore, deren Haut eine gerade oder nur wenig gekrümmte Fläche bildet, den Sprengwerken des Hochbaues und des Brückenbaues entsprechen, haben die Thore, bei welchen die Häute beider Flügel eine zusammenhängende Cylinderfläche bilden, Verwandtschaft mit einem Stichbogen.

Die Darstellungen auf T. V, F. 12; T. VII, F. 15 u. 19, sowie T. IX, F. 10 bis 19 zeigen, dafs, wie bereits in § 15 erwähnt wurde, derartige Thore namentlich aus Eisen angefertigt sind.

Dieselben Gründe, welche bei den geraden Stemnthoren den Übergang vom Holze zum Eisen veranlafsten, sind in noch höherem Mafse bei der Bogenform mafsgebend gewesen. Es ist aber die Bogenform bei den eisernen Thoren nicht viel in Gebrauch gekommen, trotz der theoretisch sehr bedeutenden und auch praktisch noch immer in beachtenswertem Mafse erreichbaren Materialersparnis gegenüber den geraden Thoren. Ein Hindernis bildete die unbequeme Gestaltung des Drempels, die grofse Tiefe der

Thornischen und die ungünstige Lage des Schwerpunktes des Thores auferhalb des Thorkörpers selbst. Neuerdings sind aber beim Oder-Spree-Kanale Thore mit kontinuierlich gekrümmter Außenhaut zur Anwendung gekommen, welche einen beachtenswerten Fortschritt zeigen (T. X, F. 4—19). Bei denselben ist ein so großer Krümmungshalbmesser angewendet, daß die Begrenzung des unteren Rahmens am Drempeel und damit dieser selbst gerade genommen werden konnte. Dazu ist die Haut dieses Thores aus gekrümmtem Wellblech hergestellt, sodaß sie an und für sich eine sehr große Steifigkeit erhält und keiner besonderen Aussteifungen bedarf. Dadurch wird trotz des großen Krümmungshalbmessers ein sehr geringes Gewicht des Thores erzielt. Die nähere Beschreibung dieser Thore folgt in § 19.

Auch bei den Thoren mit gleichmäßig gekrümmter Außenhaut ist es für eine rechnungsmäßige Beanspruchung notwendig, daß die Schlagsäulen auf ihrer ganzen Höhe wirklich stemmen. Es empfiehlt sich also auch hier, auf das Stützen am Drempeel zu verzichten und bewegliche Dichtungen anzuwenden. Es ist nun allerdings richtig, daß bisher aus dem Anliegen von Bogen- und Riegelstemma-Thoren am Drempeel und der dadurch erfolgten Behinderung des Stemmens der Schlagsäulen unmittelbare Zerstörungen von Thorflügeln noch nicht beobachtet sind und mögen infolge dessen auch die beweglichen Dichtungsleisten manchem Praktiker überflüssig erscheinen. Aber die oben mitgetheilten Beobachtungen von Galliot lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, daß das Anliegen am Drempeel ohne ein Stemmen für die Thore nachtheilig werden muß und möglichst zu vermeiden ist.

Vergleich der einflügeligen Thore und verwandter Arten mit den Stemma-Thoren. Die beregten konstruktiven und theoretischen Unbequemlichkeiten haben es zuwege gebracht, daß man in neuerer Zeit sich mehr von den Stemma-Thoren ab und wieder den einflügeligen Thoren zugewandt hat, sei es in der Gestalt von Drehthoren oder von Klappthoren, Schiebethoren und Schwimmpontons.

Namentlich Schiebethore sind für Seeschleusen neben Schwimmpontons vielfach ausgeführt und für die Schleusen großer Schifffahrtskanäle, wie den Panama- und Nicaragua-Kanal, in Aussicht genommen worden.

Bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft ist für Schleusenweiten, wie sie unsere größten Schiffe zur Zeit verlangen, die Wahl von Konstruktionen, welche mit einem einzigen Körper die Öffnung überdecken, auch in sehr vielen Fällen berechtigt, wie in § 15 nachgewiesen. Ob dies indessen auch für alle Zukunft bei den größten Schleusen der Fall bleiben wird, ist eine andere Frage. Sollten unsere Seeschiffe in denselben Verhältnissen weiter wachsen, wie in den letzten Jahrzehnten, so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß sie dereinst Schleusen von 50 m Weite und mehr erfordern. Dann aber würde voraussichtlich die Materialersparnis, welche die nur etwas über halb so langen beiden Stemma-Thore gegenüber einem einflügeligen Thorkörper ermöglichen, so sehr ins Gewicht fallen, daß die letzteren sich wieder eine Einschränkung ihrer Verwendung gefallen lassen müßten. Da bei so bedeutenden Weiten die Länge l eines Stemma-Thorflügels wohl noch häufiger als gegenwärtig größer als seine Höhe sein wird, so würde das Ständerstemma-Thor in weiterer Zukunft das Riegelstemma-Thor immer mehr verdrängen müssen, vergl. § 16.

Wir dürfen aber auch hoffen, daß in weiterer Zukunft unsere theoretische Kenntnis weit genug entwickelt und das Verständnis für Eisenkonstruktionen so verallgemeinert werden wird, daß es keinerlei Schwierigkeiten mehr bietet, auch Stemma-Thore auszuführen, welche theoretisch richtig beansprucht werden.

Einen Nachteil werden die doppelflügeligen Stemmtore den einflügeligen gegenüber allerdings immer dann besitzen, wenn ihre Bewegung durch Maschinenkraft erfolgen muß, nämlich den, daß sie eine grössere Anzahl Bewegungsrichtungen nötig machen und infolge dessen entsprechend leichter Betriebsstörungen erwarten lassen. Da indessen in nicht zu langer Zeit der elektrische Betrieb den hydraulischen bei den Schleusen verdrängt haben dürfte, so hat man dann wenigstens nicht mehr nötig, unbequeme und kostspielige Kanäle und Tunnels für die Kraftleitungen herzustellen.

Wenn somit für große Schleusenthore das Eisen das zweckmässigste Material ist und voraussichtlich auch wohl bleiben wird, so wird für kleine Schleusen das Holz nach wie vor der am meisten zu empfehlende Baustoff bleiben und wegen dieses Stoffes auch das Stemmtor mit Handbetrieb die bequemste Form.

§ 18. Konstruktion der hölzernen Stemmtore. Unter Bezugnahme auf die Paragraphen 15 bis 17 sind nunmehr die Konstruktionen der hölzernen Stemmtore zu beschreiben. Dabei müssen Anordnungen, welche entweder ganz allgemein oder wenigstens mit Rücksicht auf die vorteilhaftere Anwendung einer Eisenkonstruktion als unzweckmässig gelten können, nur kurz behandelt werden.

Fig. 108 bis 112. Flügel des Flutthores der Schleuse bei Papenburg. M. 0,01.

Fig. 108. Ansicht der Binnenseite.

Fig. 109. Schnitt A B.

Fig. 110. Ansicht der Aussen- oder Außenseite.

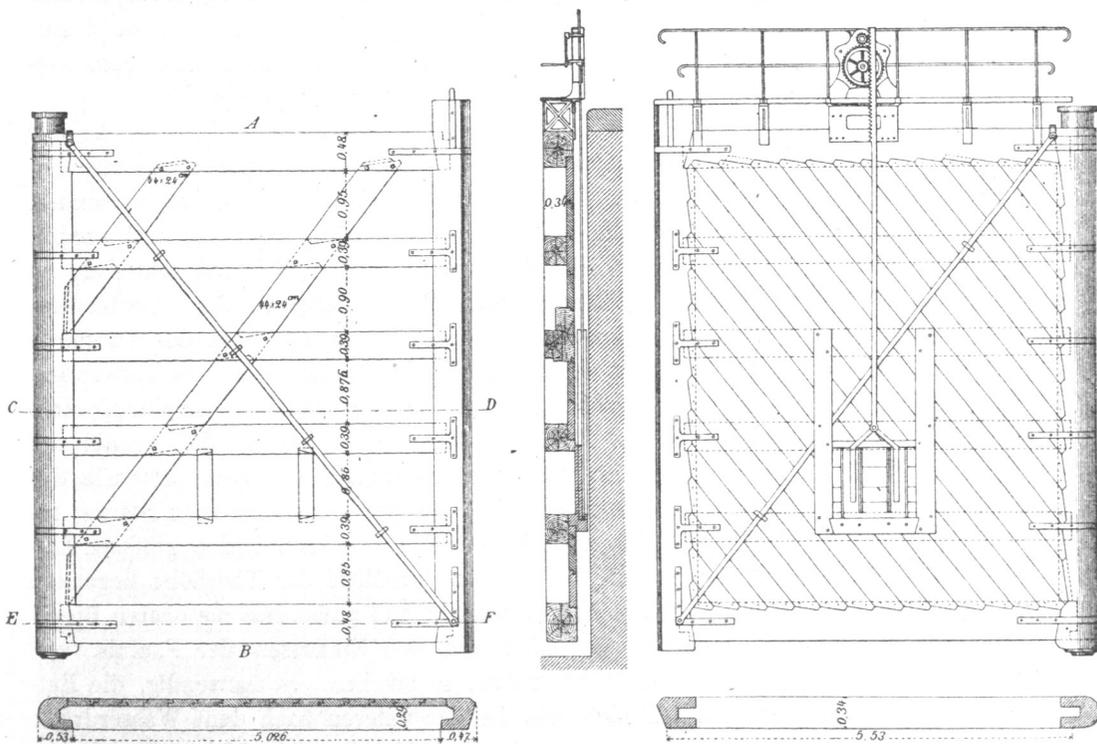


Fig. 111. Schnitt C D.

Fig. 112. Schnitt E F.

In den Figuren 108—112 und 120—124 sind verschiedene Beispiele einfacher und zweckmässiger Holzkonstruktionen gegeben. Es darf hier, wie bereits in § 15 ausgeführt ist, nochmals daran erinnert werden, daß die Konstruktion eines Holzthores stets möglichst einfach in allen Verbindungsteilen gehalten werden muß, wenn das Thor

eine recht lange Dauer haben soll. Je künstlicher die Verbindungen z. B. der Verzapfungen der Riegel u. s. w. sind, desto eher wird das einem Wechsel von Nässe und Trockenheit, von Anspannung und Ruhe und zufälligen anderen Angriffen ausgesetzte Thor eine Abnutzung durch Faulen und Zerreiben der Verbindungsteile erleiden. Dazu kommt, daß man — in Deutschland wenigstens — gezwungen ist, fast ausschliesslich Eichenholz, als das in größeren Massen zu beschaffende härteste und dauerhafteste Holz, zu verwenden, daß aber gerade das Eichenholz wenig geradfaserig gewachsen zu sein pflegt und daher im großen wie im kleinen leicht überspänig geschnitten wird. Also auch aus diesem Grunde ist unbedingt von allen dünnen und schwachen Zapfen, namentlich auch den früher sehr üblichen sogenannten Schlitzzapfen abzuraten. Die geschlitzten, aus zwei gleichen Blättern bestehenden Zapfen haben gegen den einfachen etwa doppelt so dicken Zapfen noch den großen Nachteil, daß zwar der Zapfen selbst genau gearbeitet werden kann, daß aber die schmalen und dabei etwa drei- bis viermal so tiefen Zapfenlöcher kaum mit Sicherheit genau der Dicke des Zapfens entsprechend ausgestemmt werden können. Sie werden fast stets nach dem Grunde des Loches hin etwas weiter und geben dadurch sowohl zur rascheren Fäulnis als zu baldigen Bewegungen Anlaß.

Man mache daher, wie es z. B. durchweg bei der Papenburger Schleuse geschehen ist, die Zapfenlöcher einfach, kräftig und kurz, allenfalls mit einem sogenannten Brustzapfen, und um ein Aufspalten der Hölzer, insbesondere der auf Biegung beanspruchten Riegel an der Basis des Zapfens zu vermeiden, etwas keilförmig, wenn man nicht gar, wie bei der Schleuse des Kanals von St. Quentin (Fig. 121) die Zapfen fast ganz vermeidet und dafür Verbindungen mit eisernen Knieen oder Knaggen vorzieht.

Außer der Verwendung des besten Holzes ist auch tadellose Arbeit eine Grundbedingung für die Haltbarkeit des Thores. Um die Hölzer mit derselben Genauigkeit, wie sie z. B. bei Tischlerarbeiten gefordert wird, zu verbinden, müssen dieselben abweichend von sonstigen Zimmerarbeiten völlig glatt behobelt werden. Nur dadurch ist ein genaues Abmessen und Zusammenfügen großer und schwerer, ein fast unbewegliches Ganzes bildender Hölzer möglich. Der Arbeitspreis für ein Schleusenthor pflegt daher in der Regel den sonstiger Zimmerarbeiten etwa um das Fünffache zu übertreffen. Um so notwendiger ist es daher, nur die besten Hölzer zu verwenden.

Riegel. Es möge nun die Beschreibung der gewöhnlichen Konstruktion eines Holzthores mit Bezug auf Fig. 108—112 u. a. folgen. Zunächst ist die Anzahl der Riegel gemäß § 16 ermittelt. Dabei ist zwar die Entfernung derselben unterhalb des Binnenwassers als am kleinsten angenommen oder aus der angenommenen Stärke berechnet, und es würden die oberen Riegel nach oben hin zunehmend eine größere Entfernung erhalten können. Indem jedoch die etwa in der Mitte der Thorhöhe liegenden Riegel gewöhnlich mit der Strebe überschritten werden und außerdem die oberen Riegel weit mehr als die stets unter Wasser liegenden von den Einflüssen der Fäulnis, von Stößen durch Schiffe, Eis u. s. w. zu leiden haben, so erscheint es notwendig, die Entfernung der oberen Riegel nicht lediglich wie die der unteren nach dem Wasserdruck zu bestimmen, sie also jenen Angriffen entsprechend verhältnismäßig kleiner zu nehmen. Es ist aber auch zu beachten, daß durch die Bohlen ein erheblicher Teil des Wasserdrucks auf den Untertramen (oder, falls größere Schützöffnungen vorhanden sind, auf den untersten Riegel) übertragen wird. Hieraus ergibt sich, daß die berechnete Entfernung der unter dem Binnenwasser bzw. dem Unterwasser liegenden Riegel unbedingt vergrößert werden kann, und für alle Thore mit starker Bohlenbekleidung ist

das Gesamtergebnis eine von einer gleichmäßigen nicht weit abweichende Verteilung der Riegel. Mitunter wird die Verteilung sogar ganz gleichmäßig gemacht. Bei Thoren mit großen Schützöffnungen bedarf der unterste Riegel selbstverständlich einer durch Rechnung zu ermittelnden Verstärkung.

Mit Rücksicht auf die Biegung der Riegel durch den auf sie wirkenden Wasserdruck würde es jedenfalls für sie allein günstiger sein, wenn ihre Breite größer als ihre Höhe wäre. Da indessen bei geraden Thoren zur Riegelbreite noch die Bohlendicke hinzukommt, um die Dicke von Wendesäule, Schlagsäule und Rahmhölzern zu geben, und diese Hölzer durch übermäßige Breite leicht sehr dick und teuer werden, so scheint es in vielen Fällen vorteilhafter, die Riegel quadratisch oder gar hochkantig zu nehmen. Denn jene Hölzer müssen schon wegen der Verzapfungen, der Beschläge, der Abrundung und Abschrägung an Wende- und Schlagsäule eine größere Breite als Dicke erhalten. Man kann freilich eine übermäßige Dicke dieser teureren Hölzer dadurch vermeiden, daß man nach Fig. 113 die Riegel nach ihren Enden hin verjüngt. Dies läßt sich jedoch wegen der Anbringung der auf der oberen Seite liegenden Bekleidungsbohlen in der Regel nur auf der unteren Seite des Thores thun. Daß übrigens diese Anordnung für die Anbringung eines Zugbandes, der Beschläge u. s. w. manche Nachteile hat, wird sich bei deren Beschreibung ergeben.

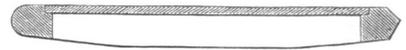


Fig. 113.

Streben und Bebohlung. Sind nun nach vorstehenden praktischen und den im § 16 gegebenen theoretischen Erwägungen die Abmessungen der Haupthölzer des Thorgerippes bestimmt, so erübrigt noch die Stärke und Lage der Streben und der Bohlen festzustellen. Die Strebe darf, um wirksam zu sein, nicht viel steiler als unter 30 Grad zu der Wendesäule stehen, zudem kann bei einem starken Oberrahmholz die freitragende Länge desselben bis zur Schlagsäule als hinreichend sicher gegen Verbiegung angesehen werden. Der Strebe eine große Dicke zu geben hat keinen Wert, weil sie um so stärker mit den Riegeln überschnitten werden müßte und dies für die Riegel sehr nachteilig sein würde. Man nimmt sie deshalb höchstens doppelt so dick als die Bohlen und schneidet aus Strebe und Riegel je gleichviel aus. Die Strebe erhält oben und unten einen Versatz und außerdem kurze Zapfen. Die Versätze sind bei den Riegeln in geringem Maße zu wiederholen. Die Breite der Strebe muß recht groß genommen werden, weil sie ohnehin nicht viel wirksamen Querschnitt behält. Bei breiten Thoren werden zur Vermehrung der Wirkung wohl zwei Streben nebeneinander angebracht (Fig. 108) oder man sucht durch zwischengesetzte Stücke die Dicke der Strebe zu vermehren, s. Fig. 114 u. 115. Es wird dabei den einzelnen Stücken außer dem Versatz noch eine etwas schräge Stützfläche gegen die Riegel gegeben, um durch Anziehen der die beiden Strebenhälften verbindenden Schraubbolzen eine um so kräftigere Wirkung der einzelnen Stücke zu erzielen und dauernd erhalten zu können. Diese Anordnung kann jedoch schon wegen der vielen Bolzenlöcher und Verbindungen nicht empfohlen werden. Man darf auch den Bohlen namentlich, wenn sie wie üblich in gleicher Richtung mit der Strebe aufgebracht werden, und dem später zu erwähnenden Zugbande wohl zutrauen, daß sie die Strebe genügend unterstützen, um eine Versackung des Thorflügels zu verhindern.

Fig. 114.
Horizontal-
schnitt.

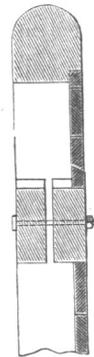
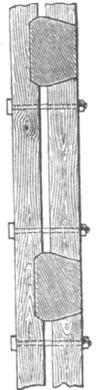
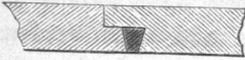


Fig. 115.
Schnitt durch
die Streben.



Die nebst der Strebe mit ihren Aufsenflächen bündig mit den Aufsenflächen der Umfangshölzer liegenden Bohlen erhalten an ihren Enden, wie die Strebe, einen Versatz in den Umfangshölzern und müssen thunlichst dichtschiefsend aufgebracht werden, um nicht allein dicht zu halten, sondern um auch an dem gegenseitigen Stemmen der beiden Thorflügel zur Entlastung der Riegel teilzunehmen. Sie müssen mindestens so dick sein, daß sie bei ihrer schrägen Lage den größten Wasserdruck ertragen können,

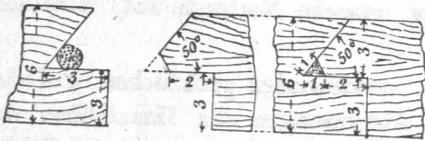
Fig. 116.



wobei eine Mehrstärke die Durchbiegung der Riegel etwas vermindert. Die Bohlen müssen aber auch für die Dichtigkeit, sowie mit Rücksicht auf Faulen u. s. w. eine gewisse Dicke von mindestens 5 cm erhalten, während sie selbst bei dem stärksten Wasserdruck wohl nie mehr als etwa 7 bis 8 cm stark zu sein brauchen. Um die Dichtigkeit zu erhöhen und dauernd erhalten zu können, kann man sie mit halbem Falz spunden und, wie Fig. 116 zeigt, mit keilförmiger Fuge kalfatern.

Um zu verhindern, daß der zum Kalfatern benutzte Werg bei starkem Zusammentrocknen der Bohlen herausfallen könne, hat Kromrey bei dem Neubau der Thore der Berliner Stadtschleuse die in Fig. 117 dargestellte, etwas abweichende Kalfaterung angewendet.⁵⁷⁾ Die 6 cm starken Bekleidungsbohlen wurden, wie die Figur zeigt, unter einem Winkel von etwa 50° bis zur halben Bohlenstärke mit Spund und Nut zugerichtet. In die Nut wurde ein etwa 2 cm starker Strang von Dichtungswerg, nachdem die Nut gehörig mit heißem Teer gestrichen war, eingelegt. Der Spund der nächsten Bohle, genau in die Nut passend, wurde auf 1 cm abgefast, sodafs beim Zusammentreiben der Bohlen ein dreiseitig-prismatischer Zwischenraum blieb, der von dem zusammengepreßten Strange Dichtungswerg ausgefüllt wurde. Der Vorteil der in beschriebener Weise

Fig. 117.



ausgeführten Bekleidung soll darin bestehen, daß dieselbe vollkommen wasserdicht ist und es auch bleibt, selbst wenn die einzelnen Bohlen zusammentrocknen. Der Dichtungswerg kann nämlich nicht herausquellen, und die Unreinlichkeiten, welche sich im Wasser vorfinden, setzen sich in demselben fest, wodurch die Dichthaltung der Bekleidung dauernd gefördert wird.

Die Bohlen werden sowohl an ihren Enden, als auch auf jedem von ihnen gekreuzten Riegel aufgenagelt, oder an den Enden mit Holzschrauben befestigt, um das Abspalten der Umfangshölzer zu vermeiden.

Umfangshölzer. Aus der notwendigen Dicke der Riegel an ihren Enden und der Dicke der Bohlen ergibt sich, wie mehrfach erwähnt worden, die Dicke der Umfangshölzer, welche zweckmäßigerweise für alle gleich genommen wird. Es kommt zwar vor, daß die Schlagsäule dünner als die Wendesäule gemacht wird, doch hat dieses bei der gleichen Anstrengung der Riegel an beiden Enden wenig Sinn, weil alsdann auch diese Enden verschieden dick sein müßten. Es ist ferner bereits erwähnt, daß die Umfangshölzer wegen der verschiedenen Zapfen u. s. w. breiter als dick zu nehmen seien und mag dafür im allgemeinen ein Verhältnis wie 5:4, bei der Wendesäule besser wie 5½ bis 6:4 gelten. Die Verbindung zwischen den Rahmhölzern mit der Wendesäule und Schlagsäule erfolgt mit Rücksicht auf die Wirkung der Strebe und des Zugbandes, sowie der sonstigen Eisenbeschläge am besten so, wie die Figuren 110 und 112 zeigen, also mit Versatz und geeckelten Zapfen, wobei aber die Versätze der Thorfläche zugekehrt sein müssen. Die Tiefe der Versätze beträgt etwa 1/5 bis 1/6 der Breite der Umfangshölzer.

Die Schlagsäulen müssen etwas länger sein als das Thor hoch ist. Auch bei der Wendesäule ist dies oben zur Sicherung der Verzapfung zu empfehlen, unter Umständen

⁵⁷⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 179.

des Halszapfens wegen sogar nötig (s. § 20), während unten keine Mehrlänge erforderlich ist, diese im Gegenteile nur die Konstruktion der Pfanne und des Schuhs erschweren würde. Die Schlagsäule wird dagegen an beiden Enden eine gewisse Verlängerung besitzen müssen, weil sonst die Verbindung mit den Rahmstücken mangelhaft ausfallen würde, wenn man nicht etwa auch hier einen eisernen Schuh anbrächte. Die Verlängerung am oberen Ende dient mitunter auch zur Befestigung der Bewegungsvorrichtung.

Endlich sind die Schlagsäulen noch, wie die verschiedenen Beispiele zeigen, nach der oberen oder Aufsenseite des Thores hin an den beiderseitigen Berührungsflächen auf etwa $\frac{1}{4}$ der ganzen Dicke abzuschragen, damit nicht etwa bei heftigem Zusammenschlagen der beiden Flügel hier ein Abspringen der spitzwinkeligen Kante erfolge. Dafs dieses bei Fig. 122 unterlassen wurde, ist keineswegs zu billigen. Über die Anbringung von Thorschützen siehe § 23.

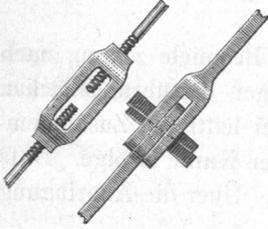
Beschläge und Zugstangen. Die Eisenbeschläge des Thores, als Bügel, Schienen u. s. w. dienen nebst den Zugstangen dazu, die nur einen geringen Zusammenhalt des ganzen Flügels gewährenden Holzverbindungen zu verstärken. Ohne sie würden die letzteren nicht im stande sein, das Versacken und Auseinanderfallen des Thores zu verhindern. Die Riegelzapfen z. B. dienen nur dazu, die Riegel bei ihrer Biegung an den Enden festzuhalten, im übrigen halten nur die Nägel in den Bekleidungsbohlen das Ganze, aber ungenügend, zusammen.

Gegen jene Versackung haben nun besonders die Zugstangen zu wirken. Ihre Berechnung erfolgt nach § 16 mit reichlicher Sicherheit, wenn man den ganzen Thorflügel sich denkt, als ob er von der Wendesäule absacken wollte. Die dabei berechnete Stärke wird selbst bei großen Thoren für die Stangen noch sehr mäfsige Abmessungen ergeben. Es würde nun theoretisch das Richtige sein, die Zugstange in die Schwererebene des Thorflügels zu legen. Hierzu ist aber eine schräge Durchbohrung aller Riegel, ausserdem eine unbequeme Verbindung oben und unten erforderlich. Es ist daher diese zuweilen gebrauchte Anordnung nicht zu empfehlen, schon allein wegen der in den Bohrlöchern der Riegel sich einschleichenden Fäulnis. Die Zugstange nur auf eine Seite zu legen, ist unkonstruktiv, weil an den Befestigungsstellen die Zugkräfte mit etwa der halben Thordicke gleichen Hebelarmen auf Verbiegung der Bolzen wirken. Es bleibt daher die zweckmäfsigste Lösung, dafs die Zugstange doppelt und zu beiden Seiten des Thores angebracht wird, sodafs die Schwererebene des Thores zwischen beiden liegt. Die Verbindung an der Wendesäule mufs möglichst hoch liegen und ist nach Fig. 149, § 20 durch zwei sich rechtwinkelig kreuzende Bügel geschehen, die jede Bewegung des Aufhängepunktes ausschliessen. Ist der obere Thorzapfen aus einer gusseisernen Haube gebildet, so kann die Aufhängung hieran geschehen. Der untere Punkt mufs an der Schlagsäule durch Vermittelung eines anderen Beschlagteils befestigt sein, damit ein Spalten der Schlagsäule vermieden wird. Verwerflich ist es, die Zugstange oben ohne weiteres nur mit der Wendesäule zu verbolzen, weil dadurch das Spalten der letzteren fast unvermeidlich wird. Obgleich eine runde Stange gegen Zug etwas haltbarer als eine platte sein dürfte, so ist es wegen des Vortretens vor den Thorflächen zweckmäfsiger, eine platte zu nehmen, deren Augen an den Enden unbedingt etwas stärker sein müssen als der unverarbeitete Querschnitt. Dafs die Bolzen diesem Querschnitt mindestens gleichkommen müssen, sofern sie nicht zweischnittig sind, ist selbstverständlich. Eine Befestigung der Zugstange durch Bolzen an den einzelnen Riegeln ist nicht zu empfehlen. Sie ist bei genügender Befestigung des oberen und unteren Punktes

mindestens unnütz. Dagegen ist es gut, ihre etwaige Durchbiegung durch Stöße von Schiffen mittels kleiner Krampen zu verhindern, s. Fig. 108 u. 110, S. 197.

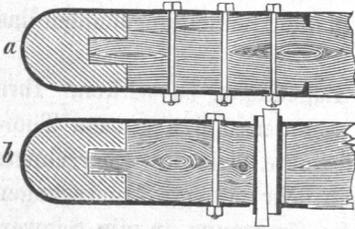
Um den Zugstangen eine angemessene Spannung zu geben, wendet man bei größeren und verhältnismäßig niedrigen Thoren ein sogenanntes Schraubenschloß oder eine Keilvorrichtung (Fig. 118) an, oder man versieht die oberen Enden der Zugstangen mit Gewinden und Muttern, wenn die Stangen durch an der oben erwähnten Haube angebrachte Büchsen hindurchtreten. Diese Vorrichtungen werden in der Regel nur beim Bau der Thore benutzt, rosten auch leicht so fest, daß sie später schwer gebraucht werden können.

Fig. 118.



Sodann sind starke eiserne Bügel zunächst um den Rücken der Wendesäule bis soweit auf die Riegel und Rahmhölzer reichend notwendig, daß mindestens zwei Bolzen durch die horizontalen Hölzer gezogen werden können. Diese zwei Bolzen müssen wieder dem Querschnitt der Bügel entsprechen. Außerdem kann man, wie bei Fig. 108, S. 197 nach Fig. 119a geschehen, den Bügeln vorn rechtwinkelig gebogene Nasen geben, die nach dem Einlassen und Auftreiben der Bügel zuerst eingeschlagen werden und durch geringe Schräge der Nasen den Bügel stark anziehen. Diese Anordnung ist einfacher als die Anbringung von Keilen durch den ganzen Riegel hindurch, Fig. 119b. Die Bügel der Rahmhölzer sind stärker als die der Riegel. Um die Schlagsäule durchweg Bügel zu legen, würde zu unbequem sein. In Fig. 108 ist nur oben ein solcher angewandt, unten dagegen mit Rücksicht auf die Zugstange eine Winkel-

Fig. 119.



schiene; für die einzelnen Riegel aber sind sogenannte Krückeisen oder T-förmige Schienen angebracht und zwar ebenfalls mit Nasen. Diese Schienen haben nicht so viel zu halten wie die Bügel an den Wendesäulen, sind indessen bei gleicher Schwere auch nicht so wirksam wie jene. Es ist fehlerhaft, in dem Riegel nur einen Bolzen, in der Schlagsäule dagegen zwei oder drei anzubringen, während augenscheinlich auf beiden Seiten der Holzfüge gleicher Widerstand gegen Trennung sein muß. Bei allen diesen Beschlagteilen ist endlich auf sparsame, aber gleichmäßige Verwendung des Materials zu sehen, sodaß nicht irgendwo ein unnützes Übermaß, vorzüglich aber keine zu schwache Stelle vorkommt. An allen Schweißstellen muß eine gewisse Verstärkung wegen etwaiger nicht zu entdeckender Arbeitsfehler gegeben werden. Der Beschlag Fig. 125, S. 204 ist bei dichtliegenden Riegeln sehr zweckmäßig, und bei guter Schmiedearbeit ist auch die in diesem Falle gewählte Form der Schienen an den Bolzenlöchern zu empfehlen, weil keine Schwächung der Schiene eintritt.

Die Beschläge werden fast stets so in das Holz eingelassen, daß sie bündig mit dessen Oberfläche liegen. Zu ihrer Befestigung sind Schraubbolzen am geeignetsten, weil am festesten anzuziehen und am leichtesten zu lösen. Die Köpfe sowie die Muttern können viereckig sein, um sie gut halten und drehen zu können, die überstehenden Schraubenden müssen genau abgearbeitet werden. Alles Eisen zu den Beschlägen muß vor der Aufbringung sorgfältig von etwaigen Roststellen gereinigt und in mäßig erwärmtem Zustande mit heißem Steinkohlenteer angestrichen werden. Das fertige Thor dagegen wird an allen Holzteilen zweimal mit gutem Holzteer gestrichen.

Abweichende Konstruktionen. Einige von der gewöhnlichen Art der Holzthore abweichende Konstruktionen mögen noch kurz besprochen werden. Auf die Befestigung der Riegel nach Fig. 121 ist bereits aufmerksam gemacht; dieselbe sucht die unvermeidlichen Nachteile der Zapfen zu umgehen. Für breite Thore und starken Wasserdruck würde jedoch statt der Anbringung zweier Knie ein Schuh für das Riegelende vorzuziehen sein, weil die Knie eine geringe Bewegung des Riegels an seinen Enden nicht verhindern können. Die Überhöhung dieses Thores ist nur zur Anbringung eines Drehbaumes geschehen. Es kommt etwas ähnliches jedoch auch dann vor, wenn ein Thor wegen des zu haltenden Wassers eine geringere Höhe zu besitzen braucht, als die Seitenwände an der betreffenden Stelle haben. Alsdann giebt man dem Gerippe des Thores die dem Mauerwerk entsprechende Höhe, läßt die Bekleidung jedoch nur bis zur notwendigen Wasserhöhe reichen.

Das in Fig. 123 u. 124 dargestellte Thor eines Unterhauptes der Schleusen des Rhein-Marne-Kanals hat zur kräftigen Verbindung der Riegel mit den beiden Säulen außer den nicht gerade zweckmässig geformten Krücieisen zwischen je zwei Riegeln einen durch die ganze Breite des Thorflügels reichenden Schraubenanker. Diese Anker liegen in der halben Dicke des Thorflügels und gehen zwischen den beiden Teilen der zweiteiligen Strebe hindurch. Bei der Schützöffnung ist die betreffende Ankerstange nicht einheitlich durchgeführt, sondern sie verbindet, aus zwei Stücken bestehend, nur die beiden Säulen mit den Schützständern. Die Zugstange ist doppelt und hat auf der Unterseite des Thores eine Unterlage von Holz, welche jedoch nur scheinbar die Riegel durchschneidet, vielmehr selbst größtenteils ausgeschnitten ist.

Für den Oder-Spree-Kanal sind Holzthore mit einer im Querschnitt rechteckigen und mit Stützwinkeln ausgestatteten Wendesäule ausgeführt. Bei dieser Anordnung umgeht man die Schwierigkeiten, welche die Beschaffung der Wendesäulen selbst für Thore von mittlerer Gröfse heutzutage hat.

Fig. 120 bis 122.

Schleusen des Kanals St. Quentin. M. 0,0125.

Fig. 120. Schnitt G H. Fig. 121. Ansicht der Unterwasserseite.

