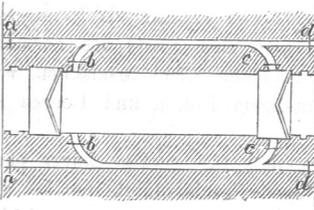


Unterwasser die Unterthore öffnen und das Schiff in die Kammer hineindrängen muß. Nach den Angaben Lagrené's¹¹⁷⁾ hierüber scheint die Tiefe des Seitenkanals jedoch nicht zu genügen.

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

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

Fig. 281.



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

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

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

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

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

(14 Textfiguren.)

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

1. Schachtschleusen.

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

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

eine solche mit überwölbtem Unterhaupt zuerst in Frankreich, im Kanal St. Denis gekommen, s. T. XIII, F. 1—13. Sie ist eine Doppelschleuse, deren Kammern $5,2 \times 38,5$ bzw. $8,2 \times 45$ m breit und lang sind. Die Drempeltiefe beträgt 3,2 m. Die Schleuse ersetzt vier einfache Schleusen von geringem Gefälle, welche früher an dieser Stelle in zwei Gruppen, getrennt durch eine Haltung von 160,45 m Länge, vorhanden waren. Die beiden Kammern der neuen Schleuse liegen auf beiden Seiten der alten Schleusentreppe, sodafs diese mit kurzer Unterbrechung bis zur Fertigstellung der gröfseren Kammer im Betriebe bleiben konnten.

In der Mauer, welche die beiden Kammern trennt (F. 11, T. XIII), befindet sich für jede derselben ein oben offenes Sparbecken (vergl. § 24), dessen Grundfläche gleich derjenigen der zugehörigen Kammer ist. Die Sohle dieser Becken liegt in Höhe der Sohle der oben erwähnten kurzen Haltung zwischen den alten Schleusengruppen, sodafs die Herstellung der Becken besonders bequem war, indem man nur die Sohle abzapflastern und eine Trennungsmauer aufzuführen brauchte. Da die Sparbecken $\frac{1}{3}$ der Schleusenfüllungen aufnehmen sollen und das ganze Schleusengefälle 9,92 m beträgt, so liegt die Sohle derselben um $\frac{1}{3}$ des Gefälles (3,31 m) höher als der Unterwasserspiegel.

Die Mauern zwischen Kammer und zugehörigem Sparbecken enthalten die erforderlichen Leitungen und zwar je

1. einen oberen Kanal in offener Verbindung mit dem Oberwasser (F. 2 und 5—10, T. XIII),
2. einen unteren Kanal, der durch Stichkanäle, welche auf der Kammersohle ausmünden, stets mit der Kammer in offener Verbindung ist (F. 3 und 5—10).

Im oberen Kanale (F. 2) liegen nahe dem Oberwasser niedere Cylinderventile *a* (s. Fig. 270, S. 302), welche 1,6 m Durchmesser haben und ebenso weite, zum unteren Kanale führende Schächte verschliessen. Diese Ventile, drei für die grofse, zwei für die kleine Kammer, dienen zum Füllen aus dem Oberwasser. Der obere Kanal läuft bis zum Unterwasser durch und enthält hier das Ventil *b* von 1,8 m Durchmesser, welches einen unmittelbar in das Unterwasser führenden Schacht schliesst (F. 9), der dazu dient, um überflüssiges Wasser aus dem Oberwasser mit Umgehung der Kammer abzulassen bzw. die untere Haltung zu speisen. Am äufsersten Ende des Kanals liegt die Turbine *c* zum Bewegen der Thore, deren verbrauchtes Wasser ebenfalls frei in das Unterwasser gelangt, s. F. 10.

Der untere Kanal, durch F. 3, T. XIII im Horizontalschnitt dargestellt, enthält im mittleren Teile die Mündungen der aus dem Sparbecken kommenden Schächte (F. 6), deren obere in der Beckensohle liegende Öffnung *d* (F. 2) durch die in § 23 erwähnten niedrigen Cylinderventile (Fig. 272, S. 304) mit bis über Wasser reichendem festen Cylinder abgeschlossen sind. Diese empfangen inneren Druck, wenn die Kammer gefüllt, das Sparbecken aber leer ist, dagegen äufseren Druck im umgekehrten Falle.

Weiter zum Unterwasser liegen die Auslafsventile *f*, welche die Verbindung zwischen Schleusenkammer und Unterwasser sperren. F. 8, T. XIII zeigt einen senkrechten Schnitt durch den Sitz eines Ventils *f*. Der untere Kanal ist hier der Höhe nach in zwei Teile zerlegt, deren unterer, von kreisförmigem Querschnitte durch den ringförmigen Ausflufskanal (F. 3 rechts) mit dem Unterwasser, deren oberer mit der Schleusenkammer in stets offener Verbindung bleibt.

Die Auslafsventile sind wieder niedrige Cylinderventile nach Fig. 270. Nach Beobachtungen an der fertigen Schleuse erfordert die Füllung $7' 20''$, die Leerung $8' 20''$. Als Thore sind sowohl für das Ober-, als auch für das Unterhaupt die bei fast allen

umgebauten Schleusen des Kanals von St. Denis angewandten einflügeligen Drehthore mit senkrechter Axe benutzt. Im Unterhaupt liegt das Thor mit allen vier Seiten am Mauerwerke an, wodurch es wesentlich leichter konstruiert werden kann. Die Wahl dieser Thorart auch für das Unterhaupt der Schachtschleuse muß als eine verfehlte bezeichnet werden, da hier wegen der Höhe der Seitenmauern und des Gefälles die Nachteile dieser Konstruktion als Unterhauptthore (Verlängerung der Kammer, vergl. § 21) besonders groß werden. Man vergl. auch die Tabelle am Schlusse dieses Paragraphen.

Diese Unvollkommenheit hat Fontaine bei seinem Entwurfe einer Schachtschleuse von 20 m Gefälle vermieden, indem er für das Unterhaupt ein Schützenthor anwandte, welches nach oben gezogen wird und durch einen Gegengewichtswagen ausbalanciert ist, s. Fig. 282. Dieser Wagen enthält drei Abteilungen, zwei seitliche für festen, eine mittlere für Wasserballast. Der Wagen mit dem festen Ballast allein ist leichter als das Thor, mit dem Wasserballast zusammen ist er schwerer. Soll das Thor gehoben werden, so wird aus dem Oberwasser der Wasserballastraum durch das Rohr *r* gefüllt. Soll das Thor sinken, so läßt man das Wasser aus dem Wagen ablaufen.

Fig. 282 u. 283. Schleuse für 20 m Gefälle. M. 0,002 (1:500).

Fig. 282. Längenschnitt des Unterhaupt.

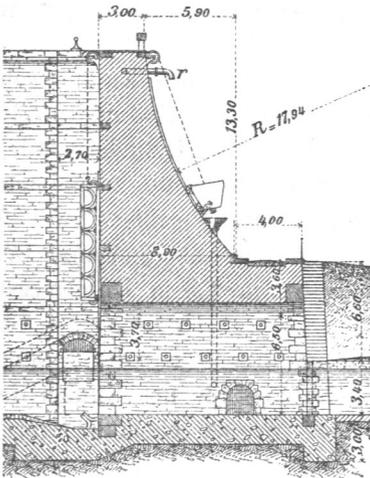
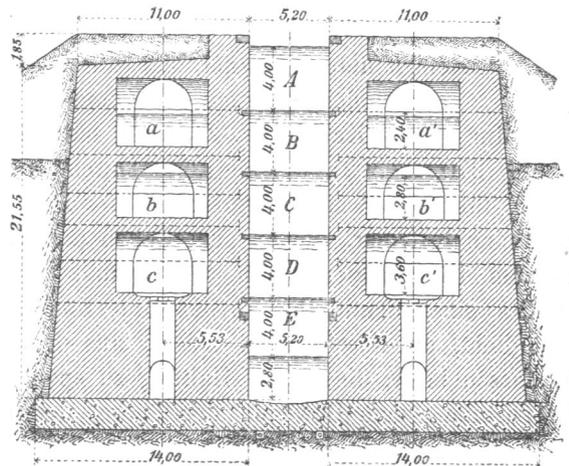


Fig. 283. Querschnitt.



Diese für den Kanal von Burgund entworfene Schleuse hat 40 m Kammerlänge und 5,2 m Breite, sie enthält in jeder Seitenwand, wie Fig. 283 zeigt, drei übereinander liegende Sparbecken, von denen die Räume *a* und *a'* das Wasser *A* aus der Kammer, *b* und *b'* das Wasser *B*, *c* und *c'* das Wasser *C* aufnehmen sollen, sodafs nur die Wasserteile *D* und *E* in das Unterwasser ablaufen. In dieser Weise werden $\frac{3}{5}$ der Schleusenfüllung gespart. Jedes Sparbecken steht durch einen Schacht mit Cylinder-ventilverschluss in Verbindung mit einem unteren Kanal, von dem stets offene Stichkanäle zur Kammer führen. Die Verbindung dieses Kanals mit dem Ober- und Unterwasser ist ähnlich, wie bei der Schleuse des Kanals von St. Denis. Dagegen kann die Zuführung von Speisewasser aus dem Ober- zum Unterwasser hier nur durch den Kanal und das Auslassventil bzw. den Kanal und die Kammer selbst erfolgen.¹¹⁸⁾ Über die Kosten und den Wasserverbrauch dieser Schleuse siehe die Tabelle am Schlusse des Paragraphen.

¹¹⁸⁾ Näheres siehe; Genie civil 1891, Bd. XVIII, S. 262. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891.

Die Schachtschleusen haben den Vorzug großer Einfachheit, sie verbrauchen aber trotz der Sparbecken ziemlich viel Wasser. Man war daher schon längst darauf bedacht, Vorkehrungen zu ersinnen, die bei Mangel an Wasser in den Scheitelhaltungen die Überwindung großer Gefälle ermöglichen, und hat in der That in den schiefen Ebenen, hydraulischen und Schwimmerschleusen solche gefunden, die sogar bei überwiegend thalwärts gehendem Lastverkehr eine Speisung der oberen Haltung aus der unteren bewirken. Während bei den Schachtschleusen wie bei den gewöhnlichen Kammer-schleusen eine feste Kammer vorhanden ist, in der das Schiff mit dem Wasserspiegel gehoben und gesenkt wird, fällt die Kammer bei diesen jetzt zu besprechenden Hebevorrichtungen entweder ganz fort oder wird mit dem Schiffe zusammen bewegt.

2. Geneigte Ebenen. Rollbrücken. Schiffseisenbahnen.

In ihrer einfachsten Form hatten die geneigten Ebenen folgende Anordnung: Vom Unterwasser führte eine mit Balken und Bohlenbelag versehene, gleichmäßig geneigte schiefe Ebene zum Oberwasser hinauf und zwar noch etwas höher, als der höchste Wasserstand des letzteren; an diese schloß sich dann eine kurze, entgegengesetzt (nach dem Oberwasser zu) geneigte Ebene an, auf welcher die aufgezogenen Schiffe in das Oberwasser wieder hinunterglitten. Das Aufziehen geschah einfach mittels eines Haspels, indem man die Schiffe auf der schiefen Ebene gleiten ließ. Derartige einfachste Vorrichtungen sind in China seit Jahrhunderten im Gebrauch und auch in Belgien konnte man noch in diesem Jahrhundert solche finden, welche aus dem zwölften Jahrhundert stammten.

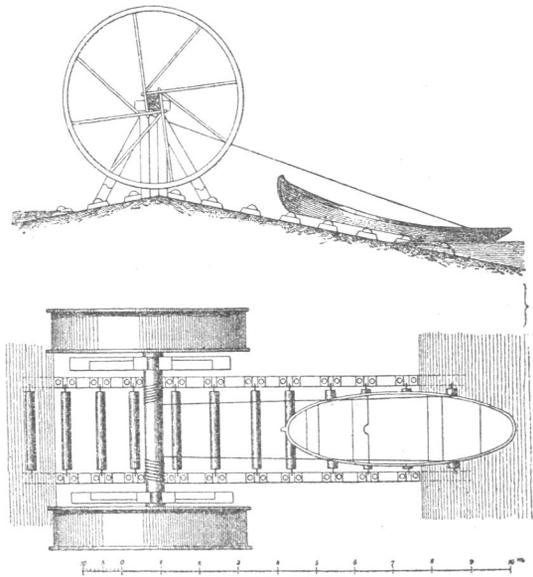
Eine Vervollkommnung dieser einfachen Schleppen sind die sogenannten Rollbrücken, Fig. 284, welche auch bereits seit langer Zeit verwendet sind.¹¹⁹⁾ Sie vermindern den Kraftbedarf, indem sie die gleitende Reibung in rollende und Zapfenreibung umwandeln. Beide Anordnungen haben aber den Nachteil, daß das Schiff beim Überschreiten des Scheitels zeitweise nur auf einer Querlinie seines Bodens aufsteht und infolge dessen sehr stark beansprucht wird. Sie eignen sich daher nur für ganz kleine Fahrzeuge.

Schiffseisenbahnen. Der nächste Schritt der Vervollkommnung der geneigten Ebenen verminderte die starke Beanspruchung der Schiffe auf dem Transport im Trocknen. Dies geschah dadurch, daß man das Schiff auf einer mit Rädern versehenen, auf Schienen laufenden Plattform aufzog.

Bei den älteren Anlagen dieser Art hat man das Gegengefälle zum Oberwasser fortgelassen und das letztere mit einer Schleuse, deren Boden bereits den obersten Teil

Fig. 284. Rollbrücke.

Ansicht und Grundriß.



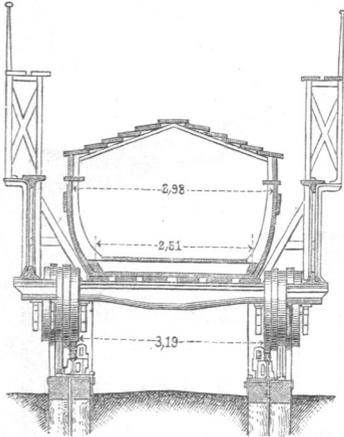
¹¹⁹⁾ Vergl. Genie civil 1887, S. 319. Ebenen bei Bezon und Suresnes.

der schiefen Ebene bildet, abgeschlossen. Wenn aus dieser Schleuse das Wasser abgelassen war, wurde der Wagen in dieselbe gefahren, darauf das untere Thor geschlossen, die Schleuse voll Wasser gelassen und das Schiff nach Öffnung des oberen Thores eingefahren. Nach Schluß des letzteren und Ablassen des Wassers setzte sich das Schiff auf den Wagen und konnte nach unten befördert werden. Eine solche schiefe Ebene ist bereits vom Herzog von Bridgewater im Jahre 1797 erbaut. Ferner bestanden auf dem Morris-Kanale in Amerika 23 derartige zweigleisige, mit oberen Schleusen versehene geneigte Ebenen, deren Höhe zwischen 10 bis 30 m und deren Steigung zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{12}$ schwankt. Das Gleichgewicht des aufgehenden und des abgehenden Wagens wird hier durch ein Drahtseil erhalten, welches über eine wagerechte Seilscheibe läuft, die auf dem Berggipfel aufgestellt ist und durch einen hydraulischen Motor bewegt wird. In die untere Haltung tauchen die Wagen so tief ein, bis die Schiffe schwimmen.