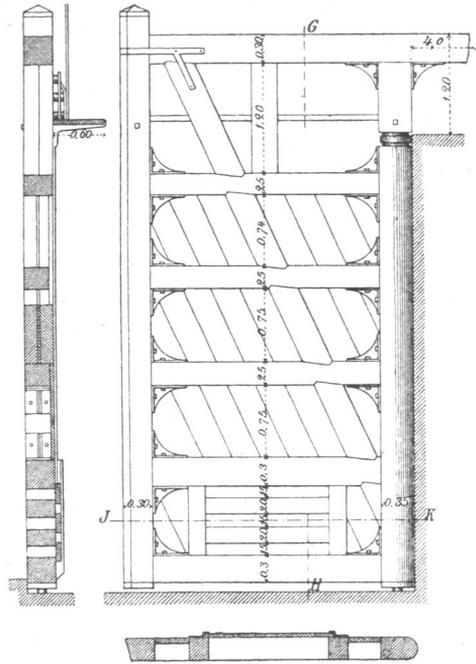
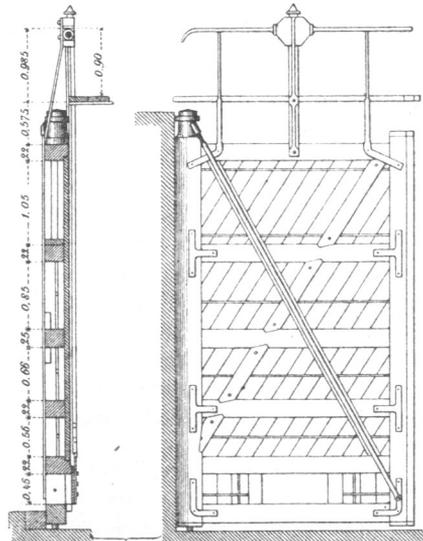


Fig. 122. Schnitt J K.

Fig. 123 u. 124.

Schleusen des Rhein-Marne-Kanals. M. 0,01.

Fig. 123. Vertikalschnitt. Fig. 124. Ansicht der Unterwasserseite.



In England findet man nicht selten Thore mit vertikaler Bebohlung, somit ohne Streben. Es ist nicht zu verkennen, daß diese Lage der Bohlen erhebliche Vorteile hat und daß zwei starke und gut befestigte Zugbänder als ein genügender Ersatz für die Streben und für die schräge Lage der Bohlen gelten können.

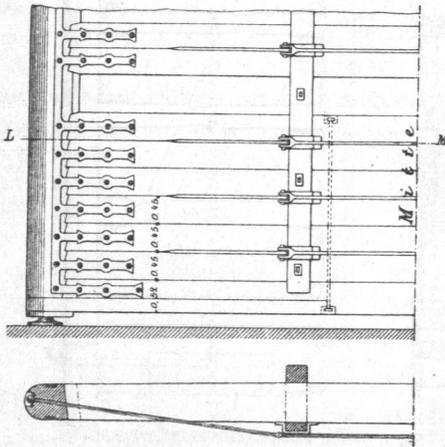
Das nur zum Teil dargestellte Thor der 21 m weiten, im Jahre 1853 erbauten Schleuse zu Great-Grimby (Fig. 125 u. 126) ist auf einer ganz anderen Grundlage konstruiert, als die bisher betrachteten Holzthore. Man hat davon abgesehen, daß sich das Thor selbst frei tragen solle, deshalb keine Ver-

Fig. 125 u. 126.

Dockschleuse zu Great-Grimby (20,5 m weit).

Unterer Teil. M. 0,008.

Ansicht der Unterwasserseite und Schnitt LM (halb).



rollen angebracht, außerdem jedoch auch ein an der unteren Seite liegendes Zugband. Trotzdem die Drempe geradlinig, sind die Thorflügel nach oben hin gekrümmt, jedoch nur um die Riegelstärke in der Mitte zu verstärken. Diese Riegel bestehen aus zwei durch Schrauben verbundenen Hölzern von *yellow pine*, die außer durch die Wende- und Schlagsäule durch vier Paar von vertikalen Stielen untereinander verbunden werden. An der oberen Seite liegen die vertikalen Bekleidungsbohlen, welche hier aus Kiefernholz genommen sind.⁵⁸⁾

Die in Fig. 221, § 22 dargestellten eichenen Thore der Schleuse im Kanal des Moines am Mississippi bei Koekuk⁵⁹⁾ sind im wesentlichen aus Riegeln konstruiert, welche die Form eines Laves'schen Balkens haben, indem drei senkrechte Zwischenständer die Riegelhälften auseinander halten und durch Schraubbolzen mit diesen verbunden sind. Außerdem liegt zwischen je zwei Riegeln eine in der Ansicht nicht gezeichnete, geknickte horizontale Spannstanke, wovon jede Hälfte ein Schloß zum Nachziehen hat. Diese Stangen sind am einen Ende an der aus einem starken Holze hergestellten Schlagsäule, am anderen Ende aber an der gusseisernen Wendesäule befestigt, welche die Riegelenden in ihrer Höhlung umfaßt. Gegen das Versacken ist jeder Thorflügel durch zwei in der Mittelebene des Flügels liegende Zugstangen geschützt, welche ihre obere Befestigung aber nicht an der Wendesäule, sondern an einer hinter der Wendensche stehenden gusseisernen Säule haben, die wieder durch vier nach verschiedenen Richtungen gehende und am Mauerwerk verankerte Zugstangen gesichert ist. Vermöge dieser Stangen wird das Halsband des oberen Thorzapfens, sowie auch der untere Thorzapfen wesentlich entlastet, vergl. § 20. Die im senkrechten Schnitt der Fig. 221 unten sichtbaren Rollen sind keine Laufrollen, sondern Leitrollen, welche zu der im § 22 beschriebenen hydraulischen Bewegungsvorrichtung gehören. Bedenklich erscheint die Verwendung einer annähernd halbcylindrischen gusseisernen Wendesäule, welche bei jedem Riegel zwar mit zwei Schraubbolzen an ihren Kanten zusammengehalten wird, aber bei zufälligen Erschütterungen des ganzen Flügels oder einer Verbiegung desselben schwerlich genügend widerstandsfähig sein dürfte.

⁵⁸⁾ Über große hölzerne Thore, sowie über hölzerne Thore mit Riegeln, die durch Eisen verstärkt sind, siehe ferner: *Nouv. ann. de la constr.* 1874, Bl. 23 u. 57; daselbst 1875, Bl. 45; *Zeitschr. f. Bauw.* 1877, Bl. 62; *Ann. des ponts et chaussées* 1878, Bl. 2 u. 4 und *Engineer* 1873, Febr. u. März.

⁵⁹⁾ *Zeitschr. f. Bauw.* 1877.

strebung oder Zugband angewandt, sondern nur das Thor gegen den Wasserdruck sehr stark gemacht und die Gefahr des Versackens durch Anbringung von Laufrollen (s. § 20) in der Nähe der Schlagsäulen aufgehoben. Dabei ist der untere Teil etwa in $\frac{1}{3}$ der ganzen Höhe des Thores aus sieben durch vertikale Bolzen, sowie durch die äußeren Beschläge fest verbundenen, starken Hölzern ohne Bohlenbelag hergestellt, während nur in den nach oben hin wachsenden Zwischenräumen zwischen den oberen Riegeln kleine vertikale Bohlen mittels Falzen in den Riegeln angebracht sind. Zu beiden Seiten des Thores liegen zwei vertikale Hölzer, wovon die auf der unteren Seite des Thores liegenden außerdem den Zweck haben, die Spannung in den zur Verstärkung der Riegel gegen Durchbiegung dienenden Zugstangen zu sichern. Näheres s. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover*, Bd. I.

Weniger einfach ist das in F. 10, T. VIII in einem Horizontalschnitt gezeichnete Thor einer Schleuse zu Antwerpen (s. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover*, Bd. IX) konstruiert. Es sind hier wegen Mangels einer genügenden Steifigkeit gegen Versacken ebenfalls Lauf-

Wohl das größte Holzthor ist das im Grundrisse in F. 12, T. VIII dargestellte, etwa im Jahre 1866 erbaute Thor einer 30,5 m weiten Schleuse in Havre. Zur Ergänzung einer anderen Ansicht oder eines Vertikalschnitts mögen folgende Angaben dienen. Die Höhe von der Laufbrücke bis zur Unterkante ist 11,8 m, wobei jedoch die erstere 2 m hoch über dem festen, dichten Teile des Thores liegt. Dieser obere Zwischenraum kann bei höheren Fluten durch leichte Tafeln, die sich gegen eiserne Rahmen legen, abgedichtet werden, welche Anordnung der Gewichtsverhältnisse wegen getroffen wurde. Der unterste Teil des Thores in 5,4 m Höhe besteht ganz aus dicht aneinander schließenden Hölzern, deren Lage aus der genannten Figur erkennbar ist, wenn hinzugefügt wird, daß die im Innern zwischen den riegelartigen Teilen angedeuteten Hölzer durch die ganze Höhe des Thores reichende, unmittelbar nebeneinander stehende Vertikalständer sind. Über jenem unteren Teile liegen die Thorschützen, worauf wieder ein 0,9 m hoher Teil mit drei riegelartigen Horizontalschichten folgt, während nach einem größeren Zwischenraum von 4,9 m in der obersten Höhe nur noch ein ähnlicher 0,6 m hoher Riegel liegt. Sämtliche durch die ganze Breite eines Flügels reichenden Horizontalhölzer haben eine Höhe von rund 0,3 m, sie bestehen aus ostseeischer Kiefer und sind an den Enden mit einfachen Verzahnungen zusammengefügt, sodaß infolge verschiedener Stärke der Vertikalhölzer bei geradliniger Innenseite eine Krümmung der äußersten Hölzer entsteht, welche für das geschlossene Thor einen einheitlichen Kreisbogen von 32,6 m Radius ergibt. Diese sämtlichen horizontalen und vertikalen Hölzer sind durch zahlreiche, durch die ganze Dicke und Höhe des Thores reichende Schraubbolzen zu einer einzigen Tafel zusammengeschrubt und an den beiden vertikalen Enden mit einer starken eichenen Wende- bzw. Schlagsäule verbunden. Das Gewicht jedes Thorflügels kann durch zwei breite und 0,45 m Durchmesser haltende Laufrollen aufgehoben werden, welche unmittelbar auf den Thorkammerboden laufen. Die eine derselben liegt auf der halben Länge des Flügels, die andere an der Schlagsäule. Die Rollen werden nach Belieben von der Laufbrücke durch Schrauben gehoben oder gesenkt. Endlich besitzen diese Thore noch die bei französischen Dockschleusen nicht selten angebrachten Gegenthore, welche bei stürmischem Wetter und annähernd gleichem Aufsen- und Innenwasserstande das Auf- und Zuschlagen der Hauptthore verhindern, s. § 15, S. 172. Ein einziger Flügel des beschriebenen Thores hat gekostet an Holz 51 000 M., an Eisen, Bronze und sonstiger Metallarbeit der Hauptverbindungen 62 000 M., an Maschinen zum Bewegen, Anstrich, Kalfatern und Benageln der Außenseite gegen Seewurm u. s. w. 24 000 M., für Bearbeitung und Aufstellung jedes Flügels etwa 23 000 M., zusammen rund 160 000 M. Dazu kommt noch für jeden Flügel eines Gegenthores 12 000 M. Bei der Vergänglichkeit des verwendeten Holzes und diesen bedeutenden Kosten muß eine ähnliche Konstruktion, und zwar namentlich im Vergleich zu den weiter unten zu beschreibenden Eisenkonstruktionen, als unzweckmäßig bezeichnet werden. Näheres siehe Engineer 1873, Febr.

Wesentlich besser, obwohl auch den neueren Eisenkonstruktionen nachstehend, ist endlich noch die in F. 7—9, T. VIII dargestellte Konstruktion der Thore an den im Jahre 1857 erbauten Kanada-Docks in Birkenhead bei Liverpool. Die Weite der Schleuse beträgt ebenfalls 30,5 m, zwischen zwei hintereinander liegenden Thoren befindet sich eine 150 m lange Kammer. Jedes Thor bildet eine cylindrische Aufsenfläche, wobei jedoch auch die Innenseite eine Krümmung erhalten hat, sodaß ein nahezu gleichmäßiger Druck in den Riegeln bei geschlossenem Thore entsteht. Die Thore sind dabei von dem vorzüglich starken und dauerhaften Greenheart-Holze gezimmert, welches freilich die Verwendung von vorzugsweise kurzen Stücken bedingte. Demzufolge bestehen die einzelnen Riegel, welche nach unten an Höhe zunehmen, aus vier einzelnen Längen zweifach nebeneinander liegender, kürzerer Hölzer, die sich gegen die Wende- und Schlagsäule, sowie gegen drei vertikale Mittelständer stemmen. Diese letzteren sind wiederum aus vier einzelnen, miteinander verzahnten Hölzern zusammengesetzt und teilen gewissermaßen den ganzen Flügel in vier Teile. An der Innenseite werden diese einzelnen Teile an jedem Riegel durch ein einheitlich hindurchgehendes, an den Enden schlank auslaufendes Holz verbunden. Zahlreiche Schraubbolzen und Schienen sichern endlich den Zusammenhang aller Hölzer. An der Außenseite liegt zwischen den einzelnen Riegeln in Falzen eine nur 0,052 m dicke Bekleidung von vertikalen Bohlen. Gegen Versackung ist jeder Flügel durch zwei 0,3 m breite Laufrollen geschützt, welche jedoch einen verschiedenen Durchmesser von bezw. 0,97 und 0,63 m besitzen, je nachdem sie der Wendesäule entfernter oder näher liegen. Die 0,3 m breiten Laufschiene sind eigentümlich geformt, um die Ablagerung des Sandes auf ihnen unschädlich zu machen; sie enthalten eine Anzahl Öffnungen in ihrer Oberfläche, durch welche der Sand in den unteren Raum ausweichen kann. Das Geländer der Laufbrücke besteht aus schmiedeeisernen Pfosten, welche nach Belieben beseitigt werden können, und eingehängten Ketten. Man vergleiche Engineer 1873, März.

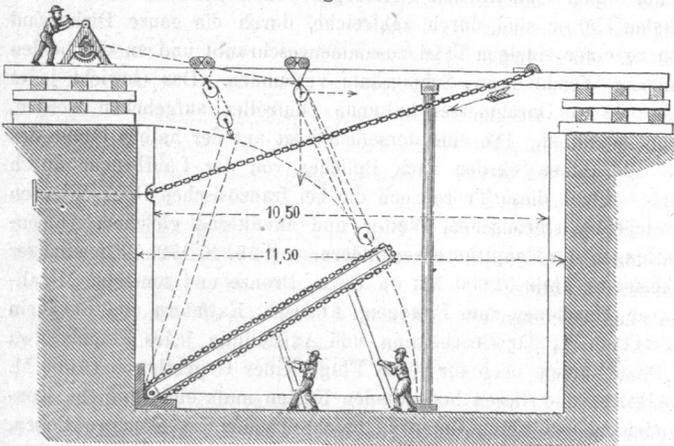
Eine abweichende, sehr einfache Bauweise zeigen vielfach die Schleusenthore der Binnenschiffahrts-Kanäle in Norwegen, die aber nur Anwendung finden kann, wo das Holz so wenig Wert wie dort hat.

Dort macht man dieselben häufig ohne Wende- und Schlagsäule aus wagrecht übereinander geschichteten Stämmen nur wenig bearbeiteter Rundhölzer, deren Stärke dem größeren Wasserdruck entsprechend nach unten zunimmt. Zusammengehalten werden dieselben durch darüber senkrecht verbolzte Halbhölzer und eiserne Zuganker, die von unten nach oben bezw. diagonal durchgehen. Die Wendenische dieser Thore besteht, auch wenn die Schleusen in Fels eingehauen sind, aus Holz und ist cylindrisch, ebenso der Dremel.⁶⁰⁾

Die neuesten großen Schleusenthore aus Holz sind diejenigen des Manchester-Seekanals, dieselben sind aber nicht mehr zeitgemäß; auf die Einzelheiten soll deshalb nicht eingegangen werden.

Einhängen und Gangbarmachen der Holzthore. Schliesslich möge noch das Verfahren des Einhängens und Gangbarmachens der Holzthore kurz beschrieben werden. Die einzelnen Thorflügel müssen frühzeitig neben der Ausführung des eigentlichen Schleusenkörpers in Angriff genommen werden, damit sie mit aller Sorgfalt bearbeitet und sofort nach genügender Aufführung der Seitenwände eingehängt werden

Fig. 127.



können. Es ist daher meistens notwendig, sie auf einem besonderen Platze neben der Baugrube zu bearbeiten und endlich auf einer geeigneten Bahn mittels Walzen oder auf sonst geeignete, aber den Thoren unschädliche Weise auf den betreffenden Thorraum zu bringen. Die weitere Aufstellung geschieht zweckmässig nach Fig. 127, welche die Einhängung der Papenburger Thore darstellt. Es ist dabei quer über der Thorraum aus vier starken

Bäumen eine Art Brücke gelegt, welche in genügender Höhe lag, dabei durch Ständer unterstützt, sowie durch zwei Ketten gegen den schrägen Zug der drei Flaschenzüge gesichert war. Die Flaschenzüge hingen an verschiebbaren Querhölzern und wurden mittels dreier Winden durch im ganzen sechs Arbeiter bedient. Für jeden Flaschenzug war zum unschädlichen Angriff eine Kette um den ganzen Thorflügel der Höhe nach geschlungen und festgespannt. Zu aller Sicherheit wurden von einigen Zimmerarbeitern fortwährend Steifhölzer nachgeschoben. Durch Futterhölzer wurden die Enden der Wende- und Schlagsäule von der Mauer entfernt gehalten und jede Beschädigung daselbst vermieden. In einem Tage konnte je ein Thorflügel aufgestellt und eingehängt werden.

Sobald die zusammengehörenden Flügel eingehängt und die Halseisen durch geeignete Vorrichtungen (vergl. § 20) und nach mehrfachem Hin- und Herbewegen der Flügel um den ganzen Drehwinkel genau eingestellt sind, wird das Thor geschlossen. Die Breite der Schlagsäulen ist absichtlich etwas zu groß gelassen, um jedenfalls einen sicheren Schluss zu erreichen. Es werden nun mit Vorsicht die Berührungsflächen derselben nachgearbeitet und zwar endlich meistens mit Hilfe eines feinen von oben nach unten geführten Sägenschnittes zwischen den beiden fest zusammengehaltenen Flügeln. Man darf erwarten, dass ein so zusammengedichtetes Thor vollständig dicht schliesst.

⁶⁰⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 276.

§ 19. Konstruktion der eisernen Stemthore. Nachdem in § 16 das Wichtigste aus der Theorie der Stemthore mitgeteilt und in § 17 gezeigt wurde, wie die allgemeine Gestaltung der Thore in allmählicher Entwicklung den theoretischen Anforderungen gerecht zu werden sucht, erübrigt es noch, einige Ausführungen, jedoch unter Beschränkung auf die aus Walzeisen zusammengesetzten neueren Thore, in Bezug auf Einzelheiten näher zu besprechen. Zuvor mögen aber einige allgemeine Konstruktionsgrundsätze erörtert werden.

Kleinere Eisenthore findet man fast ausnahmslos nur auf einer Seite mit einer dichten Haut (Eisen oder Holz) bekleidet. Die ganze Last des Thores wirkt dabei auf Zapfen und Halsband. Bei zunehmender Schleusenweite ist es aber zweckmäßiger, sogenannte Schwimmthore anzuwenden, d. h. die Thore beiderseits mit einer Haut auszurüsten und den so als Hohlkörper gebildeten Thorflügel teilweise wasserfrei zu halten, sodafs er ganz oder teilweise schwimmt. Für Schleusen von mehr als 14 m Weite ist diese Anordnung, die den Thoren auch eine grofse Steifigkeit verleiht, jedenfalls vorzuziehen.

Um bei hohen Wasserständen den Auftrieb der Schwimmthore nicht zu grofs werden zu lassen, kann man entweder die Anordnung treffen, dafs man zwar die Thore durchweg mit doppelter Haut versieht, aber nur einen unter dem niedrigsten Wasserstande liegenden Teil dauernd vom Wasser abschliesst und als Schwimmkasten benutzt, während in den übrigen Teil des Thores das Wasser durch Öffnungen in der Haut der einen Seite frei ein- und austreten kann, oder dafs man nur dem Schwimmkasten doppelte, dem übrigen Thorkörper nur einfache Haut giebt. Erstere Anordnung hat den Vorteil, dafs das Wasser, wenn die Öffnungen in der Haut geschlossen sind, aus dem ganzen Thor entfernt und dieses bei höheren Wasserständen selbständig schwimmend bequem fortbewegt werden kann. Die Anordnung nur einer Haut für den oberen Teil dagegen erleichtert die Zugänglichkeit für denselben und ist auch billiger.

Der schlimmste Feind der Eisenthore ist das Rosten. Dasselbe kann zwar, soweit die Thore über dem Wasser liegen oder etwa von innen zugänglich sind, durch Erneuerung des Anstrichs verhindert werden; für die wegen des Wassers nicht zugänglichen Teile müssen entweder die Thore zeitweilig trockengelegt oder aus dem Wasser gehoben werden, oder man ist auf die Dauerhaftigkeit des ursprünglichen Anstrichs allein angewiesen. Wenn auch im allgemeinen die bekannten Eisenanstriche, insbesondere Eisenmennige, als erster Überzug des Eisens zu empfehlen sind, namentlich dann, wenn das Eisen in einzelnen Teilen von der Fabrik zum Bauplatze geliefert wird, so empfiehlt sich als späterer Überzug im ganzen vorzugsweise Steinkohlenteer und zwar mehr als Ölfarbe, weil diese nicht so fest haftet und leichter durch Feuchtigkeit während des Anstrichs beschädigt wird. Bleimennige kann über Wasser gebraucht werden, im Innern von Schwimmthoren würde dagegen die Ausdünstung des Bleioxyds dem Eisen schaden, s. auch § 27. Man kann jedoch noch durch Anbringung von Zinkstreifen, welche bei ihrer Berührung mit Eisen und Wasser stets zuerst und sehr rasch oxydieren, das Eisen in hohem Grade vor Rosten schützen. Eichenholz soll durch seine Gerbsäure das Eisen angreifen, während Teak- und Greenheart-Holz wegen ihres öligen Saftes dies nicht thun.

Nach Mitteilungen von Rudloff hat man in Bremerhaven beobachtet, dafs alle vorstehenden Eisenkanten, auf denen sich Schlick ablagern kann, somit namentlich die oberen Teile der Nietköpfe, besonders vom Roste zu leiden haben. Es ist daher bei Thoren in schlickreichem Wasser zweckmäßig, die horizontalen Blechnähte möglichst so anzuordnen, dafs das obere Blech das darunter liegende überdeckt, wie Fig. 128 zeigt. Um jene Beschädigung der Nietköpfe zu vermeiden, kann man dieselben versenken,

Fig. 128.



sodafs die Außenfläche der Thore wie bei den Schiffen eine ganz glatte wird.

In Frankreich hat man in neuerer Zeit vielfach die Eisenteile der Thore zum Schutze gegen Rost galvanisch mit Zink überzogen. Beim Bau der Thore für die Schleuse der transatlantischen Schifffahrt zu Havre wurde hierfür an Ort und Stelle eine besondere Anstalt eingerichtet, welche im stande war, Stücke bis zu 11 m Länge zu verzinken.⁶¹⁾ Die Niete, welche die einzelnen Teile miteinander verbinden, können nun zwar nicht verzinkt werden, man hat aber in Havre die Beobachtung gemacht, dafs sich ihre Köpfe in kurzer Zeit infolge galvanischer Einflüsse auf Kosten der benachbarten verzinkten Teile mit einer Zinkhaut überziehen, sodafs die Verzinkung eine vollständige wird. Der Vorsicht halber hat man dort die Haut des Thores über der Verzinkung noch mit einem zweimaligen Anstrich von Zinkfarbe versehen.

Es mögen nun die einzelnen Konstruktionsarten an geeigneten Beispielen näher betrachtet werden.

Fig. 129 bis 133. Schleuse bei Charenton (7,80 m weit). M. 0,011.

Fig. 131. Schnitt A B.

Fig. 129. Ansicht der Oberwasserseite.

Fig. 130. Ansicht der Unterwasserseite.

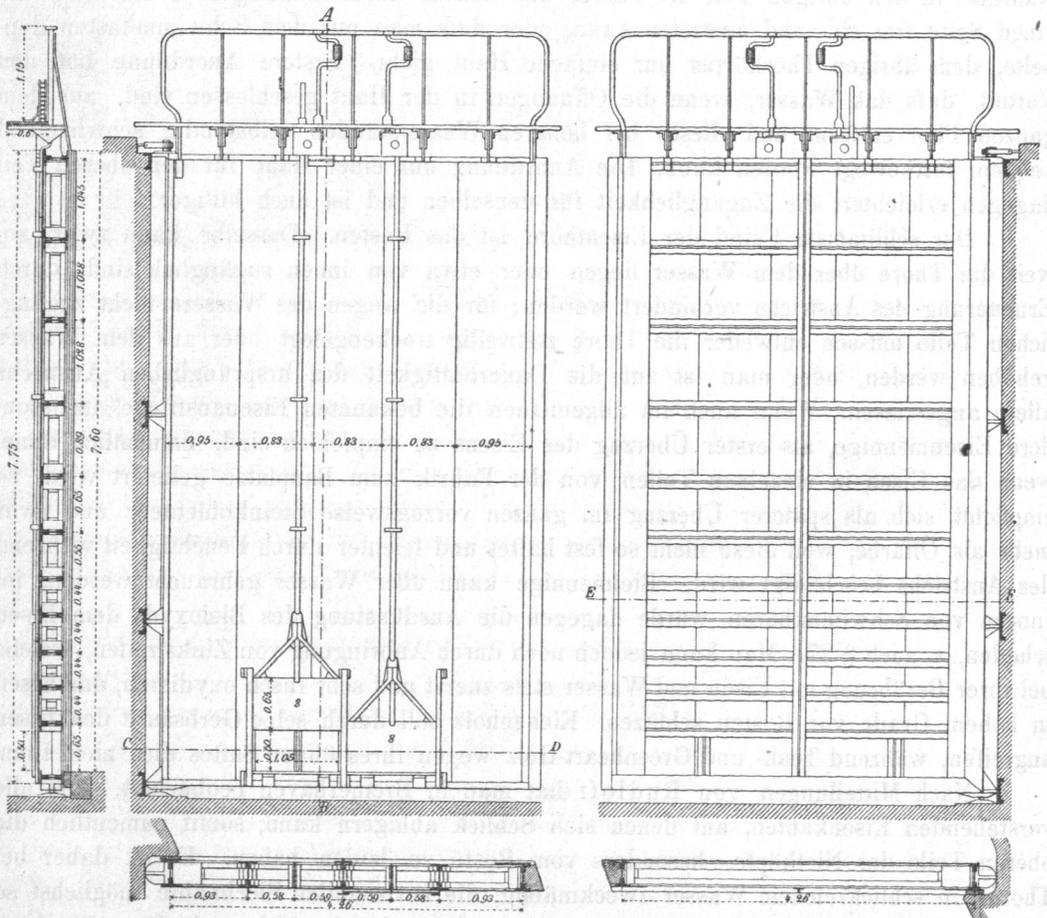


Fig. 132. Schnitt C D.

Fig. 133. Schnitt E F.

⁶¹⁾ Ann. des ponts et chaussées 1887, II, S. 411 u. f.

Gerade Thore mit einfacher Haut. In den Figuren 129 bis 133 (S. 208) ist ein Thorflügel der Schleuse zu Charenton im Kanal St. Maurice dargestellt, welche im Jahre 1863/64 gebaut ist.⁶²⁾ Nach diesem Vorbilde sind in Frankreich, Belgien und Deutschland eiserne Thore konstruiert, die nur wenig von den hier dargestellten abweichen. Der Thorflügel ist in ähnlicher Weise wie der eines Holzthores aus dem Umfangsrahmen und Zwischenriegeln zusammengesetzt und mit vertikalen Blechen nur an der oberen Seite bekleidet. Die vertikalen und horizontalen Rahmenstücke, sowie die Riegel besitzen sämtlich die I-Form.

Es war hierfür im Projekte gewalztes Eisen von dieser Form vorgesehen. Wegen verzögerter Lieferung ist statt dessen ein Profil aus einem Mittelblech und vier Winkel-eisen hergestellt, wodurch nicht allein die Materialkosten höher wurden, sondern auch die Einfachheit der Konstruktion beeinträchtigt worden ist. Dagegen hat man allerdings leichter eine verschiedene Stärke der Riegel unter Beibehaltung derselben horizontalen Höhe anordnen können, als dies bei gewalzten Profilen möglich ist.

Die Vorzüge jener Eisenform bestehen sowohl in der großen Widerstandsfähigkeit gegen Biegung, als auch in dem günstigen Querschnitt bei Zug und Druck in der Längenrichtung des Balkens, sowie nicht minder in der Bequemlichkeit für jede Art von Verbindung untereinander und mit anderen Eisenteilen. Indem sich bei den mäfsigen, für Kanalschleusen überhaupt nur in Frage kommenden Abmessungen das Eisen in dieser Form sehr gut walzen läßt, verdienen die gewalzten Riegel sicher den Vorzug.

Wie die Einzelheiten Fig. 134 bis 137 zeigen, wurden die horizontalen Rahmstücke mit der Wende- und Schlagsäule „auf Gehrung“ zusammengeschnitten und mit inneren und äußeren Winkelstücken untereinander verbunden.

Diese äußeren Winkelstücke bilden an der Wendesäule zugleich den oberen Zapfen und die untere Pfanne und sind ihrer verschiedenartigen Beanspruchung auf Zug und Druck entsprechend bezw. aus Schmiedeeisen und Gußeisen hergestellt. Demgemäß ist bei dem Winkel für die Pfanne oder die unteren Zapfen die Verbindung auch mit Schrauben, statt wie am oberen mit Nietengeschehen.

Fig. 134 bis 137. Schleuse bei Charenton. Einzelheiten. M. 0,04.

Fig. 134. Halszapfen.

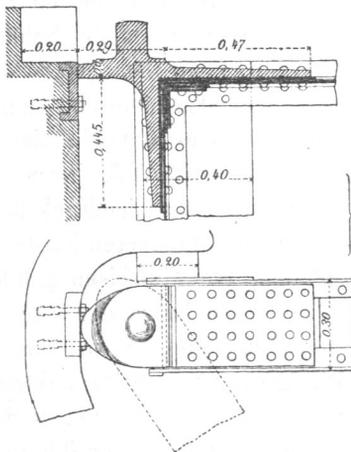


Fig. 135. Spurzapfen und Pfanne.

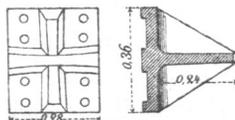
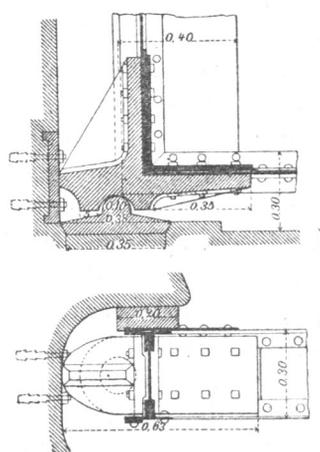


Fig. 136. Stützwinkel.

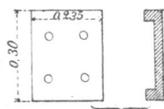


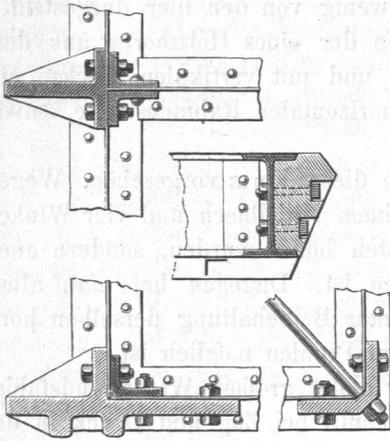
Fig. 137. Stützplatte.

Die Riegel sind an ihren Enden so abgeschnitten, daß der Steg als Blatt bis an den Steg der Wende- und Schlagsäule reicht, während die Winkeleisen dieser letzteren

⁶²⁾ Siehe hierüber Ann. des ponts et chaussées 1865 und 1866, sowie dieselben Mitteilungen auszüglich in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1867, S. 404.

ungeschwächt hinabgehen. Nach Fig. 134 und 135 mußten zwischen den Schenkeln der Winkeleisen sowohl der Riegel als auch der Umfangsstücke Blechplatten eingelegt

Fig. 138.



werden, um eine gute Befestigung zu erreichen. Bei gewalzten I-Eisen würden diese Platten fortfallen, wie die Fig. 138 (Riegelverbindung an den Ihle-Kanal-Schleusen) zeigt. Bei den letzteren Thoren ist außerdem jeder Riegel mit seinen aufrechtstehenden Schenkeln etwas in die abwärtsgehenden Schenkel der Wende- und Schlagsäule eingelassen, wodurch eine größere Sicherheit gegen Versackung entsteht. Trotzdem ist diesen Thoren noch eine Zugstange zugefügt, welche die Mittelstege der Riegel durchdringt und oben und unten befestigt ist. Es erscheint jedoch bei Kanal-Schleusenthoren von großer Höhe und geringer Breite und bei der großen Steifigkeit, welche die Blechbekleidung ihnen verleiht, diese Zugstange entbehrlich.

Bei der Schleuse zu Charenton, wie nicht minder auch bei den nach ihrem Muster später erbauten Schleusen, u. a. auch am Ihle-Kanal, ist zur Verstärkung der Steifigkeit des ganzen Flügels und namentlich der Wendesäule und der Schlagsäule neben den letzteren und an der unteren Seite je eine 0,4 m breite Blechplatte von der doppelten Stärke der 4 mm starken Blechbekleidung angebracht, s. Fig. 134 u. 135. Endlich dient ein in der Mitte der Riegel an derselben Seite des Thores befestigtes Winkeleisen noch zur Verbindung der Riegel untereinander.

Während die Entfernung der Riegel voneinander der Zunahme des Wasserdrucks ziemlich genau entspricht und nur der unterste wegen der Schützenöffnungen eine größere Entfernung von dem Unterrahmstück zeigt, auch demgemäß stärker konstruiert ist, sind zur Übertragung des Thordrucks auf die Wendensche aufser den mit dem oberen Zapfen und der unteren Pfanne verbundenen Stützwinkeln nur noch zwei zwischenliegende nach Fig. 136 angebracht, welche sich mit ihrem abgerundeten Teile genau in die Mittellinie des Thorflügels gegen eine etwas hohl gekrümmte Stützplatte (Fig. 137) in der Nische stemmen. Mit Ausnahme des am oberen Zapfen befindlichen Stützwinkels sind alle übrigen, sowie die Stützplatten, aus Gufseisen gebildet und, wie die Figuren zeigen, durch Schrauben mit der Wendesäule bzw. der sehr vereinfachten Wendensche verbunden. Indem die Schleusenthore zu Zeiten etwa 4 m Wasserdruck zu ertragen haben, erscheint diese sparsame Anbringung von Stützpunkten etwas dürftig, sowohl in Bezug auf die Festigkeit der Eisenteile als auf die gegen das Mauerwerk hinter den Stützplatten gerichteten Stöße bei dem Schliessen der Thore, wodurch ein Losrütteln der Platten nicht unmöglich sein dürfte. Im Gegensatze dazu sind bei den Schleusen des Ihle-Kanals hinter jedem der zum großen Teile nur 0,63 m voneinander entfernten Riegel solche Stützwinkel und Platten angebracht, was hinsichtlich der Sicherheit wohl etwas übertrieben scheint und die Kosten dieser sehr sorgfältig anzubringenden Stücke unnötig vergrößert.

Der große Zwischenraum zwischen der eigentlichen Wendesäule und der Wendensche (Fig. 134), welcher mit Rücksicht auf die Konstruktion wohl hätte kleiner sein können, dient unter anderem dazu, daß das Wasser beim Eindrehen der Thorflügel in die Thornische aus dieser leichter entweichen kann, als dies bei allen Thorflügeln mit

voller Wendesäule der Fall ist. Derselbe entspringt aber hauptsächlich aus der Lage, welche für die Drehaxe gewählt ist, vergl. § 20. Der weiche Anschlag, sowie der wasserdichte Anschluß der Thorflügel an Wendenischen, Drempele und zwischen den beiden Schlagsäulen ist durch angeschraubte Hölzer erreicht. Die Köpfe der Schraubenbolzen sind nach Fig. 138 in das Holz versenkt, die Muttern sind an der Innenseite der betreffenden Eisenteile angebracht. Zwischen Holz und Eisen sind außerdem zur größeren Dichtigkeit noch geteerte Filzstreifen gelegt. Die Thore haben rund 144 M. f. d. qm gekostet.

Das auf T. VIII, F. 13—15 dargestellte Thor der Schleuse zu Ablon, dessen theoretische Grundlage im § 16 und 17 besprochen worden ist, bietet eine eigentümliche Konstruktion. Jeder Flügel besitzt 6,83 m Länge und 5,05 m Höhe. Das Gerippe besteht im wesentlichen aus den vier Hauptrahmenstücken von I-förmigem Querschnitt, einem Mittelständer und einem einzigen Mittelriegel. Das obere Rahmstück ist zunächst berechnet wie der Schlußbaum eines Nadelwehres, gegen welches sich die einzelnen Nadeln stützen. Die Berechnung für den mittleren Zwischenständer ergibt, daß dieser im ungünstigsten Falle einen Angriff von derselben Größe wie das obere Rahmstück zu tragen hat. Es kann nämlich die Mitte dieses Ständers als der Stützpunkt von vier Dreiecken angesehen werden, welche je ihre Basis an den vier Hauptrahmenstücken haben. Der Zwischenriegel legt sich demgemäß in zwei Teilen je an den Zwischenständer und an die Hauptständer. Die Strebe und das doppelte Zugband sollen nur den Rahmen in seiner Form erhalten, namentlich während seines Freihängens. Die sämtlichen Ecken sind durch starke Bleche verbunden, ferner sind (in der Figur nicht sichtbare) Winkelaschen an dem mittleren Knotenpunkt zwischen dem Zwischenständer, dem Mittelriegel und der Strebe angebracht. Für die Schützenöffnungen sind ferner leichte Zwischenständer eingeschaltet. Die Bekleidung besteht aus 0,1 m starken eichenen Bohlen, die mit Schrauben befestigt sind und leicht nach Bedürfnis erneuert werden können. Die Schlagsäule, Wendesäule und das untere Rahmstück, sowie die inneren Seiten der Schützenöffnungen haben hölzerne Futter erhalten, welche jedoch an den unteren Enden der beiden Schlagsäulen wegfallen, sodaß im geschlossenen Zustande des Thores für die hindurchgehende Kette ein schmaler Schlitz verbleibt. Die Kosten eines ganzen Thores haben 5600 M. betragen oder rund 160 M. für 1 qm. Die an dem Verbindungskanal zwischen der Aisne und Marne nach demselben Prinzip, aber in kleineren Abmessungen von 3,04 m Länge und 5,04 m Höhe konstruierten Thore haben nur 107,2 M. für 1 qm gekostet. Siehe Ann. des ponts et chaussées 1882. Les portes de l'écluse d'Ablon.

Um die Bleche der Haut schwächer machen zu können, hat man in Frankreich bei den Thoren des Unterhauptes einer Schleuse im Canal du centre, welche ein Gefälle von rund 5 m aufweist, Buckelbleche verwendet. Die Thore von 8,018 m Höhe und rund 3 m Länge bestehen aus einem starken eisernen Rahmen mit einem starken Ständer in der Mitte zwischen Schlag- und Wendesäule. Außerdem sind acht kräftige horizontale Riegel zwischen Wende- und Schlagsäule vorhanden, und zwar in Abständen, die oberhalb des Unterwasserspiegels weiter werden. Die rechteckigen Öffnungen, welche senkrecht durch Wendesäule, Schlagsäule und den Ständer, horizontal durch die Riegel begrenzt werden, sind dann durch Buckelbleche geschlossen. Die Buckelbleche haben danach sämtlich gleiche Länge, aber nach oben wachsende Höhe. Die Wölbung der Bleche beträgt durchweg 70 mm und zwar richtet sich dieselbe gegen das Oberwasser, sodaß die Bleche auf Druck beansprucht werden. Jedes Thor hat ein Zugschütz von 1,434 m Länge und 0,60 m Höhe. Die Dichtungsleisten sind von Holz. An der Wende-

säule sind sieben dem Drucke entsprechend verteilte gegossene Stemmkörper (Stützwinkel), welche sich gegen ebenfalls gegossene, in die Wendenische eingelassene Platten legen, ähnlich denjenigen der Thore von Ablon (T. VIII, F. 13) und Charenton (Fig. 129, S. 208).⁶⁸⁾ Wellbleche, Buckelbleche oder Tonnenbleche (vergl. S. 188) sind übrigens mit Vorteil nur an solchen Thorteilen anzuwenden, welche nicht zu einem Luftkasten gehören. Für letzteren wendet man der zusammengesetzten Beanspruchung wegen besser gerade Bleche an.

Gekrümmte Thore mit einfacher Haut. Die in F. 1—6, T. IX dargestellte Konstruktion der Thore der Weserschleuse zu Hameln (vergl. Tafel VI) stand eine Zeitlang vereinzelt da. Sie zeichnet sich jedoch durch Einfachheit und Billigkeit aus und erscheint als eine geeignete Zwischenstufe zwischen der Konstruktion mit Riegeln und Bekleidungsblechen und derjenigen größerer Schleusen mit doppelten Blechwänden. Es ist nämlich der Hamelner Schleuse mit Rücksicht auf die die Weser befahrenden Raddampfer die sonst bei Fluß- und Kanalschleusen nicht übliche Weite von 11,1 m in der Höhe des gewöhnlichen Sommerwassers gegeben, wobei gerade Riegel schon sehr bedeutende Abmessungen bekommen hätten. Bei dem von Beckering aufgestellten Entwürfe lag die Absicht zu Grunde, die mit einem Radius von 12,92 m gekrümmte einfache Blechwand nicht nur als Bekleidung, sondern auch vorzugsweise zur Aufnahme aller aus dem Wasserdruck von rund 3 m hervorgehenden Horizontalkräfte zu benutzen. Wenn hierzu nach den angestellten und in § 16 angedeuteten Berechnungen eines gekrümmten Thores schon die Blechstärke von 5 mm ausreichend schien und nur eine Beanspruchung von 400 kg auf 1 qm ergab, so mußte zur Vermeidung jeder Formveränderung die Blechwand dennoch ausgesteift werden. Hierzu wurden in der Höhe jedes horizontalen Blechstreifens zu beiden Seiten des Thorflügels T-Eisen angenietet, die zugleich als Laschen der Bleche dienen. Durch diese riegelartigen Rippen wurde die Sicherheit der Blechwand gegen den tangentialen Horizontaldruck noch reichlich verdoppelt. F. 6 zeigt die Verbindung dieser Rippen mit der Schlagsäule.

Es würde hiermit das Thor gegen den größten Wasserdruck und selbst gegen etwaige Stöße u. s. w. gesichert erscheinen; nur erforderte die Sicherheit gegen die aus dem Eigengewicht und der Form des Thores hervorgehenden Angriffe noch eine weitere Verstärkung. Wie in § 16 auf S. 185 erwähnt ist, liegt der Schwerpunkt S jedes Flügels außerhalb der Blechwand; es liegen folglich auch die auf den oberen und unteren Zapfen wirkenden Kräfte $Z = \frac{G b - \mathcal{A} c}{h}$ (§ 16, Formel 28) in der durch den Schwerpunkt und die Zapfenmittelpunkte bestimmten Ebene, sodafs der durch die Blechwand gebildete Bogen oben auseinander gezogen, unten aber zusammengedrückt wird. Hiergegen ist er durch segmentförmige Horizontalbleche (s. F. 2—5) oben und unten, sowie außerdem nochmals in der halben Höhe versteift. Die oberen Bleche dienen aber auch zur Laufbrücke und die unteren zur Anbringung eines Holzfutters für den auf diese Weise geradlinig gewordenen Drempe. Das mittlere Segment gewinnt hauptsächlich seine Bedeutung durch die Verbindung mit zwei vertikalen Blechständen, welche zur Steifigkeit gegen Verbiegung in vertikalem Sinne hinzugefügt wurden. Ein starkes Zugband ist endlich erst nach der Aufstellung der Thore angebracht worden, nachdem sich herausgestellt hatte, dafs die Konstruktion gegen das Versacken doch nicht steif genug war, und dafs eine merkliche Formveränderung stattfand. Diese Zugbänder haben ihren Zweck vollständig erfüllt. Die größeren Unter-

⁶⁸⁾ Ann. des ponts et chaussées 1892, II.

thorflügel wiegen etwa je 6000 kg. Nur in diesen sind, wie aus F. 3 und 5 ersichtlich, je zwei Schützenöffnungen zum Entleeren der Schleusenammer angebracht, während das Füllen derselben durch entsprechende Umläufe geschieht. Mit allen Nebenkosten hat 1 qm der Thorflügel durchschnittlich nur 132 M. gekostet, also 12 M. weniger als bei den sehr viel kleineren Thoren der Schleuse zu Charenton, welche ihrerseits die bis dahin konstruierten eisernen Schleusenthore an Billigkeit weit übertrafen.

Bei dem von Mohr geleiteten Bau des Oder-Spree-Kanals sind die Unterthore der Schleusen im Anschlusse an ein Patent von Offermann teilweise aus schmiedeeisernen Rahmen mit Wellblechüberkleidung hergestellt. Die gekrümmten Wellblechtafeln sind in den schmiedeeisernen Rahmen eingeschoben. Gegen Verbiegungen des Rahmens durch die im Wellblech bei Wasserdruck eintretende Spannung sind Stahlanker (Spannstangen) zwischen den die Wende- und Schlagsäule bildenden Eisenkonstruktionen eingezogen. Zur Herstellung eines wasserdichten Schlusses sind die an Werkstein anschlagenden Thorflächen mit Holz bekleidet. Die auf diese Weise konstruierten Thorflügel der Schleuse zu Wernsdorf sind in den Zeichnungen T. X, F. 4—14 dargestellt. Die in F. 4 abgebrochen gezeichneten C-Eisen tragen Gegengewichte, vergl. § 16. Die Wendesäulen sind Kastenträger, welche sich mit aufgeschraubten stählernen Stützwinkeln bei geschlossenem Thore gegen die Nische stemmen, ähnlich wie bei den Thoren der Charlottenburger Schleuse⁶⁴⁾ und anderen.

Die Anordnung des Rahmens ist die folgende. Zwischen den beiden als Blechträger in I-Form konstruierten Ober- und Untertramen, die als äußere Begrenzung einen Kreisbogen haben, während die innere geradlinig ist, sind die Wendesäule und die Schlagsäule eingesetzt und bilden mit diesen einen Rahmen, dessen Aussteifung durch drei wagerechte, 1,95 m voneinander entfernte Gurtungen aus je zwei Winkeleisen und durch zwei zwischengelegte Kreuze aus Flacheisen geschieht. Außerdem sind Wende- und Schlagsäulen durch 15 Spannstangen von 30 bis 45 mm Durchmesser, die im unteren Teile des Thores in 380 mm Entfernung, im oberen dagegen 570 mm von Mitte zu Mitte liegen, verbunden. In senkrechter Richtung sind außer der Wende- und Schlagsäule noch zwei I-Eisen zur Aussteifung des Thores zwischen Ober- und Untertramen eingezogen, gegen welche die gekrümmten Wellblechtafeln sich legen.

Indem in Betreff auf die weitere Anordnung des Thores auf die bildliche Darstellung verwiesen werden kann, erübrigt noch, die Befestigung bzw. das Einbringen des die Deckung des Thores bildenden Wellbleches näher zu erläutern. Die einzelnen Wellblechtafeln, die nur in einer Höhe von 0,58 m hergestellt werden konnten, sind durch über die Stöße gelegte und wasserdicht genietet Deckplatten in Form des unteren Teils der Welle zu einem Ganzen verbunden und mit den unteren und oberen Enden der dadurch hergestellten Gesamtplatte an den Unter- und Obertramen angenietet, wie dies F. 14, T. X für den Untertramen zeigt. Die Dichtung und die gleichmäßige Druckübertragung der Wellenenden auf die Schlag- und Wendesäule ist in folgender Weise bewirkt. Es wurden zunächst nach der Form des Wellblechs in wagerechter Richtung ausgeschnittene Stahlgußstücke in ungleichschenkliger Winkeleisenform gegossen, die Bleche hierauf eingepaßt und zwischen sie und diese Gußstücke Dichtungsmaterial, bestehend aus in Mennige getränkter Hanfeinlage, eingeschoben. Um die erforderliche Anpressung des Wellblechs in den einzelnen Wellen an diese Gußstücke und dadurch die erforderliche Dichtigkeit herzustellen, sind passende Gußstahlstücke von oben auf

⁶⁴⁾ Vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1886, Charlottenburger Stauanlage.

die Wellen aufgepaßt und mit dem unteren Hauptgußstück durch eingezogene Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen fest verbunden. Hierdurch war also ein in seinem senkrechten Teile vollständig glatter Rahmen, der mit dem Wellblech wasserdicht verbunden ist (vergl. u. a. F. 8 und 14), geschaffen, der seinerseits nur noch wasserdicht in den eigentlichen Thorrahmen eingesetzt zu werden brauchte. Dies geschah dadurch, daß man in die Flacheisen bezw. U-Eisen an der Wende- und Schlagsäule, in welche obige Begrenzungsrahmen eingreifen, vor Einbringung derselben eine in Mennige getränkte, über die ganze innere Weite dieser Eisen reichende Hanfflechte einlegte, vergl. F. 9 u. 11, T. X. In dieser Weise ist ein vollkommen dichter Anschluß erzielt. Die Befestigung der Spannstangen an der Wendesäule und der Schlagsäule zeigen die Figuren 8, 10 und 13. Bei der Kanalisierung der oberen Oder ist diese Konstruktion der Schleusenthore in größerer Ausdehnung angewendet und durch Vereinfachung mancher Einzelheiten vervollkommenet.

Einer Bemerkung im Centralblatt vom 6. Okt. 1894 zufolge sollen für die Mühlen-damm-Schleuse in Berlin Bogenthore mit gedrückten Kreuz-Schrägstäben ausgeführt und sehr beachtenswert sein. Näheres ist bislang nicht bekannt geworden.

Schwimmthore. Zunächst sollen einige Konstruktionen besprochen werden, welche zwar nicht in jeder Beziehung auf der Höhe der Jetztzeit stehen, aber doch beachtenswert sind, und zwar sowohl solche mit ebener, wie solche mit gekrümmter Unterwasserseite. Die erstgenannte Anordnung findet man u. a. bei den Schleusen zu Willemsoord und den Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals, die letztgenannte bei den Schleusen zu Geestemünde und Harburg.

Bei einer Dockschleuse zu Willemsoord⁶⁵⁾ am Helder (F. 16—19, T. VIII) zeigen die Thore im Horizontalschnitt die Form eines sogenannten Halbparabelträgers; sie sind namentlich hinsichtlich der Lage der Blechtafeln auf den beiden Seiten beachtenswert. Während nämlich die nach ihrer Lage verschiedenen starken Bleche auf der Innenseite in ihrer Längsrichtung horizontal liegen, sodaß sie mit ihren Breiten von 0,96 m bei jeder 0,75 m voneinander entfernten Horizontalrippe abwechselnd um etwa 0,2 m sich überdecken, gehen auf der Außenseite die Bleche in ihrer Längsrichtung aufwärts und zwar über 4 bis 5 Horizontalrippen hinüber. An der Wendesäule und Schlagsäule liegen die Bleche stumpf gegeneinander und sind nur mit den Schenkeln der innen liegenden Winkeleisen vernietet. Die bei anderen Thoren üblichen äußeren Laschen fallen also hier überall fort. Über dem unteren Thorzapfen befindet sich eine bis an den oberen Zapfen reichende vertikale Querwand, welche in der Drehaxe noch durch zwei Winkeleisen verstärkt ist. Der obere Zapfen liegt mit seinem Halse unter der obersten Fläche des Thores und reicht unterhalb seines Bundes noch durch vier Horizontalwände, welche übrigens nur durch Mannlöcher und durch die Pumpen u. s. w. durchbrochen sind. Der unterste, vier Abteilungen umfassende Raum ist nicht mit Luft, sondern zum Teil mit Wasser gefüllt, während der ganze darüber befindliche Raum in der Regel Luft enthält. Für beide Räume dienen zur etwa nötigen Entleerung von Wasser zwei verschiedene Pumpen, wogegen ebenfalls beide Räume zum Füllen Ventile besitzen, die wie auch die Pumpen von der Laufbrücke aus bedient werden können. An der Schlagsäule befindet sich eine Feststellvorrichtung. Der Anschlag ist an den Kanten der Innenseite von Holz hergestellt. An einer anderen Schleuse zu Willemsoord ist dieser Anschlag noch mit Leder bedeckt. —

Der in F. 7—9, T. IX dargestellte Fluthorflügel der großen Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals ist der Mitteilung von Wiebe. Zeitschr. f. Bauw. 1872 entnommen, die Zeichnung macht hinsichtlich einiger Einzelheiten, z. B. der Zapfen oben und unten, keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Auch hier ist die äußere Krümmung nach einem flachen Kreisbogen gebildet, welcher aber nicht für beide Thorflügel kontinuierlich ist. Wie die zum Teil als Vertikalschnitt, zum Teil als äußere Ansicht dienende F. 7, sowie der Schnitt in F. 9 zeigt, wird jeder Flügel durch eine in der Höhe des normalen Kanalwassers liegende Horizontalwand in zwei Teile getrennt, wovon nur der untere als Schwimmthor gebildet ist, während der obere Teil keinen abgeschlossenen Luftraum besitzt, sondern an seiner Innenseite anstatt einer vollen Blechwand nur das aus F. 7 ersichtliche Gitterwerk hat. Statt der bei den vorher beschrieb-

⁶⁵⁾ Dokwerken te Willemsoord, in Verhandelingen van het kon. Inst. van Ingenieurs 1866—67.

nen Schwimmthoren vorkommenden vollen Horizontalbleche sind hier nur an den Stößen der Aufsenbleche schmale Blechstreifen und an den inneren sechs Vertikalversteifungen einzelne kurze horizontale Blechstücke eingelegt, welche letztere nur an den Enden des Flügels oder in der Wende- und Schlagsäule voll durchgehen. Die Vertikalversteifungen, mit Ausnahme an den Enden, wo ebenfalls volle Bleche sich befinden, bestehen nur aus senkrechten Winkeleisen und Eckstücken. Außerdem liegt noch an den Enden des Flügels in der Mittellinie desselben je eine starke Vertikalrippe. Die Aufsenbleche sind an den Stößen innen durch Winkeleisen, außen durch breite Laschen zusammengehalten. Der Rücken der Wendensäule wird in ähnlicher Weise wie die Schlagsäule durch ein Holzstück gebildet. Außerdem liegt zum wasserdichten und weicheren Anschlage der Wendensäule und des Unterrahmstückes noch eine vertikale bezw. horizontale Holzleiste an der inneren Seite des Thores. Die Wendenische ist nur in der Höhe der riegelartigen Horizontalrippen des Thores durch vorspringende Quader gebildet. Zur Unterstützung des geöffneten Thores dienen an den freien Enden senkrechte, durch die ganze Thorhöhe hindurchgehende Schraubenspindeln, welche von oben mit einem Vorgelege gedreht werden können. Jeder Flügel besitzt zur Füllung und Leerung der Kammer zwei Schützen, während Umläufe in den Mauern nicht vorhanden sind. —

Von der 23,35 m weiten Hafenschleuse zu Geestemünde, welche in den Jahren 1859 bis 1861 erbaut wurde, ist der Flügel eines Ebbethores in F. 10 bis 19, T. IX dargestellt.⁶⁶⁾ Die maßgebenden Wasserverhältnisse gehen aus F. 10 bis 15, T. VII und aus dem im § 5 über diese Schleuse Gesagten hervor. Jeder Thorflügel ist innen und außen mit seinen beiden cylindrischen Flächen nach gleichen Radien von 17,4 m gebildet, wobei die Aufsenfläche beider Flügel eine einheitliche wird, während die innere Fläche jedes Flügels auf je 2,4 m von den Enden gerade gelassen ist. Die Mittellinie des horizontal durchschnittenen Thores, welche durch die Mitte der Wende- und Schlagsäule geht, ist mit einem etwas kleineren Radius beschrieben. Die Thore sind dabei im Innern in der Mitte 0,802 m, an den Enden 0,634 m weit.

Die Blechstärken sind zunächst nach der Höhe, dem Wasserdruck entsprechend, sodann ferner mit Rücksicht auf das Eigengewicht der Thorflügel auch nach der Länge verschieden, wie dies zum Teil aus den in F. 10 in Millimetern eingetragenen Maßen hervorgeht. Die unteren Bodenplatten, sowie die obersten Deckplatten und ebenso die Vertikalwände an den beiden Enden sind aus den stärksten, nämlich aus 12,5 mm starken Blechen gebildet. Der Höhe nach sind ferner die Thore durch Horizontalwände abgeteilt, welche unten 0,87 m, oben 1 m Abstand haben und aus 11,1 mm, 9,5 mm und 8 mm starken Blechen gebildet sind. Der Länge nach befinden sich drei Vertikalwände aus 9,5 mm Blechen zwischen den beiden Hauptflächen.

Es besteht sonach jeder Thorflügel aus einem völlig geschlossenen Hauptkörper, welcher durch horizontale Bleche in einzelne Kästen zerlegt wird, die wieder durch die vertikalen Bleche in einzelne Abteilungen zerfallen. Die halbcylindrischen Wendensäulen bilden außerdem kleine Abteilungen für sich, die jedoch durch Aussparungen in der Vertikalwand, welche sich auch in den beiden rechts und links von der Mitte liegenden Vertikalwänden wiederholen, mit den horizontalen benachbarten Abteilungen in Verbindung stehen. Im übrigen sind sämtliche Abteilungen mit Winkeleisen und Laschen wasserdicht in sich und fest mit den benachbarten Abteilungen durch Nietung zusammengefügt. Zu beiden Seiten der mittleren Vertikalwand sind Mannlöcher angebracht, durch welche jede Abteilung zugänglich gemacht wird. Durch Einbringung von je zwei gußeisernen Mannlochdeckeln mit gewöhnlichen Schraubenbügeln kann jede einzelne Abteilung gegen die darunter liegenden abgesperrt werden, wenn solches bei vorkommenden Reparaturen notwendig werden sollte.

Die Wendensäule ist ganz aus 19 mm starkem Walzblech mit entsprechenden Winkeleisen und außen mit versenkten Nieten konstruiert, was zwar wegen jener Blechstärke große Schwierigkeiten geboten hat, indessen wegen der Gleichmäßigkeit des Materials für das ganze Thor auch Vorzüge vor gemischten Konstruktionen gewährt. Es ist dabei die Excentricität der Zapfen oder der senkrechten Drehaxe nur zu 12,5 mm genommen, damit beim Offenstehen der Thore schwimmende Körper nicht hinter das Thor in die Wendenische dringen und sich dort festsetzen. Wenn auch in dieser Hinsicht die Anordnung einer so geringen Excentricität bei so großen Thoren mit voller Wendensäule zweckentsprechend scheint, so hat sie sich doch bei starkem Frost nicht völlig bewährt. Alsdann bildet sich während des Offenstehens feines Eis, welches bei dem Zudrehen eingeklemmt wird. Wiederholtes Öffnen und Schließen vermehrt das Übel, bis die Beseitigung des Eises notwendig wird, um einen Bruch des oberen Zapfens oder Halsbandes zu verhüten. Thatsächlich ist bei der Geestemünder Schleuse in einem Winter wenige Jahre nach der Erbauung durch das Einklemmen des Eises ein Bruch des ursprünglich gußeisernen

⁶⁶⁾ Näheres s. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865.

Zapfensträger eingetreten. Es dürfte daher zweckmäßig sein, auch bei großen Seeschleusen eine ähnliche Anordnung der Wendesäule anzuwenden, wie bei der Schleuse Fig. 129, S. 208. Wie oben erwähnt, wird dabei auch eine leichtere Bewegung in der Nähe der Thornische gewonnen.

Wie die Wendesäule oben und unten die Zapfen- und Pfannenplatte trägt, ferner wie zum elastischen Anschlagen und dichten Anschluß der Wendesäule, des Unterrahmens oder der Bodenplatte und endlich der Schlagsäule hölzerne Schlagleisten angebracht sind, zeigen die Figuren 15 bis 19, T. IX. Aus diesen geht jedoch nicht deutlich hervor, daß unter allen diesen Holzflächen die Hauptbleche noch mit schwächeren, 6 mm starken Blechen belegt sind. Dieses ist geschehen, um jene Hauptbleche mehr vor dem Rosten zu schützen, welches unter den Holzflächen besonders zu befürchten ist, und um an diesen wichtigen Stellen die Steifigkeit noch etwas zu erhöhen.

Das Gewicht eines Fluthorflügels ist 80 655 kg und mit Einschluß der festen Nebenteile 85 000 kg, das eines Ebbethorflügels bezw. 60 445 und 65 000 kg. Bei gewöhnlicher Flut findet dagegen ein Auftrieb von 91 105 kg statt, dessen vertikale Mittellinie 6,5 m von der Drehaxe liegt, während der Schwerpunkt des Thorgewichts nur 5,8 m davon entfernt ist, sodaß also die Thore stets einen Seitendruck auf den Unterzapfen ausüben. Um die Thore gerade schwimmen zu lassen, müßten bei gewöhnlicher Fluthöhe die Fluthore 0,44 m und die Ebbethore 2,17 m hoch mit Wasser gefüllt sein. Es ist jedoch vorgezogen, erstere leer zu lassen und letztere nur 1,74 m hoch zu füllen, sodaß schon vor Eintritt der Fluthöhe ein Schwimmen der Thore beginnt. Die geeigneten Wasserstände in denselben werden durch kleine Pumpen erhalten, selbst dann, wenn die Thore etwas leck sein sollten. Eine dieser Pumpen ist in F. 10 links angedeutet.

An jedem Ebbethorflügel sind zwei Schützöffnungen von 0,8 m Breite und 0,47 m Höhe angebracht, welche nur zur Spülung der Oberfläche des Drempels und des Schleusenbodens dienen. Dieselben sitzen in verschiedener Höhe, wie F. 10 zeigt. Eine kleine dritte Öffnung in der Nähe der Wendesäule soll den zwischen der Anschlagfläche und der Oberkante des Drempels sich etwa ansetzenden Schlick entfernen. Im übrigen geschieht das Füllen und Leeren der Kammer durch große Umläufe im Mauerwerk, vergl. § 7.

Wie im § 20 eingehender besprochen wird, müssen die oberen Zapfen zu Zeiten einen starken Auftrieb ertragen. Zu ihrer Unterstützung sind bei den Fluthoren Feststellvorrichtungen angebracht und zwar sowohl gegen Druck nach unten als nach oben. Die Ebbethore besitzen nur Feststellvorrichtungen gegen abwärts gerichteten Druck. Diese Vorrichtungen bestehen alle aus einem schmiedeeisernen Schraubenapparate, der auf entsprechend starke schmiedeeiserne Hebel wirkt. Die Schraubenapparate sind auf $\frac{3}{4}$ der Thorlänge in dem seitlichen Mauerwerk angebracht und fest verankert. Daß Rollen zur Unterstützung nicht notwendig, ist nach dem obigen klar. Über die Bewegung der Thore s. § 22.

Zu allen sechs Thorflügeln waren rund 403 000 kg fertige Schmiedearbeit erforderlich, wozu 407 500 kg Material verbraucht sind. Die sämtlichen Nebenteile, Zapfen, Schützen, Pumpen, Winden, Rollenkasten, Feststellvorrichtungen und Geländer wiegen 116 250 kg. Da die ganzen Thore mit allen Nebenteilen 243 000 M. gekostet haben und eine Fläche von 827 qm ausmachen, so kommt auf 1 qm Thorfläche einschließlic der Nebenteile rund 300 M. —

Auch die aus F. 12, T. V im Horizontalschnitt erkennbaren eisernen Schwimmthore der neuen Schleuse zu Harburg haben konzentrische Wände. Die äußeren Fluthore sind mit 15 m mittlerem Radius und 0,8 m Abstand, die inneren, sowie sämtliche Ebbethore dagegen mit nur 0,65 m Abstand der Wände gebildet. Erstere haben 10 $\frac{1}{2}$ m, letztere 8,5 m Gesamthöhe bei nur 6 m Höhe sämtlicher Schwimmkörper, während die übrige Höhe über der inneren 10 mm starken Wand nur aus Gitterwerk, außen dagegen aus einer einfachen Blechwand gebildet ist, wobei jedoch die Horizontalrippen aus 10 mm starken vollen Blechen mit vier Saumwinkeln ebenso wie im unteren Schwimmkörper vorhanden sind. Die Rippen liegen unten in 1,25, oben in 1,5 m Abstand und werden in jedem Thorflügel durch 9 durchbrochene Vertikalwände ausgesteift. Die Außenwand ist unten 13 mm, oben nur wie die Innenwand 10 mm stark. Die Mannlöcher in den Horizontalrippen sind nicht senkrecht untereinander, sondern versetzt angeordnet. Sämtliche Stöße der Blechhäute sind mit 0,16 m breiten Laschen verdeckt, die Horizontalstöße der Bleche liegen auf den Horizontalrippen, die Vertikalstöße dagegen immer zwischen den Vertikalrippen. Alle Winkeleisen sind 72/72 mm, die Niete 20 mm stark und letztere da, wo es nur auf Festigkeit der Konstruktionsteile ankam, wie bei den Vertikalrippen, in 0,1 m, wo es aber, wie bei allen Verbindungen der Außenhaut, auch auf Wasserdichtigkeit ankommt, in 0,06 m Abstand angebracht. Jeder Thorflügel enthält zwei Schütze von je 0,5 qm Querschnitt, welche jedoch nur als Reserve für die 1,5 m hohen und 1 m weiten Umläufe dienen. An den beiden Enden sind alle Thorflügel mit sanfter Krümmung der Ecken übrigens geradlinig abgeschlossen und im Innern in der Mittellinie mit je einem in ganzer Höhe

durchlaufenden, 0,3 m breiten und 13 mm dicken Vertikalblech abgesteift, welche an dem Ende der Wendesäule die beiden mit einer besonderen dicken schmiedeeisernen Platte an der obersten und untersten Horizontalrippe befestigten gusseisernen Spurrinne unterstützen. An den beiden vertikalen Enden jedes Flügels sind zunächst in der Mitte, sodann an der einen Seite der Wendesäule und endlich zum Anschluß an den Dremmel 30/15 cm starke Holzleisten angebracht und zwar unter Wasser von Greenheart-Holz, über gew. Wasser aus Teak-Holz. Die Bolzen, welche durch die Hölzer, ihre untergelegten Futterbleche und die betreffenden Thorbleche gehen, verursachten Leckstellen in den Thoren, die nachträglich dadurch gedichtet sind, daß sämtliche Bolzenlöcher in den Blechen mit Gewinden und mit hineingeschraubten Futterröhren versehen wurden, welche das zwischen Holz und Eisen trotz vorhergegangener Kalfaterung eingedrungene Wasser von dem Bolzenloch abhielten. Ein äußerer Flutthorflügel wiegt 45000 kg, ein innerer bezw. Ebbethorflügel 40000 kg. Eine Feststellvorrichtung sichert die Thorflügel bei längerer Ruhe gegen Wellenschlag und unterstützt sie gegen eigenes Übergewicht. Die Kosten der 8 Thorflügel haben 148000 M. betragen, die der hydraulischen Bewegung außerdem 45000 M.

Die auf T. XI, F. 14—17 und T. XII, F. 8—16 dargestellten Thore der Elbschleusen des Nord-Ostsee-Kanals bieten neuere Beispiele für Thore der beiden Hauptsysteme der Stemthore ohne durchgehende Krümmung der Außenfläche, indem die Flutthore Riegelstemthore, die Ebbe- und Sperrthore dagegen Ständer-Stemthore sind.

Die Flutthore (T. XI, F. 14—17) haben 10 Riegel, deren Abstand von Mitte zu Mitte je 1,520 m beträgt, sodafs der Raum zwischen je zwei Riegeln bequem begangen werden kann. Zur weiteren Verstärkung der Haut sind in je 560 mm Entfernung voneinander senkrechte Aussteifungen angebracht, die größtenteils aus \square -Eisen und nur an der Wende- und Schlagsäule, sowie auf etwa ein Drittel der Länge von der Schlagsäule aus gerechnet aus Winkeleisen mit großen Eckblechen bestehen. Auf dem anderen Drittel der Länge von der Wendesäule aus gerechnet bilden die beiden Blechwände des 1,12 auf 1,28 im Horizontalschnitt großen Einsteigeschachtes die entsprechende senkrechte Hauptaussteifung. Vom Einsteigeschachte gelangt man durch wasserdicht abzuschließende Mannlöcher in die einzelnen Abteilungen zwischen den Riegeln. Jede dieser neun größeren und neun kleineren Abteilungen kann unabhängig von den übrigen leer gepumpt werden, jede ist zu dem Zwecke durch ein verschließbares Rohr mit der für alle Abteilungen gemeinsamen, im Einsteigeschachte aufgestellten Wasserdruck-Strahlpumpe in Verbindung gebracht. Durch dasselbe Rohr kann andererseits bei einer anderen Stellung des den Verschluss bildenden Dreiwegehahns jede Abteilung mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt und gefüllt werden. Zur Ab- und Zuleitung der Luft sind besondere Rohre angeordnet, welche bis über den obersten Riegel hinaufreichen und nach dem Binnenwasser zu geöffnet sind. Der oberste Riegel liegt auf der Ordinate + 23,45 (= + 3,45 N. N.), während das höchste bekannte Hochwasser den Stand + 25,01 erreichte. Zur Abwehr höherer Wasserstände ist daher die Außenhaut der Thore über den obersten Riegel hinweg bis zur Ordinate + 25,5 fortgeführt, während die binnenseitige Haut nur bis zum obersten Riegel reicht. Die Aussteifung der Außenhaut oberhalb des obersten Riegels erfolgt durch eiserne Konsolen, die in Abständen von 1,12 m voneinander angeordnet sind und den auf + 25,5 liegenden Steg tragen.