Die Anordnung einer Schleuse am Gipfel der geneigten Ebene ist nicht nur sehr zeitraubend, sondern bedingt auch einen großen Wasserverbrauch. Man hat sie daher am Morris-Kanal später beseitigt und ein Gegengefälle wie beim Oberland-Kanal angeordnet.

Die Figuren 1^{a-c} auf Tafel XIV zeigen das Längenprofil und zwei Querschnitte einer Ebene des Elbing-Oberländischen Kanals.¹²⁰⁾ Vier derartiger Ebenen sind seit dem Jahre 1860 im Betriebe, eine fünfte etwa seit dem Jahre 1880. Die Neigung der ersten ist 1:12, diejenige der neuen Anlage 1:11,6; es werden Höhen bis 25 m erstiegen.

Fig. 285.



Die Betriebskraft wird dem Oberwasser entnommen und einem Wasserrade *R* (F. 1^b) zugeführt, welches durch Vermittelung einer Seiltrommel die um die Seilscheiben *S* geleiteten Drahtseile in Bewegung setzt. An die letzteren sind die Schiffswagen *W* gekuppelt. Fig. 285 zeigt den Querschnitt eines Schiffswagens. Die Räder haben doppelte Laufflächen, von denen aber jeweilig nur die eine auf einer der doppelten, verschieden hoch liegenden Schienen rollt, je nachdem die Axe thalwärts oder bergwärts liegt. Durch die verschieden hohe Lage der Schienen ist es ermöglicht, daß die Plattform mit dem Schiffe stets wagerecht steht.

Über Baukosten und Leistung vergleiche die Tabelle am Schluß des Paragraphen.

Die nächste Verbesserung der geneigten Ebenen bestand darin, daß man zur größeren Schonung der Schiffe diese schwimmend beförderte, daß man also eine fahrbare Kammer einfuhrte. Dieser Gedanke soll zuerst 1830 von de Solages gefaßt sein, gelangte aber, soviel bekannt, zuerst 1849 zu Blackhill (Schottland) auf dem Kanal von Monkland und später in Georgetown auf dem Potomac (Amerika) zur Ausführung.

Die erstgenannte Ebene überwindet einen Höhenunterschied von 29 m und ist mit $\frac{1}{10}$ geneigt. Die Wagen tragen eine Schleusenammer von 21,34 m Länge auf 4,36 m Breite. Die Wassertiefe in derselben beträgt aber nur 61 cm, da nur die leeren Schiffe auf der schiefen Ebene, die vollen aber durch vier Doppelschleusen befördert

¹²⁰⁾ Hagen. Wasserbaukunst. III. Teil. 3. Band. — Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 149. — Deutsche Bauz. 1872, S. 319. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 208 (Unterhaltungskosten). — Zeitschr. f. Bauw. 1885 (Fünfte Ebene). — C. Fréson. Mitteilungen über die hydraulischen Schiffselevatoren. — H. Gruson et L. A. Barbet. Étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux. Paris 1890.

werden. Die Ebene ist zweigleisig. Die Wagen tauchen im Unterwasser soweit ein, daß das Schiff ausschimmen kann. Beim Oberwasser wird die fahrbare Kammer durch hydraulische Pressen stark gegen ein mit Thoren versehenes Schleusenhaupt gedrückt, wodurch der dichte Anschluß hergestellt wird. Das Gewicht des Wagens mit Kammer, Wasser und Schiff beträgt nur 70 bis 80 t. Die Bewegung wird durch eine Dampfmaschine geregelt. Die Kosten der Anlage sollen für 1 m Hub nur 9040 M. betragen haben.¹²¹⁾

Auch die schiefe Ebene am Potomac, die sogenannte Dodge-Schleuse, welche seit 1876 im Betriebe ist, hat eine ähnliche Bauart; die Figuren 4^a bis 4^d, Tafel XIV stellen dieselbe dar. Sie vermittelt bei einem durchschnittlichen Höhenunterschiede von 11,6 m die Schifffahrt zwischen genanntem Flusse und dem Chesapeak-Ohio-Kanale.

Die zu befördernden Kähne haben 1,52 m Tauchung, 4,39 m Breite, 27,4 m Länge und 110 bis 135 t Tragfähigkeit. Die Neigung der Schiffseisenbahn ist 1:12. Die 2,39 m hohe, 5,1 m breite und 34,12 m lange fahrbare Kammer ruht in horizontaler Lage auf drei mit je 12 Rädern versehenen Untergestellen. An jeder Seite der Hauptbahn sind zwei Gegengewichtswagen vorhanden; die Führung der Seile zwischen dem Hauptwagen und den Gegengewichtswagen, sowie die Anordnung der Seilscheiben ist aus der Zeichnung ersichtlich, die letztere bringt es mit sich, daß die Bahnen für die Gegengewichtswagen, welche in ihrem unteren Teile mit 1:10, in ihrem oberen mit 1:20 geneigt sind, nur halb so lang wie die Hauptbahn ausfallen. Bei der Thalfahrt giebt man der beweglichen Kammer mehr Wasser als bei der Bergfahrt und erreicht hierdurch, daß eine kleine Turbine als Betriebsmaschine und zur Regelung der Bewegung genügt. Dieselbe ist in F. 4^a und 4^b angedeutet; das in F. 4^c gezeichnete Räderwerk überträgt die Bewegung von der Turbine auf die Seilscheiben.

Der Kanal ist gegen die Schiffseisenbahn durch ein Schleusenhaupt abgeschlossen (F. 4^{a-c}), dieses und die beiden Enden der beweglichen Kammer sind mit Klappthoren versehen. Die Dichtung zwischen Haupt und Kammer erfolgt durch Holzrahmen mit Gummiaufgabe, sobald die Kammer mit Hilfe einer hydraulischen Presse gegen die feststehenden Teile gedrückt wird. Das hierzu erforderliche Druckwasser wird in einem Akkumulator (s. F. 4^b) vorrätig gehalten. Ein in F. 4^c mit gestrichelten Linien angedeutetes Rohr dient zur Entleerung des Raumes zwischen dem Klappthore des Schleusenhauptes und demjenigen der beweglichen Kammer.

Die Einzelheiten (F. 4^d) zeigen die Vorrichtung zum Niederlegen und Wiederaufrichten eines Klappthores (Winde, Rollen und Seil), ferner sind bei L die in demselben befindlichen Schützen und ihre Hebevorrichtung angedeutet, durch welche der Wasserstand der Kammer geregelt wird.

Unter neueren Vorschlägen möge derjenige von Bellingrath (s. dessen Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes) hervorgehoben werden. Der Genannte verwirft für den Transport größerer Schiffe die Wagen mit steifen Böden mit Recht, er verlangt, daß die Schiffseisenbahnen auch für leicht gebaute Flußfahrzeuge mit durchhängendem Boden ohne Schädigung derselben einzurichten seien und empfiehlt bei 350 t Nutzlast die Anwendung eines sechsundfünfzigrädigen Wagens, dessen in angemessener Weise gegliederter Boden durch zwei Gruppen von je 14 Prefskolben gestützt wird. Die zugehörigen Prefscylinder sind am Untergestell des Wagens aufgehängt. Das Schiff nebst seiner Unterstüttung schwimmt hierbei auf einer stark geprefsten Flüssigkeit (Glyzerin) und der Boden des Wagens paßt sich der unregelmäßigen Gestalt des Schiffbodens genau an.

Diese „hydrostatischen Wagen“ sollen sich auf Schiffseisenbahnen bewegen, deren allgemeine Anordnung mit derjenigen der oben beschriebenen des Elbing-Oberländischen Kanals übereinstimmt; sie ermöglichen das Auf- und Abfahren der Schiffe, sowie das Befahren des Scheitels der Bahn in bester Weise. Für den Betrieb ist das „System

¹²¹⁾ Hagen. Wasserbaukunst. — Ann. des ponts et chaussées 1877, I, S. 361. Ferner Eisenb. IX. Bd., No. 15 und Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, No. 38. — Über die Vorteile des Transports in Wasserkästen, s. Deutsche Bauz. 1879, No. 7.

Agudio“ in Aussicht genommen, es würde somit jedem hydrostatischen Wagen ein sogenannter Lokomoteur beigegeben werden, dessen Räderwerk durch eine an ihrem oberen und ihrem unteren Ende befestigte Schleppkette gestützt und durch ein endloses Treibseil von einer feststehenden Dampfmaschine aus in Umdrehung gesetzt wird. Hierbei steigt ein Wagen hinauf, während der andere hinuntergeht.

Bellingrath suchte also bei seinem Vorschlage das Mitführen von Wasser, welches das zu bewegende Gewicht bedeutend vermehrt, durch eine bewegliche Abstützung zu vermeiden. Denselben Gedanken hat auch Eads bei seiner Schiffseisenbahn für Seeschiffe verfolgt, indem er den Schiffskörper auf dem Wagen durch einzelne hydraulische Pressen, welche oben der Schiffsförm entsprechende gelenkige Köpfe tragen, gleichmäÙig abstützt und erst nachträglich die einzelnen Kolben durch Schrauben festlegt.¹²²⁾

Kinipple dagegen sucht die gleichmäÙige Auflagerung des zu tragenden Schiffes, welches ebenfalls trocken transportiert werden soll, durch Einschaltung eines Wasserkissens zu erreichen. Er hat zu dem Zwecke der Plattform des Schiffswagens einen doppelten Boden gegeben, dessen Seiten durch Leder oder elastische Stahlplatten gebildet werden, während der Zwischenraum mit Wasser angefüllt ist. Falls nun die Schiffsgestalt im Boden von der Geraden abweicht, oder einzelne Rädergruppen des Wagens sich etwas heben, vermindert oder vermehrt sich örtlich nur die Stärke der Wasserschicht. Der Wagen ist 152 m lang, 21,3 m breit, 11,3 m hoch, wiegt 5000 t und kann Schiffe von 11 000 t tragen. Jedes der 1400 Räder erhält 11,5 t Raddruck.¹²³⁾

Die Anordnungen von Eads und Kinipple werden hauptsächlich für große Seeschiffe in Frage kommen. Für kleinere Kanal- oder Flussschiffe würde eine Absteifung auf dem Wagen viel zu zeitraubend sein, sodaÙ für diese der Transport in schwimmendem Zustande vorzuziehen ist.

Es sind denn auch gerade in dieser Richtung mehrere erwähnenswerte Vorschläge aus neuerer Zeit mitzuteilen.

Bei allen diesen Entwürfen ist die immerhin bedeutende Last auf eine große Anzahl von Rädern möglichst gleichmäÙig verteilt. Gouin und Huc-Masselet nehmen bei einem Entwurfe für den Kanal du Centre die Zahl derselben so groß, daÙ der Raddruck unter 6 t bleibt und übertragen diese Last überall durch starke Federn auf die Axen. Peslin zerlegt seinen Wagen samt dem Kasten darauf in eine Anzahl von Abteilungen, welche miteinander durch Gummidichtung (300 mm breit, 7 mm stark), etwas beweglich verbunden sind. Jede Abteilung ruht auf vier Axen mit je vier Rädern, deren jedes 8 t zu tragen hat. Die Neigung der schiefen Ebene sollte $\frac{1}{20}$ betragen, sodaÙ das flache Drahtseil, welches er zum Ziehen des mit Wasser im ganzen 655 t wiegenden Wagens benutzen will, 36 t auszuhalten hat. Das Drahtseil soll an dem letzten (nach dem Unterwasser zu gelegenen) Wagen angreifen; die Dichtung zwischen den einzelnen Abteilungen soll durch den Druck der bergwärts stehenden Wagen gegen die thalwärts stehenden erzielt werden. Das Gewicht der Schleuse wird bei beiden erwähnten Entwürfen durch eine zweite Schleuse, meistens aber besser durch Gegengewichtswagen, welche auf parallelen Gleisen laufen, ausgeglichen. Die Bewegung der Schleusenammer kann durch Aufnahme einer größeren Wasserfüllung aus der oberen Haltung in die thalwärts fahrende Kammer oder bei Wassermangel durch Maschinen-

¹²²⁾ Näheres hierüber im Engineer 1882, S. 213. — Engineering 1885, S. 28—31 und S. 76—78. — Genie civil 1885, S. 181. — Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 548. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885, S. 301. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 107.

¹²³⁾ Engineering 1893, II, S. 60—65. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 65.

kraft bewirkt werden. Hierfür ist eine Turbine von 110 P. S. in Aussicht genommen. Ferner sind selbstthätige Luftdruckbremsen für die Räder, falls das Drahtseil reißen sollte und vier hydraulische Spills zum Ein- und Ausfahren der Schiffe vorgesehen.

Über Kosten und Leistung vergl. die Tabelle am Schlusse des Paragraphen.

Gouin und Huc-Masselet veranschlagen ihren Entwurf, der eine zwar sehr geistreiche, aber praktisch unverwendbare (zu wenig dauerhafte) Fortbewegung durch eine hydraulische Presse mit liegendem, oben geschlitztem Cylinder zeigt, bei 18 m Hub für 350 t Schiffe auf 1344000 Fr. oder 74000 Fr. für 1 m.

Diese Arten der schiefen Ebenen haben die Eigentümlichkeit, daß sie ein gleich langes Stück des Kanals ersetzen. Man muß also die Kosten dieses Stückes von den Kosten der schiefen Ebene absetzen, um einen richtigen Vergleichswert mit anderen Schleusenarten zu erhalten. (Vergl. die eingeklammerten Ziffern Pos. 4 der Tabelle.) Infolge derselben Eigentümlichkeit bedingt auch die Fahrt auf der schiefen Ebene keinen Zeitverlust für das Schiff, falls die Bewegung ebenso schnell erfolgt, als im Kanal.¹²⁴⁾

Bei den bisher besprochenen Ausführungen und Entwürfen werden die beweglichen Schleusenkammern in der Richtung ihrer Längsaxe gefahren. Diese Bewegungsweise bringt manche Unbequemlichkeiten mit sich und zwar sind als solche folgende zu nennen:

1. Bei ansehnlicher Länge der Schleusentröge werden die thalwärts stehenden Wagen sehr hoch.
2. Mit zunehmendem Gewichte der Tröge werden die Zugkabel, deren Zahl nur eine beschränkte sein kann, sehr stark, sodaß sehr große Rollendurchmesser nötig werden.
3. Umlaufkanäle zur Erleichterung des Ein- und Ausfahrens der Schiffe sind zwar möglich, aber unbequem anzubringen.
4. Ein gleichzeitiges, die Leistungsfähigkeit der Anlage sehr erhöhendes Ein- und Ausfahren von Schiffen in die Kammer, wie es bei den querfahrenden Schleusen demnächst beschrieben wird, ist ganz ausgeschlossen.
5. Das Wasser im Troge wird bei den Geschwindigkeitsänderungen während des Anfahrens und Anhaltens stark nach dem einen Ende getrieben, wodurch nicht nur eine ungleiche Lastverteilung, sondern auch Beschädigungen der Thore durch das gegen dieselben stoßende Schiff stattfinden können. Letztere lassen sich allerdings durch Festlegen der Schiffe an hydraulischen oder Federbremsen vermeiden.

Man hat nun versucht, diese Mängel durch geneigte mit Gleisen ausgestattete Ebenen zu beseitigen, bei welchen die beweglichen Kammern quer zur Fahr- richtung stehen. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß die Bewegung der Kammern in der Richtung ihrer Längsaxe auch gewisse Vorteile hat.

Außer der bereits erwähnten Verkürzung der Kanallänge und des geringeren Zeitverlustes für die Schiffer kommt in Betracht, daß weniger Gleise erforderlich und die Bauwerke zum Abschluß der beiden Haltungen von geringem Umfange sind. Ferner fallen die Parallelführungen fort, welche bei quer befahrenen Ebenen unentbehrlich sind.