Der Riegelquerschnitt setzt sich zusammen aus einem von oben nach unten an Stärke zunehmenden Stehblech, vier Gurtungswinkeln und drei Gurtungsblechen auf jeder Seite, von denen das untere, breitere (350/12) gleichzeitig zum Anschlusse der Blechhaut dient. Die Stärken der Winkel und der Hautbleche sind aus der Zeichnung ersichtlich.

Der Stemmdruck wird an den Schlagsäulen durch feste Holzleisten, welche gleichzeitig als Dichtungsleisten dienen, übertragen. Am Dremmel erfolgt die Dichtung ebenfalls durch feste Holzleisten. An der Wendesäule waren ursprünglich zwei Holzleisten

angeordnet, eine in Richtung der Längsaxe des Thores zur Übertragung der in dieser Richtung fallenden Seitenkraft und eine andere senkrecht zu dieser Richtung, welche, als Dichtungsleiste dienend, von der in diese Richtung fallenden Seitenkraft des Stemmdruckes gegen die Nische geprefst werden sollte. Höheren Ortes ist indessen die erstere Leiste in die Richtung der Mittelkraft des Stemmdruckes verlegt, wie F. 16 u. 17, T. XI zeigt, sodafs die feste Dichtungsleiste theoretisch keinen Druck zu übertragen hat und nun zweckmäßiger beweglich einzurichten wäre, um wenigstens durch den unmittelbaren Wasserdruck zum Anliegen gebracht zu werden.

Die Zahnstange, welche das Thor bewegt, greift in der halben Länge des Thores zwischen Riegel VII und VIII (von unten zählend) an. Außerdem hat das Thor noch eine Sicherheits- oder Rückhaltskette erhalten, die an der Schlagsäule auf Ordinate + 21,85 befestigt ist.

An der Rückseite des Thores sind längs der Gurtungen der sechs oberen Riegel Holzleisten angebracht, mit denen sich das Thor in geöffnetem Zustande gegen das Mauerwerk stützt. Welche Teile des Thores bei gewöhnlichem Betriebe mit Luft und welche mit Wasser gefüllt sind, ergibt sich aus der Zeichnung.

An Material haben die Flügel der vier Fluthore und eines Reserve-Fluthores der beiden Schleusen zu Brunsbüttel erfordert: 1120 Tonnen Flufseisen, 6,9 Tonnen Flufsstahl für die Zapfen, Naben, Halsbänder, Bolzen, Keile, 25,0 Tonnen Gufseisen für die eingemauerten Gufskörper, Ankerplatten, Spurlager, 108 Meter Schutzketten von 26 mm Eisenstärke und 38 cbm Eichenholz für Stemm dichtungsleisten, Belag und Treppen. Ein einzelner Flügel enthält also den zehnten Teil dieser Massen.

Die Ebbethore T. XII, F. 13—16 sind Ständer-Stemmthore mit nur einem Riegel zur Übertragung des Stemmdruckes. Die Mittellinie dieses Riegels liegt auf Ordinate + 20,39. Sein Querschnitt wird gebildet: erstens aus der Blechwand, die im mittleren Teile 12 mm dick nach den Enden zu bis auf 64 mm verstärkt ist, zweitens aus den beiden Gurtwinkeln von $100 \times 100 \times 14$ für jede Gurtung und drittens aus den Gurtplatten, welche ausschliesslich auf der Oberwasserseite liegen. In der Riegelmitte sind deren eine von 500×12 mm und von 360×12 mm vorhanden. Der Riegel dient als obere Stütze der senkrechten Ständer, deren zwischen Wende- und Schlagsäule acht Stück vorhanden sind. Durch diese aus Stehblech mit Gurtwinkeln gebildeten Ständer wird der ganze Hohlraum des Thores — abgesehen von der Wendesäule — in neun Abteilungen von 1,45 m Breite, der Höhe des ganzen Thores, und der wechselnden Tiefe desselben zerlegt. Die vierte dieser Abteilungen, von der Wendesäule aus gerechnet, dient wieder als Einsteigeschacht, ist oben über den Riegel noch bis Ordinate + 21,22 verlängert und durch Mannlochdeckel wasserdicht abgeschlossen. In dem Schachte befindet sich wieder ein Wasserstrahl-Elevator, mit dem man nach Bedarf die einzelnen Thorteile trocken legen kann. Die Trennung der einzelnen Abteilungen des Thores erstreckt sich aber nicht bis auf die einzelnen Räume zwischen den Ständern, sondern ist wie folgt durchgeführt. In Höhe von + 14,487 ist eine horizontale Scheidewand durch das ganze Thor mit Ausnahme des Schachtes durchgeführt, welche zu beiden Seiten des Schachtes eine obere von einer unteren Abteilung trennt. Diese vier Abteilungen sind durch die Stehbleche der Ständer in kleinere Zellen geteilt, die jedoch durch stets offene Mannlöcher in den Ständern miteinander in dauernder Verbindung sind und außerdem gemeinsam in der Sohle nach einem Punkte zu entwässern, sodafs für die beiden übereinanderliegenden Abteilungen zwischen Schacht und Schlagsäule nur je ein Saugrohr, für die beiden nach der Wendesäule zu liegenden

nur ein gemeinsames Saugrohr vorhanden ist. Der Zutritt zu den vier Abteilungen vom Schacht aus erfolgt durch je ein dicht zu schließendes Mannloch. Als Luftkammer während des Betriebes dient ausschließlich die unter + 14,487 zwischen dem Schacht und der Schlagsäule liegende Abteilung. Die übrigen Abteilungen können durch Rohre mit Schieberverschluss mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden. Die Anordnung der Luftzuleitungsrohre ist ähnlich wie bei den Fluthoren.

Als Dichtungsleisten sind wie bei den Fluthoren feste Holzleisten längs der Schlagsäule, der Wendesäule und dem Dremmel angeordnet, sodafs also eine vollkommene Dichtigkeit bei der bedeutenden Länge der Thore zu jeder Jahreszeit nicht zu erwarten ist. Da von Wassermangel beim Nord-Ostsee-Kanal keine Rede sein kann, haben diese Undichtigkeiten keine Bedeutung. Die Anordnung der Stemmlager wird im nächsten Paragraph besprochen.

Beide Gurtungen des Riegels sind mit starken Holzleisten versehen. Die eine derselben dient zur Stütze des Riegels gegen das Mauerwerk der Thornische, die andere als Streich- oder Scheuerleiste, wenn das Thor geöffnet ist. Auch an der Unterkante des Thores, gegenüber der Dichtungsleiste, ist eine Stützleiste oder Polster für das geöffnete Thor angebracht. Die Bewegungsvorrichtung durch Zahnstange und Rückhaltkette entspricht der Anordnung bei den Fluthoren.

Die vier Ebbethore und die Flügel eines Reservethores für die beiden Schleusen zu Brunsbüttel enthalten 852,7 t Flusseisen in den Thoren selbst, 36 t desgl. in den Nischenabdeckungen und Geländern, 14,4 t Flusstahl in Zapfen u. s. w., 22,7 t Gußeisen in Lagern, Ankerplatten u. dergl., 108 m Schutzketten von 26 mm Stärke und 34,3 cbm Eichenholz in Leisten und Belag, ein Flügel also den zehnten Teil.

Die in F. 8—12, T. XII dargestellten Sperrthore der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals endlich sollen bekanntlich den Zweck erfüllen, vor dem Schluß der Ebbe- oder Fluthore die durch die Schleuse nach innen oder aufsen stattfindende Strömung abzuschneiden, um den Schluß der eigentlichen Thore alsdann in ruhigem Wasser vornehmen zu können. Um das Schließen dieser Thore bei der bis 1,5 m Geschwindigkeit annehmenden Strömung ohne zu großen Kraftaufwand ausführen zu können, sind dieselben mit sehr großen Schützenöffnungen versehen, die erst geschlossen werden, wenn das Sperrthor selbst zuvor zum Schluß gebracht wurde. Die Schützenöffnungen liegen im oberen Teile des Thores, sodafs die Schützen, wenn sie geschlossen werden sollen, von unten nach oben gezogen werden. So lange die Schützen offen sind, bildet das geschlossene Thor also gleichsam ein Grundwehr, welches eine große Wassermenge abführt. Die Sperrthore beider Schleusen müssen stets gleichzeitig geschlossen werden, weil der vorherige Schluß der Thore in der einen Schleuse die Geschwindigkeit des Wassers in der anderen und damit die Schwierigkeit des Thorschlusses steigern würde. Für die Lage der Schützenöffnungen oben und möglichst nach der Schleusenmitte zu war die Erwägung maßgebend, dafs in diesem Teile des Querschnittes des fließenden Wassers die größte Geschwindigkeit herrscht, sodafs also, wenn man diesen Teil im Thor während des Schließens derselben offen hält, das Thor selbst den geringsten Wasserstofs bekommt. Die Bewegung der Schützen von unten nach oben für das Schließen derselben wurde deswegen für die zweckmäßigere gehalten, weil dabei das etwa durch die Öffnungen fließende Treibeis nicht festgeklemmt werden kann. Es wird vielmehr von den Schützen aus dem Wasser gehoben und kann leicht beseitigt werden.

Was nun die Thoronstruktion in statischer Beziehung betrifft, so ist das Thor wie das Ebbethor ein Ständer-Stemmthor mit nur einem auf Ordinate + 19,99 liegen-

den Riegel. Das Stehblech des Riegels — in der Mitte 12 mm stark — nimmt nach den Enden an Stärke bis 58 mm zu und hat für jede Gurtung je zwei Winkel $90 \times 90 \times 11$. Die vier Gurtplatten, eine von 400 mm und drei von 250 mm Breite bei je 12 mm Dicke, sind nur auf der Oberwasserseite vorhanden, um einen möglichst unsymmetrischen Querschnitt zu erhalten, vergl. § 16, Fig. 92 a. An den Riegel schließensich sich nach unten an die Wendesäule, die Schlagsäule und drei Mittelständer. Unten sind diese fünf Teile durch den Schwimmkasten verbunden, in welchen man sowohl von der Schlag- als auch von der Wendesäule aus durch Mannlöcher gelangen kann. Diese beiden besteigbaren Säulen sind oben durch Mannlochverschlüsse gegen das Eindringen von Wasser gesichert. Die Verbindung zwischen den vier Abteilungen des Schwimmkastens, welche durch die drei Mittelständer gebildet werden, ist ebenfalls durch Mannlöcher hergestellt. Die Lenzpumpe für das Thor ist in der Wendesäule untergebracht, wohin der ganze Hohlraum entwässert.

Außer dem unteren Schwimmkasten, der, im Betriebe stets wasserfrei, zur Entlastung von Zapfen und Halsband dient, ist über dem Riegel noch ein zweiter Schwimmkasten angebracht, welcher nur den Zweck hat, das Thor schwimmfähig zu machen, wenn es, vom Zapfen gehoben, behufs Ausführung von Ausbesserungen fortgefördert werden soll. Während des Betriebes hat das Wasser in diesen Kasten Zutritt.

Neben dem unteren Schwimmkasten und zwar auf der Unterwasserseite desselben finden die Schützen, wenn das Wasser durch das Thor fließt, ihren Platz. Da die zu verschließende Schützenöffnung höher ist, als der Schwimmkasten unten, so sind die Schützen aus zwei Teilen hergestellt, die bei geöffnetem Schütz hintereinander liegen. Beim Schließen sowohl als beim Öffnen wird nur der eine dieser beiden Schützteile, der mit der zur Bewegung dienenden Kette ohne Ende (Galle'sche Kette) verbunden ist, von dieser unmittelbar bewegt, während der andere, dem Schwimmkasten zunächst liegende Schützteil durch passend an beiden angebrachte Knaggen mitgenommen wird. Die Schützen sind ganz ähnlich denjenigen für die Umläufe (vergl. § 23) als Rollenschützen konstruiert, nur sind hier die Dichtungsleisten mit Ledergelenk fortgelassen, weil es auf einen vollkommen dichten Abschluss nicht ankommt. Die Ketten ohne Ende, welche die Schützen ziehen, laufen über eine oben über dem Riegel gelagerte Antriebswelle, die mit den hydraulischen Motoren am Lande durch Universalgelenke verbunden sind. Die hölzernen Dichtungsleisten sind fest mit der Schlagsäule, der Wendesäule und dem unteren Thorrande verbunden. Über die Kraftübertragung vergl. § 22.

Öffnen und Schließen des Thores erfolgt wie bei den anderen Thoren durch Zahnstange, die oben am mittleren Zwischenständer angreift. Für das Schließen des Thores wird die Zahnstange durch eine in der Mitte mit einem Gewicht belastete Rückhaltkette unterstützt, welche an dem der Schlagsäule zunächst gelegenen Mittelständer angreift. Infolge dieser Lage nimmt die Kette einen großen Teil des gegen das zu schließende Thor wirkenden Wasserdruckes auf und zwar um so mehr, je näher das Thor dem Schlusse kommt. Wie die anderen Thore hat auch dieses Thor unten und oben am Schwimmkasten, sowie oben am Riegel Polster oder Stützleisten, mit denen es sich in geöffnetem Zustande gegen das Mauerwerk der Thornische lehnt.

An Material enthalten die Flügel der vier Sperrthore und eines Reservethores für die beiden Elbschleusen: 586 t Flußeisen in den Thoren selbst, 36 t in den Nischenabdeckungen und Geländern, 14,4 t Flußstahl in Zapfen u. s. w., 25,6 t Gußeisen in Lagern, Ankerplatten u. s. w., 29,6 t Gußeisen für die Gegengewichte der Rückhaltketten, 95 m Rückhaltketten von 33 mm Eisenstärke, 75 cbm Eichenholz für Bohlenbelag,

Treppen, Dichtungs- und Scheuerleisten. Die Schützen- und Bewegungsketten sind in dem Material nicht mit enthalten.

Die Thore für die Holtener Schleusen weichen nur in den Höhen von den Brunsbütteler Thoren ab, sind im übrigen aber diesen möglichst gleich gehalten. —

Ständerthore ähnlich den oben beschriebenen Ebbethoren hat auch die neue Schleuse zu Havre als Ersatz der alten, auf S. 205 geschilderten und auf T. VIII, F. 12 dargestellten Holzthore erhalten.⁶⁷⁾ Als Vorläufer der Sperrthore können, beiläufig bemerkt, die Thore für das Barry-Dock bei Cardiff gelten, welche bei einer Ausströmungsgeschwindigkeit des Wassers von 0,73 m geschlossen werden sollen und zur Verminderung des Wasserdrucks mit je sechs ziemlich großen Schützen aber im unteren Teile des Thores versehen sind.⁶⁸⁾

Eine in statischer Beziehung nicht ganz klare Konstruktion zeigen die in den Ann. des ponts et chaussées 1892, I, S. 658 beschriebenen Thore der Schleusen des Kanals von Havre nach Tancarville zu Havre. Nach genannter Quelle soll für diese Thore dasselbe System gewählt sein, wie für die eben erwähnten Thore der Schleuse für die transatlantischen Dampfer in derselben Stadt, vergl. S. 194. In der That besitzen jene Thore auch oben einen einzigen durchgehenden Riegel, aber ohne stählernen Stemmkopf an der Schlagsäule. Von dem Riegel gehen zwischen Schlag- und Wendesäule drei Ständer nach unten, aber zwischen diesen Ständern sind noch drei horizontale Verbände in einzelnen Teilen eingebaut, die von der Schlagsäule bis zur Wendesäule reichen und an letzterer je mit einem stählernen Stemstück versehen sind, wie die Thore zu Ablon und Charenton. Die Thore haben also die Ständerkonstruktion, wirken aber als Riegelthore, und es wäre wohl richtiger gewesen, durchgehende Riegel anzuwenden.

Ausführung und Aufstellung. Zum Schluß möge einiges über die Ausführung und namentlich die Aufstellung der eisernen Thore gesagt werden. Kleinere Thore wird man am zweckmäßigsten in der Fabrik fertigstellen und zur Baustelle geliefert in derselben Weise aufstellen, wie die hölzernen. Bei großen Thoren ist diese Ausführungsweise nicht mehr durchführbar. Man wird sie in einzelnen Teilen zur Baustelle liefern und dort zusammenbauen müssen. Ohne Zweifel ist nun die in der Fabrik fertiggestellte Arbeit nicht nur billiger, sondern auch besser, als die auf der Baustelle auszuführende. Man wird also bei dem Entwurfe großer eiserner Thore die Stoffsverteilung so einzurichten haben, daß es möglich ist, große Teile in der Fabrik fertig zu stellen und die Arbeit auf der Baustelle thunlichst zu beschränken. Namentlich die Wendesäule, sowie die Hauptteile des tragenden Gerippes (die Riegel oder Ständer), sollte man stets fertig zur Baustelle liefern lassen, sodaß die Arbeit an Ort und Stelle sich auf die Zusammensetzung des Gerippes und die Bekleidung desselben mit der Blechhaut beschränkt. Unsere großen Fabriken sind im Stande, Stücke von den Abmessungen der größten Wendesäulen abzdrehen, sie können also das obere und untere Lager derselben in der Fabrik genau centrisch herstellen, sodaß eine derartig angefertigte Wendesäule auf der Baustelle ebenso genau montiert werden kann, wie eine große stehende Maschinenwelle. Beim Montieren wird selbstverständlich zunächst der Zapfen an seiner genauen Stelle in der Wendenscheibe aufgestellt und vergossen, darauf die Wendesäule senkrecht auf denselben gestellt und erst dann das Halslager nach der senkrechten Wendesäule angebracht und vergossen. Letzteres muß mit guten Einstellungs- und Verschiebvorrichtungen versehen sein, die geringe Verschiebungen der Lageraxe gegen den bereits vergossenen Lagerkörper nach allen Richtungen hin ermöglichen, um auf diese Weise eine recht große Genauigkeit erzielen zu können.

⁶⁷⁾ Ann. des ponts et chaussées 1887, II, S. 411 u. f., auch Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, S. 743.

⁶⁸⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 419.

Wenn die Dichtung zwischen dem Thor und dem Mauerwerk, wie in den meisten Fällen, mittels fester oder beweglicher Holzleisten bewirkt wird, so geschieht das Anpassen derselben an das Mauerwerk in derselben Weise, wie bei hölzernen Thoren und bietet keine Schwierigkeiten. Wo dagegen Eisen auf Stein liegen soll, ist die Dichtung um so schwieriger, je größer die Berührungsflächen sind. In der Arbeit von Rechtern und Arnold über den Bau der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven (Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1891) wird daher mit Recht davor gewarnt, die ganze eiserne Wendesäule zum dichten Schlufs in der steinernen Nische bringen zu wollen und statt dessen vorgeschlagen, nur eine eiserne, nach dem Stemmdruck zu bemessende Stemmleiste und eine getrennte Dichtungsleiste zu genauerm Schlusse zu bringen. Man vergleiche auch das früher in § 17 hierüber Gesagte.

Meistenteils ist der weitere Verlauf des Montierens der, daß an die fertiggestellte und zum Schlusse gebrachte Wendesäule zunächst der untere Thorteil angebaut und zum dichten Schlufs am Dremmel gebracht und darauf die Schlagsäule und die übrigen Teile angefügt und die Dichtung zwischen den beiden Schlagsäulen des Thorpaares hergestellt wird.

Eine ausführliche Beschreibung des in dieser Weise vorgenommenen Montierens der Thore für die zweite Hafeneinfahrt in Wilhelmshaven findet man in der oben angeführten Arbeit.

In etwas anderer Weise verfährt die Firma Harkort beim Montieren der Thore für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals. Dieselbe wendet fahrbare Gerüste an, welche auf Schienen bewegt werden können, die im Thorkammerboden verlegt sind. In diesen Gerüsten werden die Thorflügel im Gerippe zusammengesetzt und vernietet, sodafs ihnen nur noch die Hauptteile der Haut fehlen. Darauf werden die Gerüste mit den Thorgerippen über den Zapfen gefahren und mit Hilfe von Winden u. s. w. eingehängt. Nach Entfernung der Gerüste wird dann zunächst der dichte Schlufs durch Einpassen der Dichtungsleisten bewirkt und schliesslich die Haut eingebaut und vernietet. Bei dieser Anordnung sind die Thore während des ersten Teiles des Montierens bequemer zugänglich, als wenn der ganze Aufbau unmittelbar über dem Zapfen erfolgt.

Ungünstiger stellen sich die Verhältnisse, wenn die Thore ohne Trockenlegung der Schleuse montiert werden müssen. Dies war der Fall bei den neuen eisernen Ständerthoren der Schleuse für die transatlantischen Dampfer zu Havre, welche, wie oben erwähnt, als Ersatz alter Holzthore gebaut in die alten Lagerpfannen derselben eingehängt wurden und nur oben neue Halslager bekamen.

Dort wurden die vorher in der Fabrik zusammengepaßten Thore nahe der Verwendungsstelle liegend zusammengenietet und in dieser Lage durch inneren Wasserdruck auf ihre Dichtigkeit untersucht. Nach vollständiger Abdichtung wurden sie auf hölzernen Gleitbahnen von 0,14 zu 1 Neigung zu Wasser gelassen. Das Gewicht eines Thorflügels von 17,5 m Länge und 9,8 m Höhe betrug 160 t, sein Inhalt 248 cbm. Der Flügel wurde nun in das Schleusenhaupt geflößt, mit dem oberen Rahmen gegen die Schleusenwand gekehrt und hier mittels des in Fig. 139 und 140 dargestellten Gerüstes durch sechs Differentialflaschenzüge angehoben. Diese Arbeit wurde bei Hochwasser vorgenommen, indem in den unteren Teil des Thores Wasserballast eingelassen wurde. In dem Masse, wie mit der Ebbe der Wasserstand sich senkte, liefs man auch den Flügel sinken, wobei ein Taucher von Zeit zu Zeit die Stellung des Zapfens zum Zapfenlager anzeigte. Der erste Thorflügel erforderte zum Einhängen vier Stunden, bei den anderen geschah dies in $2\frac{1}{4}$ Stunden und zwar von dem Zeitpunkte an, wo der Flügel

in das Schleusenaupt gebracht war, bis zu dem, wo er eingehängt und das Halsband geschlossen war.

Die Quelle⁶⁹⁾ giebt nicht an, wie es bei dieser Art der Aufstellung möglich war, die hölzernen Dichtungsleisten zum wasserdichten Schlufs zu bringen. Waren dieselben fest, so wäre ein dichter Schlufs nur durch einen besonders glücklichen Zufall denkbar. Waren dieselben aber — was nach der Zeichnung nicht ausgeschlossen erscheint — an der Wendesäule und am Drempel beweglich, so machte die Dichtung keine Schwierigkeiten. Die richtige Einstellung der Thore für die Kraftübertragung kann keine Schwierigkeiten bereitet haben, da das Thor als Ständer-Stemmhthor nur oben sich gegen das Mauerwerk stützte.

Die Probe des Thores auf Dichtigkeit durch inneren Wasserdruck, welche in Havre bereits auf dem Lande vorgenommen wurde, kann bei Thoren, welche in der trockenen Schleuse montiert werden, sehr unbequeme Stemmarbeiten verursachen, wenn sich Undichtigkeiten an der bereits in der Wendensische stehenden Wendesäule zeigen. Es ist daher wünschenswert, die Wendesäule bereits vorher in der Fabrik auf ihre Dichtigkeit zu prüfen. — Wegen etwaiger Stemmarbeiten an der Unterfläche des Thores vergleiche man § 8, S. 115.

Die Laufbrücken werden nachträglich angebracht; verschiedene Anordnungen derselben hat Landsberg in dem mehrfach erwähnten Heft S. 55 u. 56 zusammengestellt.

§ 20. Zapfen, Pfannen und Verankerungen. Stemmlager. Rollen. Vorrichtungen zum Stützen der offenen Thore.

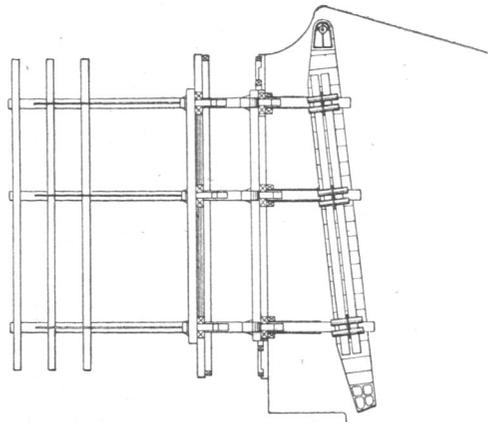
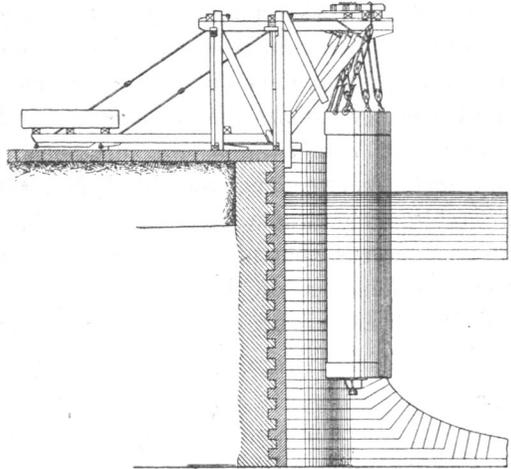
Material. Bekanntlich bilden sich galvanische Ströme, wenn verschiedenartige Metalle miteinander in Berührung treten, während sie vom Seewasser benetzt werden, und die Folge davon ist, daß das eine der Metalle zerstört wird. Aus diesem Grunde wird man bei eisernen Thoren von Seeschleusen die Verwendung von Bronze oder Kupfer oder irgend welcher Legierungen für Teile, welche zeitweilig unter Wasser liegen, vermeiden müssen und nur Gufseisen, Schmiedeeisen oder Stahl anwenden, trotzdem das Eisen und namentlich das Gufseisen an sich vom Seewasser mehr angegriffen wird als Bronze und Kupfer allein. Bei den großen neueren Thoren aus Eisen findet man daher keine Zapfen und Pfannen aus Bronze mehr; für die Holzthore

Fig. 139 u. 140.

Schleuse der transatlantischen Dampfer zu Havre.

Gerüst zum Einhängen der Thore. Aufrifs und Grundrifs.

M. 0,03.



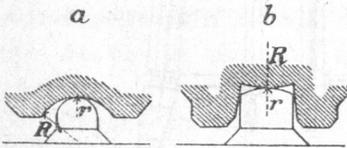
⁶⁹⁾ Ann. des ponts et chaussées 1887, II, S. 411 und Zeitschr. d. Ver. zu Hannover 1888, S. 743.

— vorausgesetzt, daß sie mit den Eisenbeschlägen nicht in Berührung kamen — waren dieselben nicht unzweckmäßig. Bei dem Ersatze der alten Holzthore in der Schleuse der transatlantischen Dampfer zu Havre durch eiserne hat man sich allerdings genötigt gesehen, die alten Bronzefpannen, welche im Thorkammerboden festsaßen, beizubehalten und die an den Thoren befestigten Stahlzapfen in denselben laufen zu lassen; neuere Erfahrungen sollen auch ergeben haben, daß Bronze viel weniger auf Eisen einwirke, als Rotkupfer und daß diese Wirkung nicht wahrnehmbar sei, sobald die Masse oder die Fläche der Bronze im Verhältnis zu der des Eisens oder Stahls nur klein sei. Immerhin ist Vorsicht geboten; für Neuausführungen unter Wasser ist also die ausschließliche Verwendung von Stahl und Eisen vorzuziehen, und zwar namentlich des Gußstahls auch für die Teile (Lagerstühle u. s. w.), die man früher ausschließlich aus Gußeisen herzustellen pflegte. Für Halslager dagegen, die nie unter Wasser kommen, ist es zweckmäßig, die im Maschinenbau üblichen Kompositionen für die Lagerfutter zu verwenden, weil bei denselben die Reibung geringer wird.

Form und Berechnung. Anordnung im allgemeinen. Was die allgemeine Anordnung anlangt, so darf das früher übliche Verfahren, den unteren Zapfen an der Wendesäule anzubringen und in eine festliegende Pfanne zu stellen, als ganz beseitigt angesehen werden. Der wichtigste Nachteil dieser Anordnung besteht darin, daß die Pfanne unfehlbar feine Sandkörner aufnimmt, welche bei jeder Drehung des Thores ein Ausschleifen bewirken, sodaß nach einiger Zeit ein unsicherer Gang erfolgen muß. Es wird deshalb jetzt stets der untere Zapfen in dem Boden der Thorkammer aufrecht stehend und die Pfanne an der Wendesäule angebracht.

Die Form des unteren Zapfens wurde früher vorwiegend nach den beiden durch Fig. 141 dargestellten Skizzen gebildet. Theoretisch würde die Berührung in beiden

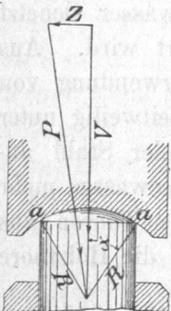
Fig. 141.



Fällen nur in einem Punkte geschehen, aber infolge der Zusammendrückung und Abnutzung des Materials bildet sich eine größere Berührungsfläche heraus. Das Bedenkliche dieser Anordnung liegt darin, daß bei größeren Thorgewichten die Berührungsflächen zu klein, die Reibung also zu stark werden kann, sodaß sich Zapfen und Pfannen bei der Bewegung einfressen, und

dann mehr Widerstand verursachen, als wenn sie sich von Anfang an in größeren Flächen berührt hätten. Man hat daher in neuerer Zeit die beiden Radien R und r der Konstruktion nach Fig. 141 *a* sehr wenig voneinander verschieden gemacht oder auch wohl dieselben gleich groß angeordnet, wie bei den Thoren der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals (Fig. 157, S. 231). Die Ausführung nach Fig. 141 *b* eignet sich,

Fig. 142.



wie die weiter unten mitgeteilte Formel ergibt, nur für geringe Zapfendrucke. Bei derselben ist eine seitliche Führung des Zapfens in der Pfanne unerlässlich zur Aufnahme des Horizontalschubes, der unter Umständen eintreten kann. Es empfiehlt sich daher, bei dieser Anordnung die Pfanne oben dicht schließend anzuordnen, dieselbe aber zur Erleichterung des Einsetzens nach unten zu erweitern. Wird der Zapfen nach Fig. 141 *a* gebildet, so ist eine seitliche Führung entbehrlich.

Bildet man den Zapfenkopf nur als flache Kugelkalotte aus (Fig. 142), so kann die seitliche Führung in den meisten Fällen auch entbehrlich werden. Man hat aber darauf zu achten, daß bei ordnungsmäßigem Betriebe die aus dem senkrechten Zapfendrucke V und dem

Horizontalschube Z entspringende Mittelkraft P , durch den Mittelpunkt der Kugel gezogen, die Kalotte nicht zu nahe der Kante a schneide. Es empfiehlt sich, den Halbmesser der Kugel so zu wählen, daß P die Kalotte womöglich im mittleren Drittel schneidet.

Dies trifft ein, wenn der Winkel α so bestimmt wird, daß

$$\operatorname{tang} \frac{\alpha}{3} \geq \frac{Z}{V} \quad \dots \dots \dots 35.$$

ist, worin Z und V die in den Gleichungen 27 u. f. in § 16 angegebenen Werte haben.

Für Zapfen nach der Form der Fig. 141 a , bei denen aber $R = r$ gemacht und die Gleitflächen eine volle Halbkugel umfassen, ist nach Landsberg zu nehmen:

$$R \geq 0,691 \sqrt{\frac{P}{K}} \quad \dots \dots \dots 36.$$

Darin bedeutet R den Kugelhalbmesser in cm, P den Zapfendruck, der senkrecht angenommen ist, K die zulässige Belastung für 1 qcm, beides in Tonnen. K kann für Gufseisen = 0,25, für Schmiedeeisen = 0,75, für Stahl = 1,0 gesetzt werden.

Für Zapfen mit dem Centriwinkel 2α , welche als Oberfläche eine Kugelkalotte nach Fig. 142 haben, lautet der Ausdruck:

$$R \geq 0,691 \sqrt{\frac{P}{K(1 - \cos^3 \alpha)}} \quad \dots \dots \dots 37.$$

α ist darin nach Gl. 35 zu bestimmen. Die Werte von K sind so groß, wie vorhin angegeben. Der Zapfendurchmesser wird dann:

$$D = 2R \cdot \sin \alpha \quad \dots \dots \dots 38.$$

Für Zapfen nach der Form der Fig. 141 b giebt Landsberg den Ausdruck:

$$K^2 = 12,75 P \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) \quad \dots \dots \dots 39.$$

K und P sind wieder in Tonnen, die Radien R und r der beiden Kugelflächen in cm einzuführen. Giebt man beiden Kugelflächen gleiche Krümmung, also $R = r$, so erhält man $K^2 = \frac{25,5 P}{R}$ oder

$$R = \frac{25,5 P}{K^2} \quad \dots \dots \dots 40.$$

Setzt man in Gl. 39 $R = \infty$, d. h. nimmt man statt der einen Kugelfläche eine Ebene, wie z. B. F. 19, T. IX von der Schleuse des Hafenbassins zu Geestemünde zeigt, so erhält man:

$$r = \frac{12,75 P}{K^2} \quad \dots \dots \dots 41.$$

Die Werte für R und r werden sehr groß, selbst wenn man K , was hier zulässig ist, größer nimmt als gewöhnlich üblich ist. Man kann setzen für Schmiedeeisen $K = 1,5$ t und für Gufsstahl $K = 2$ t.

Bei den Zapfen soll man niemals an Material sparen, da ein Bruch derselben ohnehin mitunter vorkommt⁷⁰⁾ und sehr unangenehme Störungen verursacht. Man macht dieselben daher meist wesentlich stärker als die Rechnung erfordert.