¹²⁴⁾ Näheres in dem obengenannten Werke von H. Gruson und Barbet. Ferner über die Peslin'sche Konstruktion im Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 242. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 16. — Ann. des ponts et chaussées 1885, Febr. S. 245. — Ann. industr. 1885, Nov. S. 690. — Deutsche Bauz. 1886, S. 253. — Über den Entwurf von Gouin und Huc-Masselet: Genie civil 1891, Bd. XIX, S. 289, auszüglich Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1892, S. 479.

Parallelführungen. Bevor in die Besprechung der letztgenannten Ebenen eingetreten wird, mögen in Kürze einige der gebräuchlicheren Führungsarten in ihren Grundzügen mitgeteilt werden. Von längeren theoretischen Betrachtungen muß dabei Abstand genommen werden, indem auf die unten angeführte Litteratur verwiesen wird.¹²⁵⁾ Dieselbe betrifft auch die senkrechten Hebewerke, für welche die Parallelführungen ebenfalls von Bedeutung sind.

Die schiefe Ebene mit Fahrriechung in der Längsaxe des Troges bedarf, wenn das Zugseil in Richtung dieser Axe angreift, keiner besonderen Führungen, als der Radflantschen. Das Moment der widerstehenden Kräfte, welche auf Drehung wirken können (Lage der Resultierenden der Widerstände außerhalb der Zugrichtung), muß in mäßigen Grenzen bleiben, weil der Hebelarm des Momentes höchstens gleich einem Teile der Breite des Wagens werden kann. Ungünstiger ist die schiefe Ebene, auf welcher quer gefahren wird, weil bei dieser ein Teil der Schleusenlänge als Hebelarm in Betracht kommt. Die ausgiebigste Führung aber bedarf die hydraulisch gehobene und die Schwimmerschleuse, weil bei diesen nicht nur ein Kippen des Troges um seine Längs- und seine Queraxe, sondern auch ein Drehen desselben um seine senkrechte Axe verhindert werden muß.

Für die schiefe Ebene mit quer fahrender Kammer ist nur eine Parallelführung in dieser Ebene notwendig. Drehung und Senkung verhindern die Schienen und Radflantschen. In jener Ebene ist die Parallelität am einfachsten durch die Schlitten- oder Gleitführung Fig. 286 zu erreichen. Bezeichnen Z die in der Queraxe des zu bewegenden Körpers angreifende Zugkraft, W die Resultierende der Widerstände, c und d die mit dem Körper starr verbundenen Führungsbacken, welche durch die Seitenwände eines Schlitzes in ihrer Richtung gehalten werden, so muß das rechts drehende Moment $W \cdot x$ durch ein links drehendes $P \cdot y$ der Führung aufgehoben werden. $P \cdot y$ wird desto wirksamer, je größer y ist. Die beiden Gleitbacken oder statt derer zur Verminderung der Reibung Gleitrollen, müssen also möglichst weit voneinander entfernt angeordnet werden.

Fig. 286.

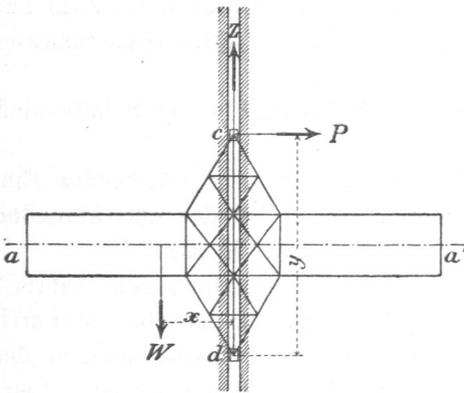
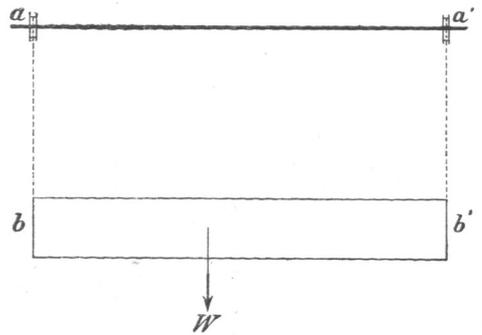


Fig. 287.



Dieselbe Wirkung wird offenbar erreicht, wenn der Körper durch zwei oder mehrere Verbindungsteile ab und $a'b'$ (Fig. 287) so vorwärts bewegt wird, daß diese Längen sich zwar ändern, aber stets unter sich gleich bleiben. Verändert die Mittelkraft W während der Bewegung ihren Ort im bewegten Körper, so wird dadurch die Beanspruchung der Verbindungsteile sich ändern, nicht aber die parallele Lage des Körpers. Als solche Verbindungsteile können kalibrierte oder Galle'sche Ketten dienen, wenn der Körper durch Zug vorwärts bewegt wird. Die Ketten laufen dabei über Rollen von gleichem Durchmesser, die auf gemeinsamer Welle sitzen oder durch mehrere Wellen und Zahnräder zwangläufig miteinander verbunden sind. Soll die Fortbewegung durch Zug oder Schub erfolgen, so eignen sich hierfür zunächst Zahnstangen und Schraubenspindeln von genau gleicher Teilung, deren Triebe bzw. Muttern wieder zwangläufig miteinander verbunden sind.

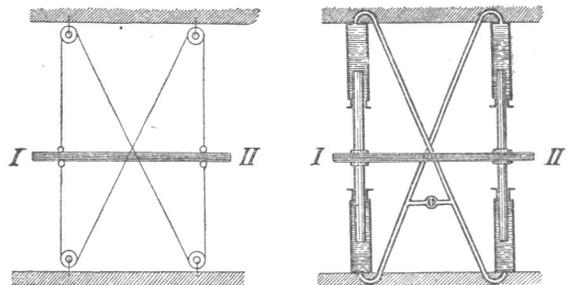
¹²⁵⁾ Ernst. Hebezeuge. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen, in den Verhandl. des Vereins für Gewerbeleiß 1890, auch als Sonderabdruck bei A. Seydel-Berlin erschienen. — Ruprecht. Über Anlagen zur Schiffshebung mittels senkrecht bewegter Schleusenammern. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 26 und 53. — L. Brennecke. Über wagerechte Führung hydraulischer Hebevorrichtungen. Deutsche Bauz. 1885, S. 272, S. 277 u. 286. — Scientific american 1884, 27. December. — Hoppe. Selbststeuerung für Wasserdruckpressen zum Bewegen von Lasten nach bestimmten Gesetzen. Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 300. — Hoech. Zur Frage der Parallelführung von Trogschleusen. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 142 u. f.

Eine vierte Art der parallelen Fortbewegung wird durch hydraulische Pressen erreicht, deren Kolben genau gleichen Durchmesser haben und deren Cylindern man durch Steuerungseinrichtungen stets genau gleiche Wassermengen zuführt. Die Steuerungseinrichtungen sind entweder so eingerichtet, daß bei einem Abweichen des Körpers aus der parallelen Lage die Druckwasserzufuhr zum vorauseilenden Kolben bezw. beim Sinken der Ablauf des Wassers aus demselben gedrosselt wird, oder daß am Cylinder des vorauseilenden bezw. beim Sinken des zurückbleibenden Kolbens ein Ventil geöffnet wird, welches Druckwasser aus demselben so lange entweichen läßt, bis die parallele Stellung wieder erreicht ist.

Soll die zur Fortbewegung dienende Kraft nicht durch die Verbindungsteile selbst auf den Körper übertragen werden, wie dies z. B. bei den Schwimmerschleusen, die durch Überwiegen des Gewichts oder des Auftriebs sinken und steigen, der Fall ist, so eignen sich Zahnstangen und Schrauben auch hier zur Parallelführung, nur wird man bei Schrauben, welche wegen zu geringer Steigung nicht durch die Belastung selbstthätig ablaufen, die Bewegung auch beim Niedergange durch eine geringe Kraft herbeiführen müssen.

Mit Hilfe von Tauen, Ketten oder hydraulischen Pressen kann man in solchem Falle die parallele Bewegung durch die in Fig. 288 und 289 schematisch dargestellten Anordnungen erreichen. Man sieht sofort, daß, wenn Punkt I des geführten Körpers um eine bestimmte Strecke auf oder ab bewegt wird, Punkt II genau dieselbe Bewegung ausführen muß, so lange die Zugketten (Fig. 288) genügend gespannt sind.

Fig. 288 u. 289.

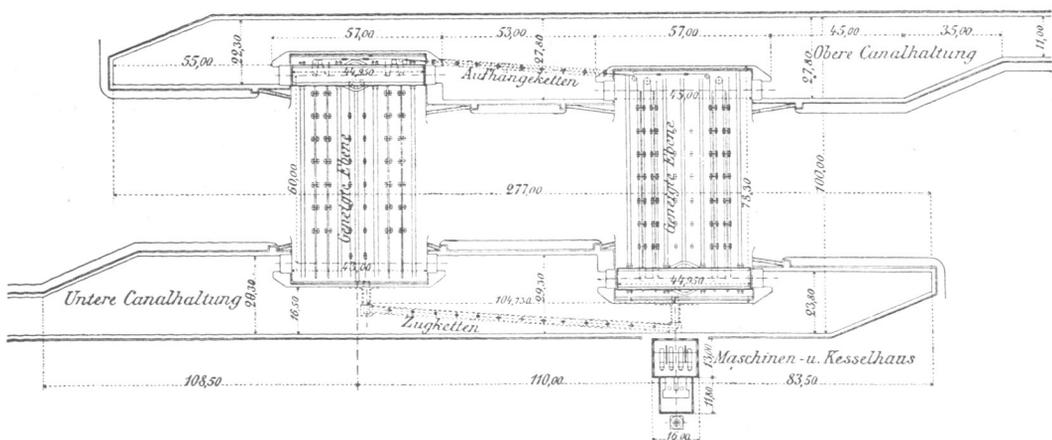


Dieser Grundgedanke läßt sich noch in mannigfacher Weise umgestalten, wie aus den oben angeführten Quellen ersichtlich ist.

Während bei der Bewegung in der Ebene zur Parallelführung die zwangsläufige Führung zweier Punkte genügt, müssen zu diesem Zwecke bei der Bewegung im Raume mindestens drei Punkte zwangsläufig miteinander verbunden sein. Im übrigen lassen sich aber die soeben in ihren Grundzügen angeführten Vorrichtungen auch hier verwerten.

Die schiefen Ebenen, auf denen die Tröge in der Querrichtung gefahren werden, entstammen soviel bekannt durchweg der neueren Zeit. Es seien hier zwei eingehend bearbeitete Entwürfe von Flamant und Hoech¹²⁶⁾ erwähnt, indem zur genaueren Kenntnis auf die Quellen verwiesen wird.

Fig. 290. Geneigter Schiffsaufzug von Flamant.



Der Entwurf von Flamant ist in Fig. 290 im Grundrisse dargestellt. Es bewegen sich hier zwei benachbarte Trogschleusen auf Rampen von 1:2 und halten einander durch Galle'sche Gelenkketten

¹²⁶⁾ Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891. — Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 300.

das Gleichgewicht. Die beiden je $4 \cdot 2 \cdot 11 = 88$ qcm starken Ketten müssen durch einen 65 m langen Tunnel unter dem Oberwasser hindurch von der einen Trogschleuse zur anderen geführt werden. Die Kosten dieser seitlichen Leitung sind dadurch ermäßigt, daß die beiden Ketten flaschenzugartig an die beiden Schleusen angeschlossen wurden. Beide Schleusentröge sind an beiden Enden mit Schützenthoren versehen; die Anschlüsse der Tröge an die beiden Haltungen sind, wie der Grundriß zeigt, so in diese hineingebaut, daß, während ein Schiff den Trog verläßt, ein anderes gleichzeitig durch das gegenüberliegende Thor in denselben einfahren kann.

Die Sicherung der Schleusenwagen gegen das Reißen der Kette geschieht durch Sperrklinken, welche in Zahnstangen eingreifen, die den Gleisen parallel laufen. Sobald der Kettenzug unter 40 t sinkt, werden die Klinken durch starke Federn gegen die Zahnstange gedrückt. Die Parallelführung des Troges erfolgt durch Rollen, welche an den Enden von horizontalen Auslegern sitzen, die in der Queraxe des Troges vor und hinter denselben heraustreten. Die Rollen laufen an den Seitenwänden eines Führungsschlitzes, der in der Längsaxe der schiefen Ebene gelagert ist.

Die Kosten dieser doppelten schiefen Ebene sind bei 30 m Hub, wenn der Betrieb durch Oberwasser aus der oberen Haltung erfolgen kann, rund 1 860 000 Fr. oder für 1 m Hub 62 000 Fr. Geschieht die Fortbewegung durch Dampfmaschinen, so sind die Kosten 2 000 000 bzw. 66 666 Fr. Bei größerer Hubhöhe wachsen auch hier die Gesamtkosten verhältnismäßig wenig, während sich die metrischen Kosten erheblich vermindern. Über Kosten und Leistung vergl. die Tabelle am Schluß.

Fig. 291 u. 292. *Geneigter Schiffsaufzug von Hoech.*

Fig. 291. Grundriß.

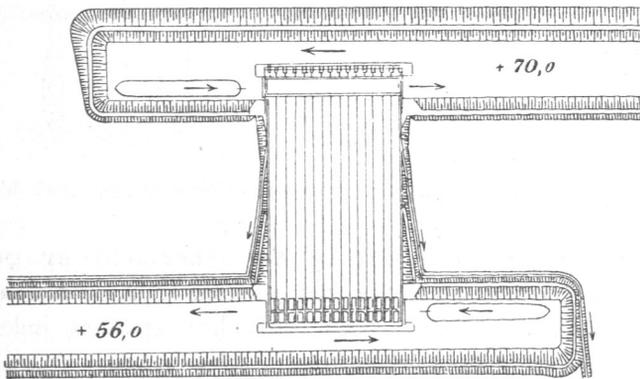
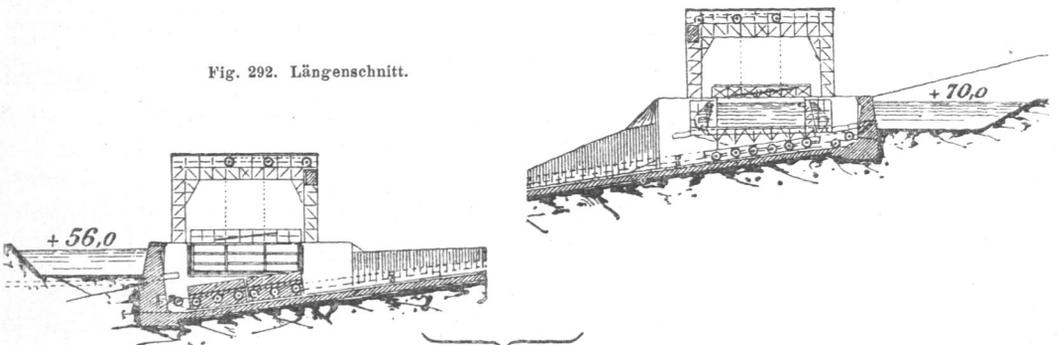


Fig. 292. Längenschnitt.



1. die Verbindung zweier Trogschleusen miteinander, weil dadurch der ganze Kanalbetrieb lahm gelegt wird, sobald an einer derselben eine Ausbesserung erforderlich ist und weil jede Wasserstandsänderung in den Haltungen eine zeitraubende Abänderung der Kettenlänge bedingt,
2. die Biegung der Galle'schen Ketten nach zwei Richtungen hin (um die Rollen und infolge des Durchhängens),
3. die Beschränkung der Verbindungen zwischen beiden Schleusenkammern auf nur zwei Ketten, weil dieselbe geringe Betriebssicherheit gewährt.

Er schlägt deshalb die durch Fig. 291 im Grundriß und Fig. 292 im Längenschnitt der Ebene dargestellte Anordnung vor, welche die doppelten Thore für die

Hoech rügt bei diesem Entwurfe mit Recht folgende Anordnungen:

1. die Verbindung zweier Trogschleusen miteinander, weil dadurch der ganze Kanalbetrieb lahm gelegt wird, sobald an einer derselben eine Ausbesserung erforderlich ist und weil jede Wasserstandsänderung in den Haltungen eine zeitraubende Abänderung der Kettenlänge bedingt,

Schleusentröge beibehält, aber jeden Trog von dem anderen unabhängig macht, indem das Gewicht durch Gegengewichtswagen ausgeglichen wird.

Die mit Mauerwerk belasteten Wagen laufen auf Gleisen, welche zwischen denen der Trogschleuse liegen, unter dieser hindurch. Die Neigung will Hoech mit Recht nur so groß nehmen, daß die Räder noch mit Sicherheit gebremst werden können, wenn die Kabel eines Gegengewichtswagens reißen. Er berechnet diese zulässige Neigung = $\frac{1}{4}$, wendet aber in seinem Entwurfe nur $\frac{1}{8}$ an.

Die Anordnung von Hoech gestattet die Anwendung verhältnismäßig schwacher Drahtseile in großer Anzahl, wodurch an Betriebssicherheit erheblich gewonnen wird. Durch Verbreiterung der Kanalthore und Anbringung weit ausladender versteifter Blechkrampen an den Enden der Trogschleuse wird der Veränderlichkeit der Kanalwasserstände soweit Rechnung getragen, daß Abweichungen von $\pm 0,15$ m vom mittleren Stande durch einfache Verschiebungen des Troges aus seiner mittleren Stellung ausgeglichen werden können, ohne daß die Füllung des Troges und dementsprechend das Gegengewicht geändert werden müßte.

Die Bewegung der Schleuse führt Hoech in der Weise aus, daß er dem thalwärts gehenden Troge Übergewichtswasser in solcher Menge mitgiebt, daß mit demselben der Trog die Gegengewichtswagen, ohne dasselbe die Gegengewichtswagen den Trog die schiefe Ebene hinaufziehen. Für seine Schleuse berechnet er das Übergewichtswasser, welches zum Heben des Troges nötig ist, auf 151 t, dasjenige, welches zum Heben der Gegengewichtswagen erfordert wird, zu 166 t, sodaß also bei jeder Schließung (Thal- und Bergfahrt zusammen) 317 cbm Wasser aus dem Oberwasser verbraucht werden.

Während beim Senken hydraulischer Schleusen der eintauchende Kolben die Bewegung verlangsamt, wirkt das Ablaufen der Tragseile bei den fahrbaren auf eine weitere Beschleunigung der thalwärts gehenden Kammer. Dieser Umstand ist um so nachteiliger, als im Anfang der Fahrt ein größeres und gegen Ende der Senkung ein kleineres Übergewicht für die Gleichmäßigkeit der Bewegung wünschenswert wäre. In Rücksicht hierauf hat Hoech Hintertaue aus Eisendraht angeordnet, von gleichem Gewicht wie die gußstählernen Tragkabel, sodaß bei allen Stellungen der Trogschleuse die Seilgewichte ausgeglichen sind. Durch Vermehrung des Gewichtes der Hintertaue könnte sogar eine Kraft gewonnen werden, welche die Senkung und Hebung der Schleuse in der richtigen Weise beschleunigt und wieder verlangsamt, wodurch zugleich ein Teil des zur Beschleunigung der Fahrt erforderlichen Übergewichtswassers erspart werden könnte.

Bei den Flamant'schen Trogschleusen (Fig. 290, S. 321) hat der Ingenieur Bassères von der Gesellschaft Fives-Lille aus dem gleichen Grunde das Längenprofil der geneigten Ebenen nach einem Kreise gestaltet, dessen Endtangente so bestimmt sind, daß in den Grundstellungen unter Berücksichtigung der Länge der Tragketten Gleichgewicht besteht. Die genaue Gleichgewichtskurve durchzuführen ist zwar nicht angängig, da die vier Stützpunkte der Trogschleuse in der Gleisrichtung eine Bahn von gleichmäßiger Krümmung erfordern; die geringen vom Gleichgewicht abweichenden Kräfte sind jedoch ohne Bedeutung gegenüber der Kraft zur Überwindung der Reibungswiderstände.

Bei einer quergeneigten Ebene mit unterlaufenden Gegengewichtswagen nach Fig. 291 u. 292 würden die Gleise für die Schleusenkammer selbst in einer Ebene zu belassen und nur die zwischen ihnen liegenden Gleise der Gegengewichtswagen auf je

zwei Axen nach der genauen Gleichgewichtskurve gekrümmt werden können. Dabei würde der Nebenvorteil erlangt werden, daß an der Kreuzungsstelle von Trogschleuse und Gegengewichten für letztere eine reichlichere Durchgangshöhe zwischen den gesenkten Gleisen und der Trogunterkante zur Verfügung stände. In Erweiterung des Bassères'schen Gedankens empfiehlt Hoech, den Gegengewichtsgleisen am oberen Ende eine um so viel steilere und am unteren Ende eine um so viel flachere Steigung zu geben, wie für die Beschleunigung bezw. Verlangsamung der Massen wünschenswert erscheint.

Das Übergewichtswasser wird bei dem Entwurf von Hoech, wie aus Fig. 292 rechts zu ersehen, in zwei neben dem Schleusentrog liegenden tornisterartigen Ballasträumen aus dünnem Eisenblech aufgenommen. Die Füllung derselben erfolgt durch je zwei Rohrstützen, das Entleeren unter dem unteren Umfahrtskanale hindurch nach einem Vorfluter durch ähnliche Einrichtungen. Füllen und Leeren erfolgt ohne Zeitverlust während des Schiffswechsels.

Die Kosten einer solchen Trogschleuse sind wesentlich geringer als die einer doppelten, während ihre Leistungsfähigkeit mit Hinterhäfen eine so bedeutende bleibt, daß eine einzelne für einen ziemlich lebhaften Kanalverkehr ausreicht (siehe den Schluß des Paragraphen).

Die Vorzüge der querfahrenden Trogschleuse sind im allgemeinen:

1. billige Herstellungsweise, weil keine Gründungsschwierigkeiten zu überwinden sind;
2. leichte und deshalb verhältnismäßig billige Unterhaltung, weil nur wenige Teile vom Wasser benetzt sind, die meisten jederzeit beobachtet und leicht ausgewechselt werden können und weil keine besonders großen Beanspruchungen vorkommen;
3. verhältnismäßig geringe Kostenvermehrung durch größere Hubhöhe, weil nur die Gleise und Drahtseile verlängert werden müssen;
4. die Möglichkeit, daß man zwischen zwei hoch übereinander liegenden Halungen an jeder Stelle der schiefen Ebene Zweigkanäle anschließen kann, denen man sogar zur Erleichterung des Einfahrens und zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit auf der anderen Seite der Ebene Hinterhäfen geben kann, die mit dem Kanale unter der Rampe hindurch in Verbindung stehen können;
5. der große horizontale Abstand zwischen Ober- und Unterwasser läßt die bei allen senkrechten Hebungen nahe gerückte Gefahr von Unterspülungen (siehe weiter unten) nicht befürchten.

Im Nachteil gegen die in der Längsrichtung fahrbaren Trogschleusen sind die zuletzt besprochenen dadurch, daß sie einer besonderen Parallelführung, wie die senkrechten Hebewerke, bedürfen, sowie darin, daß sie die Kanallänge nicht verkürzen, sondern um die Breite der schiefen Ebene nebst Hinterhafen verlängern.

Indem wegen der Anordnung selbstwirkender Bremsen, der Geschwindigkeitsregelung, hydraulischer Buffer und des ganzen Betriebs auf die ausführliche Arbeit von Hoech verwiesen wird, möge nur noch erwähnt werden, daß nach den Erfahrungen, welche bei einer Aufschleppe für Torpedoboote in Kiel gemacht wurden, zum Unschädlichmachen unvermeidlicher Fehler in der Gleislage Axfedern für den Schleusentrog selbst unerlässlich, für die Gegengewichtswagen aber wenigstens sehr wünschenswert erscheinen. Diese Federn gewähren nicht nur eine viel größere Betriebssicherheit, sondern erleichtern auch den Bau und die Unterhaltung, da es nicht mehr auf eine mathematisch genaue Lage der Gleise ankommt, wenn sie vorhanden sind.

Soll der Betrieb fahrbarer Trogschleusen nicht durch Übergewichtswasser, sondern durch Kraftmaschinen erfolgen, so wird bei der Konstruktion derselben besonderes Gewicht darauf zu legen sein, daß eine recht gleichmäßige Kraftsteigerung und Kraftverminderung möglich sei, um die Bewegungen des Troges recht gleichmäßig beschleunigen oder verlangsamen zu können. Bei Motoren, welche dies nicht gestatten, z. B. bei Petroleummaschinen, wird man sich dadurch helfen können, daß man künstliche Widerstände (Bremsen) einschaltet, deren Größe sehr gleichmäßig verändert werden kann.

3. Senkrechte Schiffshebwerke.

Die Vorkehrungen, um Schiffe bei großem Gefälle in senkrechter Richtung zu heben und zu senken, haben ihre Vorläufer in jenen vereinzelt vorkommenden Ausführungen, bei denen das Schiff aus dem Wasser genommen und mit Winden gefördert wird. Eine solche Einrichtung ist u. a. bei Freiberg für kleine Schiffe getroffen und vielleicht noch im Betriebe.¹²⁷⁾

Bei größeren Ausführungen wendet man stets mit Wasser gefüllte Kästen an, in welche das Schiff geleitet wird. Um nicht das ganze Gewicht der Kästen samt deren Inhalt heben zu müssen, bringt man die Kästen entweder paarweise so miteinander in Verbindung, daß das Gewicht des einen dasjenige des anderen ausgleicht, oder man führt bei Verwendung nur eines Kastens zum Ausgleiche des Gewichtes Gegengewichte oder Schwimmer ein.

Senkrechte Hebevorrichtungen mit Doppelkästen. Die Urheberschaft dieser Anordnung kommt wahrscheinlich J. Anderson zu, welcher bereits im Jahre 1796 einen Entwurf aufstellte, bei welchem zwei Kästen, welche einander das Gleichgewicht hielten, durch über hoch gelagerte Rollen laufende Ketten miteinander verbunden waren. Die erste Ausführung dieser Art jedoch stammt erst aus dem Jahre 1838. Sie liegt im Great-Western-Kanale, welcher die Themse mit dem Severn verbindet. F. 2^a u. 2^b, T. XIV zeigen dies Bauwerk.

Dasselbe dient zur Hebung und Senkung kleiner, 8 t ladender und beladen nur zu Thal fahrender Kähne. Das Gefälle von etwa 14 m wird durch eine senkrechte Mauer, oberhalb welcher sich zwei Schützen *b* befinden, vermittelt. Diese Mauer setzt sich nach dem Unterwasser zu in zwei Längsmauern *cc* und einer Mittelmauer *d* bis zu einer freistehenden Quermauer *e* fort. Die Mittelmauer trägt zwei Ketten-scheiben; die Ketten tragen die zu beiden Seiten der Mauer auf- und absteigenden beweglichen Kammern *K* und *K₁*. Dieselben bestehen aus hölzernen Seitenwänden und Böden, haben vorn und hinten ein Schütz *s* und werden durch einfache Vorrichtungen gegen die Schützrahmen der oberen bzw. unteren Haltung geprefst. Sobald dies geschehen, wird sowohl oben als unten die Verbindung der Haltungen mit je einer Kammer hergestellt, sodafs die Schiffe aus- und einlaufen können. Behufs Bewegung der Kammern wird der oben befindlichen ein Übergewicht von etwa 1 t gegeben und zwar dadurch, daß infolge der Abmessungen der Ketten die obere Kammer nach dem Aufsteigen mit ihrem Wasserspiegel um etwa 5 cm niedriger bleibt, als der Spiegel der oberen Haltung. Das Übergewicht der die untere Kammer tragenden Ketten wird dabei durch Gegengewichtsketten, welche an den Böden der Kammern befestigt sind, ausgeglichen. Sobald dann nach Öffnung der oberen Schützen die obere Kammer vollständig gefüllt ist, kann die Bewegung, welche durch einen an der mittleren Scheibe befindlichen Bremsapparat reguliert wird, beginnen. — Die Dauer einer Durchschleusung beträgt im ganzen nur 3 Minuten. Bei jeder Schleusung wird dem Oberwasser nach Obigem eine Tonne Wasser entzogen, und der Verlust durch Undichtigkeit des Anschlusses der beweglichen Kammer an die obere Kanalstrecke beträgt ebenfalls etwa eine Tonne. Da aber infolge der Richtung des Verkehrs die aufsteigende Kammer höchstens ein leeres Schiff trägt, während die zu senkende Kammer ein volles Schiff aufnimmt, so wird dem Oberwasser abzüglich der Verluste soviel Wasser zugeführt, als dem Gewichte der Ladung entspricht. Dasselbe beträgt, wie gesagt,

¹²⁷⁾ Hagen. II. Teil. 3. Bd., S. 352.

im Durchschnitt 8 t, die Verluste betragen nach Obigem rund 2 t, sodafs für die obere Haltung noch ein Gewinn von 6 t verbleibt.¹²⁸⁾

Für gröfsere Fahrzeuge von 300 t Tragfähigkeit hat Barre denselben Gedanken zu verwenden gesucht. Da diese Ausführungsweise aber, wie alle gekuppelten Hebevorrichtungen, wenig empfehlenswert ist, so kann hier nicht näher auf dieselbe eingegangen werden. Man findet dieselbe in dem schon früher angezogenen Werke von H. Gruson und L. A. Barbet: *Étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux.*

Eine zweite Art der Hebung mit Doppelkästen, welche unserem Jahrhundert ihre Entstehung verdankt, liegt in den sogenannten hydraulischen Schleusen vor, bei denen zwei bewegliche Schleusenkammern auf den Kolben von hydraulischen Pressen schwimmen, welche untereinander in Verbindung stehen. Senkt sich die eine Kammer, so strömt das Druckwasser von dem zugehörigen Cylinder durch ein Verbindungsrohr zum Cylinder der anderen Kammer und hebt dieselbe entsprechend. Das erste dieser Bauwerke mit 0,915 m Kolbendurchmesser war die in F. 3^{a-g}, T. XIV dargestellte Hebevorrichtung zu Anderton zur Verbindung des Flusses Weaver mit dem Trent and Mersey-Kanale, welche 1874 von Ed. Clark und Sydenham Duer gebaut wurde.