Bei Schwimmthoren soll man stets auch dem Umstande Rechnung tragen, daß durch einen Unglücksfall der Schwimmkasten voll Wasser laufen kann, sodafs der Auftrieb fast ganz fortfällt. Auch für diesen Fall muß Zapfen und Halsband unbedingt stark genug sein.

⁷⁰⁾ Von großen Schleusenthoren, an denen Zapfenbrüche vorkamen, mögen erwähnt werden: die Geestemünder Schleuse, die Schleuse der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven und die Schleuse für die transatlantischen Dampfer zu Havre.

Fig. 143.

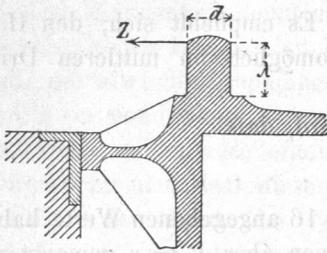
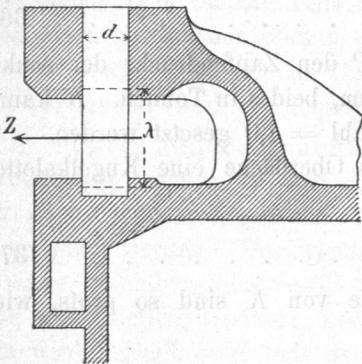


Fig. 144.



Zur Berechnung der Halszapfen, die nur an einem Ende unterstützt sind (Fig. 143), dienen die Formeln:

Für Gufseisen:

$$d = 0,342 \sqrt[3]{Z \cdot \lambda} \dots \dots \dots 42.$$

für Schmiedeeisen:

$$d = 0,24 \sqrt[3]{Z \cdot \lambda} \dots \dots \dots 43.$$

für Stahl:

$$d = 0,22 \sqrt[3]{Z \cdot \lambda} \dots \dots \dots 44.$$

λ ist die Zapfenlänge in cm, d der Durchmesser in cm und Z der nach § 16, Formel 27 u. f. zu berechnende Zug in kg.

Ist der Zapfen doppelt gestützt, wie Fig. 144 von den Schleusen des Oder-Spree-Kanals zeigt, so lauten die Formeln:

Für Schmiedeeisen:

$$d = 0,15 \sqrt[3]{Z \cdot \lambda} \dots \dots \dots 45.$$

für Stahl:

$$d = 0,135 \sqrt[3]{Z \cdot \lambda} \dots \dots \dots 46.$$

Auch hier empfiehlt es sich, d und λ reichlich stark zu machen.

Für den oberen Zapfen (den Halszapfen) und das Halsband kommt in Betracht, daß es von großem Vorteil ist, wenn der Thorflügel nach Wegnahme des Halsbandes senkrecht in der Thornische oder wenigstens in der Wendenische aufgewunden und niedergelassen werden kann. Es wird dadurch das bei Reparaturen sich oft wiederholende Ausnehmen und Einhängen der Thore sehr erleichtert und für den unteren Zapfen ungefährlich gemacht. Schon deswegen wird das Halsband nicht mit dessen Verankerung im Mauerwerk u. s. w. aus einem einzigen oder schwer zu lösenden Stück gebildet. Außerdem ist aber zuerst bei der Einhängung der Thore (vergl. § 18 u. 19 am Schluß), sodann von Zeit zu Zeit wegen etwaigen Nachgebens der Verankerung, wegen der Abnutzung zwischen Zapfen und Halsband u. s. w. ein sorgfältiges Centrieren des Halsbandes über dem Mittelpunkt des unteren Zapfens notwendig, damit die Drehaxe des Thorflügels genau senkrecht steht. Dieses Centrieren kann mit den meist gröberen und entfernter liegenden Schrauben oder Keilen der Verankerung nicht bequem genug geschehen, weshalb man fast allgemein zwischen dieser und dem Halsbande noch eine besondere Vorrichtung einschaltet. Dieselbe muß dicht hinter der Wendenische, geschützt aber leicht zugänglich liegen und so, daß nach Lösung der Verbindung das Halsband weggenommen und das Thor senkrecht gehoben werden kann.

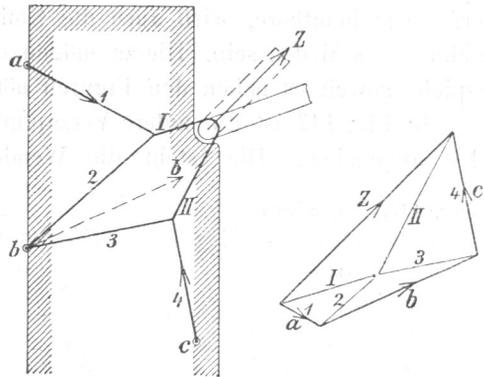
Verankerung. Zu dem angegebenen Zwecke besitzt das Halsband oder Halseisen nicht selten zwei Schenkel, welche in die zwei Schenkel der Verankerung übergehen. Die letztere muß fast in jeder Stellung des Thorflügels dessen Zugrichtung so aufnehmen, daß die einzelnen Schenkel möglichst wenig auf Biegung beansprucht, sondern in ihrer Längenrichtung gezogen werden. Um die Biegung zu verhindern, bringt man wohl schon nahe an der vorderen Mauerseite in den Ankerschenkeln feste Bolzen an. Doch wird dadurch das Mauerwerk leicht zerklüftet, indem diese vorderen Bolzen unter Umständen den ganzen Zug des Thores zu ertragen haben. Die Befestigungen der Ankerschenkel müssen so weit von der Mauerseite entfernt liegen, daß sie auch unter den

ungünstigsten Umständen hinreichendes Mauerwerk fassen. Dagegen kann man die Schenkel unbedenklich durch Queranker verbinden, welche unmittelbar hinter den zum Centrieren des Halsbandes dienenden Vorrichtungen liegen.

Wenn die Richtungen der beiden Anker den äussersten Thorstellungen entsprechen, so sind die Anker stets nur auf Zug beansprucht und zwar wechselt derselbe — horizontale Lage vorausgesetzt — in jedem Anker je nach der Stellung des Thores von O bis Z . Bisweilen findet man aber, um mehr Mauerwerk zu fassen, mehr als zwei Anker angewendet. Es ist dies jedoch nicht zu empfehlen, weil die statische Klarheit beeinträchtigt wird. Es empfiehlt sich vielmehr, denselben Zweck dadurch zu erreichen, dass man die ursprünglichen beiden Anker später verzweigt.

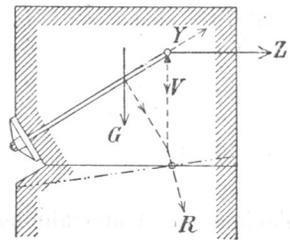
Fig. 145 zeigt die graphische Ermittlung der Ankerspannungen für eine mittlere Thorstellung nach Landsberg. Die Längen 1, 2, 3 u. 4, I u. II im Kräfteplan geben die Zerlegung des Gesamtzuges Z nach den Richtungen der gleichnamigen Ankerteile.

Fig. 145.



Das Gewicht des durch die Anker gefassten Mauerwerks muss so groß sein, dass die Mittelkraft aus Z und diesem Gewichte die untere Fuge nicht näher an der Kante schneidet, als die zulässige Druckinanspruchnahme des Mauerwerks gestattet; außerdem darf auch der Winkel der Mittelkraft R mit der Fugennormalen nicht größer sein, als der dem Mauerwerk entsprechende Reibungswinkel. In Fig. 146 ist Z zunächst in die Ankerspannung Y und die lotrechte Seitenkraft V zerlegt, Y ist mit dem Mauergerichte G und die Mittelkraft beider mit V zusammengesetzt und in dieser Weise R erhalten. Um die Gefahr der Verschiebung zu vermeiden, empfiehlt Landsberg, die Fugen möglichst senkrecht zu R anzuordnen, wie die strichpunktierte Linie andeutet. Man wird indessen meistens mit den bequemeren horizontalen Fugen auskommen, da unsere jetzigen Mörtel sehr großen Widerstand leisten und zwar mehr, als der einfachen Reibung entspricht.

Fig. 146.



Der Punkt, in welchem die Verankerung des Halsbandes aus der horizontalen Lage in die schräg nach unten gehende übergeführt wird, darf nicht zu nahe an der Vorderkante des Mauerwerks liegen, weil dieses sonst schädlich nach außen gedrückt würde. Es ist ferner zweckmäßig, an dieser Stelle kräftige Gelenke einzuschalten und die Seitenkraft V (Fig. 146) durch passende eiserne Unterlagsplatten oder Quader auf das Mauerwerk zu verteilen, ebenso an den Enden der Anker kräftige Platten anzubringen sind, deren Größe sich aus dem Ankerzuge Y und der zulässigen Pressung des Mauerwerks ergibt.

Sehr zweckmäßig ist es auch, die Anker so anzubringen, dass man sie herausnehmen und nachsehen kann. Man erreicht dies am einfachsten dadurch, dass man dieselben durch eingemauerte eiserne Rohre steckt, in denen man sie mit Talg oder Teer umgießen kann, um sie vor Rost zu schützen.

Gusseiserne Verankerungen oder auch nur ausgedehnte Teile derselben sollten möglichst vermieden und immer nur mit größter Vorsicht angebracht werden. Bei der

großen Sprödigkeit des Gufseisens sind ausgedehnte Platten selbst bei mäfsigen Erschütterungen sehr leicht der Gefahr des Springens ausgesetzt. Obgleich zahlreiche Beispiele von gesprungenen gufseisernen Verankerungen vorliegen, werden diese bei kleinen und selbst bei großen Schleusen, wie die Figuren 156, 159 u. 160 von den Schleusen zu Geestemünde und des Nord-Ostsee-Kanals zeigen, der bequemen Formgebung wegen mit Vorliebe angewandt. Bei den Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals sind übrigens nur die eingemauerten Teile aus Gufseisen, die frei liegenden Formstücke aus Gufsstahl. Da es auf den geringen Preisunterschied bei so wichtigen Teilen nicht ankommen kann, empfiehlt es sich, anstatt des Gufseisens durchweg möglichst zähen ausgeglühten Gufsstahl zu verwenden, oder diese Formstücke durch Zusammennieten herzustellen, wie bei den Thoren der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven geschehen ist.

Zapfen, Pfannen und Halsbänder hölzerner Thore. Je nach der Konstruktion der Thore als Holzthore, eiserne Thore mit nur einer Blechhaut, sowie endlich eiserne Schwimmthore, wird auch die Konstruktion der Zapfen und ihres Zubehörs im einzelnen verschieden sein. Hierzu mögen die in den Figuren 147 bis 162 dargestellten Beispiele, soweit es neben den Figuren nötig, etwas näher betrachtet werden.

In Fig. 147 ist die untere Verzapfung der größeren Papenburger Schleuse (vergl. § 18) angegeben. Hier steht die Wendesäule voll und abgesehen von dem 5 cm

Fig. 147. Papenburg.

Spurzapfen und Pfanne.

M. 0,025 (1 : 40).

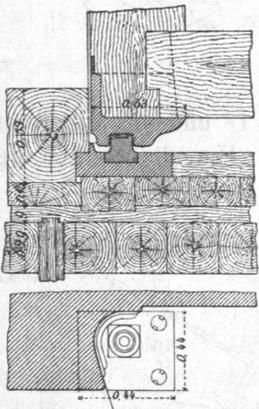
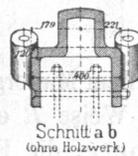


Fig. 148.

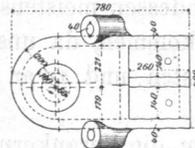
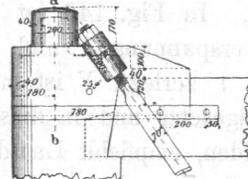
Schleusen der Main-Kanalisation.

Halszapfen und Haube.

M. 0,03.



Schnitt a b
(ohne Holzwerk)



dicken oberen Rande auch mit einer einzigen Fläche in dem mit der gufseisernen Pfanne verbundenen Schuh. Das Unterrahmstück liegt ausser mit seinen in die Wendesäule dringenden Zapfen noch in 7 cm Länge mit dem vollen Holz auf derselben Fläche. Der obere Rand des Schuhs umfasst jedoch nicht auch die Seiten-

flächen des Unterrahmholzes, um nicht bei dem Drehen des Thores in die Gefahr des Zerspringens gebracht zu werden, was z. B. für den Fall eines Klemmens des Thorzapfens in der eigentlichen Pfanne bei großen Schleusen sehr zu befürchten ist.

Diese Befürchtung wird übrigens nicht allgemein geteilt, wie Fig. 148 zeigt. Bei diesem Halszapfen, welcher einem hölzernen Thore von der Main-Kanalisation angehört, greift die Haube auf das Oberrahmstück über. In der That ist das Zerspringen auch wesentlich vom Material des Schuhs abhängig und eine betreffende Befürchtung nur bei Gufseisen gerechtfertigt, während bei der Verwendung von Gufsstahl eine Anordnung nach Fig. 148 recht zweckmäfsig erscheint.

Die gufseiserne Zapfenplatte in Fig. 147 ist 14,5 cm dick und trägt einen starken schmiedeeisernen, oben verstahlten und abgerundeten Zapfen, dessen Kopf von der umgekehrt konvex gerundeten Spur der Pfanne berührt wird. Die eigentliche Pfanne erweitert sich konisch mit einem Spielraum nach unten hin.

Auch für den oberen Zapfen der Papenburger Schleuse war ursprünglich eine gußeiserner, mit einem angegossenen 20 cm starken Zapfen versehene Haube projektiert, welche die volle Wendesäule umfassen und zugleich zu beiden Seiten die Zugstangen tragen sollte. Bei der Ausführung wurde jedoch an dem oberen Teile der Wendesäule ein Hals nach Fig. 149 angeschnitten. Derselbe erhielt zwar eine vollständige Umkleidung von Schmiedeeisen und es wurde, um die Kraft der Zugstange unschädlich zu machen, gleich unter dem Hals ein starker horizontaler Bügel gelegt. Dennoch muß diese Konstruktion, sowie die in F. 11, T. VIII angegebene als nicht tadellos bezeichnet werden. Es bildet sich nämlich erfahrungsmäßig fast bei allen nur mit einem Hals versehenen Holzthoren allmählich ein senkrechter Spalt von dem vorderen Teile des Halses abwärts in der Wendesäule aus, weil die Holzfasern derselben dort nicht ganz gleichmäßig beansprucht werden. Dieser Spalt ist für die Haltbarkeit des Thores sehr schädlich, zumal wenn er nicht, wie bei Fig. 149 allerdings geschehen, von oben bedeckt wird. Eine den ganzen Kopf der Wendesäule umschliessende und einen sicheren Zapfen tragende Haube ist daher unbedingt zu empfehlen.

Fig. 149. Papenburg.

Halszapfen und Halsband.
M. 0,025 (T:40).

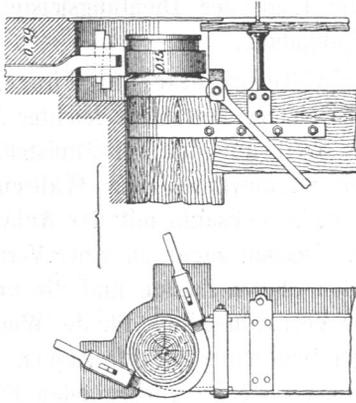
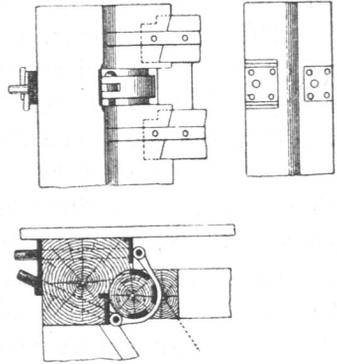


Fig. 150. Hölzerne Kammerschleuse bei Papenburg.

Halszapfen und Halsband. Ansicht der Wendensche.
M. 0,025 (1:40).



Dieser Spalt ist für die Haltbarkeit des Thores sehr schädlich, zumal wenn er nicht, wie bei Fig. 149 allerdings geschehen, von oben bedeckt wird. Eine den ganzen Kopf der Wendesäule umschliessende und einen sicheren Zapfen tragende Haube ist daher unbedingt zu empfehlen. Dieser Spalt ist für die Haltbarkeit des Thores sehr schädlich, zumal wenn er nicht, wie bei Fig. 149 allerdings geschehen, von oben bedeckt wird. Eine den ganzen Kopf der Wendesäule umschliessende und einen sicheren Zapfen tragende Haube ist daher unbedingt zu empfehlen.

Fig. 151 bis 153.

Oder-Spree-Kanal. Schleuse bei Fürstenwalde. M. 0,03.

Fig. 151. Haube und Halszapfen.

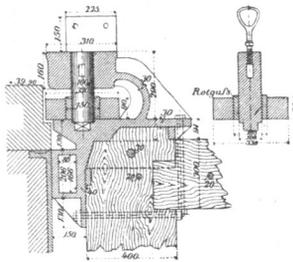


Fig. 153. Spurzapfen und Schuh.

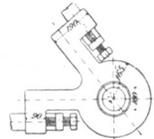
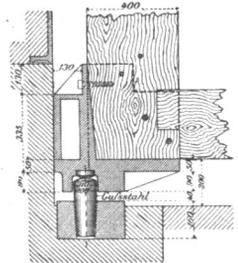


Fig. 152. Halslager.

Fig. 150 gibt ein Beispiel einer Verankerung bei hölzernen Seitenwänden, wenn zugleich, wie hier wegen der Laufbrücke gefordert war, der Hals niedriger liegt als die Oberkante des Thores.

Die Figuren 151 bis 153 stellen die Zapfen der hölzernen Thore für die Schleuse bei Fürstenwalde (Oder-Spree-Kanal) dar. Besonders bemerkenswert ist hier der Halszapfen, der nicht am Thore fest sitzt, sondern aus der den Kopf der Wendesäule umschliessenden Haube leicht herausgezogen werden kann. Die Haube ist so ausgebildet, daß sie dem Zapfen ein doppeltes Lager bietet (Fig. 151) und daß sie das Halslager, welches in Fig. 152 dargestellt ist, umschließt. Sowohl der Haube (Fig. 151) als auch dem Schuh für den unteren Zapfen (Fig. 153) sind seitlich Stemmkörper (Stütz-

winkel) angegossen, welche den Thordruck auf die Wendensche übertragen. Derartige Stemmkörper, wie sie auch die Figuren 134 bis 137, S. 209, F. 13, T. VIII und F. 4, T. X zeigen, erleichtern die Aufstellung des Thores sehr und machen die Excentricität (vergl. S. 169) entbehrlich, indem nur wenige Punkte genau passend einzuarbeiten sind.

Wenn man übrigens die Drehaxe nicht excentrisch legt, so muß entweder die Dichtungsleiste der Wendensäule einen trapezförmigen Querschnitt erhalten (Fig. 155, auch F. 8 u. 9, T. X), oder es muß die Lage der Dichtungsleiste gegen die Drehaxe so sein, wie die Figuren 134 bis 137 angeben.

Zapfen, Pfannen und Halsbänder eiserner Thore. Die Anbringung der Zapfen und Pfanne bei eisernen Thoren ist fast stets leichter und befriedigender zu beschaffen als bei hölzernen Thoren, weil auf der verhältnismäßig kleinen Stelle bei jenen weit eher die nötige Festigkeit zu gewinnen ist. Während bei den Holzthoren meistens eine gewisse Schwächung der Wendensäule mit der Anbringung der Zapfenteile verbunden ist, dienen diese bei den eisernen sogar zu einer Verstärkung. So sind z. B. nach Fig. 134 u. 135, S. 209 die den oberen Zapfen und die untere Pfanne enthaltenden winkelförmigen Eisen wesentliche Verbindungsteile für die Wendensäule und die Rahmstücke, die auch abgesehen von ihrer Bedeutung für die Zapfen fast in derselben Weise hätten angebracht werden müssen. Dafs sie im vorliegenden Falle noch den Rücken der Wendensäule darstellen und bezw. aus Schmiedeeisen und Gufseisen bestehen, ist im § 19 bei Besprechung dieser Thorform angegeben. In ähnlicher Weise verhält es sich mit der in Fig. 154 und 155 dargestellten Verzapfung der ebenfalls in § 19 näher beschriebenen Weserschleuse zu Hameln.

Fig. 154 u. 155. *Hameln.*

Spurzapfen, Pfanne und Zapfenplatte.

M. 0,04 (1:25).

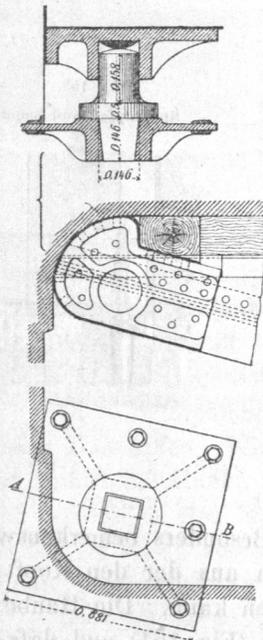
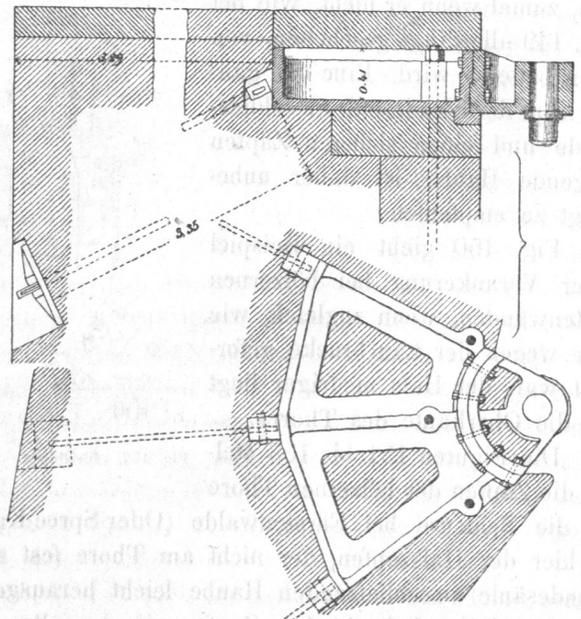


Fig. 156. *Geestemünde.*

Halszapfen, Halslager und Verankerung.

M. 0,02 (1:50).



Wie oben erwähnt, tritt bei den Schwimmthoren die Notwendigkeit auf, die oberen Zapfen gegen den Auftrieb der Thore niederzuhalten. Dies ist bei den Geestemünder

Fig. 159 u. 160.

Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals.

Halszapfen und Halsband eines Ebbothores. M. 0,02 (1:50).

Fig. 159. Vertikalschnitt.

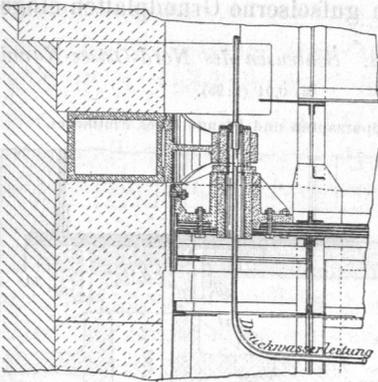


Fig. 160. Grundriss.

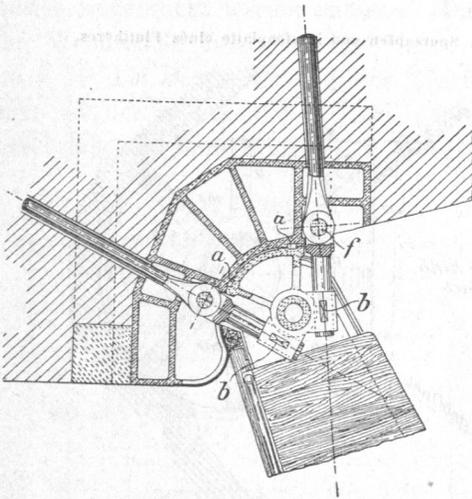


Fig. 161. Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals.

Verankerung eines Flutthores.

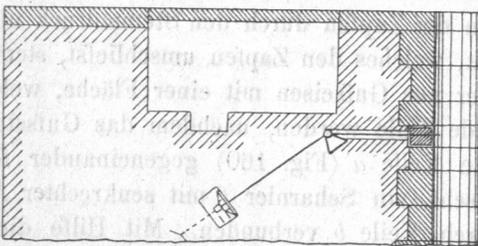
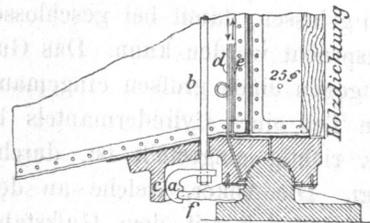


Fig. 162. Barry-Dock.

Spurzapfen. M. 0,025 (1:40).



machen kann, ist infolge der Scharniere in den Anker ein genaues Einstellen des Halszapfens möglich. Die Anker der Ebbothore bleiben in wagerechter Lage, während diejenigen der Flutthore nach unten geführt sind, wie Fig. 161 zeigt, um mehr Mauerwerk zu fassen.

Endlich seien noch die Zapfen der Thore für die zweite Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven erwähnt, welche in der Zeitschr. des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover 1891, Taf. XVI, Fig. 8 bis 13 abgebildet sind. Der Zapfen, die Platte, in welcher derselbe steckt, sowie die Pfanne bestehen hier sehr zweckmässig aus Gussstahl. Der Kopf des Zapfens bildet eine Kugelkalotte, desgleichen die Höhlung der Pfanne, und zwar ist der Radius der letzteren etwas gröfser als der des Zapfens. Das Halsband bildet ein Gussstahlkörper, in welchem der gussstählerne Zapfen durch eine als Haken ausgebildete Schraube mittels schmiedeeiserner Unterlagsplatte gehalten wird. Der Gussstahlkörper des Halsbandes stützt sich mittels cylindrischer Fläche gegen einen ebenso gestalteten Quadranten aus Schmiedeeisen und ist mit demselben durch Schrauben und Keile verbunden, wodurch ein genaues Einstellen des Zapfens möglich ist. An den schmiedeeisernen Quadranten greifen die Maueranker an. Der am Halsband festsitzende Zapfen greift mit seinem unteren Ende in die gussstählerne, auf die Wendesäule festgeschraubte Pfanne ein.

Eine ungewöhnliche Zapfenkonstruktion findet man an den Thoren des Barry-Docks. Der Zapfen hat hier behufs Verhütung einer seitlichen Verschiebung eine überhöhte Halbkugelform erhalten (Fig. 162), welche in einigen lotrechten Kreisen vertiefte

Schmierfurchen aufweist. Die Pfanne ist unten rund um den Zapfen durch eine angeschraubte Platte abgeschlossen und erhält von oben Schmiermaterial unter hohem Druck durch das Rohr *d* zugeführt, während durch ein zweites Rohr *e* das in den Schmiernuten etwa vorhandene Wasser entweichen kann. Der Nutzen dieser Anordnung ist zweifelhaft, da die Unterbrechung der Gleitflächen des Zapfens durch Schmierrinnen leicht zum Einfressen Veranlassung geben kann. Die Winkelhebel-Vorrichtung *b a f* soll zusammen mit den Keilen am Halsband zum genauen Einstellen des Thores dienen.⁷²⁾ Wie dies möglich sei, ist nicht recht verständlich.

Stemmlager. Die Ständer-Stemthore verlangen für den oberen Riegel, welcher den ganzen Stemmdruck aufzunehmen hat, eine besondere Ausbildung der Riegelenden.

Die Figuren 163 und 164 zeigen die für die Thore der Schleuse für die transatlantischen Dampfer zu Havre gewählte Anordnung. An der Wendesäule endet der Riegel in eine Stahlhaube von 1,2 m Höhe, welche auf einen Umfang von 0,8 m mit dem Mauerwerk der Nische in Berührung tritt, wenn das Thor geschlossen ist. Der Druck auf das Granitmauerwerk der Nische beträgt dann 51,2 Atm. An der Schlagsäule trägt jeder Riegel ebenfalls einen Stahlshuh von 0,79 m horizontaler Breite. Da die Kopffläche dieses Schuhes eben und der Schuh am Riegel nicht beweglich ist, so kann eine gleichmäßige Druckübertragung nur bei einer bestimmten Temperatur stattfinden, vergl. § 16.

Diese statische Unklarheit hat Verfasser bei den Sperrthoren der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals dadurch vermieden, daß er den Riegeln an den Schlagsäulen bewegliche Stemmkörper gab, s. Fig. 165 u. 166. Die beiden beweglichen Stemmkörper eines Thorpaares bilden ein Universalgelenk. Die Körper haben nämlich cylinderförmig abgedrehte Rückseiten, die Axen der Cylinder haben aber verschiedene Lage, indem an dem einen Thore die Axe senkrecht steht, an dem anderen aber wagerecht liegt.

Fig. 163 u. 164.
Schleuse für transatlantische Dampfer zu Havre.
Haube der Wendesäule. Stahlshuh der Schlagsäule.
M. 0,025 (1:40).

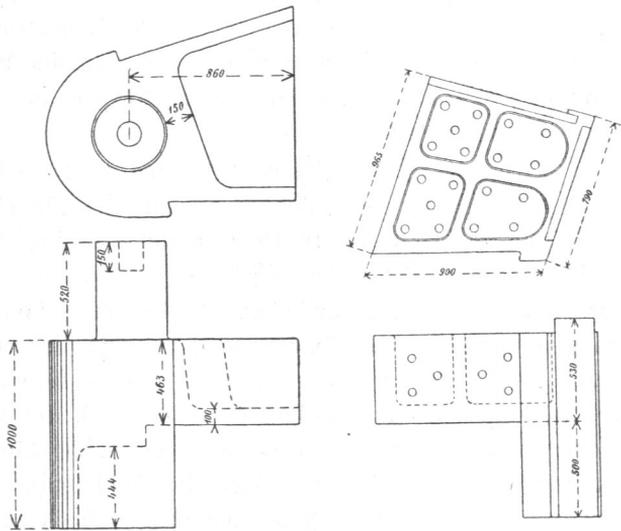
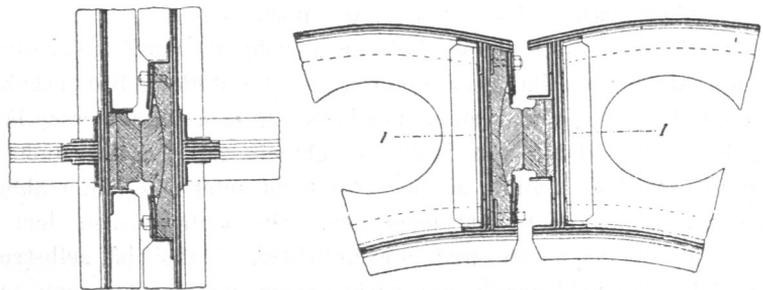


Fig. 165 u. 166. Stemmlager. M. 0,04 (1:25).
Vertikalschnitt II. Horizontalschnitt.



⁷²⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 428.

Dadurch ist es erreicht, daß die ebenen Vorderflächen der Stemmkörper sich stets voll berühren, den Stemmdruck gleichmäßig übertragen, und daß die Richtung des Stemmdruckes immer durch die Mitte der Axe des senkrechten Cylinders geht. Durch starke Federn werden die Stemmkörper in die mittlere Lage zurückgeführt, wenn die Thore geöffnet sind. Statt der beweglichen Körper mit cylindrischer Rückfläche könnte man auch einen festen und einen beweglichen Körper mit kugelförmiger Rückfläche anordnen.

Für die Ebbethore derselben Schleusen hat man, obwohl sie später entworfen wurden, aus unbekanntem Gründen die beweglichen Stemmkörper fortgelassen und wieder feste wie bei der Schleuse zu Havre, wenn auch von geringerer Breite, angeordnet. Nachträglich hat man auch die beweglichen Stemmkörper der Sperrthore beseitigt.

An der Wendenische geschieht die Übertragung des Stemmdruckes vom Riegel auf die Steine bei den Sperr- und Ebbethoren des Nord-Ostsee-Kanals in ähnlicher Weise wie in Havre durch eine bearbeitete Cylinderfläche, die sich bei geschlossenem Thore an den Stein legt, beim Öffnen derselben sich aber infolge der excentrischen Stellung der Axe der Wendensäule frei dreht. — Daß es auch bei Ständerthoren leicht möglich ist, die in mancher Beziehung gefährliche Excentricität der Drehaxe zu vermeiden und einen regelrechten stählernen Stemmkörper in die Wendenische einzubauen, der bei der Bewegung des Thores mit dem Stemmkörper an der Wendensäule in Berührung bleibt, ist in § 17 erwähnt.

Laufrollen. Bereits in § 18 und 19 ist gelegentlich der Beschreibung einzelner Thorkonstruktionen angeführt, daß man die Flügel während der Bewegung mitunter durch Laufrollen stützt. In Deutschland, Frankreich und den Niederlanden sind diese Rollen allerdings nicht sehr eingebürgert und werden mit Zunahme der eisernen Schwimthore immer mehr verschwinden. In England dagegen werden sie noch jetzt ziemlich häufig angewandt. Der Nutzen derselben für die senkrechte Unterstützung ist allerdings unzweifelhaft, dagegen ebenso, daß je mehr Gewicht die Laufrolle vom Thore aufzunehmen hat, desto ungünstiger dieselbe durch die Verbiegung des Thores während des Öffnens wirkt. Denn es liegt dann der Widerstand gegen die Bewegung, abgesehen von dem ebenfalls schon tief liegenden Widerstand des Wassers, ganz unten. Die Angriffskraft pflegt aber (s. § 22) meist sehr hoch zu liegen und es entsteht daher ein auf die Verbiegung des Thores in vertikalem Sinne wirkendes Kräftepaar. Je mehr nun der Schleusenboden einem Verschlammen oder Versanden ausgesetzt ist, desto größer wird der Widerstand der Rollen. Es sollten daher Laufrollen nur dann angewandt werden, wenn sie ganz unvermeidlich sind, oder wenn in ihrer Nähe auch der Angriffspunkt der bewegenden Kraft liegt, s. § 22. Um die Übelstände möglichst abzuschwächen, ist stets eine entsprechende Laufschiene in dem Thorkammerboden und mindestens etwa 10 cm über dessen Fläche vortretend anzubringen.

Es wird die Reibung dadurch sowohl als auch die Zusanfung der von der Rolle zu durchlaufenden Bahn vermindert. — Die Rolle selbst erhält am besten eine kugelförmige Abrundung und einen möglichst großen Durchmesser bei thunlichst dünner Axe, welche letztere daher von Stahl zu nehmen ist. Da die Rolle mindestens etwa 30 cm Durchmesser halten muß, so liegt sie nicht unter dem Unterrahmstück, sondern entweder zum Teil hinter oder vor demselben. Die letztere (also dem Oberwasser zugekehrte) Lage ist die bequemste und gewöhnlichere. Dabei ist selbstverständlich die Rolle in der Nähe der Schlagsäule am wirksamsten und wird, wenn nicht an dieser selbst, so doch in ihrer Nähe an dem Unterrahmstück, besser aber an mehreren Riegeln gleichmäßig befestigt. Eine solche Befestigung zeigt die Skizze Fig. 104, S. 191 von den

Schleusenthoren des Kaledonischen Kanals. Es ist danach der Stiel, welcher unten die Rolle trägt, oben und unten mit dem Thorflügel verbunden, jedoch so, daß er durch Keile niedergetrieben werden kann. Statt dieser das Thor unmittelbar hebenden Keilvorrichtung hat man an einigen englischen Schleusen auch wohl eine nach Fig. 167 hebende Keilvorrichtung ausgeführt oder endlich gar den Kopf des Stieles mit einem Hebel in Verbindung gebracht, welche den Stiel mit großer Kraft niederdrückt und dadurch mittels der in Fig. 168 skizzierten Verbindung der Rolle mit dem Stiel und dem Thore das letztere hebt. — Übrigens vergleiche man die bereits in § 18 bei Besprechung größerer Holzthore erwähnten Laufrollen.

Die Rollen sind ein Element an den Stemmlagern, welches ihre statische Unklarheit noch mehr vergrößert. Offenbar hängt die Belastung der Rollen von der Größe des Zuges Z des Halsbandes ab. Ist der Zug Z so stark, wie ihn die Formeln 27 in § 16 angeben, so haben sie gar keine Belastung. Liegt aber die Rollenbahn ungleich oder ist dieselbe durch Schlamm- oder Sandablagerungen erhöht, so kann unter Umständen für einen Teil der Drehung des Thores der Zug Z zu 0 werden, und die Rollen können nicht nur das ihrer Lage entsprechende Thorgewicht, sondern eine in der Thormitte liegende Rolle, deren Bahn besonders hoch liegt, kann sogar das ganze Thorgewicht zu tragen bekommen.

Der obige Satz, daß man den Rollen möglichst dünne Axen geben muß, bezieht sich daher nur auf die Wahl des vorzüglichsten Materials für dieselben, während im übrigen auf bedeutende Belastungen gerechnet werden muß. Es würde daher zweckmäßig sein, wenn die Stiele, welche die Rollen in obigen Figuren nach unten drücken, am Kopf durch Federn oder Gummipuffer anstatt durch feste Keile niedergehalten würden. Dadurch würde die Belastung der Rollen in gewisse Grenzen eingeschränkt, was namentlich für die nach der Thormitte zu liegenden wichtig wäre.

Zur Beseitigung auf der Rollenbahn sich etwa vorfindender Fremdkörper hat man in England vor und hinter den Rollen Schabbleche angebracht (Fig. 169), klagt aber trotzdem viel über schwere Unterhaltung und beginnt sie in neuester Zeit allem Anscheine nach aufzugeben.

Vorrichtungen zum Stützen der offenen Thore. Zum Schlusse dieses Paragraphen möge auf die Unterstützung der geöffneten Thore in den Nischen zurückgekommen werden. Eine solche ist besonders nötig bei hölzernen Thoren, weil diese leichter durchhängen, als eiserne. Sie ist ferner um so nötiger, je größer die Länge des Thores im Verhältnis zur Höhe ist, und je längere Zeit das Thor offen steht. Aber auch bei eisernen Thoren ist eine Unterstützung wünschenswert, wenn dieselben in offenem Zustande starkem Wellenschlage ausgesetzt sind. Man wird dieselbe also namentlich bei den äußeren Flutthoren von Seeschleusen anbringen.

Bislang geschah die Unterstützung in der Regel von unten, indem durch Hebelvorrichtungen oder dergl. die Schlagsäule des in der Nische liegenden Thores gestützt wurde, vergl. Fig. 170 u. 171. Diese Anordnungen lassen sich in bequemer Weise nur beim Bau der Schleuse oder wenigstens, wenn diese trocken gelegt ist, anbringen, und

Fig. 167 u. 168.

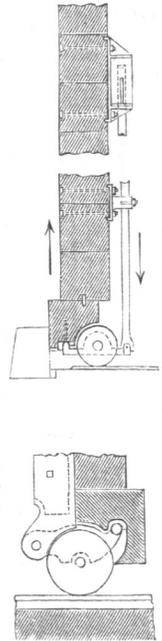
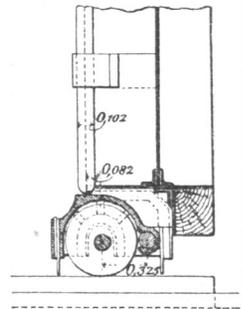


Fig. 169. M. 1:50.



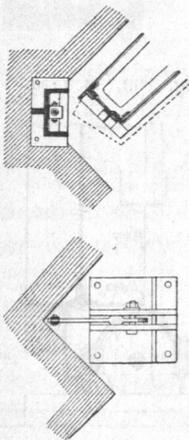
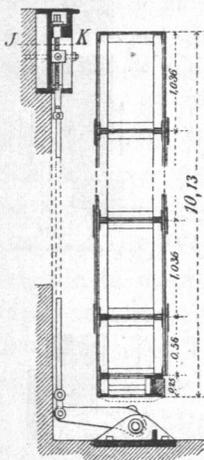
sind auch später, wenn sie schadhaft werden, schwer auszubessern. Es verdient daher eine Ausführungsweise erwähnt zu werden, die ganz über Wasser liegt und jederzeit

Fig. 170 u. 171.

Brake.

Vorrichtung zum Stützen
der Thore.Vertikalschnitt,
Schnitt JK u. Grundriffs.

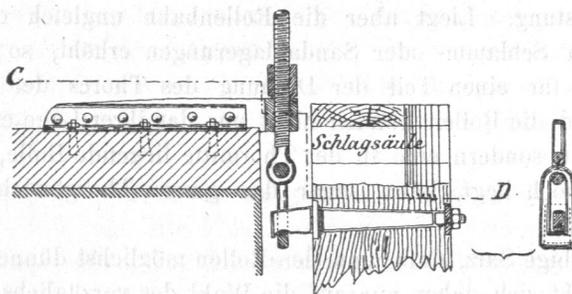
M. 0,02 (1:50).



nachträglich angebracht werden kann. Dieselbe ist bei einer Kammer-
schleuse im Kanal zwischen dem Leck und der Merwede bei Gorin-
chem angewendet und durch Fig. 172 dargestellt.⁷³⁾ Mittels Stein-
schrauben ist eine Platte auf dem Mauerwerke der Nische befestigt,
welche einen Ausleger mit einer Hülse am freien Ende trägt, durch
die in senkrechter Richtung eine Schraube gesteckt ist. Die Schraube
hat unten ein Auge, in welchem ein Bügel befestigt ist, der unter
einen Knaggen an der Schlagsäule des offenen Thores greift. Zieht
man die Mutter der Schraube an, so wird die Schlagsäule gehoben
und damit das Thor an seinem freien Ende gestützt.

Fig. 172. Merwede-Kanal.

Vorrichtung zum Stützen der Thore.



Die Einstellung dieser Anordnung erfordert immerhin einige
Zeit, eignet sich also besonders für Thore, die längere Zeit offen
stehen. Außerdem greift der Zug nicht in der Thormitte an, wirkt
also etwas verdrehend, was aber leicht unschädlich gemacht werden
kann. Kommt es darauf an, die Stützung und Lösung des Thores
schneller ausführen zu können, so empfiehlt sich statt der Schraube
mehr eine Hebelvorrichtung, die ebenso leicht oben anzubringen ist
und für die man den Angriffspunkt auch leicht über die Mitte der
Schlagsäule verlegen kann. Wenn der Hebel an seinem langen Ende
nach unten gedrückt und das Thor dadurch angehoben ist, wird er
durch irgend eine Vorrichtung, z. B. durch eine Überwurfs-Krampe
in dieser Stellung erhalten.

§ 21. Sonstige Thore: Doppelthore und Fächerthore. Einflügelige Drehthore und Drehpontons. Klappthore. Schiebe- und Schützenthore. Pontons.

Doppelthore. Unter besonderen Umständen kann es wünschenswert sein, statt der üblichen Drehthore andere Anordnungen von Thoren anzuwenden. Dies ist namentlich der Fall, wenn von der Schleuse gefordert wird, daß sie sich auch gegen den höheren Wasserdruck von aufsen oder von innen leicht öffnen lassen soll. Das erstere kommt vor, wenn die Schleuse auch als Entlastungsschleuse eines angeschwollenen Wasserlaufes zu dienen hat, um denselben vor zu hoher Anschwellung zu schützen, das zweite, wenn sie einen höheren inneren Stand nach Belieben halten und etwa plötzlich zum Zwecke von Spülungen das Binnenwasser nach dem niedrigeren Aufsenwasser hin ausströmen lassen soll.

⁷³⁾ De ingénieur, Jahrg. 5, No. 14, und Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 282.

Zu diesen verschiedenen Zwecken sind in Holland gegen Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts verschiedene sinnreiche Kombinationen von Drehthoren erfunden, welche meistens nach ihren Erfindern genannt werden. Dieselben sind jedoch fast alle in ihrer Anwendung zu umständlich und in der Ausführung zu kostspielig, als dafs sie einen grossen praktischen Wert erhalten hätten. Es mag deshalb von einigen eine flüchtige Andeutung genügen. — Die in Fig. 173 skizzierte, bei Gouda und Schiedam ausgeführte Schleuse von Donker zeigt vier Thorflügel, welche sich als Diagonalen eines Rechtecks gegeneinander stützen und geschlossen von jeder Seite einen höheren Wasserstand halten können. Ist das Wasser ausfen höher, so stemmen sich die Binnenthore wie gewöhnliche Stemmtiore. Ist dagegen das Binnenwasser höher und soll dennoch die Schleuse geschlossen bleiben, so brauchen nur durch Schützen in den Binnenthoren die dreieckigen Räume der Thorkammern gefüllt zu werden, um den Druck auf die äufseren Thore zu übertragen. Sobald aber die Umläufe zwischen diesen Räumen und dem Ausfenwasser geöffnet und jene Schützen geschlossen werden, drängen mit ihren Spitzen oder Schlagsäulen die inneren Thore die äufseren auseinander und es legen sich alle Flügel in die Nischen, sodafs das Binnenwasser ausströmt. Aber die Schleuse kann erst wieder geschlossen werden, wenn das Wasser sich nahezu ausgespiegelt hat.

Fig. 173.

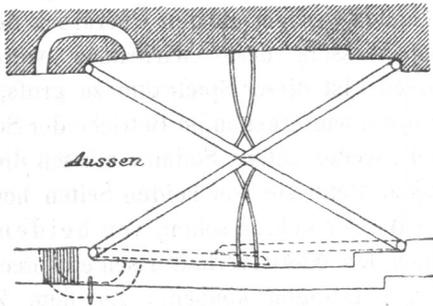
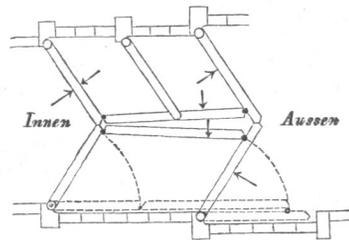


Fig. 174.



Die in Fig. 174 angedeutete, bei Terneuzen ausgeführte Schleuse von Alewyn gestattet eine Öffnung gegen den höheren Wasserdruck dadurch, dafs die hintereinander liegenden zusammengehörenden Flügel der beiden Drehtiore mit je einem längeren Zwischenflügel gekuppelt sind. Die hierdurch entstehenden rautenförmigen Räume können nach Belieben mit dem höheren Wasser in Verbindung gesetzt und gefüllt oder nach dem Unterwasser entleert werden. In ersterem Falle, der durch die Pfeile in der oberen Hälfte der Zeichnung ausgedrückt ist, wird durch den Überdruck des hinteren Thores die Schleuse geschlossen erhalten. Sobald aber der genannte Raum entleert wird (untere Hälfte der Figur), drängen, trotz des Druckes gegen das obere nicht ganz geschlossene Thor, die längeren Kuppelwände die Flügel dieses Thores, sowie des neutralen unteren Thores in die Nischen. Der unbedeckte Zwischenflügel auf der oberen Seite der Figur bedeutet nur eine Aussteifung der langen Kuppelwände.

Fächerthore. Eine glücklichere Lösung der Aufgabe zeigt die in Fig. 175 u. 176 (S. 238) dargestellte Fächerschleuse von Blanken. In ähnlicher Weise sind in Holland mehrere Schleusen erbaut, dagegen soweit bekannt in Deutschland nur die Schleusen des ältesten Bassins in Bremerhaven und einer Abzweigung des Nord-Ostsee-Kanals nach Rendsburg. Der gewöhnlichste Zweck solcher Schleusen ist, aus einem Binnenbecken zur Spülung des Vorhafens während des niedrigen Ausfenwassers eine starke Ausströmung zu veranlassen. Die allgemeine Anordnung geht aus den genannten Figuren leicht hervor, wenn namentlich die nur durch punktierte Schlitze angedeuteten Schützen in den Kanälen *ab* und *cde* (Fig. 176) beachtet werden. Indem die zwei ungleich langen, in der Regel sich wie 5:6 in der Länge verhaltenden Flügel jeder Seite fest miteinander zu einer Fächerform verbunden sind, und hinter dem gröfseren Flügel ein im Grundrifs nahezu einen Quadranten bildender Raum vorhanden ist, kann durch Füllung dieses Raumes mit Ausfenwasser die Schleuse bei jedem Wasserstande geschlossen gehalten werden, auch wenn an der Drepelseite der kleineren Flügel das Wasser höher steht. Umgekehrt kann durch Entleerung jenes Raumes und bei höherem Wasserstande an der Binnenseite des Thores

durch den Überdruck der größeren Flügel der ganze Fächer in jene Nische zurückgedrängt und das ganze Thor geöffnet werden. Alsdann strömt das Binnenwasser aus.

Fig. 175 u. 176.

Schleuse mit Fächerthoren bei Vreeswijk.

Fig. 175. Lageplan. M. 0,0004.

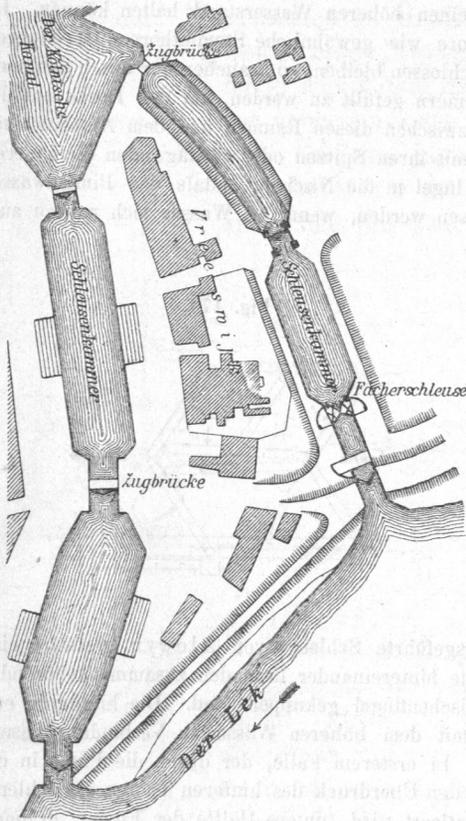
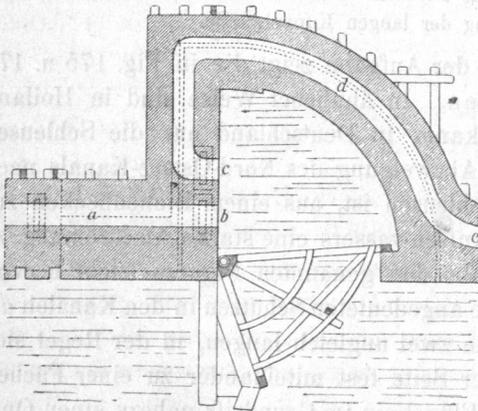


Fig. 176. Grundrifs. M. 0,004 (1:250).



Das Thor läßt sich aber auch jederzeit wieder schliessen, indem man nach Absperrung des Kanals *ab* dem ausströmenden Binnenwasser mittels des Kanals *edc* Eintritt in die Nische verschafft.

Die Konstruktion dieser Thore unterscheidet sich in mehreren Punkten von der Konstruktion der gewöhnlichen Drehthore. Zunächst muß der Spielraum zwischen dem größeren Flügel und dem zugehörigen Teil der Thorkammer sowohl an dem Boden, als an der gekrümmten Seitenwand möglichst klein gehalten werden, um den Überdruck des höheren Wassers desto wirksamer werden zu lassen. Ist dieser Spielraum zu groß, so hat man Schwierigkeiten im Betriebe der Schleuse, siehe weiter unten. Sodann müssen die Thorflügel, wenn sie von beiden Seiten her höheres Wasser kehren sollen, von beiden Seiten einen den Wasserverhältnissen entsprechenden Druck ertragen können. Zu dem Zwecke hat man den Holzthoren anfangs an beiden Seiten eine Bohlenbekleidung gegeben, jedoch nach Storm-Buysing gefunden, daß sich der innere Raum mit Schlick u. s. w. gefüllt hat und daß die Hölzer sehr bald von Fäulnis angegriffen sind. Der Genannte empfiehlt daher nur eine einfache Bekleidung, jedoch unter Anwendung von geeigneten Eisenbeschlägen auf derselben, um ein Abdrücken der Bohlen durch den von der anderen Seite kommenden Wasserdruck zu verhüten. Es ist zweifellos, daß bei Anwendung einer Eisenblechkonstruktion wie in Rendsburg gerade diese Thore sehr viel günstiger als aus Holz hergestellt werden können. Endlich ist eine besondere Sorgfalt auf die Verbindung der beiden Flügel, und zwar sowohl auf Druck als auf Zug, zu verwenden und auch hierbei bietet die Eisenkonstruktion vor der Holzkonstruktion wesentliche Vorzüge. Es wird

daher davon Abstand genommen, die Holzkonstruktion eingehender zu besprechen und auf die Handbücher von Storm-Buysing und Hagen (s. das Litteratur-Verzeichnis) verwiesen.

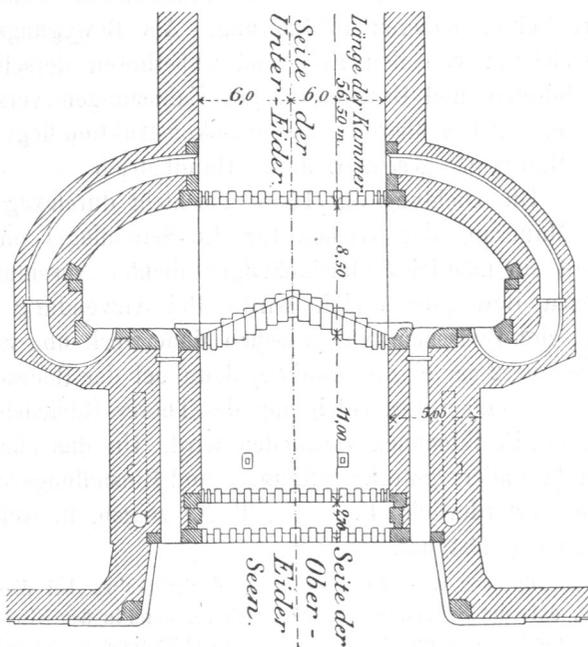
Dagegen möge nachstehend eine Darstellung und Beschreibung der Fächerthore der neuen Rendsburger Kammerschleuse, als der neuesten derartigen Ausführung und so viel bekannt, der ersten in Eisen, folgen.

Die Schleuse besitzt nach der Untereider, welche einen höchsten Flutwasserstand von $+ 22,0$ und einen niedrigsten Ebbwasserstand von $+ 18,3$ hat (Null = $- 20$ A. P.), ein Flut- und ein Ebbethor; nach den Obereider-Seen zu dagegen Fächerthore, s. Fig. 177. Die Obereider-Seen stehen in offener Verbindung mit dem Nord-Ostsee-Kanale und der Wasserspiegel in denselben kann zwischen $20,27$ und $19,27$ schwanken, während derselbe im Mittel $19,77$ betragen soll. Die Stemmflügel der Fächerthore sperren gegen das Flutwasser der Untereider. Fällt bei Ebbe das Wasser in der Untereider tiefer ab, als in den Obereider-Seen, so können die Stemmflügel der Fächerthore auch bei offenen Ebbe- und Flutthoren des anderen Hauptes dadurch geschlossen gehalten werden, daß man hinter die Seitenflügel das hohe Wasser aus den Obereider-Seen eintreten läßt. Es können also Schiffe aus der niedrigeren Untereider in die Schleuse einfahren und nach Schluß des Ebbethores in die Obereider geschleust werden, nachdem man den Wasserstand in der Schleusenkammer auf den der Obereider-Seen und der Nischen der Fächerthore gehoben hat.

Fig. 177. Schleuse mit Fächerthoren bei Rendsburg.

Grundriß des Hauptes an den Obereider-Seen.

M. 0,002 (1 : 500).



Über die Konstruktion der Rendsburger Thore (T. XI, F. 1—12) ist zu bemerken, daß die beiden Flügel (Stemmflügel und Seitenflügel) Riegelthore sind. Die Abstände der sechs unteren Riegel betragen $0,846$ m, dann $0,968$ und $1,121$ m. Der Seitenflügel endigt in dieser Höhe, während der Stemmflügel noch ein weiteres Riegelfeld von $1,121$ m aufweist. Beide Flügel haben im unteren Teile Schwimmkästen, die durch doppelte Außenhaut von Eisen (Flusseisen) gebildet sind. Der Schwimmkasten des Stemmflügels (F. 1) reicht bis zur Höhe $+ 19,76$, der des Seitenflügels nur bis $+ 17,95$. Oberhalb des Schwimmkastens setzt sich bei dem Stemmflügel nur die nach der Untereider bezw. der Kammer zu gelegene Haut fort, während die andere Seite offen ist. Der Seitenflügel (F. 2) dagegen hat über dem Schwimmkasten nur eine aus gespundeten, senkrecht stehenden Bohlen hergestellte Holzbekleidung, welche nach dem Innern der Nische zu gelegen ist.

Die Riegel bestehen bei dem Stemmflügel, mit Ausnahme des zweiten von oben, der durch Gitterwerk gebildet wird, aus Stehblech mit Winkelgurtungen. Bei dem Seitenflügel sind nur der obere Riegel, sowie diejenigen, welche den Schwimmkasten oben und unten begrenzen, mit vollem Stehblech versehen, während alle übrigen statt dessen

Die Riegel bestehen bei dem Stemmflügel, mit Ausnahme des zweiten von oben, der durch Gitterwerk gebildet wird, aus Stehblech mit Winkelgurtungen. Bei dem Seitenflügel sind nur der obere Riegel, sowie diejenigen, welche den Schwimmkasten oben und unten begrenzen, mit vollem Stehblech versehen, während alle übrigen statt dessen

Gitterwerk haben. Als senkrechte Aussteifungen besitzt der Stemmflügel eine in der Mitte von oben bis unten durchgehende Blechwand, welche auch den Schwimmkasten in zwei Teile trennt. Außerdem haben beide Thore eine größere Anzahl senkrechter Zwischenversteifungen für die Haut aus L-Eisen.

Der Schwimmkasten des Seitenflügels ist von der Wendesäule aus zugänglich, von welcher auch die einzelnen Zellen der einen Hälfte des Stemmflügels bestiegen werden können. Für die andere Hälfte dieses letzteren ist von der Schlagsäule aus ein wasserdicht verschließbarer Zugang angeordnet.

Die Aussteifung (Zwischenkonstruktion) zwischen beiden Flügeln (F. 3 u. 12) bedarf keiner näheren Erläuterung. Als Bewegungsvorrichtung hat das Fächerthor — abweichend von den Flut- und Ebbethoren derselben Schleuse, welche wie die Thore in Holtenua und Brunsbüttel mit Zahnstangen versehen sind — ein Zahnsegment erhalten, welches über der Zwischenkonstruktion liegt (siehe die punktierte Linie in F. 4). Die Bewegung geschieht durch Handbetrieb.

Die Dichtung der Thore geschieht durchweg mit Holzleisten, vergl. F. 3, 4 u. 5. Die Mauerung der Nischen für die Seitenflügel muß eine besonders sorgfältige sein, damit ein möglichst gleichmäßiger dichter Anschluß des Seitenflügels während seiner ganzen Bewegung erzielt wird. Bei Anwendung aller Vorsicht wird man im stande sein, den Zwischenraum zwischen Mauerwerk und Seitenflügel bei eisernen Thoren höchstens auf 2 cm einzuschränken, denn bei der Bemessung des Zwischenraumes muß auch auf die Temperatúrausdehnung des Thores Rücksicht genommen werden, damit im Sommer ein Festklemmen vermieden wird. Um das Thor recht genau montieren zu können, sind besonders gute Befestigungs- und Einstellungsrichtungen für Halslager und Halszapfen erforderlich. F. 7—11, T. XI zeigen, in welcher Weise man in Rendsburg diese Aufgabe gelöst hat.

Die oben vorläufig erwähnten Schwierigkeiten bei diesem Betriebe der Schleuse bestanden nun darin, daß die Seitenflügel der Fächerthore, wenn in den Nischen hinter denselben das höhere Wasser der Seen stand, unten und an den Seiten zuviel Wasser in die Schleuse ließen, um diese bei noch geschlossenen Ebbethoren mit Hilfe der Schützen in diesen letzteren gegen die Untereider ausspiegeln zu können. Der Wasserstand in der Schleuse blieb vielmehr trotz offener Schützen soviel höher als in der Untereider, daß man mit den vorhandenen Windevorrichtungen nicht im stande war, die Ebbethore gegen den Stau zu öffnen. Man hat diesen Übelstand durch nachträgliche Aufstellung stärkerer Windevorrichtungen beseitigt. Bei Neuanlagen wird man denselben auch dadurch abstellen können, daß man entweder besonders große Schützen in den Ebbethoren oder besonders große Umläufe hinter denselben anbringt, oder daß man an den Seitenflügeln der Fächerthore besondere Dichtungen anbringt, die nur für diese Betriebsweise in Thätigkeit zu treten brauchen. Das Spülen der Schleuse aus den Obereider-Seen geschieht bei niedrigem Stande der Untereider in derselben Weise, wie oben (S. 238) beschrieben.

Die eben geschilderte Verwendung der Rendsburger Schleuse ist übrigens die bei weitem seltenere. Weit häufiger ist der Wasserstand der Untereider höher als der in den Seen und in diesem Falle wird das Fächerthor als gewöhnliches Stemmthor im Unterhaupte einer Schleuse verwendet. Alsdann steht die Nische für den Seitenflügel des Fächerthores in offener Verbindung mit der Kammer der Schleuse, sodafs in beiden Räumen der gleiche Wasserstand herrscht.

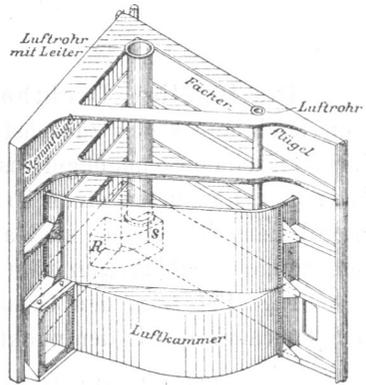
Da beim Öffnen des Fächerthores der Seitenflügel das Wasser aus der Nische durch die Umläufe verdrängen muß, so werden große Querschnitte der Umläufe, sowie das Öffnen der Schützen in dem Seitenflügel diese Arbeit wesentlich erleichtern. Ein großer Querschnitt ist auch namentlich für denjenigen von beiden Umläufen erforderlich, welcher bestimmt ist, in der Nische hinter dem Seitenflügel den höheren Wasserstand und damit die Stemmflügel geschlossen zu halten, ohne daß dieselben stemmen. Ist dieser Umlauf zu klein, so können die Wasserverluste längs des Umfanges des Seitenflügels eine merkbare Senkung des Wasserstandes in der Nische und ungenügenden Druck gegen den Seitenflügel bewirken. In Rendsburg haben beide Umläufe je 2,25 qm Querschnitt. Daß man beide Umläufe durch Schutzgitter vor dem Eindringen von Fremdkörpern in die Nische schützen muß, ist selbstverständlich.

Von der Dichtigkeit am Umfange der Seitenflügel hängt auch zum Teil das Verhältnis der Länge derselben zu der Länge der Stemmflügel ab. Bisher hat man dasselbe, wie auch in Rendsburg, soviel bekannt, stets gleich 6:5 genommen. Bei längeren Thoren wird man dasselbe aber kleiner nehmen können, als bei kürzeren, denn mit zunehmender Thorlänge wächst die Druckfläche stärker als die Undichtigkeit am Umfange des Seitenflügels.

Es möge noch erwähnt werden, daß demnächst auch in Holland bei Andel eine Schiffsschleuse mit eisernen Fächerthoren in beiden Häuptern erbaut werden wird.⁷⁴⁾

Die Länge des Stemmflügels beträgt 6,862 m, die des Seitenflügels 8,82 m. Abweichend von dem Rendsburger Thore ist hier nicht jeder Flügel für sich durch doppelte Blechhaut als Schwimmkörper ausgebildet, sondern beide Flügel zusammen. Jeder Flügel hat nämlich nur eine Haut an der dem anderen Flügel abgekehrten Seite. Im Anschlusse an diese beiden Häute wird aber in dem Raume von dreieckiger Grundriffsform, welchen beide Flügel einschließen, eingesonderter Schwimmkasten (Luftkammer) angebracht, der gleichzeitig beide Flügel miteinander verbindet, s. Fig. 178. Dieser Schwimmkasten ist so groß, daß sein Auftrieb gleich dem ganzen Thorgewicht, und so geformt, daß die Mittelkraft des Auftriebes durch den Schwerpunkt der ganzen Konstruktion geht. Er liegt ferner so tief, daß er stets ganz unter Wasser bleibt, wodurch die Schwankungen in der Größe des Auftriebes sehr eng begrenzt sind. Über dem Schwimmkasten befindet sich ein anderer oben offener Kasten, der während des Betriebes mit dem Wasser in offener Verbindung steht. Schließt man aber diese Verbindung und entleert denselben, während man den unteren Schwimmkasten voll Wasser läßt, so wird dadurch das Thor in einen stabil schwimmenden Körper verwandelt, der nach Entfernung des Halsbandes fortgeflößt werden kann.

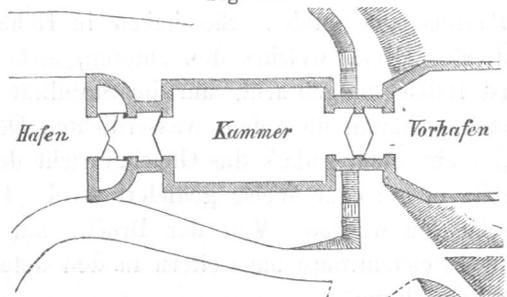
Fig. 178.



Eine fernere Eigentümlichkeit der Anlage besteht darin, daß die Nische für den Seitenflügel außer mit Hilfe eines Umlaufkanals auch noch mittels Schützen im Seitenflügel am freien Ende desselben bezw. in diesem und dem Stemmflügel an der gemeinsamen Wendesäule einerseits mit dem Wasser außerhalb der Schleuse, andererseits mit dem in der Schleuse in Verbindung gesetzt werden kann. Die Öffnungen R und S (Fig. 178) in den beiden Thorflügeln an der Wendesäule, welche die letztere Verbindung herstellen, sind zu dem Ende durch einen knieförmigen, kurzen Kanal aus Eisenblech, der in dem oberen der vorhin erwähnten Kästen liegt, verbunden. Außerdem haben die Stemmflügel noch Schützen an der Schlagssäule, welche die Schleusenammer mit dem Aufsenwasser in Verbindung setzen. Auf diese Weise ist der Schleusenbetrieb auch dann gesichert, wenn der Umlaufkanal außer Betrieb gesetzt werden müßte.

Von der in Bremerhaven vorhandenen 11 m weiten, in Fig. 179 im Grundriffs angedeuteten Fächerschleuse sei noch bemerkt, daß sie mit gutem Erfolge zur Beseitigung

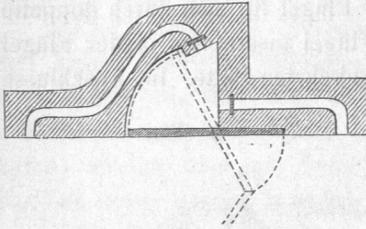
Fig. 179.



⁷⁴⁾ Zeichnung und Beschreibung dieser Schleuse wurden gelegentlich einer Exkursion mitgeteilt, welche am 31. Juli 1894 in Anschluß an den 6. Binnenschiffahrts-Kongress im Haag stattfand.

des Schlicks in den Thorkammern und dem nächsten Teile des Vorhafens dient, aber hierzu in der Regel nur während der Springfluten benutzt wird. Dagegen wird sie im Winter täglich gebraucht, sobald sich Eis im Hafen befindet, welches sie durch die Spülungen sehr bequem beseitigt. Abweichend von den Angaben Hagens auf S. 310 des Handbuchs der Wasserbaukunst, II. Teil, 3. Bd., wonach eine völlige Öffnung solcher Thore bei einer kräftigen Spülung wegen des heftigen Wasserstoßes nicht stattfindet, sei noch bemerkt, daß sich die Hauptflügel dieser Schleuse bei einer kräftigen Spülung vollständig öffnen, indem der ganze Fächer in seine Nische oder Kammer tritt.

Fig. 180.



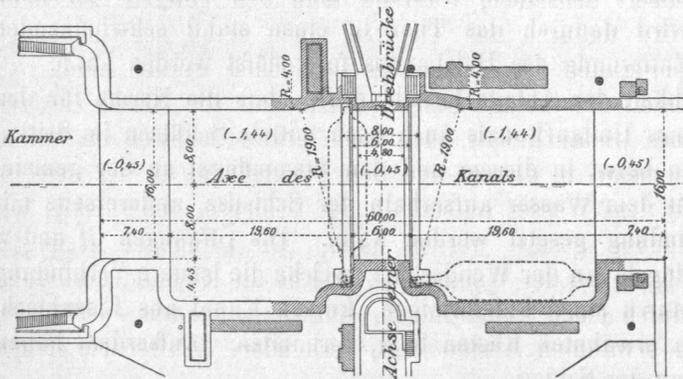
Eine ähnliche Benutzung ist möglich durch Anbringung einer quadrantförmigen Nische, in welche der längere Flügel eines mit einem kürzeren Flügel geradlinig verbundenen Drehthores schlägt (Fig. 180).