Die Hebevorrichtung befindet sich an dem über dem Flusse liegenden Ende eines 49,4 m langen Aquadukts, welcher vom Kanale nach dem Flusse abgezweigt ist (F. 3^a u. 3^b). Die beweglichen Kammern sind 4,72 m breit, 22,7 m lang und für 1,50 m Wassertiefe konstruiert. Die Schiffe haben 80–100 t Tragfähigkeit. Das zu hebende Gewicht beträgt einschliesslich des Gewichts des Presskolbens 235 t, der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser 15,4 m. Das erforderliche Übergewicht der sinkenden Kammer wird auch in diesem Falle dadurch zu Wege gebracht, dafs man die sinkende Kammer mit normaler Füllung versieht, während die steigende einen Wasserstand hat, welcher um 15 cm gegen den normalen erniedrigt ist. Der letztere stellt sich zu Anfang des Hubes unter der Wirkung der in F. 3^a dargestellten Regulierungsheber von selbst her, behufs Anfüllung der sinkenden Kammer wird das Wasser des vorhin erwähnten Aquadukts in Anspruch genommen. Die Führung der Kammern wird in einfacher, aus dem Grundrifs F. 3^f ersichtlicher Weise bewerkstelligt. Beim Unterwasser angekommen, hört die schwerere Kammer auf zu sinken, alsdann wird die Verbindung zwischen den beiden Presscylindern abgesperrt und jene Kammer, indem man das Druckwasser aus ihrem Presscylinder entweichen läfst, vollends gesenkt. Die steigende Kammer aber mufs nunmehr auf volle Höhe gehoben werden. Dies geschieht durch bereit gehaltenes Druckwasser, welches einem Akkumulator (s. F. 3^b u. 3^g) entnommen wird. Kammer und Aquadukt haben nunmehr die in F. 3^a gezeichnete Stellung, die an einem Ende schräg abgeschnittene Kammer ist dicht gegen ein am Aquadukt befindliches Gummiband geprefst. Durch Anhebung der Schützen stellt man schliesslich im Aquadukt und in der Kammer ein und denselben Wasserspiegel her.

Es wird somit nur eine Wassermenge von der Grundfläche der Kammer und 15 cm Höhe verbraucht, also weit weniger als eine Schleusentreppe gebrauchen würde. Zum einmaligen Heben bzw. Senken der Kammern einschliesslich der Nebenarbeiten sind 8 Minuten erforderlich, während man bei Anlage von Schleusen 1½ Stunden nötig hätte. Das Hebewerk ist seit dem Jahre 1875 in erfolgreicher Thätigkeit. Die jährlichen Betriebskosten sollen mit Einschlufs aller Arbeitslöhne nur 10500 M. betragen.

Weitere Ausführungen bzw. Entwürfe dieser Art sind eine in Frankreich bei Les Fontinettes im Kanal de Neuffossé und zwei bei Langres im Marne-Saône-Kanal, sowie mehrere im belgischen Kanal du Centre, von welchen zunächst eine bei La Louvière ausgeführt ist. In der Tabelle auf S. 327 sind einige wichtige Daten von Anderton, La Louvière und Les Fontinettes nach der Deutschen Bauzeitung 1890, S. 623 zusammengestellt.

Bei Anderton taucht, wie aus F. 3^b, T. XIV ersichtlich, die sinkende Kammer in das Wasser des Flusses Weaver ein, sodafs hier nur die Kammer mit Thoren versehen ist. Diese Anordnung bedingt einen grossen Verbrauch an Druckwasser. Bei den späteren Ausführungen konnte man dies dadurch vermeiden, dafs die sinkende Kammer in eine

¹²⁸⁾ Transactions of the inst. of civ. eng. II. Bd. — Hagen. Wasserbaukunst. II. Teil, 3. Bd.

trockene Grube eintaucht, welche von der Kanalhaltung durch Thore abgetrennt ist. Dadurch ist also bei diesen das Gewicht der Kammern selbst in jeder Stellung ausgeglichen. Um auch die Kolbengewichte in gleicher Weise auszugleichen, hat man bei Les Fontinettes die Kammern durch Gelenkrohre mit zwei in Türmen angebrachten Behältern von gleichem Durchmesser und gleicher Höhe wie die Presscylinder verbunden, sodafs also das Wasser in jedem Turme stets so hoch steht, als in der damit verbundenen Kammer. Beim Sinken der Kammer sollte das Wasser vom Turm in die Kammer laufen, beim Steigen den umgekehrten Weg machen. Man hat indessen Veranlassung gehabt, von einer dauernden Benutzung der betreffenden Einrichtungen Abstand zu nehmen.

		Schiffshebewerke von			
		Anderton	La Louvière	Les Fontinettes	
Errichtet		1875 bezw. 82	1880—88	1880—88	
Hubhöhe	m	15,35	15,40	13,13	
Kammer- Abmessungen	Länge	m	22,85	43,20	40,60
	Breite	m	4,75	5,80	5,60
	Wasserhöhe	m	1,35	2,40	2,00
	Wassermenge	cbm	146	598	455
Größe der Schiffe	t	100	360	300	
Gehobenes Gewicht (ein Kolben und volle Kammer)	t	240	1050	800	
Kolbendurchmesser	mm	915	2000	2000	
Cylinderdurchmesser	mm	925	2060	2060	
Betriebsdruck	Atm.	37,4	34,0	25,0	
Wanddicke	mm	95	150	57 ¹ / ₂	
Wasserbedarf für eine Schleusung	cbm	150	300	100	
Dichtungsart		Voller Kautschukcylinder, welcher gegen eine schiefe Ebene geprefst wird.	Hydraulisch bewegte Keile mit Kautschuk.	Kautschuksack mit Luftdruck.	

In Anderton ereignete sich an einem Cylinder ein Bruch am Anschlusse des Verbindungsrohres in dem Augenblicke, als die Kammer oben angelangt, das Thor aber noch nicht geöffnet war. Infolge dessen sank die Kammer samt dem Schiffe darin, ohne dafs letzteres Schaden nahm. Es erklärt sich dies daraus, dafs die Anlage infolge des verhältnismäfsig kleinen Loches im Cylinder wie eine hydraulische Bremse wirkte¹²⁹⁾, sowie auch daraus, dafs der Trog unten in das Wasser eintauchte, wodurch seine lebendige Kraft allmählich vernichtet wurde. Hoech verlangt daher mit Recht zur Sicherheit für derartige Vorrichtungen eine solche Anlage der Druckrohrverbindungen, dafs das Wasser stets nur durch ein verhältnismäfsig enges Rohr entweichen, mithin die sinkende Kammer auch stets nur eine mäfsige Fallgeschwindigkeit annehmen kann, die unten durch Eintauchen in einen Kasten mit wenig Wasser, dessen Wände nur wenig von denen der beweglichen Kammer entfernt sind, leicht vernichtet wird.¹³⁰⁾

Alle angeführten hydraulischen Hebewerke zeigen den Schleusentrog fest mit dem Kolben verbunden. Infolge dessen müssen schiefe Belastungen des Troges im Kolben Biegungsspannungen erzeugen, die vermieden werden sollten. Pfeifer empfiehlt daher,

¹²⁹⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 231 u. 232.

¹³⁰⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1891.

die Tröge mittels Kugelgelenken auf den Kolben zu lagern und die Parallelführung der Tröge gesondert auszuführen (siehe oben).¹³¹⁾ Das ist zweckmäfsig, sein Vorschlag, auch die Prefscylinder unten auf Kugellager zu stellen, ist dagegen bedenklich. Der Cylinder mufs oben und unten festgehalten sein, um dem Kolben bei seinem Hube als sichere untere Führung zu dienen.

Wiewohl nun Bayer und Barbet in einem Entwurfe für den Panama-Kanal Schleusentröge von 170 m Länge, 18 m Breite, 9 m Wassertiefe und 50 m Hub mit je einem Cylinder von 6,6 m Kolbendurchmesser heben wollten und dabei eine Druckwasserpressung von 120 Atm. und eine Materialbeanspruchung von 17 kg f. 1 qmm an der Innenfläche erreichten¹³²⁾, so hat doch die Schwierigkeit, grofse Prefscylinder für hohen inneren Druck genügend sicher herzustellen, andere Konstrukteure dazu geführt, für jeden Trog mehrere Pressen anzuordnen.¹³³⁾ Von dahin zielenden Entwürfen seien kurz die folgenden unter Angabe der Quellen, welche näheres über dieselben mitteilen, erwähnt.¹³⁴⁾

Bei einem Entwurf vom Ingenieur Sydenham Duer für die Schleuse bei Les Fontinettes mufs die Parallelführung ungenügend genannt werden. Dasselbe gilt von einer Konstruktion Bellingraths, welche je zwei Pressen hintereinander (in der Längsaxe) zeigt, und ein Entwurf mit je zwei Pressen nebeneinander von E. Clark für Heuilly Cotton zeigt ebenfalls nur wenig nutzbringende Änderungen.

Auf mehrere Entwürfe von C. Hoppe in Berlin mufs etwas näher eingegangen werden. Der erste derselben wendet ebenfalls zwei Pressen hintereinander unter jedem der beiden gekuppelten Schleusentröge an.¹³⁵⁾

Diese Entwürfe mit nur zwei Pressen haben insofern Bedenken, als bei dem Bruche einer Presse eine Katastrophe eintreten mufs.

Hoppe hat daher später seinen Entwurf dahin abgeändert, dafs er jeden Trog auf sechs Cylinder stellt, von denen je drei gruppenweise hintereinander unter der Längsaxe jeder Troghälfte stehen. Die Cylinder sind so stark bemessen, dafs bereits je zwei derselben Gruppe die Last mit derselben Sicherheit tragen, wie in dem ersten Entwurfe der eine Cylinder unter einer Troghälfte. Bei dem Bruche irgend eines Cylinders, einer Rohrleitung, eines Schiebers u. s. w. tritt zwar der betreffende Cylinder aufser Thätigkeit, es kann aber auf keine Weise eine Gefährdung des Bauwerks eintreten, selbst wenn der Maschinist den Bruch nicht bemerkt und die Steuermaschine weiter laufen läfst.¹³⁶⁾ Bei beiden Entwürfen von Hoppe ist das Wasser der unteren Haltung von der Grube der Trogschleusen abgeschlossen.

Über Kosten und Leistung vergl. die Tabelle am Schluß.

Endlich ist noch ein Entwurf von Hoppe für ein hydraulisches Schiffshebewerk für Seeschiffe anzuführen. Jeder Schleusentrog von 95 m Länge, 12,5 m Breite und 6,5 m Wassertiefe wird hier von 20 Kolben von je 1,5 m Durchmesser getragen. Der Gesamtlast von 11400 t entspricht eine Wasserpressung von 32 Atm. in den Hebecylindern. Bei diesem Entwurf dürften die Tröge gegen Kippen um ihre Längsaxe

¹³¹⁾ Hydraulische Hebungen und Trogschleusen mit lotrechtem Hub von P. Pfeifer. Berlin 1891.

¹³²⁾ H. Gruson und L. A. Barbet. Étude u. s. w. und P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen.

¹³³⁾ Über die Herstellungsweise der Cylinder siehe Mitteilungen über die hydraulischen Schiffs-Elevatoren von Carl Fréson.

¹³⁴⁾ Schemfil. Kanal- und Hafen-Werkzeuge. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. — „Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes“ von E. Bellingrath.

¹³⁵⁾ Dingler's polyt. Journ. Bd. 281, S. 240. — Glaser's Annalen 1888, S. 43.

¹³⁶⁾ Hydraulische Schiffshebewerke, Entwurf von C. Hoppe 1890. Berlin, Eigenverlag der Firma. — Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 119.

nicht genügend gesichert sein, da ein solches nur durch kurze Gleitführungen an den Enden und durch die anscheinend starre Verbindung zwischen den Kolbenköpfen und den Trögen verhindert wird.¹³⁷⁾

Die Erhaltung der wagerechten Lage wird bei allen Entwürfen von Hoppe durch eine der Firma patentierte Stellsteuerung bewirkt, welche sich bereits bei Hebung eines Gasbehälterdaches in Berlin mittels 32 hydraulischer Pressen, sowie bei den hydraulischen Hebevorrichtungen eines Docks in San Franzisko mit 36 Pressen bewährt hat. Für letztere Anlage scheint diese Führung von Dickey selbständig erfunden zu sein.

Das Hauptbedenken gegen die senkrechte Hebung mit Hilfe gekuppelter Schleusen, möge die Kuppelung nun durch Ketten oder durch Druckwasserverbindungen geschehen, ist dasselbe, welches schon bei Besprechung der gekuppelten, querfahrenden Schleusen von Flamant hervorgehoben ist. Es ist unvermeidlich, daß sobald die eine Kammer außer Betrieb gesetzt werden muß, auch die andere und damit der ganze Betrieb stillsteht.

Bei hydraulischen Hebewerken ist dieser Übelstand am schwierigsten zu beseitigen, da dies hier nur durch sehr kostspielige Akkumulatoren möglich wäre. Außerdem leidet bei allen Hebewerken mit einer größeren Anzahl von Pressen die Einfachheit der Anordnung und damit die Betriebssicherheit; nicht minder wachsen die Gründungsschwierigkeiten, wenn man nicht etwa wie Hoech die Pressen neben den Trögen anordnet.¹³⁸⁾ Es ist daher kaum anzunehmen, daß man hydraulische Hebewerke in Zukunft noch bauen wird, und zwar um so weniger, als ein Hebewerk mit einer Kammer, deren Gewicht durch Gegengewichte oder Schwimmer ausgeglichen wird, bedeutend billiger ist, als ein gekuppeltes hydraulisches, und doch bereits einem erheblichen Verkehre genügt; zwei dergleichen sind zwar teurer als ein gekuppeltes hydraulisches, aber auch ungleich leistungsfähiger. Näheres hierüber siehe weiter unten.

Senkrechte Schiffshebewerke mit nur einem Kasten. Schwimmerschleusen. Wahrscheinlich aus obigen Gründen hat die Firma Hoppe neuerdings die Doppelschleuse auf Prefskolben aufgegeben und nur einen Trog mit Gegengewichten angewendet. Um dünnere Drahtseile und kleinere Rollen zu erhalten, hängen die gemauerten Gegengewichte an doppelten Drahtseilen, auf welche sich die Last durch eine am Gegengewichte angebrachte lose Rolle gleichmäßig verteilt. Die Bewegung kann entweder abwärts durch Übergewicht des Troges infolge vermehrter Wasserfüllung und aufwärts durch Prefswasser erfolgen oder auch nach beiden Richtungen durch Prefswasser. Für beide Fälle wendet Hoppe vier hydraulische Pressen, je zwei auf jeder Seite des Troges, an, welche durch die der Firma patentierte Steuerung die Parallelführung des Troges bewirken.¹³⁹⁾

Auch Hoech behandelt im Centralblatt der Bauverwaltung 1891, S. 155 den Entwurf einer Trogschleuse mit Gegengewichten, bei welchem das Heben durch einen Prefswassercylinder geschehen soll, der mitten unter dem Troge steht. Senkrecht zu hebende Trogschleusen mit Gegengewichten werden verhältnismäßig billig, weil die Gründungen keine Schwierigkeiten bieten.

Die Gewichtsausgleichung für senkrecht zu hebende einfache Trogschleusen läßt sich aber auch durch einen oder mehrere Schwimmer, welche mit dem senkrecht darüber liegenden Troge durch eiserne Zwischenkonstruktionen verbunden sind, bewerkstelligen

¹³⁷⁾ Hydraulische Schiffshebewerke. II. Entwurf von C. Hoppe (für Seeschiffe). Juni 1890. Selbstverlag der Firma. — Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 119. — Hydraulische Hebungen von P. Pfeifer, S. 69.