Einflügelige Drehthore und Drehpontons. Bei Besprechung der einflügeligen Drehthore sollen zunächst diejenigen betrachtet werden, welche dem Äußeren nach einem einzelnen Stemmflügel insofern am meisten gleichen, als sie wie dieser oben einen Halszapfen und unten einen Tragzapfen haben. Die Vorteile, welche einflügelige Thore unter Umständen bieten, sind aus dem früher Gesagten bereits bekannt, sodafs hier nur noch einige Ausführungen näher besprochen zu werden brauchen.

Fig. 181 zeigt den Grundriß der Ostschleuse zu Tancarville (Kanal von Havre nach Tancarville) mit den punktiert angedeuteten beiden einflügeligen Drehthoren, welche eine Schleusenweite von 16 m abschließen.

Fig. 181. Ostschleuse zu Tancarville.

Grundriß. M. 1:800.



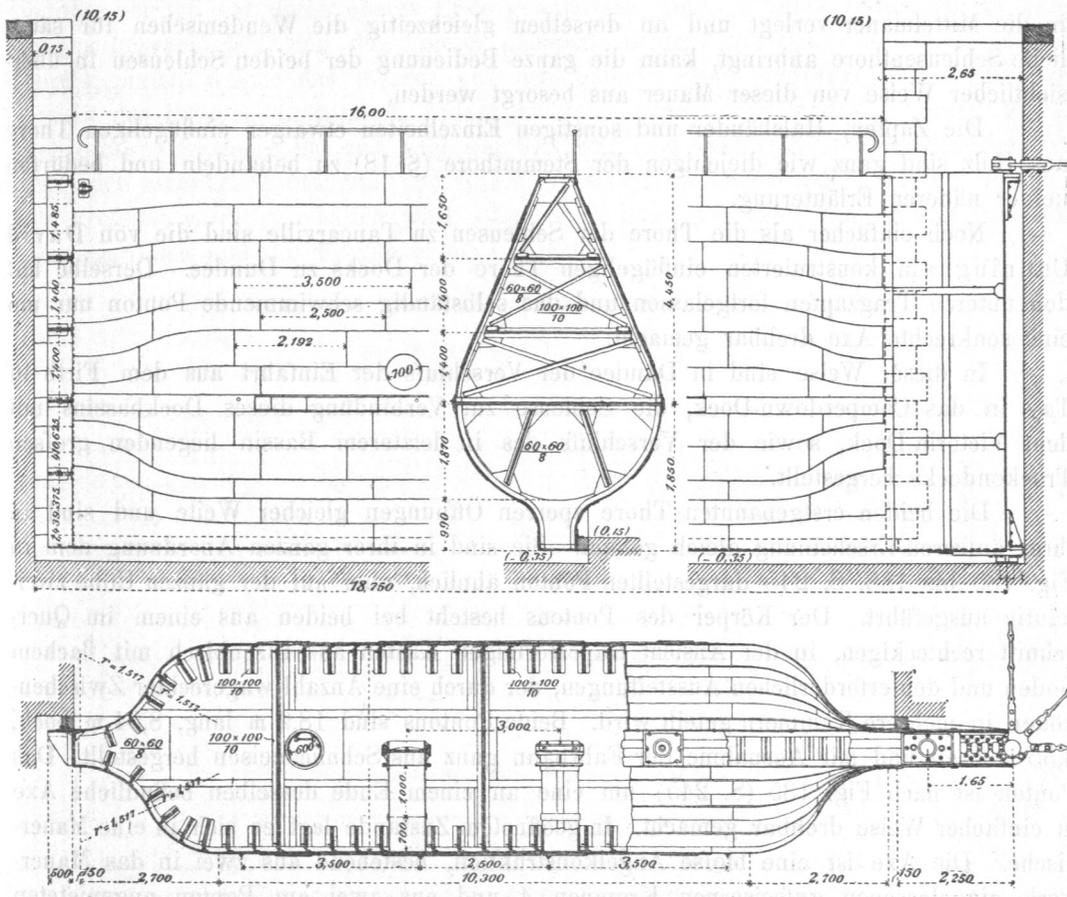
Die ganze Thorlänge beträgt 18,75 m, die größte Breite 4,02 m, die Höhe des Flutthores 9,85 m, die des Ebbethores 7,85 m. Die Abmessungen der in den Figuren 182 bis 184 (S. 243) dargestellten Thore der Westschleuse sind dieselben bis auf die Höhen, welche dort 9,25 bzw. 7,25 m betragen.

Die Thore sind vollkommen wie frei schwimmende Pontons ausgebildet. Sie haben in Höhe des niedrigsten Wasserstandes ein wasserdichtes Deck, welches den unteren, stets wasserfreien Raum abschließt. In denselben ist Ballast eingebracht, um die Stabilität zu sichern. In den durch Gitterwerk ausgesteiften Raum über dem wasserdichten Deck kann das Oberwasser durch zwei Rohre frei eintreten, sodafs das Gleichgewicht des Thores nur durch das Eintauchen der Eisenteile in geringer Weise geändert wird. Die Wassereinflüsse können durch Ventile geschlossen werden. Von der Brücke auf dem Thore führen durch den oberen Raum zwei Schachttrohre mit Leitern in den unteren Luftraum, sodafs dieser jederzeit bestiegen werden kann.

Die Wendesäule wird durch einen senkrechten Blechkasten von 2,25 m Länge und 0,7 m Breite gebildet, welcher oben den Halszapfen aus Stahl von 30 cm Durch-

Fig. 182, 183 u. 184. Ebbethor der Westschleuse zu Tancarville.

Seitenansicht, Vertikalschnitt und Horizontalschnitt nebst Ansicht von unten. M. 0,007.



messer und unten die stählerne Pfanne trägt. Nach der Schlagsäule zu ist der Körper des Thores ähnlich zusammengezogen wie an der Wendesäule und trägt hier eine Anzahl Konsolen aus Winkeleisen mit Stehblech, gegen welche die Dichtungsleiste geschraubt ist. Letztere besteht hier wie am Drempeel und an der Wendesäule aus starken Kant-hölzern.

Durch Anordnung von ausreichendem Ballast im unteren Raume der Thore und möglichst leichte Konstruktion des oberen Teiles, sowie durch den gewählten birnenförmigen Querschnitt hat man es erreicht, daß das Metacentrum über oder wenigstens ganz dicht unter dem Schwerpunkt des Systems bei jedem Wasserstande bleibt, sodafs eine nennenswerte Neigung zum Kentern und eine Beanspruchung auf Torsion nicht vorhanden ist. In der Quelle, der diese Mitteilung entstammt⁷⁵⁾, wird mitgeteilt, daß sich die Thore seit drei Jahren vorzüglich bewährten und daß sie namentlich bei einigen Zwischenfällen, welche bei Stemnthoren zweifellos Zerstörung und längere Betriebsunterbrechung herbeigeführt haben würden, ihre Überlegenheit über diese gezeigt hätten.

Für die Schleusen desselben Kanals zu Havre hat man indessen an maßgebender Stelle diese Thorform nicht genehmigt, sondern Stemnthore vorgeschrieben.

⁷⁵⁾ Ann. des ponts et chaussées 1892, I, S. 710.

Auch bei dem Kanal St. Denis hat man einflügelige Thore (vergl. T. XIII, F. 1 u. ff.) angewandt und rühmt denselben namentlich große Bequemlichkeit in der Bedienung bei Doppelschleusen nach. Indem man nämlich die Umläufe für beide Schleusen in die Mittelmauer verlegt und an derselben gleichzeitig die Wendenischen für sämtliche Schleusenthore anbringt, kann die ganze Bedienung der beiden Schleusen in übersichtlicher Weise von dieser Mauer aus besorgt werden.

Die Zapfen, Halsbänder und sonstigen Einzelheiten etwaiger einflügeligen Thore aus Holz sind ganz wie diejenigen der Stemthore (§ 18) zu behandeln und bedürfen keiner näheren Erläuterung.

Noch einfacher als die Thore der Schleusen zu Tancarville sind die von David Cunningham konstruierten einflügeligen Thore der Docks zu Dundee. Derselbe hat den unteren Tragzapfen fortgelassen und das selbständig schwimmende Ponton nur um eine senkrechte Axe drehbar gemacht.

In dieser Weise sind in Dundee der Verschluss der Einfahrt aus dem Firth of Tay in das Camperdown-Dock, die Schleuse zur Verbindung dieses Dockbassins mit dem Victoria-Dock, sowie der Verschluss des in letzterem Bassin liegenden großen Trockendocks hergestellt.

Die beiden erstgenannten Thore sperren Öffnungen gleicher Weite und sind in ihrer äußeren Erscheinung gleich gebaut. Sie sind in ihrer ganzen Anordnung dem in Fig. 185 bis 188, S. 245 dargestellten Ponton ähnlich, aber auf der ganzen Höhe zweihäutig ausgeführt. Der Körper des Pontons besteht bei beiden aus einem im Querschnitt rechteckigen, in der Ansicht trapezförmigen Kasten aus Eisenblech mit flachem Boden und den erforderlichen Aussteifungen, der durch eine Anzahl wagerechter Zwischenböden in mehrere Kammern geteilt wird. Beide Pontons sind 18,9 m lang, 8,84 m hoch, 3,35 m breit und mit Ausnahme der Fahrbahn ganz aus Schmiedeeisen hergestellt. Das Ponton ist nach Fig. 185 (S. 245) um eine an einem Ende desselben befindliche Axe in einfacher Weise drehbar gemacht. In geöffnetem Zustande legt es sich in eine Mauerische. Die Axe ist eine bloße Angelkonstruktion, bestehend aus zwei in das Mauerwerk eingelassenen gußeisernen Krampen *A* und aus zwei am Ponton angenieteten schmiedeeisernen Ösen, durch die ein starker glatter Bolzen *B*₁ mit Kopf von oben gesteckt ist.

Bei dem Ponton in der Einfahrt vom Flusse in das Camperdown-Dock sind die unter N. W. Nipp-Tiden liegenden Kammern als Luftkammern ausgeführt, deren unterste soviel Wasserballast aufzunehmen hat, daß das Ponton gerade noch einen geringen Auftrieb besitzt. Über den Luftkammern liegt eine in drei Querabteilungen getrennte weitere Kammer, in welche von der Dockseite aus durch kleine Schützen Wasser gelassen werden kann, um das vor die Öffnung gelegte Ponton beim Eintritt der Ebbe senken und so einen dichten Verschluss herstellen zu können. Bei Einsetzen der Flut wird dieses Wasser durch Schützen an der Außenseite wieder ausgelassen, sodaß das Ponton sich etwas hebt und nun leicht ohne Benutzung einer besonderen Maschine um seine Axe gedreht werden kann. Dies Ponton hat sich trotz seiner dem Wellenschläge sehr ausgesetzten Lage gut bewährt und nur geringe Reparaturen erfordert.

Das Ponton zwischen den beiden Dockbassins hat zu seinen beiden Seiten stets gleiche Wasserstände, kann also nicht wie das vorige durch Ein- und Auslassen von Wasserballast gehoben und gesenkt werden. Dies Ponton enthält in den unteren Kammern soviel Wasserballast, daß es noch gerade unten aufsteht. Über den Luftkammern steht dem Wasser der freie Ein- und Austritt in das Ponton zu, sodaß wechselnder

Wasserstand in den Bassins auf die Höhenlage desselben ohne Einfluss bleibt. An dem der Drehaxe entgegengesetzten Pontonende ist eine senkrechte, unten offene, bis ins Wasser reichende Röhre angebracht, deren Querschnitt $\frac{1}{30}$ des wagerechten Pontonschnittes beträgt und deren oberes Ende geschlossen und mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht ist. Soll das Ponton gehoben werden, so wird etwas Luft in die Röhre gepresft, welche das Wasser aus dem unteren Ende verdrängt und damit das Gewicht des Pontons vermindert, sodafs es aufschwimmt und gedreht werden kann. Auch diese Anordnung hat sich sehr gut bewährt. Zur rascheren Hebung des Pontons kann auch zwischen Luftpumpe und Röhre ein Reservoir eingeschaltet werden, in dem stets Prefsluft vorrätig gehalten wird. Es bedarf dann nur eines Augenblicks, um die Röhre zu füllen und das Ponton etwas anzuheben.

Fig. 185 bis 188. Verschluss eines Trockendocks am Victoria-Dock.

Fig. 185. Ansicht.

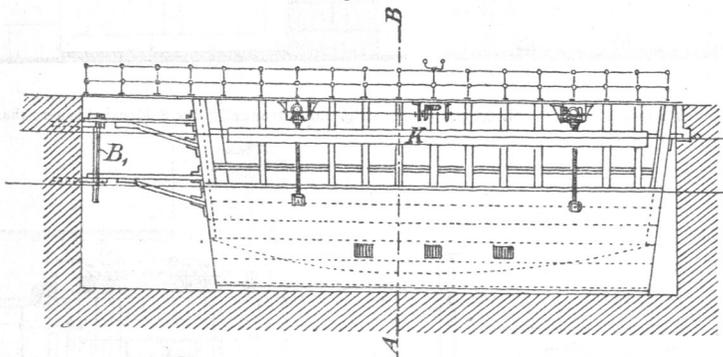


Fig. 186. Schnitt A B.

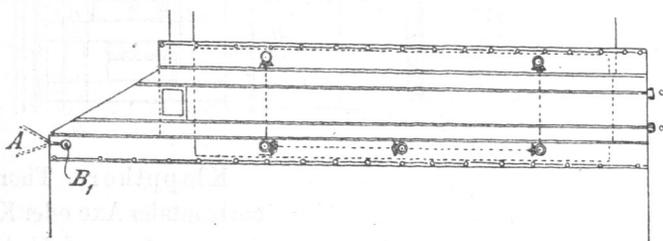
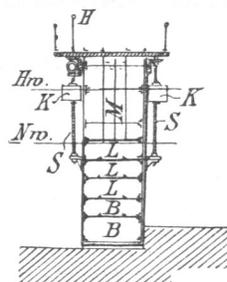


Fig. 187. Grundrifs.

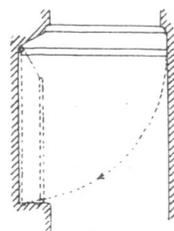


Fig. 188. Thornische.

Der Abschluss für das Trockendock ist ganz ähnlich konstruiert, über dem Luftkasten aber nur einhäutig. Das in den Figuren 185 bis 188 dargestellte Ponton hat die Räume *B B* als Ballastkammern, *L L L* als Luftkammern, während über *L* das Wasser frei spielt. *M* ist ein Schacht, durch den man in die Luftkammern gelangt. Der Ballast ist so ausgeglichen, dass auch dies Ponton eben auf dem Grunde aufsteht. Soll es gehoben werden, so werden die an den beiden Langseiten liegenden Luftkasten *K* mittels der Schraubenspindeln *S* und des Drehbaumes *H* in das Wasser gedrückt.⁷⁰⁾

Diese einflügeligen Drehthore, von denen namentlich die zuletzt besprochenen treffender Drehpontons genannt werden können, vermeiden bei geschickter Anordnung alle unter Wasser liegenden, häufigen Reparaturen unterworfenen Teile, als Rollen, Zapfen u. s. w. Sie sind also jedenfalls sehr betriebssicher und da, wo es auf sehr schnellen Betrieb nicht ankommt, mit Vorteil zu verwenden.

⁷⁰⁾ Deutsche Bauz. 1889, S. 605.

Fig. 189 bis 193. Klappthor (Erie-Kanal).

Fig. 189. Ansicht.

M. 0,008.

Fig. 190. Längenschnitt.

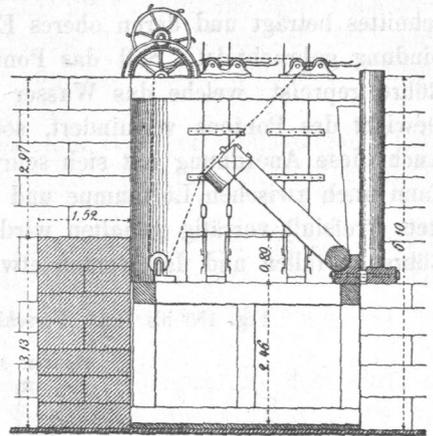
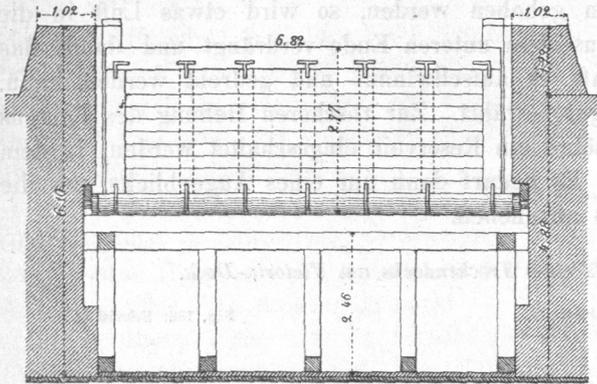


Fig. 191. Grundrifs des Thores.

M. 0,008.

Fig. 192. Grundrifs des Schleusenkörpers (halb).

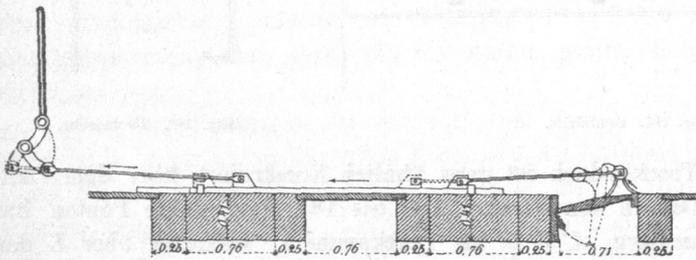
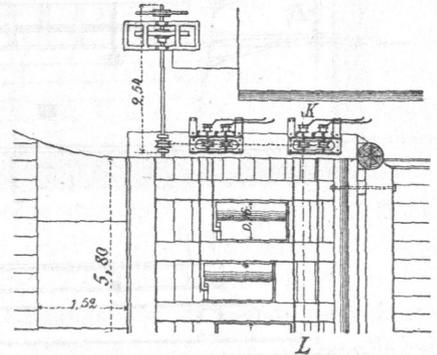
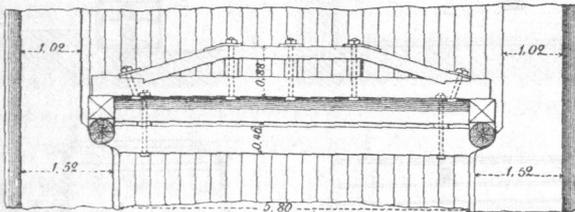


Fig. 193. Schnitt KL (Fig. 192). M. 0,016.

Klappthore. Thore mit horizontaler Axe oder Klappthore wurden, soviel bekannt, zuerst in Amerika ausgeführt, sind aber in neuester Zeit auch in Deutschland beim Oder-Spree-Kanale angewendet und in Hamburg in der Ausführung begriffen.

Die Figuren 189 bis 193 zeigen ein seit 1862 am Erie-Kanale in Amerika an Stelle eines Stemmtiores eingeführtes Klappthor des Oberhauptes einer Schleuse. Das in Fig. 190 in seinem Querschnitte gezeichnete Thor befindet sich etwa in der Mitte zwischen völligem Liegen und Aufrichten. Sobald es liegt, ist es mit seiner Oberfläche etwas niedriger als der gemauerte Vorschleusenboden oberhalb der Thorkammer, der zugleich die Krone der Abfallmauer der Schleuse bildet. Sobald das Thor mit Hilfe der Kette ohne Ende aufgerichtet ist und das Oberwasser kehren soll, steht es nicht ganz steil, sondern etwas schräg, indem es sich mit seinen beiden Seitenriegeln gegen zwei aus Fig. 190 u. 191 erkennbare, schräge und an der Mauer befestigte Ständer lehnt. Die eigentümliche Form

dieser aus zwei Stücken bestehenden Ständer ist durch die von der früheren Einrichtung her belassenen Wendenischen zu erklären. In Fig. 189 (Ansicht vom Oberwasser) und in Fig. 191 (Grundrifs) erscheint es völlig aufgerichtet. In diesem Stande stützt es sich unten mit seiner halbrunden Axe gegen die entsprechend ausgehöhlte Schwelle, wie ein vertikales Thor mit der Wendensäule gegen die Wendenische. Soll dann das Oberwasser aufgehalten werden, so müssen die vier Schützöffnungen des horizontalen, in Fig. 192 gezeichneten Holzbodens, auf welchem das niedergelegte Thor sich auflegt, geschlossen sein. Diese Schützen werden aber geöffnet, wenn das Oberwasser in das unter dem Boden und hinter dem Thore befindliche Unterwasser treten soll; dazu ist der Raum unter dem Thorkammer- oder Schützenboden und der Raum der Kammer stets in freier Verbindung, wie der untere Teil von Fig. 189 zeigt. Es sei noch bemerkt, daß in Fig. 190, wo das Thor halb aufgerichtet ist, das Oberwasser etwa in der Höhe der obersten Quaderfuge gedacht werden muß. Im einzelnen sei Folgendes erwähnt: Das Thor ist von Holz mit doppelter Bekleidung, deren Zwischenräume mit Steinen so angefüllt sind, daß das Thor sich nach Lösung der auf dem linken Ufer stehenden Winde sanft niederlegt. Beim Aufrichten bedarf die Winde nur einer mäßigen Kraft. Das obere Rahmholz des Thores ist zur Verstärkung mit einer Art Sprengwerk versehen. Der hierdurch unter dem niedergelegten Thore entstehende Spielraum dient dazu, daß die Schützen auch bei geöffnetem Thore bewegt werden können. Außerdem schützt das Thor die Schützen vor einer Beschädigung durch aus- und eingehende Schiffe.

Die Klappthore einiger Schleusen des Oder-Spree-Kanals (T. X, F. 21—23) sind ganz ähnlich gebaut, haben aber anstatt des hölzernen einen gemauerten Drempel (vergl. § 7) und können außer mit Handbetrieb auch durch Maschinen bewegt werden, wie in § 22 näher beschrieben wird.

Eine bemerkenswerte Abweichung zeigt das Klappthor für den Erweiterungsbau der Alsterschleuse in Hamburg, welche gleichzeitig als Freiwasserablaß dienen soll. Bei demselben liegt die Drehaxe nämlich nicht an der Unterkante, sondern im mittleren Drittel, nahe dem unteren Drittel der Klappe, welche sich mit ihrem unteren Rande gegen eine an der Seite des Unterwassers befindliche Schwelle legt. Dadurch ist erreicht, daß das Oberwasser der Alster die Klappe stets zu schließsen strebt, während das Unterwasser des sogenannten Mittelbassins auf Öffnen derselben wirkt, daß aber bei einer gewissen Höhe des Oberwassers (+ 6,60) das Moment des Unterwassers in Bezug auf die Drehaxe bereits bei einem Stande von + 5,05 desselben größer, als das Moment des Oberwassers wird. Die Höhe der Drehaxe ist also so gewählt, daß in der Regel, d. h. bei normalen Wasserstandsverhältnissen, das schließende Moment des Alsterwassers, welches die Klappe dichtend gegen die Sohlenschwelle drückt, das Übergewicht hat und daß für den Fall ungewöhnlicher Wasserstände das Maximum der Summe beider Momente an absolutem Werte thunlichst gleich dem Minimum ausfällt — ein Punkt, der für die Bereitstellung der zum Bewegen der Klappe erforderlichen Kraft, wenn dieselbe nach zuvoriger Öffnung der Stemthore des Unterhauptes zum Zwecke des Wasserablassens aus der Alster umgelegt werden soll, von entscheidender Bedeutung ist.

Die Klappe soll gleichzeitig als Einlaßschütz (Drehschütz) zum Füllen der Schleusenkammer dienen und zu diesem Zwecke zunächst nur soweit geöffnet werden, daß unten an der Schwelle ein Spalt von 15 cm Breite entsteht, durch den das Wasser ohne zu große Beunruhigung des Schiffes eintritt. Näheres über die Anlage findet sich Deutsche Bauz. 1891, S. 405, wo indessen die Konstruktions-Einzelheiten noch nicht mitgeteilt werden.

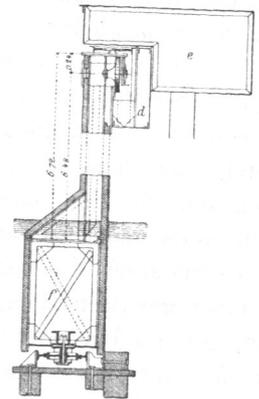
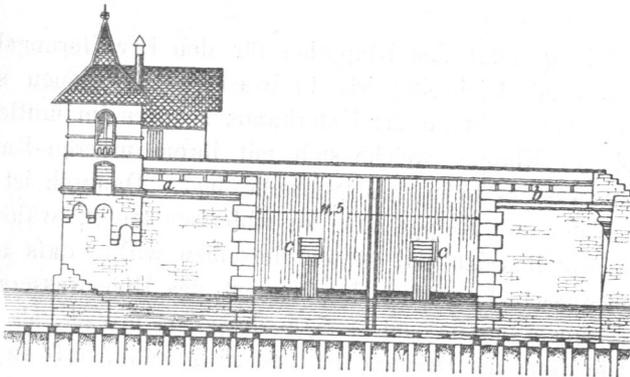
Endlich sei noch auf eine Klappthor-Konstruktion von Isermeyer (Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 270) hingewiesen, welche Aufrichten und Niederlegen des Thores selbstthätig bewirkt. Das um eine untere wagerechte Axe drehbare Thor ist durch Luftkasten so ausbalanciert, daß Auftriebs- und Schwereffektmoment einander aufheben. Ein im oberen Teile des Thores excentrisch gelagerter, beweglicher Ballastcylinder bewirkt dann das Senken und Heben desselben, je nachdem er mit Wasser gefüllt oder entleert wird. Die Füllung geschieht durch Zuleitung von Oberwasser. Das Zuleitungsrohr wird durch den einen Zapfen des Thores zum Cylinder geführt, während durch den anderen das Ableitungsrohr für die Luft im Cylinder seinen Weg nimmt. Die Entleerung des Cylinders erfolgt durch Absaugen des Wassers mittels eines Saugapparates durch dasselbe Rohr, indem ein Strom vom Ober- zum Unterwasser denselben in Thätigkeit setzt. Die unter Wasser liegenden Rohrleitungen durch die Zapfen könnten Bedenken erregen.

Schiebethore. Häufiger als Klappthore sind Schiebethore in Anwendung gekommen, wenn auch vorwiegend im Auslande (England und Amerika). In Deutschland befinden sich — soviel bekannt — bisher nur in Hamburg Beispiele dieser Thorart, teilweise sind sie noch im Entstehen begriffen. In Fig. 194 u. 195 ist ein bereits seit längerer Zeit dort im Betriebe befindliches Thor dargestellt. Die Brookthor-Schleuse, der das Thor angehört, verbindet den neuen Sandthorhafen mit den oberhalb liegenden Hafenteilen, welche in unmittelbarer Verbindung mit der Elbe stehen, jedoch so, daß die obere und untere Mündung der Hafentflächen über 3000 m entfernt sind. Das hierbei zeitweilig eintretende Gefälle von etwa 20 cm würde bei Durchströmung der Hafentflächen denselben viel Sand zuführen, wenn nicht eine Schleuse das Gefälle aufnähme.

Fig. 194 u. 195. Schiebethor (Hamburg, Sandthorhafen).

Fig. 194. Ansicht.

Fig. 195. Vertikalschnitt. M. 1:100.

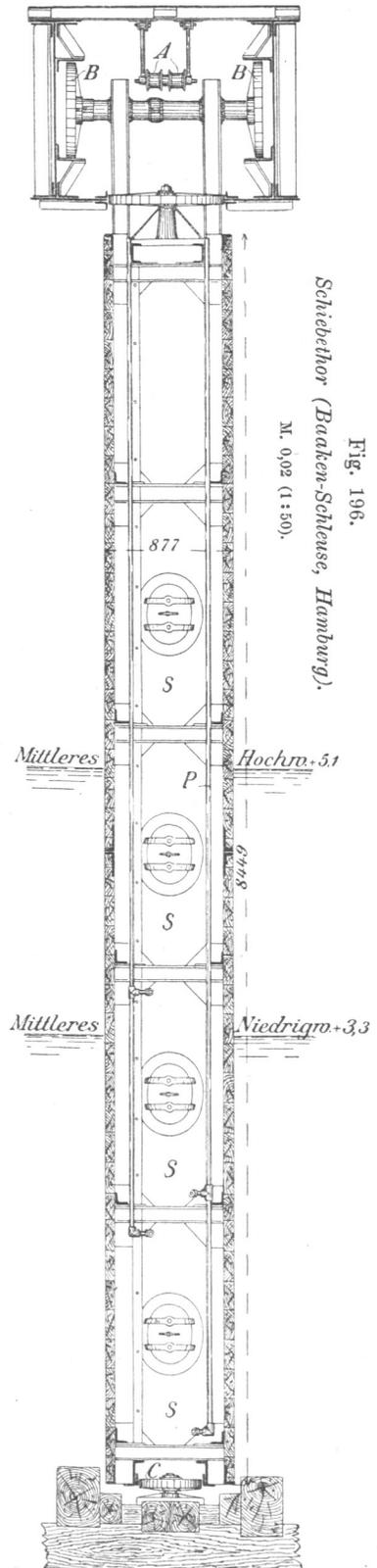


Eine Kammerschleuse mit Drehthoren würde aber selbst bei der besten Einrichtung etwa 10 Minuten für jede Durchschleusung erfordern und erschien deshalb weit weniger geeignet, als die in ihrer Idee von Dalman herrührende Schleuse mit Schiebethoren, welche, obgleich als Kammerschleuse gebildet, dennoch den durchfahrenden Schiffen fast gar keinen Aufenthalt verursacht. Es mußte bei ihrer Anordnung jedoch auf das Durchfahren von Schiffen mit stehenden Masten, sowie auf völlige Dichtigkeit des Thorverschlusses verzichtet werden. Beides war übrigens hier zulässig und so war gestattet, daß die Thore mit Laufrollen oben auf einer Rollenbahn hängen und auch dort ihre Bewegung durch eine Kette ohne Ende erhalten, während sie unten nur zwischen zwei festen Schienen durch horizontale Rollen ihre Führung erhalten. Die innere Unterkante der wie ein Vorhang von der Mitte der Schleuse nach den beiden Seiten sich bewegenden Thorhälften berührt dabei nahezu eine gerade hölzerne Schwelle. Sind beide Hälften

geschlossen, wie in Fig. 194 dargestellt, so berühren sie sich ebenfalls nur lose. Die Thore sind aus leichtem schmiedeeisernen Gerippe mit einer doppelten Holzverkleidung konstruiert und haben unten eine aus vollem Blech hergestellte kastenartige, wasserdichte Erweiterung *f* (Fig. 195), durch welche sie annähernd in schwimmendem Zustande erhalten werden. Diese Schwimmkasten sind von oben durch Einsteigeschächte *c* (Fig. 194) zugänglich. Die Kammer ist 67,4 m lang und 11,5 m weit und an beiden Enden gleichmäÙig ausgestattet.

Die Thore der i. J. 1894 im Bau begriffenen Baaken-Schleuse zu Hamburg zeigt Fig. 196 im Querschnitt. Diese Schleuse, dem gleichen Zwecke dienend wie die vorhin erwähnte, verbindet das Ostende des Baakenhafens mit dem Oberhafen-Kanale. Die Kammer hat eine Länge von 110 m und eine lichte Weite von 16 m. Beide Enden der Kammer können wie bei der Brookthor-Schleuse durch je ein Paar Schiebethore abgeschlossen werden, jedoch ist auch hier die völlige Dichtigkeit des Verschlusses und das Durchschleusen von Fahrzeugen mit stehenden Masten ausgeschlossen. Die Bewegung der beiden Thorflügel gegen- bzw. auseinander erfolgt wie dort durch Ketten ohne Ende mittels zweier hydraulischen Cylinder ähnlich den bekannten Zugvorhängen vor Fenstern. Die Rollen, auf denen die Ketten geführt werden, sind in der Figur durch *A* bezeichnet. Eine Änderung haben die Rollenführungen für das Thor gegenüber dem Thore der Brookthor-Schleuse insofern erhalten, als die oberen Laufrollen *B* auf beiden Seiten vorhanden sind und als die unteren Führungsrollen *C* hier nicht am Thore, sondern auf einem Pfahlroste gelagert sind, während sich die Leitschienen am Thore befinden.

Das Gerippe der Thore besteht vorwiegend aus U- und L-Eisen (Flufseisen) und ist an allen Seiten mit Holz verkleidet. In jedem Thore befinden sich acht völlig zusammengeschweißte Schwimmkasten *S*, welche lose in das Eisengerippe eingeschoben sind. Die Schweißung anstatt der Nietung bietet eine große Gewähr der Dichtigkeit der Schwimmkasten, sodass dieselben während des Betriebes nicht zugänglich zu sein brauchen, obwohl sie mit Mannlöchern versehen sind. Es ist auch Einrichtung getroffen, dass die vier untersten Kasten eines jeden Thores durch eine Pumpenleitung *P* von etwa eingedrungenem Wasser entleert werden können. Durch die Schwimmkasten



wird je nach dem Wasserstande ein Teil des Thorgewichtes aufgehoben. Bei besonders hohem Wasser würde das Thor aufschwimmen und wird dann durch eine oberhalb der Rollen *B* angebrachte Laufbahn geführt. Behufs Vornahme von Ausbesserungen läßt sich somit jedes Thor nach Abnahme der oberen Führungsteile aus den Führungen entfernen.⁷⁷⁾

Wie diese Thore in Hamburg hatte Eiffel die Thore der Schleusen des Panama-Kanals oben auf Rollen führen wollen, jedoch bestanden seine Thore nur aus einem einzigen Körper. Obwohl dieselben schwerlich zur Ausführung kommen werden, dürfen sie als sinnreich durchgearbeitet nicht übergangen werden. Bei 11 m Schleusengefälle betrug die Länge beider Thore 21,6 m, ihre Höhe für das Unterhaupt 21 m, für das Oberhaupt 10 m und ihre Dicke 4 m bzw. 3 m. Die Thore haben auf beiden Seiten eine wasserdichte eiserne Haut, welche in Abständen von 1 m durch starke horizontale Träger mit voller Wand miteinander verbunden sind. Diese Träger übertragen den Wasserdruck auf die Schleusenwände. Die Platten der Haut sind zwischen diesen Trägern nach Kreisbögen gekrümmt (nach außen konvex), sind also sogenannte Tonnenbleche.

Der untere Teil des Thores ist wie die Arbeitskammer eines Senkkastens für Prefsluftgründung ausgebildet, läuft auf die ganze Thorlänge durch, ist unten offen und hat drei Einsteigeschächte nebst Schleusen. Über dieser Arbeitskammer teilen zwei horizontale und zwei senkrechte wasserdichte Schotten das Thor in neun wasserdichte Kammern, in die man nach Bedarf Wasser, gewöhnliche Luft oder auch Prefsluft einlassen kann. Dank dieser Einrichtung kann das Thor nicht nur bequem im Gleichgewicht gehalten, sondern es können auch die verschiedenen Abteilungen nacheinander trocken gelegt und nachgesehen werden, ja man kann auch, indem man unten in die Arbeitskammer Prefsluft einführt, diese besteigen und von derselben aus den Drempel reinigen. Es sei bemerkt, daß die Verwendung von Prefsluft zum Nachsehen der einzelnen Abteilungen eiserner Thore irgend welcher Art ganz besonders zu empfehlen ist, weil dadurch das Auffinden und Verstemmen von Undichtigkeiten am Thore, ohne den Betrieb zu stören, sehr erleichtert wird. An dem Ausströmen der Prefsluft, welches sich durch ein zischendes Geräusch und auch beim Ableuchten der Fugen durch das Anziehen der Flamme verrät, ist nämlich der genaue Ort einer Undichtigkeit viel sicherer zu ermitteln, als durch das Einströmen des Wassers in einen mit gewöhnlicher Luft gefüllten Raum.

Eine weitere Eigentümlichkeit der Eiffel'schen Thore ist die Art der Bewegung. Das Thor hängt nämlich an Wagen, auf denen es aus der Pontonkammer in das Schleusenhaupt geschoben wird. Die Gleise für diese Wagen werden in der Pontonkammer von der festen Überbrückung dieser letzteren getragen, außerhalb der Pontonkammer aber von einer einarmigen Drehbrücke, welche auf der der Pontonkammer gegenüber liegenden Schleusenwand ihren Drehzapfen hat. Vor Schluß des Thores wird diese Brücke geschlossen und dadurch die Rollbahn für die ganze Länge der Thorbewegung hergestellt. An den erwähnten Wagen sind die Thore aber nicht unbeweglich befestigt, sondern mittels anderer Rollen aufgehängt, welche es gestatten, das Thor senkrecht zu der anderen Bewegung, also gegen den Drempel hin zu verschieben. Auf diese Weise wird das Thor ohne Klemmen zum dichten Schluß gebracht und andererseits durch Abrücken des Thores vor dem Öffnen jede Reibung am Mauerwerk während der Bewegung zur Thorkammer vermieden. Alle zur Bewegung des Thores dienende Teile liegen über Wasser.⁷⁸⁾

Wenn schon bei dieser letzten Konstruktion es vermieden ist, daß nur Schiffe mit niedergelegten Masten das Thor passieren können, so wird eine Drehbrücke als obere Führung des Thores sich nur für besondere Verhältnisse (z. B. sehr starke Strömung in der Schleuse) empfehlen. Meistens wird man durch Gleitpontons (siehe weiter unten), die gleichzeitig sehr gut als Brücke dienen können, billiger zum Ziele kommen.

Es ist noch das ganz aus Holz bestehende durch F. 20—23, T. IX dargestellte Thor einer Schleuse zu Davis-Island in Ohio⁷⁹⁾ zu besprechen, welches sich durch seine große Länge auszeichnet. Die Schleusenweite beträgt nämlich 33,35 m und infolge dessen die Länge der beiden gleich großen Thore 36 m. Die Thorbreite ist 4,06 m und die Höhe 4,27 m. Jedes Thor wird von 8 eisernen Axen mit 16 Rollen von 0,72 m

⁷⁷⁾ Vorstehende Mitteilung nebst Figur verdankt Verfasser der Freundlichkeit der Herren Wasserbau-Direktor Nehls und Wasserbau-Inspektor Krieg in Hamburg.

⁷⁸⁾ De ingénieur 1888, S. 160. — Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 507.

⁷⁹⁾ Ann. des ponts et chaussées 1885, I, S. 1029.

Durchmesser getragen. Das Thor besteht aus einem unteren Rahmen von zwei Langhölzern mit senkrechten Aussteifungen zwischen denselben, einem starken Howe-Träger als oberem Rahmen und zwei Reihen von Ständern und eisernen Diagonalen zwischen den beiden Rahmen und zwar sind solche Diagonalen zwischen den Ständern sowohl in der Längens- als auch in der Querrichtung des Thores vorhanden. Das Thor hat eine Holzbekleidung, welche an der Unterwasserseite alle Zwischenräume zwischen den Ständern und den Rahmen ausfüllt und außerdem oben einen Belag. Vierzehn runde Drehschützen mit senkrechter Axe werden vom oberen Belage aus durch eine Aufzugvorrichtung gleichzeitig geöffnet. Außerdem sind noch Umläufe vorhanden. Das Thor wird an Ketten durch eine Turbine in die Thorkammer gezogen. Um die seitliche Reibung während der Bewegung zu vermindern, sind Streichrollen mit senkrechter Axe angebracht, die aber, wenn das Thor geschlossen ist, vor kleinen Versenkungen ihrer Bahn liegen, damit das untere Rahmholz sich dicht an den Drempele anlegen kann.

Diesen Schiebethoren insofern ähnlich, als sie ebenfalls auf Rollen liefen, welche unten an den Thoren befestigt waren, sind die älteren Thore nach dem Patente von Kinipple. Das in unten genannter Quelle⁸⁰⁾ dargestellte Thor befindet sich zu Greenock und dient zum Verschlusse eines Docks (vergl. Kap. XXII der zweiten Auflage dieses Werkes, T. XXVI, F. 7—9). Das Ponton belastet die vier kleinen zweirädrigen Wagen, auf denen es in die neben dem Dock liegende Pontonkammer geschoben werden kann, bei jedem Wasserstande nur mit einem mäfsigen Gewichte, es kann aber durch Entfernung des Wasserballastes aus seinem Innern zum Aufschwimmen gebracht werden. Diese Schiebepontons von Kinipple sind, wie bereits in § 16 erwähnt, rund herum — auch an den Stirnseiten — geschlossen. Das aus der Pontonkammer beim Öffnen des Thores zu verdrängende Wasser mufs also unter das Thor hindurch oder durch Umläufe abfliefsen. Durch ein unter N. W. liegendes Deck wird das Thor in zwei Hauptabteilungen geteilt, deren untere die Luftkammer und gleichzeitig den Ballastraum bildet. Der Raum über dem Luftkasten steht durch Ventile mit dem Aussenwasser in Verbindung, sodafs für diesen Teil der Wasserdruck stets auf die am Anschlag liegende Haut wirken kann. Vom Luftkasten führt durch diesen Wasserraum ein Einsteigeschacht nach oben.

Bei den neueren Ausführungen hat Kinipple folgende Änderungen vorgenommen.⁸¹⁾ Um die Thore beim Ausflöfsen mittels des Auftriebes nicht um ein allzugrofses Höhenmafs anheben zu müssen, war man früher gezwungen, die Seitenkanten, wie auch die Anlegekanten im Mauerwerke sehr stark nach aussen zu neigen; die so eintretende Verbreiterung des Bauwerkes war wenig erwünscht und das Mafs der erforderlichen Anhebung blieb immerhin grofs genug, um das Ausflöfsen bei mäfsigem Winde bedenklich erscheinen zu lassen. Um völlig senkrechte seitliche Begrenzung zu erzielen und das Mafs der Anlüftung auf die Drempeleüberdeckung, als denkbar geringstes Mafs, einzuschränken, giebt Kinipple dem Thore zwischen der inneren und äufseren Anschlagfläche 5 bis 10 cm Spiel (um welches Mafs dann die Laufrollen seitlich auf den Schienen verschiebbar sein müssen), macht die Weite zwischen den äufseren Anschlagkanten etwas gröfser als zwischen den inneren, giebt dem Thore im Grundrifs dementsprechend eine trapezförmige Gestalt (Fig. 197 bis 199) und braucht dasselbe nach Anhebung um die Drempeleüberdeckung dann nur um die seitliche Überdeckungsbreite in die Thorkammer zurückzuziehen, um es nun durch wagerechte Drehung um die äufsere Thorkammerkante ausflöfsen zu können.

⁸⁰⁾ Ann. des ponts et chaussées, Bd. XI, I, S. 30.

⁸¹⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 436.

Fig. 197 bis 199. *Kinipple's Schiebethor mit Pendelbrücke.*

Fig. 197 u. 198. Längenschnitt durch die Thorkammer und Grundriß.

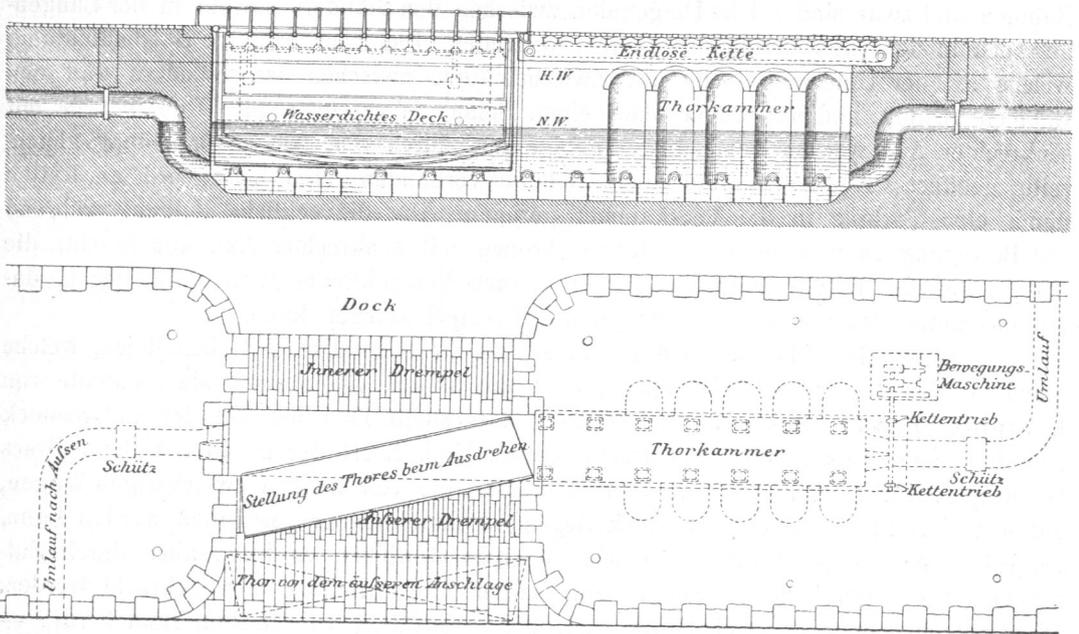


Fig. 199. Querschnitt.

Erleichtert wird diese Handhabung dadurch, daß die Rollen, welche früher am Thore saßen und die notwendige Hebung vergrößerten, jetzt auf dem Boden des Hauptes befestigt werden, während das Thor die Schienen trägt. In der seitlichen Thorkammer werden die Rollen dann dicht unter Thoroberkante an der Wand angebracht, sodafs das Thor in der Kammer sich mittels über Wasser an Konsolen befestigter Schienen aufhängt. Um die unter Wasser liegenden Rollen thunlichst wenig zu beanspruchen und den Bewegungswiderstand abzumindern, hat man die Rollen oder Schienen unten am Thore nicht unmittelbar, sondern mittels nach oben führender Druckstangen gelagert, welche paarweise, durch Schwinghebel über die Thorbreite hinweg vereinigt (Fig. 199), durch Wasserdruckpressen oder Schrauben lotrecht bewegt werden können. Vor Bewegung des Thores werden diese Stangen nach oben gezogen, sodafs das Thor, von den Rollenrändern nur seitlich geführt, etwa 5 cm frei über seinen Bahnen schwebt und, in diesem Zustande in die Kammer gezogen, hier auf die oberen Rollen aufhäuft. In Fig. 197 sind nur untere Rollen gezeichnet.

Die Reinhaltung der unteren Schienen und Rollen, sowie des Drempelanschlages wird schon sehr wirksam durch das Wasser besorgt, welches unter dem mit beträchtlicher Geschwindigkeit in die Thorkammer zurückweichenden Thore durch den vorhandenen engen Querschnitt entlang dem Boden der Thornische mit großer Gewalt aus der Kammer hervordringt, denn das Thor selbst ist an seinen beiden Stirnseiten vollständig geschlossen. Um diese Spülung noch zu unterstützen, hat Kinipple bei den neuesten Ausführungen die Umläufe so eingerichtet, daß der ganze Wasserstrom beim

Ein- oder Auslassen des Wassers am Boden der Thorkammer durch deren Hinterwand eintritt, dann die Thorkammer und die Drempevertiefung unter dem Thore durchströmt und am anderen Ende der Drempevertiefung durch den Kanal in der zweiten Seitenmauer austritt (Fig. 197). Um unter dem Thore den geeigneten Durchflußquerschnitt zu erhalten, hat man die Drempevertiefung nach unten dreieckig nach Art eines Grabens erweitert, in welchem die Rollen oder Schienen auf vereinzelt Vorsprüngen ruhen (Fig. 199). Es entsteht so in der That eine äußerst kräftige Spülung in der Sohle.

Zur Erzielung einer möglichst leichten und reibungslosen Bewegung des Thores ist der ganze Drempeanschlag, wie auch das Holz am Thore etwas keilig gestaltet.

Um den Druck des Wassers stets unmittelbar auf diejenige Haut zu bringen, welche am Anschlage liegen soll, also dem höheren Wasserstande abgewendet ist, war bei den älteren Schiebethoren ein nach der Seite des niedrigen Druckes sich selbstthätig schließendes Pendelventil nach Fig. 199 in eine Dreiwegleitung in der unteren, 31 cm unter N. W. dicht abgeschlossenen Luftkammer angebracht. Dieses gestattete in jedem Falle dem steigenden Wasser von der Seite des höheren Druckes her das Einströmen in die über der Luftkammer liegenden Ballasträume. Wenn auch die Öffnungen der Dreiwegleitung in beiden Häuten durch Holzschieber verschließbar waren, man das Ventil somit trocken legen konnte, so hatte das letztere infolge Einklemmens fester Körper doch zuweilen versagt. Dieser Mangel ist gehoben, indem die ganz freien Einströmungsöffnungen dicht über dem Luftkasten in die schmalen Stirnwände gelegt wurden; das ganze Thor ist dadurch zu einem großen Ventile geworden.

Um das seitliche Gleiten des Thores auf den Schienen zu bewirken, genügen schon etwa 15 cm Überdruck. Die Bewegungsvorrichtungen dieser Thore werden in § 22 besprochen.

Die meisten Schiebethore sind mit auf Doppelhebeln gelagerten beweglichen Brücken versehen, welche beim Öffnen mit Rollen an dem der Kammer zugewendeten Ende gegen Keilflächen stoßen und so mittels Umlegung der Hebel unter die Überbrückung der Pontonkammer laufen, ohne dafs hierzu nur ein Handschlag nötig wäre. Bei einigen ist die Kammerüberbrückung zum Anheben eingerichtet.

Die Tiefe der Thorkammer, welche die Länge des Thores übersteigt, ermöglicht die Einsetzung von Dammbalken in entsprechende Schlitz in den Wänden der Kammer vor dem zurückgezogenen Thore, sodafs die Kammer als Ausbesserungsdock für das Thor benutzt werden kann. Die Anlage eines einseitigen Thoranschlages an der Außenseite der Einfahrt ermöglicht die Versetzung des Thores hierher, sobald Ausbesserungen im Schleusenhaupte vorzunehmen sind und gestattet auch, die nutzbare Länge der Kammer zu vergrößern, s. Fig. 198. — Zur Bedienung des Thores ist nur ein Mann erforderlich, da alle zur Bewegung dienenden Vorkehrungen auf einem Ufer liegen.

Was die Kosten anbelangt, so giebt Kinipple den für eine Thorbewegung aufzuwendenden Betrag zu 0,25 M. an. Die Baukosten eines solchen, die äußeren Ebbe-thore, die Fluthore und eine Drehbrücke (allerdings wegen der Rollenlagerung nur für mäfsige Lasten) ersetzenden Thores in Quebeck haben bei 21,3 m Weite, 10,4 m Höhe und 4,58 m Stärke für alle zum Thore gehörigen Teile rund 100000 M. betragen. Dieser Thore sind bereits etwa fünfzehn im Betriebe und haben sich seit 20 Jahren sehr gut bewährt, vergl. auch § 15 u. 17.

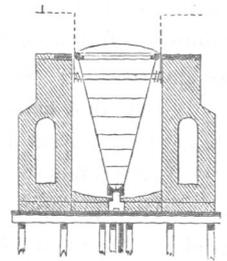
Gleitpontons. Bei den neuesten Ausführungen sind die höher gelagerten Rollen dem Schmutze oder der Beschädigung durch feste Hindernisse weit weniger ausgesetzt, als etwa die Rollenbahnen von Drehthoren und die Ketten zur Bewegung derselben.

Werden in der Thorkammer Rollen für den oberen Thorrand angebracht, so bleibt nur eine Minderzahl auf dem Boden zu befestigen. Alle übrigen leichter zu beschädigenden Teile liegen über Wasser. Trotzdem haben andere englische Ingenieure geglaubt, auch die wenigen Rollen unter Wasser noch vermeiden und dafür lieber einen größeren Kraftaufwand zur Bewegung des Thores in den Kauf nehmen zu sollen; sie haben einfache Gleitpontons angewendet, die indessen nur mit etwa 20 t Gewicht auf ihre Gleitbahnen drücken. Solche Pontons sind unter anderen in Portsmouth für ein Dock, in Malta für ein Trockendock ausgeführt und für neue Trockendocks in Kiel und die neue Schleuse in Bremerhaven entworfen.

Die Gleitpontons sind in der That die denkbar einfachsten und daher auch die betriebssichersten Ausführungen für Schleusenthore, da sie gar keine leicht zerstörbaren Teile unter Wasser haben und an solchen über Wasser auch nur die sehr einfache Bewegungsvorrichtung mit Kette ohne Ende, welche zudem in der Pontonkammer so geschützt liegt, daß sie durch Schiffe in keiner Weise beschädigt werden kann.

Das soweit bekannt erste Gleitponton ist bereits im Jahre 1868 zu Kampen in Holland von J. Swets erbaut; freilich vorzugsweise zu Entwässerungszwecken. Aus Fig. 200 geht der fast dreieckförmige Querschnitt des etwa wie ein Schiff auf dem Helling ruhenden und gleitenden eisernen Pontons hervor. Dasselbe ist an dem Vorderende spitz und faßt dort in einen mit Holz verkleideten keilförmigen Mauerfalz; am hinteren Ende, mit dem es während des Verschlusses noch gerade genügenden Anschlag in seiner Nische findet, ist es stumpf und trägt in einiger Entfernung von diesem Ende und parallel zu demselben noch eine senkrechte Wand, vom Erfinder Treibschütz genannt. Das Ponton wird durch den Druck des höher stehenden äußeren oder inneren Wassers in seine Nische gedrückt, die Schleuse also geöffnet, sobald man durch geeignete Schützen in dem Mauerwerk das Wasser zwischen das Ponton und das breitere Treibschütz strömen läßt. Umgekehrt wird es aus der Nische getrieben und schließt die Öffnung, wenn man das höhere Wasser von der Nische her auf das Treibschütz wirken läßt.

Fig. 200.



Das in Fig. 201 bis 203 leider sehr skizzenhaft dargestellte und in der Quelle⁸²⁾ nur oberflächlich beschriebene Gleitponton stellt eins der in Portsmouth hergestellten dar. Auch dies ist an den Stirnwänden geschlossen, sodaß das aus der Pontonkammer abfließende Wasser unter dem Ponton oder durch Umläufe seinen Weg suchen muß. Das Ponton ist durch zwei wasserdichte Decks in drei Hauptteile zerlegt. Der unterste derselben dient als Ballastraum und wird mit Wasser gefüllt. Über diesem folgt der Luftraum, in welchem die Pumpen stehen, die zum Leeren des Ballastraumes dienen, wenn das Ponton aufschwimmen soll. Vom Luftraum führen nach oben zwei Einsteigenschächte, in denen gleichzeitig die Transmissionswelle zum Betriebe der Pumpen untergebracht ist. Der Raum über der Luftkammer steht wieder mit dem Außenwasser in Verbindung. Die Brücke über dem Ponton senkt oder hebt sich, je nachdem das auf Rollen laufende Gestänge am unteren Ende der Hebel *b* mit seinen inneren Endpunkten *a* einander genähert oder in die Lage Fig. 203 gebracht wird. Ist die Brücke gesenkt und das Geländer umgelegt, so kann das Ponton in die überdeckte Pontonkammer gezogen werden. Es gleitet dabei anscheinend auf eisernen Schienen, die auf Stühlen ruhen.

Noch einfacher ist die Gleitbahn der Pontons für die neuen Trockendocks in Malta und der für Kiel entworfenen. Dort gleiten die Pontons einfach mit glatten Eisenschienen auf Granitmauerwerk, welches auf der Gleitfläche poliert wird. Die einzelnen

⁸²⁾ Engineering 1892, Aug. S. 275.

Fig. 201 bis 203. Schiebeponton (Portsmouth).

Fig. 201. Ansicht.

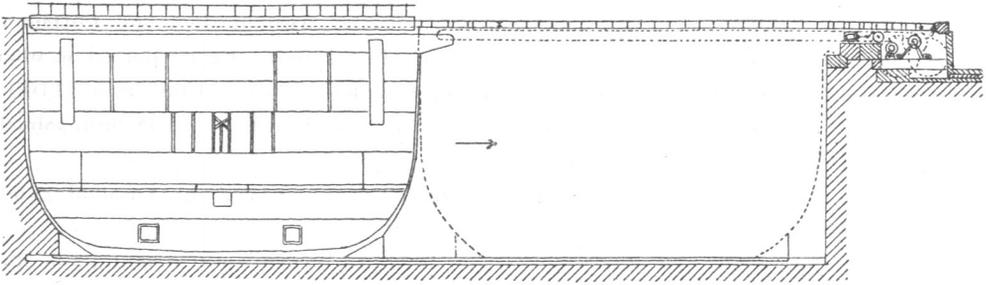


Fig. 202. Grundrifs.

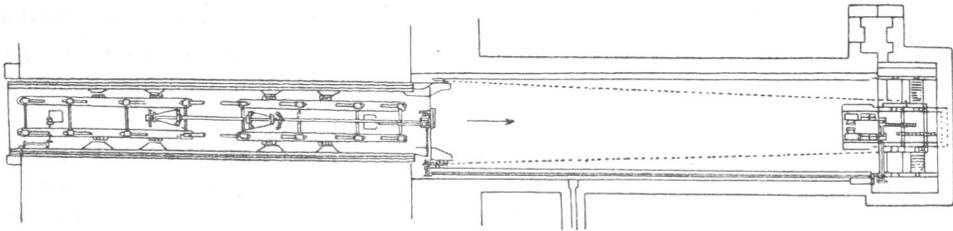
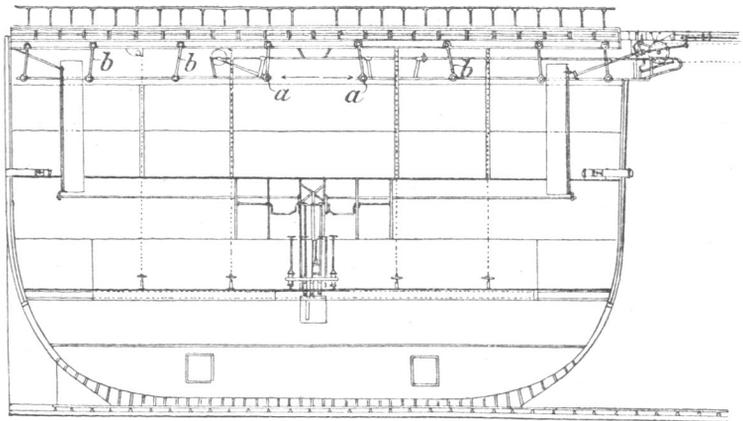


Fig. 203. Längenschnitt.



Steine der Gleitfläche sind, wie in Fig. 50a und b, S. 116 dargestellt, gewölbt, sodass die Gleitschiene des Pontons stets nur mit dem mittleren Teile der Steinflächen in Berührung kommt. Trotzdem ist die Unterstüzung des Pontons eine so ausgiebige, dass ein solches geeignet ist, eine Brücke selbst für schwerste Eisenbahnzüge abzugeben.

Bei diesen Pontons strömt das Wasser aus der Pontonkammer unter und über den Luftkasten hinweg durch das Ponton hindurch. Fester Ballast befindet sich unten über dem Boden des Pontons, Wasserballast, der entfernt wird, wenn das Ponton aufschwimmen soll, in zwei Abteilungen an den beiden Enden des Luftkastens. Die Pontons der Docks in Malta haben doppelte Haut aus geraden Blechen, die der Kieler Docks, wie in Fig. 102, S. 188 dargestellt, solche von Tonnenblechen.⁸³⁾ Im unteren Teile derselben sind mit Schützen verschlossene Wassereinlässe angebracht, außerdem aber in den Häuptern Umläufe vorhanden. Der Luftkasten ist durch Einsteigeschächte zugänglich gemacht und ebenso wie die beiden Wasserballastkästen mit Lenzpumpen

⁸³⁾ Vergl. auch Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 121.

versehen. Da ein Wagenverkehr über das Ponton der Docks zu Kiel nicht notwendig ist, sind anstatt einer durchgehenden Brücke nur an beiden Enden Fußgänger-Rampen angeordnet, die niedergelegt werden, wenn das Ponton in seine Kammer zurückgezogen werden soll. Im übrigen ist das Ponton, welches in der Ansicht dem von Portsmouth gleicht, nach den in § 16 angegebenen Grundsätzen konstruiert. Es ist bei 31 m oberer lichter Weite des Hauptes etwa 400 qm groß und enthält 357,5 t Flußeisen, 1100 kg Bronze, 10,9 t Gußeisen, 6,1 t Schmiedeeisen, 9,17 cbm Teakholz in Dichtungsleisten u. s. w., 1,03 cbm Kiefernholz im Belag.

Das für die Schleuse der Hafenerweiterung zu Bremerhaven in Aussicht genommene Ponton ist ganz ähnlich.

In Malta und Kiel sind des schlickfreien Wassers wegen Spülvorrichtungen überflüssig. Übrigens würde man auch bei offenen Stirnwänden einen starken Strom auf der Sohle entlang leiten können, wenn man Umläufe wie bei dem Kinipple'schen Thore (Fig. 198 bis 200) anordnete und im Ponton, anschließend an die Oberkante der Umlauföffnung im Haupte, eine schwache horizontale Blechdecke durch die ganze Länge des Pontons hindurch gehen ließe, welche den aus dem Umlauf kommenden Wasserstrom hinderte, sich nach oben auszudehnen.

Schützenthore. Schiebethore im weiteren Sinne, oder genauer Schützenthore, sind ferner diejenigen, welche, wenn sie geöffnet werden sollen, nach unten in einen Mauerschlitzen versenkt, oder nach oben gehoben werden. Die erstere, von Tolkmitt vorgeschlagene Anordnung wird meist nur für die Oberhäupter von Schleusen mit starkem Gefälle zweckmäßig sein, bei denen die Sohle des Schlitzes, in welchen das Thor versenkt wird, nicht tiefer hinabreicht, als etwa die Oberkante der Kammersohle, sodafs die Fundierung keine besonderen Schwierigkeiten bietet. Betriebsstörungen können bei diesen Thoren, deren selbstthätige Bewegung im folgenden Paragraphen beschrieben wird, dadurch leicht eintreten, dafs Fremdkörper sich zwischen das versenkte Thor und die Schlitzwand festklemmen. Der Schlitz darf daher nicht zu eng gemacht werden.

In dieser Beziehung sind die Thore, welche beim Öffnen senkrecht in die Höhe gezogen werden, sicherer, dagegen haben dieselben den Nachteil, dafs die Schiffe, um unter ihnen durchfahren zu können, die Masten legen müssen (vergl. § 13 den Vorschlag von Löhmann). Übrigens bieten beide Thorarten in Bezug auf die Ausführungsweise keinerlei Schwierigkeiten.

Eine eigentümliche Bewegung in einer Richtung senkrecht zur Schleusenaxe hat Ingenieur Peary für die Thore einer Schleuse des Nicaragua-Kanals von 16,16 m Gefälle entworfen. Derselbe wollte das 26,84 m hohe Thor, welches die 20 m weite Einfahrt verschlofs, auf seiner unteren abgerundeten Fläche bei Seite in die Thorkammer wälzen, sodafs bis zur vollständigen Öffnung der Schleuse die anfangs senkrechte Thoraxe in die horizontale Lage übergang.⁸⁴⁾

Freischwimmende Pontons. Die eigentlichen freischwimmenden Pontons oder Thorschiffe finden vorwiegend Verwendung bei Trockendocks, für welche sie neben den Schiebethoren und Drehpontons einen sehr geeigneten Verschluss bilden. Ihre allgemeine Anordnung, sowie die äufsere Gestalt ist durch die Besprechung der Drehthore S. 242 und Drehpontons S. 245 bereits bekannt. Sie erhalten meistens einen Kiel, der sich in Vorder- und Achtersteven fortsetzt und zu beiden Seiten wie die letzteren mit hölzernen Dichtungsleisten versehen ist. Bei den Trockendocks, wo es auf gröfsere Dichtigkeit ankommt, werden die Holzleisten wohl noch mit besonderen Dichtungs-polstern versehen. Der Kiel und die Steven greifen, wenn das Ponton im Haupte auf den Grund gesenkt wird, in Mauerwerksfalze ein oder legen sich an den Dremmel an, wenn keine Falze vorhanden sind.

Der Innenraum der Pontons ist entweder, wie früher beschrieben, in mehrere Räume geteilt, von denen ein Teil als Luftkammer, der andere als Ballastraum dient oder er

⁸⁴⁾ Näheres hierüber in De ingenieur 1888, S. 348.

erhält auch nur ein wasserdichtes Zwischendeck dicht über der Schwimmlinie, indem der untere Raum gleichzeitig als Luftraum und Raum für den festen Ballast verwendet wird.

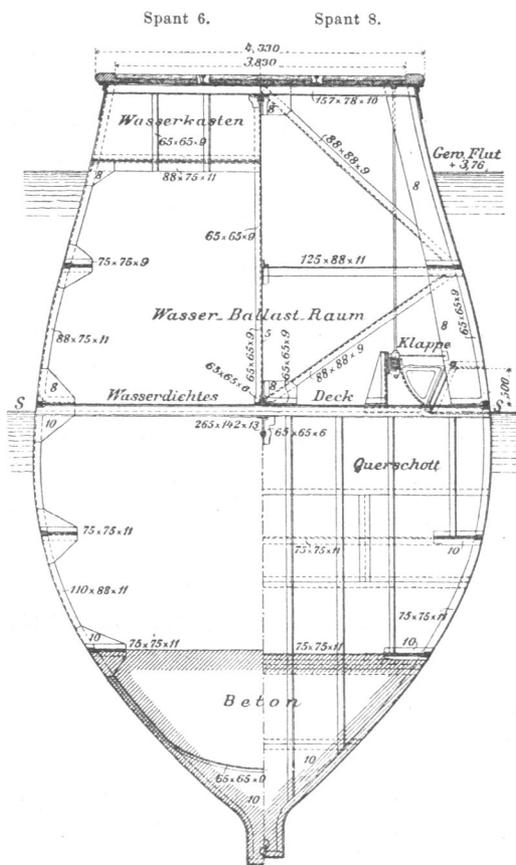
Unmittelbar über dem wasserdichten Deck befinden sich die Einlässe für das Wasser, welche geöffnet werden, wenn das Ponton auf den Grund gesenkt werden soll. Da die Wassereinlässe sowie das wasserdichte Deck nur wenig über der Schwimmlinie liegen, so ist nur ein geringer Ballast erforderlich, um das Ponton so tief einzutauchen, daß das erwähnte Deck samt den Wassereinlässen unter die Schwimmlinie sinkt. Dieser Ballast, welcher die Versenkung einleitet, besteht aus Wasser, welches in besondere, ganz oben im Ponton befindliche Kasten aus einer Wasserleitung eingelassen wird. Diese Wasserkasten bleiben stets über Wasser, auch wenn das Ponton im Falze unten aufsteht. Man hat also nur nötig, das Wasser aus ihnen wieder ablaufen zu lassen, um die aufsteigende Bewegung des Pontons wieder einzuleiten. Das Wasser aus dem Raume über dem wasserdichten Deck läuft dabei aus den geöffneten Wassereinlässen wieder ab. Fig. 204 zeigt zwei Querschnitte des Pontons für die neue Hafenschleuse (zweite Hafeneinfahrt) in Wilhelmshaven. Rechts sieht man unmittelbar über dem wasserdichten Deck den Wassereinlaß zum Füllen des Ballastraumes. Der Wasserkasten, dessen Füllung und Entleerung die Bewegung einleitet, ist links sichtbar. Näheres in der Quelle: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1891.

Manche Schwimmpontons zeigen übrigens im Querschnitt eine wesentlich andere Gestaltung als Fig. 204. So ist das Ponton eines Docks in Cardiff im unteren Teile etwa noch einmal so breit als im oberen und hat einen nur wenig gekrümmten Boden und darüber zunächst fast senkrechte Seitenwände.⁸⁵⁾

Ein französisches Ponton dagegen, welches für das auch in § 12 erwähnte Trockendock in Saigon gebaut ist (siehe *Nouv. annales de la constr.* 1886), zeigt im oberen Teile parallele, senkrechte Seitenwände von geringem Abstände, die unten auf einem viel breiteren Ballastraum mit wagerechter Decke stehen, deren größeres Teil zu beiden Seiten der Seitenwände vorspringt, ähnlich den Pontons zum Verschluss der Hellinge der Kaiserl. Werft zu Kiel (s. Kap. XXII der 2. Auflage dieses Werkes, T. XXV, F. 5). Welche Form die geeignetste sei, hängt von den besonderen Verhältnissen ab und ist nicht allgemein zu bestimmen. — Je breiter jedoch der Boden ist, desto tiefer wird der

Fig. 204. Kammerschleuse der zweiten Einfahrt zu Wilhelmshaven.

Verschluss-Ponton des Binnenhafens. Querschnitte, M. 1:100.



⁸⁵⁾ Vergl. *De ingénieur* 1888, S. 391.

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.