¹³⁸⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 230.

¹³⁹⁾ Schück. Karlsruhe, ein Rhein-Hafenplatz. Karlsruhe 1893.

und dieser Grundgedanke ist bereits im vorigen Jahrhundert aufgetaucht. Derartige Schwimmer wurden zuerst 1794 von den Ingenieuren Rowland und Pickering vorgeschlagen, ohne jedoch zur Ausführung zu kommen.¹⁴⁰⁾ In der allgemeinen Anordnung kommt ihrem Entwurfe der erste des Gruson-Werkes in Buckau-Magdeburg am nächsten, indem beide Schwimmkörper zeigen, welche sich der Länge nach unter dem ganzen Troge erstrecken und in einer langen, mit Wasser gefüllten Grube auf- und niedersteigen.¹⁴¹⁾ Diese Anordnung der Schwimmer ist wenig empfehlenswert, weil die Herstellung einer so langen und tiefen Grube ohne Querversteifungen außerordentlich kostspielig wird. Das Gruson-Werk hat diese Schwimmerform auch sehr bald aufgegeben und hat kleinere, cylinderförmige Schwimmer mit senkrecht stehenden Axen in größerer Zahl angewendet, wie dies bei allen übrigen Entwürfen von Schwimmerschleusen geschehen ist. Bei dieser Art der Gewichtsausgleichung sind folgende Anforderungen an die Anlage zu stellen:

1. Das bewegte System, welches an sich labil schwimmt, muß während der Bewegung sicher wagerecht geführt werden.
2. Mit Rücksicht auf einen ungestörten Betrieb muß die Geschwindigkeit beim Heben und Senken so geregelt werden, daß eine festgesetzte größere Geschwindigkeit niemals überschritten wird und daß ein sanftes Anfahren und Einstellen an die Kanalhaltungen möglich ist.
3. Der Betrieb fordert unbedingt ein bewegungsloses Anhalten in der obersten und untersten Stellung und zwar während der ganzen Dauer des Ein- und Ausfahrens der Schiffe. In allen Mittelstellungen ist ein Anhalten nur erforderlich bei Betriebsstörungen.

Diesen von P. Pfeifer aufgestellten Forderungen¹⁴²⁾ wäre vielleicht noch hinzuzufügen:

4. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, welche eine zu schnelle Auf- oder Abwärtsbewegung der Kammer selbst dann verhindern, wenn der Auftrieb oder die Kammerfüllung teilweise oder ganz fortfiel.

Der erste Entwurf einer Schwimmerschleuse, welcher im laufenden Jahrhundert aufgestellt wurde, stammt aus dem Jahre 1883 und rührt vom Ingenieur Seyrig her.¹⁴³⁾ Derselbe wollte damit Schiffe von 300 t Ladefähigkeit 20,5 m hoch heben. Er ordnete vier cylindrische Schwimmer in ebenso viel Brunnen von 7,3 m Durchmesser und 41,55 m Gründungstiefe an. Der Auftrieb war so bemessen, daß der Schleusentrog ein mäßiges Übergewicht behielt, welches zum Senken genügte, beim Heben aber durch einen mitten unter dem Troge aufgestellten Preßcylinder von nur 1,15 m Kolbdurchmesser und 5 bis 6 Atm. Wasserspannung überwunden wurde.

Als Führung waren Gleitstücke an den Schwimmern und an den Trogenden vorhanden; aber die zu große Entfernung der Gleitschienen sichert nicht genügend gegen Klemmungen. Auch der oben unter 4. gestellten Sicherheitsforderung scheint nicht genügt zu sein.

Aus dem Jahre 1887 stammt der erste Entwurf des Ingenieurs Jebens¹⁴⁴⁾, welcher nur einen großen Schwimmer mitten unter dem Troge vorsieht. Die Konstruk-

¹⁴⁰⁾ Gruson u. Barbet. S. 28.

¹⁴¹⁾ Über den ersten Entwurf des Gruson-Werkes siehe Dingler's polyt. Journal, Bd. 281, S. 255. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. S. 75.

¹⁴²⁾ Deutsche Bauz. 1893, S. 591.

¹⁴³⁾ Comptes rendus de la société des ingénieurs civils, Mai 1883. Ferner H. Gruson u. L. A. Barbet und P. Pfeifer.

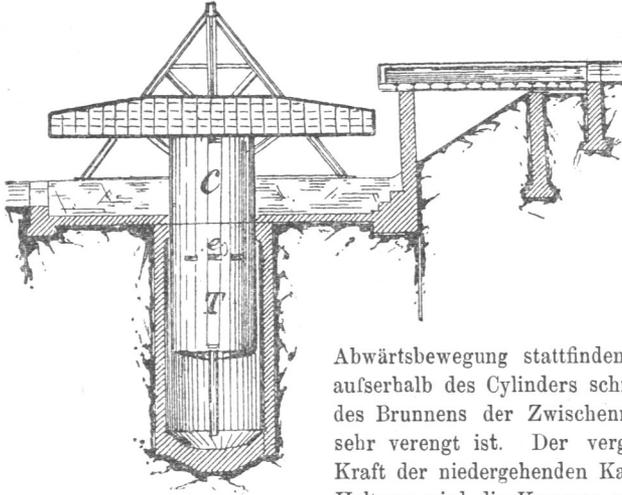
¹⁴⁴⁾ Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 301. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. S. 72.

tion stellt zu hohe Anforderungen an die Gleichförmigkeit der Brunnenwände und genügt auch der Forderung 3 nicht.

Der zweite Entwurf von Jebens¹⁴⁵⁾ vermeidet diese Schwierigkeit in der Herstellung der Brunnenwand.

Auch bei diesem Entwurfe ist nur eine große cylindrische Trommel mit stehender Axe als Schwimmer angeordnet, die Verbindung zwischen Trog und Schwimmer erfolgt aber nicht durch Stützen aus Gitterwerk, sondern dadurch, daß der Mantel des Schwimmers bis zum Troge fortgeführt ist. Unmittelbar über der

Fig. 293. Schwimmerschleuse von Jebens.



Decke des Schwimmers *T* (Fig. 293) sind in der Verlängerung des Mantels Öffnungen *e* angebracht, die durch Schützen geschlossen werden können. Giebt man der Kammer aus der oberen Haltung etwas Wasser-Überlast und öffnet die Schützen, so dringt das Wasser aus dem Brunnen durch die Öffnungen *e* in den Cylinder *C* ein und die Schleuse sinkt. Schließt man die Schützen an beliebiger Stelle, so wird noch eine kleine

Abwärtsbewegung stattfinden; infolge derselben wird aber das Wasser außerhalb des Cylinders schnell gehoben werden, weil am oberen Ende des Brunnens der Zwischenraum zwischen Brunnen und Cylinderwand sehr verengt ist. Der vergrößerte Auftrieb wird also die lebendige Kraft der niedergehenden Kammer schnell vernichten. Vor der unteren Haltung wird die Kammer so angehalten, daß die Wasserfüllung etwas

geringer wird, sodaß nach Öffnung der Schützen *e* der Auftrieb die Schleuse hebt. Das Schließen der Schützen an den Enden des Hubes sollte selbstthätig eingerichtet werden. Die Führung durch Gleitbacken in der Mitte kann sehr solide ausgebildet werden. Die Dichtung zwischen Trog und Haltung soll durch Gummischläuche mit Presswasser geschehen.

Ein nicht zu vermeidender Übelstand dieser sinnreichen Konstruktion besteht darin, daß nach erfolgter Abdichtung an den Haltungen infolge der wechselnden Wasserfüllung nach Öffnung der Thore die Kammer noch eine Bewegung machen muß, welche die Dichtung schädigen kann.

Prüsmann hat die Schwimmerschleusen weiter ausgebildet und dieselben für Trogschleusen verwendet, welche von Schiffen mit 600 bzw. 1000 t Tragfähigkeit benutzt werden sollen.¹⁴⁶⁾ Bei dem ersten Entwurfe wendet er 5 unter dem Troge stehende, bei dem anderen 10 zu beiden Seiten des Troges angebrachte Schwimmer an. In letzterem Falle ist an Gründungstiefe für die Brunnen gespart; dieselben sind an ihrem oberen Ende durch Eisencylinder verlängert, um die genügende Eintauchungstiefe für die Schwimmer zu beschaffen. Die Öffnung der Ventile, durch welche das Brunnenwasser in den Cylinder über dem Schwimmer aus- und einströmt, wird selbstthätig durch einen Steuerapparat geregelt, der ähnlich dem von Hoppe für Druckwasser patentierten wirkt und dadurch die wagerechte Lage der Kammer sichert. Außerdem soll eine Schlittenführung vorhanden sein, diese tritt aber nur bei Unfällen in Wirksamkeit.

Prüsmann bringt außerdem sogenannte Luftausgleicher unmittelbar über den Schwimmkörpern in dem für den Eintritt und Austritt des Wassers bestimmten Cylinder an. Es sind dies oben geschlossene, unten offene Kästen, in welche unter Zusammen-

¹⁴⁵⁾ Deutsche Bauz. 1890, S. 144. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. S. 73.

¹⁴⁶⁾ Das Schiffshebewerk auf Schwimmern (Patent Prüsmann). 1892. Selbstverlag der Gutehoffnungshütte. — Deutsche Bauz. 1891, S. 505 u. 522.

pressung der Luft um so mehr Wasser eintreten wird, je tiefer dieselben unter den Wasserspiegel sinken. Durch das Eindringen des Wassers tritt also eine Verminderung des Auftriebs ein; diese Verminderung kann bei angemessener Form der Luftausgleicher so bemessen werden, daß sie bei jeder Stellung der Schleuse der Vermehrung des Auftriebs möglichst gleichkommt, welche durch Eintauchen von Eisenteilen erzeugt wird. Die Luftausgleicher bedingen eine so bedeutende Verminderung des Betriebswassers, daß vor Öffnung der Thore eine Ausspiegelung zwischen Kammer und Haltung durch Schützen nicht stattzufinden braucht.

Zur weiteren Sicherung des Betriebs sind noch eine ganze Anzahl Vorkehrungen getroffen; auf diese näher einzugehen würde jedoch zu weit führen.

Nach einer Arbeit von Schramm in der Zeitschrift des österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereins 1894, S. 195 u. 209 seien einige Daten über einen Prüsmann'schen Entwurf für eine Schleuse im Elster-Saale-Kanale mitgeteilt:

Größe der zu hebenden Schiffe	600 t
Hubhöhe	23 m
Brunnentiefe bis Fundamentsohle	42 m
Brunnenweite	10 m
Länge des Troges	68 m
Breite " "	8,6 m
Wassertiefe	2,3 m
Gewicht des Schleusentroges mit Haupt-, Quer- u. Längsträgern	506 t
Gewicht der fünf Ballastcylinder auf den Schwimmern	710 t
Gewicht der beiden Abschlußthore	14 t
Ausrüstung des Troges	90 t
Fahrtgeschwindigkeit in der Sekunde	6 cm
Betriebswassermenge, welche aus der oberen Haltung für eine Senkung und eine Hebung zu entnehmen ist	115 cbm.

Die Kosten für ein Hebewerk von 15 m Hubhöhe werden in derselben Quelle wie folgt angegeben:

Anlagekosten.

Anlagekosten für das Hebewerk	1200000 M.
Zwei Wohnhäuser für den Schleusenführer und den Maschinisten	28000 "
Eine Bude für den Gehilfen	1500 "
Für Brunnen, Einfriedigung u. s. w.	1000 "
Zusammen	1230000 M.

Unterhaltungskosten.

Für das Hebewerk	4200 M.
Zwei Dienstgebäude	400 "
Geräte, Tauwerk	600 "
Fernsprecher	100 "
Zusammen	5300 M.

Betriebskosten.

Gehalt des Führers	2000 M.
Gehalt des Maschinisten	2000 "
Zwei Gehilfen zusammen	1800 "
Für Kohlen, Öl u. s. w.	1600 "
Für Hilfsarbeiter u. s. w.	600 "
Zusammen	8000 M.

Leider sind die Anlagekosten für Eisen, Mauerwerk und Gründungskosten nicht getrennt angegeben, sodaß sich ein Urteil über deren Angemessenheit nicht abgeben läßt. Aus dem gleichen Grunde war die Verwertung dieser Angaben für die Tabelle am Schlusse des Paragraphen nicht möglich.

Ein von der Gutehoffnungshütte hergestelltes betriebsfähiges Modell dieser Schleuse hat sich bewährt.

Hoech macht der Prüsmann'schen Schleuse¹⁴⁷⁾ nicht ganz ohne Grund den Vorwurf, daß sie zu kompliziert geworden sei. Er empfiehlt nur einen Schwimmer mit Steuerzylinder darüber mitten unter dem Troge und die übrigen Schwimmer ohne Steuerapparat zu beiden Seiten des Troges anzuordnen. Dadurch wird an Gründungsarbeit gespart und die Anordnung vereinfacht. Die Führung des Troges muß dann durch Gleitschienen oder dergleichen geschehen. Dieser Vorschlag erfordert allerdings wieder größere Mengen Betriebswasser, wegen Vermehrung der Reibung. Eine Sicherung, wie sie in Punkt 4, S. 329 als erforderlich bezeichnet wurde, ist weder bei den Prüsmann'schen, noch bei dem Hoech'schen Entwürfe vorgesehen. Desgleichen sind die Bewegungen des Troges nach erfolgter Ausspiegelung, wenn auch vermindert, so doch nicht aufgehoben.

Der zweite Entwurf des Gruson-Werkes, von dem ebenfalls ein betriebsfähiges Modell hergestellt ist und über welches die Tabelle am Schlusse des Paragraphen weitere Daten enthält, übertrifft den ersten desselben Werkes nicht nur hinsichtlich der Anordnung einer größeren Anzahl von Schwimmergruben, sondern auch durch eine bessere Geradföhrung. Während für diese bei dem ersten Entwurfe hydraulische Cylinder an den vier Ecken, Schlittenführungen und außerdem noch Seilführung vorgesehen war, ist die Aufgabe bei dem zweiten¹⁴⁸⁾ einfacher und klarer gelöst. Es sind vier doppelt ausgeführte feststehende, senkrechte Zahnstangen angebracht, in welche je ein Triebrad eingreift. Diese Zahnräder sitzen fest auf vier an den Längsseiten des Troges gelagerten starken Wellen, welche durch weitere Zahnräder und Zwischenwellen so miteinander gekuppelt sind, daß sie sich zwangläufig und zwar zu beiden Längsseiten des Troges in entgegengesetztem Sinne drehen. Zahnräder und Zahnstangen sind ähnlich den Abt'schen für Zahnradbahnen (also als Stafflräder) ausgebildet. Die Steuerung erfolgt von einer Brücke über dem Troge. Neben dieser Parallelföhrung durch die Zahnstangen hat der Trog noch Rollenführungen, welche alle Horizontalverschiebungen des Troges in der Längs- und Querrichtung aufheben und den richtigen Eingriff der Zahnradführungen sichern. Zur Dichtung an den Haltungen besitzen die Trogenden mit Gummi belegte Dichtungsflächen, welche sich bei der Anfahrt an das Haupt an verstellbare, mit Gummi versehene Dichtungsrahmen pressen.

Auch hier sind wie bei dem Prüsmann'schen Entwurf weitgehende Sicherungen für den Betrieb vorhanden, die aber wieder die Einfachheit der Konstruktion beeinträchtigen. Der Betrieb kann durch Differenz zwischen Last und Auftrieb oder auch bei völlig gleicher Ausspiegelung durch Maschinenkraft (elektrisch) mittels der Zahnstangen und Zahnräder erfolgen. Der Trog wird durch 24 kleine cylindrische Schwimmer mit senkrechter Axe getragen, mit denen er durch Gitterständer in Verbindung steht. Je vier solcher Schwimmer befinden sich in einer Abteilung der Versenkungsgrube. Die einzelnen Abteilungen der Grube, welche durch Quermauern voneinander getrennt sind, stehen oben und unten miteinander in Verbindung, sodaß der Wasserstand in allen derselbe ist.

Wenn auch die Zwischenwände die Längswände der Grube wirksam absteifen, wird doch die Herstellung der letzteren in den meisten Fällen sehr kostspielig (vergl. 12 c. und 12 d. der mehrfach erwähnten Tabelle).

¹⁴⁷⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 514.

¹⁴⁸⁾ Deutsche Bauz. 1894, S. 590, 602 u. 609.

Auch diese Konstruktion wird nach erfolgter Ausspiegelung zwischen Kammer und Haltung wegen des Spielraums zwischen den Zähnen der Räder und der Zahnstangen eine Bewegung von 4 bis 5 cm machen, die für die Dichtungen ungünstig ist. Diese Bewegung kann man aber durch Benutzung des Motors vermeiden (Näheres in der Quelle S. 609); sie fällt ganz weg, wenn der Betrieb durch den Motor allein erfolgt.

So bequem die besprochene Parallelführung namentlich deswegen ist, weil man die Zahnstangen an allen Punkten gut an Ständern befestigen kann, so läßt sich doch bei größeren Schleusen die Forderung des Punkt 4, S. 329 nicht erfüllen. Die Zahnstangen des besprochenen Entwurfes können zusammen reichlich 80 t Zahndruck aufnehmen, der zwar sicher ausreicht, um bei regelrechtem Betriebe jede Schiefstellung zu verhindern, es wird aber nicht möglich werden, durch eine solche Anordnung den Auftrieb aufzunehmen und die Schleuse am Aufschnellen zu hindern, wenn die Wasserfüllung des Troges plötzlich abliefe.

Der betreffenden, allerdings sehr weitgehenden Forderung hat die Firma Haniel u. Lueg in Düsseldorf bei ihrem Konkurrenz-Entwurfe einer Schwimmerschleuse für den Dortmund-Ems-Kanal bei Henrichenburg durch Anwendung von Schraubensführungen zu genügen gewußt, und deshalb ist wohl diesem Entwurfe seitens der Akademie des Bauwesens vor dem Entwurfe des Gruson-Werkes und dem Prüssmann'schen der Preis zuerkannt. Die Figuren 14—17, Tafel XIII zeigen die allgemeine Anordnung der genannten Schleuse.¹⁴⁹⁾ Der Schleusentrog von 70 m Länge, 8,6 m Breite und 2,5 m Wassertiefe ruht auf fünf cylindrischen Schwimmern, welche in runden, gesonderten Brunnen auf- und absteigen. Die Verbindung zwischen Trog und Schwimmern wird durch offenes Gitterwerk gebildet. Der Betrieb erfolgt durch Mehr- bzw. Mindergewicht der Wasserfüllung des Troges, wie bei den übrigen Schwimmerschleusen.

Zur Führung dienen vier große Schraubenspindeln *c* (F. 16 u. 17), welche gleichzeitig durch eine Rotationsmaschine angetrieben werden und sich durch die an dem Trog befindlichen Schraubenmuttern bewegen. Ein mäßiges Mehr- oder Mindergewicht des Troges, wie es infolge der Veränderung des Ein- und Austauchens der Gitterständer zwischen Trog und Schwimmern auftritt, wird durch die Maschine bzw. die Schraubenspindeln überwunden.

Die letzteren sind aber an sich so stark und oben und unten so sicher gelagert, daß sie im Falle irgend eines Bruches am Hebewerke sowohl den vollen Auftrieb der Schwimmer, als auch die ganze Last des Troges aufnehmen vermögen, sodaß der Betrieb des Hebewerkes unter allen Umständen gesichert erscheint. Der Stand des Führers befindet sich nicht auf dem Troge selbst, sondern in dem Häuschen mitten über dem Gerüst, s. F. 15. Auftriebsausgleicher sollen auch bei dieser Ausführung angeordnet werden, jedoch steht deren Konstruktion noch nicht fest. Die Schützen werden durch hydraulische Maschinen geöffnet. Elektrische Beleuchtung der Anlage ist vorgesehen. Die Hubhöhe beträgt 14 bzw. 14,5 und 16 m.

Die Zeichnungen führen den Entwurf vor, welcher der Akademie für Bauwesen vorgelegen hat. Die Ausführung, welche gegenwärtig (Ende d. J. 1894) beschafft wird, weicht in einigen Einzelheiten von dem Entwurf ab. Die Brunnenauskleidungen sollen nicht gemauert, sondern mittels eiserner Schachtringe hergestellt werden, dagegen wird die an die obere Haltung anschließende Kanalbrücke nicht in Eisen, sondern in Stein ausgeführt u. s. w. Das Ober- und Unterhaupt des Hebewerks wird architektonisch ausgebildet werden.

¹⁴⁹⁾ Die Darstellungen und Mitteilungen verdankt Verfasser der Freundlichkeit genannter Firma.

Diese Anlage erfüllt in der That bei thunlichster Einfachheit die weitgehendsten Anforderungen, welche an die Betriebssicherheit gestellt werden können. Ob dieselbe Anordnung für noch gröfsere Hubhöhen Verwendung finden kann, hängt davon ab, ob es möglich sein wird, entsprechend lange Schraubenspindeln zu angemessenem Preise herzustellen, was bei dem jetzigen Stande der Industrie Schwierigkeiten bereiten dürfte. Gegenwärtig dürften 24 m Hubhöhe die äufserste Grenze sein.

Für grofse Höhen ist allerdings die Schwimmerschleuse mit Zahnstangenführung bequemer herzustellen, da man, wie bereits erwähnt, die einzelnen Zahnstangenteile stets sicher an eisernen Ständern befestigen kann. Indessen erscheint es überhaupt fraglich, ob es richtig ist, für noch gröfsere Hubhöhen Schwimmerschleusen zu verwenden.

Gegen solche sprechen nämlich folgende Punkte:

1. Die bisher, wie bei allen hydraulischen Schleusen (vergl. die Tabelle), wie es scheint, meist unterschätzten Kosten der Gründungsarbeiten für Tröge, welche über den Schwimmern stehen, wachsen bedeutend mit der Tiefe, wenn nicht ungewöhnlich günstige Bodenverhältnisse vorliegen. Weniger und gröfsere Schwimmer (3 statt 5) werden jedenfalls billiger werden. Ordnet man aber die Schwimmer neben dem Troge an, so vermehrt man das Eisengewicht durch die cylindrischen Aufsätze zur Verlängerung der Schwimmerbrunnen nach oben und damit, aufser den Beschaffungskosten für das Eisen, zugleich die Unterhaltungskosten, denn letztere sind für Eisenkonstruktionen, die dem Wasser ausgesetzt sind, wesentlich höher als für Mauerwerk (vergl. § 5).

2. Die Gefahr einer Unterspülung.¹⁵⁰⁾ In dieser Gefahr, welche bei den Schwimmerschleusen gröfser ist als namentlich bei den schiefen Ebenen, liegt ein Übelstand, den sie mit allen senkrechten Hebevorrichtungen, auch den Schachtschleusen und den hydraulischen, teilen. Sie ist um so gröfser, je tiefer die Fundierungen werden, welche den gewachsenen Boden in nicht zu übersehender und zu beseitigender Weise lockern, und je näher die tiefen Fundamente dem Oberwasserspiegel rücken. Daher sind Schleusen mit Schwimmern an den Enden des Troges und hydraulische Hebewerke mit mehreren Kolben in der Längsaxe in dieser Beziehung ungünstiger, als Schwimmer- und hydraulische Schleusen mit nur einem Stützpunkte in der Mitte und namentlich als Schachtschleusen, deren Fundierung weniger tief reicht, während die Dämme für die Zulassung der oberen Haltung im Trocknen ausgeführt und sorgfältig überwacht werden können.

Tauchschleuse. Hinsichtlich des letztgenannten Vorteils steht eine Abart der Schwimmerschleuse, die ihrer Betriebsweise wegen als Tauchschleuse bezeichnet werden möge, den Schachtschleusen gleich.

Diese Form ist ebenso alt als die Schwimmerschleuse selbst, indem bereits im Jahre 1794 von Robert Welden in England ein Patent auf dieselbe genommen und auch eine Schleuse mit einem Gefälle von 13,7 m für Schiffe von 21,9 m Länge und 2,13 m Breite gebaut wurde. Wahrscheinlich war sie nur von kurzem Bestande, weil der Brunnen, in welchem die Schleuse untertaucht, nicht sicher genug gegen den inneren Wasserdruck hergestellt war und infolge dessen zerstört wurde.

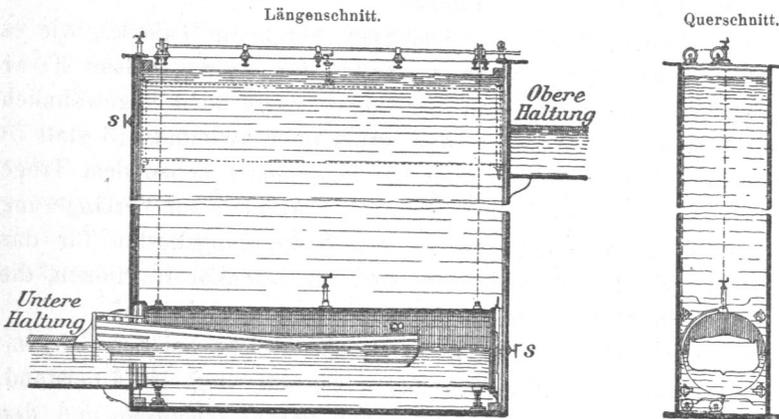
Der Grundgedanke dieser Schleuse war der, dafs man einen Schacht herstellt, der fortwährend mit der oberen Haltung in offener Verbindung bleibt und in dem also der Wasserspiegel nicht gesenkt wird. In diesem Schachte schwimmt ein eiserner, an beiden Enden offener, zur Hälfte mit Wasser gefüllter Cylinder so tief eintauchend, dafs die zu schleusenden Schiffe in seinem Hohlraum Platz finden. Schliefst man nun die beiden Enden des Cylinders wasserdicht ab, so kann man ihn mit dem darin schwimmenden Schiffe durch Ballastwasser an Führungen versenken, bis er auf dem Grunde des Schachtes

¹⁵⁰⁾ Es sei hier auf eine Mitteilung hingewiesen, nach welcher das Hebewerk von Fontinettes auf mehrere Monate betriebsunfähig geworden war, weil eine Unterwaschung des Grundmauerwerks stattgefunden hat. Bulletin du syndicat général de la marine 1893, 2. März. Auch „Schiff“ 1893, S. 86.

sich mit dem einen Ende vor den durch ein Thor verschlossenen Ausfahrtstunnel des Schachtes legt. Dichtet man jetzt die Fuge zwischen dem Cylinder und der Schachtwand, so steht nach Öffnung der Thore vor dem Tunnel und dem zunächstliegenden Ende des Cylinders derselbe mit dem Tunnel in offener Verbindung, sodafs das versenkte Schiff hinaus und ein zu hebendes hinein gefahren werden kann. Nach Schluß der Thore vor dem Tunnel und dem Ende des Cylinders und nach erfolgtem Auspumpen des Ballastwassers schwimmt der Cylinder mit dem zweiten Schiffe auf und das Spiel kann nach Öffnung der Thore des Cylinders und Entfernung des Schiffes in das Oberwasser von neuem beginnen.¹⁵¹⁾

Dieser Gedanke ist neuerdings von J. Rowley in Dukinfield wieder aufgenommen, der auf dem Binnenschiffahrts-Kongresse zu Manchester ein Modell einer solchen patentierten Schleuse ausstellte. Rowley vermeidet aber dabei das unbequeme Auspumpen des Ballastwassers und den großen Verbrauch des letzteren, welcher bei der ersten Ausführung dadurch bedingt war, dafs der Cylinder, wenn ein Schiff

Fig. 294 u. 295. Tauchschleuse von Rowley.



aus der oberen Haltung einfahren sollte, zur Hälfte aus dem Oberwasser austauchte. Er läßt das Oberwasser nicht mit dem Schachte in offener Verbindung, sondern erhöht den Wasserspiegel in letzterem künstlich soweit über den der oberen Haltung, dafs der Cylinder stets ganz unter Wasser bleibt und seine Verbindung mit dem Oberwasser in derselben Weise ausgeführt wird, wie mit dem Unterwasser. Durch

diese Anordnung, die in Fig. 294 und 295 dargestellt ist, wird der Wasserverbrauch offenbar ebenso eingeschränkt, wie bei den Schwimmerschleusen und den hydraulischen, er kann sogar ganz fortfallen, wenn die Bewegung durch Maschinenkraft mittels der Ketten ohne Ende, welche zur Führung dienen, ausgeführt wird. Zum dichten Anschlusse der Schleusentrommel an die Querwand des Brunnens vor Öffnung der Thore in beiden dienen die Schrauben *s* in Fig. 294.¹⁵²⁾

Die Tauchschleuse übertrifft die anderen Schwimmerschleusen durch die Einfachheit und Billigkeit der Gründung, sowie dadurch, dafs, wenn der Brunnen aus Beton mit Erdhinterfüllung hergestellt wird, der Eisenverbrauch und damit die Unterhaltungskosten bedeutend geringer sind, als bei jenen. Da der Brunnen leicht nach dem Unterwasser hin entwässert und trockengelegt werden kann, so bildet er gleichzeitig für die Schleusentrommel ein bequemes Trockendock, sodafs auch deren Unterhaltung keine Schwierigkeiten bietet, was von den anderen Schwimmerschleusen nicht behauptet werden kann.

4. Vergleichung der Vorrichtungen zur Überwindung grosser Gefälle.

Will man die verschiedenen Vorrichtungen zur Überwindung grosser Gefälle miteinander vergleichen, so läßt sich zunächst nicht leugnen, dafs die Bewegung der Schiffe in sämtlichen Schwimmerschleusen, nicht minder in den hydraulischen und den gut konstruierten Schachtschleusen die sanfteste ist. Auf diese folgen die senkrechten, durch Gegengewichte ausbalancierten Hebevorrichtungen und erst zuletzt kommen die schiefen Ebenen. Indessen sind, wie schon früher bemerkt, durch geeignete Vorkehrungen die unruhigeren Bewegungen der schiefen Ebenen zweifellos für die zu befördernden Schiffe

¹⁵¹⁾ H. Gruson und L. A. Barbet, S. 27. — P. Pfeifer, S. 72.

¹⁵²⁾ Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 273.

Tabellarische Zusammenstellung einiger wichtigen Daten und Berechnung der Wertziffern aus Herstellungs-, Unterhaltungs- und Erneuerungskosten von Schiffshebwerken.

1.	2.	3. Herstellungskosten				7. Kapitalisierte Unterhaltungskosten		9. Kapitalisierte Amortisationskosten		11. Summe der Herstellungs- und Amortisationskosten $K^h + K^{u'} + K^{u''} = S(K)$	12. Hubhöhe h	13. Kammer-Abmessungen			16. Größe der größten Schiffe Q Tonnen	17. Zahl der in 12 Stunden zu befördernden Schiffe:		19. Wasserbedarf für eine Hebung bzw. Doppelhebung ebm	20. Herstellungs-kosten für 1 m Hubhöhe $\frac{K^h}{h}$ M.	21. Wert-Ziffern		23. Bemerkungen.		
		4. für Erd- und Mauerarbeiten K'	5. für Metallarbeiten K''	6. für Sonstiges K'''	im ganzen K^h	der Mauer- und Erdkörper $\frac{z}{4} \cdot K'$ $= K^{u'}$	der Metallteile $\frac{z}{4} \cdot K''$ $= K^{u''}$	der Mauer- und Erdkörper $\left(1 + \frac{z}{100}\right)^{m'} - 1$ $= K^{a'}$	der Metallteile $\left(1 + \frac{z}{100}\right)^{m''} - 1$ $= K^{a''}$			Nur nach einer Richtung s'	Nach beiden Richtungen an der Schleuse kreuzend s''	$\frac{S(K)}{s' \cdot Q \cdot h}$ M.		$\frac{S(K)}{s'' \cdot Q \cdot h}$ M.								
1	Schachtschleuse im Kanal St. Denis.	?	?	?	1 480 000	—	—	—	—	9,92	48,9	8,2	3,5	etwa 1100	28	44	3173	149 200	—	—	Die Herstellungskosten enthalten ansehnliche Ausgaben, die nicht den eigentlichen Schleusenbau betreffen; dieselben sind daher zu hoch.			
2	Schachtschleuse, Entwurf von Fontaine.	597 244	40 580	82 176	720 000	37 327	10 145	235	6 648	774 355	20	39	5,2	2,6	300	24	40	1772	36 000	5,379	3,227	Die Schleuse ist nur Entwurf. Daher Zeiten und Kosten, wenn auch nach zuverlässigen Beispielen, nur berechnet.		
3	Schiefe Ebene im Oberland-Kanal.	?	?	?	714 000	—	—	—	—	—	Durchschn. 21,4	0	0	0	50	18	36	Durch Wasserrad betrieben.	8 331	—	—	Die Angaben beziehen sich auf die vier älteren schiefen Ebenen. Bewegung durch Wasserrad, welches aus dem Oberwasser gespeist wird. Fahrgeschwindigkeit 0,8 bis 1 m. Die Hubhöhen sind 20,4, 18,83, 24,48, 21,97 m.		
a.	Schiefe Ebenen mit zwei gekuppelten Kammern nach Entwürfen von Peslin. Fahrt in Richtung der Längsaxe der Kammer.	Älterer Entwurf	± 223 000	± 657 000	0	880 000	13 937	164 250	88	107 634	1 165 909	16	?	?	?	300	60	120	Durch Turbine betrieben.	55 000	4,048	2,024	Die eingeklammerten Ziffern entsprechen den Kosten, welche unter Berücksichtigung der durch die schiefe Ebene ersparten Kanalstrecken ermittelt sind. Kosten für Verwaltung und unvorhergesehene Fälle sind nicht berücksichtigt. Neigung der schiefen Ebene 1/2. Fahrgeschwindigkeit 0,83 m in 1 Sekunde. Betrieb durch Turbine.	
b.			(159 000)	(657 000)	0	(816 000)	9 937	164 250	62	107 634	1 097 883	16	?	?	?	300	60	120		(51 000)	3,812	1,906		
c.			Neuerer Entwurf	± 243 000	± 717 000	0	960 000	15 188	179 250	95	117 470	1 272 003	51,2	38,5	5,2	2,0	300	36	72	?	18 750	2,304		1,152
d.			(83 000)	(717 000)	0	(800 000)	5 187	179 250	33	117 470	1 101 940	51,2	38,5	5,2	2,0	300	36	72		(15 625)	1,992	0,996		
a.	Schiefe Ebenen mit zwei gekuppelten Kammern nach Flamant's Entwurf. In der Querrichtung der Schiffe zu befahren. Hinterhäfen, doppelte Schleusenthore.		± 350 000	628 000	112 000	1 090 000	21 875	157 000	138	102 890	1 371 903	15	45	5,6	2,1	300	80	160	130	72 666	3,811	1,906	Die Erdarbeiten, die allerdings nicht bedeutend sind, scheinen im Anschlage nicht aufgenommen zu sein. Neigung der schiefen Ebene 1/2. Fahrgeschwindigkeit 0,2 m in 1 Sekunde. Betrieb durch Übergewichtswasser der zu Thal fahrenden Kammer. Beanspruchung der Eisenteile 660 kg f. d. qcm.	
b.			± 400 000	666 000	114 000	1 180 000	25 000	166 500	157	109 110	1 480 767	20	45	5,6	2,1	300	72	144	130	59 000	3,427	1,714		
c.			± 500 000	743 000	117 000	1 360 000	31 250	186 750	196	121 730	1 699 926	30	45	5,6	2,1	300	60	120	130	45 333	3,148	1,574		
d.			± 700 000	898 000	122 000	1 720 000	43 750	224 500	275	147 120	2 135 645	50	45	5,6	2,1	300	48	96	130	34 400	2,966	1,483		
a.	Schiefe Ebene nach Hoech, einfache Kammer mit Gegengewichten, sonst wie 5.		113 500	387 250	99 250	600 000	7 094	96 815	45	63 444	767 398	14	68	8,6	2,2	800	36	72	317	42 856	1,903	0,952	Das Eisen ist im Entwurfe reichlich hoch (zu 1000 kg f. d. qcm) beansprucht, daher der Preis gegenüber der Schleuse von Flamant etwas zu niedrig.	
b.			± 170 000	± 476 000	± 104 000	750 000	10 625	119 000	67	77 984	957 676	30	68	8,6	2,2	800	24	48	317	25 000	1,662	0,831		
7	Wie 6, Entwurf des Marine-Baumeisters Moeller für den Kanal von Wismar nach Schwerin.	253 550	401 860	104 590	750 000	15 847	100 470	100	65 847	932 264	31,15	53	6,6	2,2	350	24	48	160	24 077	3,562	1,781	Im Anschlage sind sämtliche Kosten auskömmlich berücksichtigt.		
8	Hydraulisches Hebewerk zu Anderton mit einem Cylinder.	± 332 800	594 000	± 50 000	976 800	20 800	148 500	131	97 315	1 243 546	15,35	22,85	4,73	1,37	100	96	192	?	63 635	8,439	4,220	Wirklich entstandene Kosten und beobachtete Zeiten.		
9	Hydraulisches Hebewerk zu Les Fontinettes mit einem Cylinder.	552 580	709 600	237 020	1 499 200	34 535	177 400	217	116 250	1 827 602	13,13	40,6	5,6	2,0	300	72	144	217	114 181	6,444	3,222	Wirklich entstandene Kosten und beobachtete Zeiten. Die Kosten überschritten den Voranschlag um 656 000 M. = 78%.		
10	Hydraulisches Hebewerk zu La Louvière mit einem Cylinder.	343 200	719 200	61 600	1 124 000	21 450	179 800	135	117 820	1 443 105	15,4	43,2	5,8	2,4	360	72	144	?	72 857	3,616	1,808	Wirklich entstandene Kosten. Dieselben überschritten den Voranschlag um 192 000 M. = 19%.		
a.	Hydraulisches Hebewerk, Entwurf von Hoppe mit sechs Cylindern.		240 000	1 306 000	24 000	1 570 000	15 000	326 500	94	213 960	2 125 554	14	73	9	2,5	600 bis 1000	48	96	100	112 150	5,272 bis 3,163	2,636 bis 1,582	Im Anschlage fehlen die Kosten für Grunderwerb, Verwaltung und unvorhergesehene Fälle, die Erd- und Mauerarbeiten sind um mindestens 300 000 M. zu niedrig veranschlagt. Die untere Ziffernreihe entspricht den berechtigten Kosten (eingeklammerte Ziffern).	
b.			(540 000)	1 306 000	(74 000)	1 920 000	(33 750)	326 500	(212)	213 960	(2 494 422)	14	73	9	2,5	600 bis 1000	48	96	100	137 143	6,186 bis 3,712	3,093 bis 1,856		
a.	Schwimmer-Hebewerke des Gruson-Werkes	Schwimmer unter dem Troge	970 000	1 100 000	?	2 070 000	60 624	275 000	381	180 211	2 586 216	15 i. M.	68	6,8	2,5	600 bis 700	36	36	82	138 666	7,982 bis 6,842	7,982 bis 6,842	Günstiger Baugrund für die Brunnensenkung. Aus der Quelle (Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894) sind die Einheitspreise für die Fundierung nicht zu ersehen, ob dieselben hoch genug sind, daher nicht zu beurteilen. Desgl. ist es unbestimmt, ob für Grunderwerb, Bauverwaltung, Unvorhergesehenes (K'') Summen ausgeworfen sind.	
b.			1 200 000	1 260 000	?	2 460 000	75 000	315 000	471	206 424	3 056 895	23 "	68	6,8	2,5		36	36	82	106 957	6,153 bis 5,274	6,153 bis 5,274		
c.			3 500 000	1 300 000	?	4 800 000	218 750	325 000	1375	212 971	5 558 096	9,6	90	10	3		1100 i. M.	36	36	?	500 000	16,339		16,339
d.			600 000	1 850 000	?	2 450 000	37 500	462 500	236	303 186	3 253 422	9,6	90	10	3		1100 i. M.	36	36	?	255 208	9,564		9,564

vollkommen unschädlich zu machen, sodafs ihrer Verwendung um so weniger ein Hindernis entgegenstehen dürfte, als die Betriebssicherheit der sonst bei ihnen zu verwendenden Vorrichtungen (Bremsen, Buffer, Drahtseile u. s. w.) seit langer Zeit durch die Eisenbahnen verschiedenster Art nachgewiesen ist, und als sie in Bezug auf die Kosten anderen Hebewerken meist überlegen sind.

Im allgemeinen wird man das Urteil dahin zusammenfassen können, dafs für Kanäle untergeordneter Bedeutung, d. h. für kleinere Schiffe und geringeren Verkehr, die schiefe, in der Längenrichtung des Schiffes zu befahrende Ebene, also die Schiffseisenbahn — je nach der Bedeutung des Verkehrs mit oder ohne Schleusenkasten — wegen der geringsten Kosten den Vorzug verdient. Dieselbe Anordnung verdient auch für gröfsere Fahrzeuge und bedeutenderen Verkehr in solchen Fällen in erster Linie berücksichtigt zu werden, wo es sich darum handelt, zur Verbindung zweier Wasserstraßen höhere wasserarme Rücken bei mäfsigem Gefälle zu übersetzen. Es ist auch zu beachten, dafs die Schiffseisenbahnen nicht nur Schleusentreppen, sondern ganze Kanalstrecken ersetzen.

Handelt es sich dagegen um sehr konzentrierte Gefälle, so werden bis zur Höhe von etwa 20 m Schachtschleusen, Tauschleusen, Schwimmerschleusen und quer zu befahrende schiefe Ebenen in Wettbewerb treten. Ein genaues Urteil wird sich nur auf Grund vergleichender Entwürfe finden lassen, bei denen nicht nur die jeweiligen Boden- und Wasserverhältnisse, die Gröfse des zu bewältigenden Betriebs und die Anlagekosten, sondern auch die Betriebs-, Unterhaltungs- und Amortisationskosten gehörig zu berücksichtigen sind.

Bei einem Gefälle von mehr als 20 m werden voraussichtlich die Schwimmerschleusen, deren Tröge über einer gröfseren Anzahl vom Schwimmern stehen, wegen der zu grofsen Gründungskosten und der Gefahr von Unterspülungen unzuweckmäfsig werden. Die Schachtschleuse wird für mäfsigen Verkehr noch verwendbar bleiben, wenn genügendes Wasser und besonders sicherer Baugrund vorhanden ist, die Tauschleuse aber auch dann noch, wenn sich wenig Wasser, aber sicherer Grund findet. Fehlt auch der letztere, so bieten die schiefen Ebenen (quer fahrbar bei grofsen Schiffen und starken Steigungen) auch dann bis zu beliebiger Höhe ausführbare Hebevorrichtungen.

In der nebenstehenden Tabelle ist versucht, für eine gröfsere Anzahl ausgeführter und entworfenener Hebewerke die wichtigsten Daten zusammenzustellen, um daraus ein Bild über den verhältnismäfsigen Wert derselben zu gewinnen. Leider konnten aber nur die Herstellungs-, die Unterhaltungs- und die Erneuerungs(Amortisations-)kosten, nicht aber die Betriebskosten aufgenommen werden, da es für letztere an den erforderlichen Unterlagen fehlte. Die Unterhaltungs- und Erneuerungskosten sind nach Erd- und Mauerarbeiten bzw. Eisenarbeiten getrennt ermittelt. Für die ersteren ist bei der Kapitalsberechnung (vergl. § 5) als jährlicher Aufwand für Unterhaltung $\frac{1}{4}$ Prozent der Herstellungskosten, für die letzteren 1 Prozent derselben gerechnet. Die Zeit, nach welcher das Mauerwerk und die Erdarbeiten erneuert werden müssen, ist bei Berechnung des für die Erneuerung auf Zinseszins anzulegenden Kapitals zu 200 Jahren, bei den Eisenarbeiten zu 50 Jahren angenommen. Der Zinsfuß überall zu 4 Prozent.

Die senkrechten Spalten 7 bis einschliesslich 10 enthalten die in dieser Weise berechneten kapitalisierten Unterhaltungs- und Amortisationskosten, welche zusammen mit den gesamten Baukosten aus Spalte 6 die mit $S(K)$ bezeichneten Werte der Spalte 11 liefern, denen für eine vollkommen richtige Wertschätzung noch die kapitalisierten Betriebskosten (für Aufsichtspersonal, Kohlen, Schmiermaterial) hinzuzufügen wären.

Handelt es sich um Herstellung eines Hebewerks für beschränkten Verkehr, so können die Ziffern $S(K)$ allein zur Entscheidung dienen. Wüfste man z. B., daß mehr als 24 Schiffe von 300 t in der einen oder 40 in beiden Richtungen auf 20 m Hub in 12 Stunden unter keinen Umständen während des 200jährigen Bestandes des Bauwerks zu befördern sein werden, so würde die Schachtschleuse (774355 M.) gegenüber einer gekuppelten schiefen Ebene nach Flamant (1480767 M.) um so mehr den Vorzug verdienen, als sie nicht nur ohne Betriebskosten nur halb so teuer ist, sondern auch sicher weniger Betriebskosten erfordert. Handelt es sich aber — was in den meisten Fällen zutreffen wird — um ein Hebewerk, dessen Verkehrszunahme vermutlich sehr bedeutend und unberechenbar sein wird, so geben die in Spalte 21 und 22 ermittelten Wertziffern, welche auch die Anzahl der in 12 Stunden möglichen Schleusungen s' bzw. s'' berücksichtigen, ein besseres Bild.

Da diese Wertziffern außerdem die Größe der Schiffe Q in Tonnen und das Gefälle h enthalten, also das Kapital ausdrücken, welches unter Voraussetzung vollständiger Ausnutzung der Leistungsfähigkeit des Hebewerks nur bei Tagesdienst angelegt werden muß, um eine Tonne Schiffslast um ein Meter zu heben, so lassen sie noch einige andere lehrreiche Schlüsse in Bezug auf die Zweckmäßigkeit der verschiedenen Ausführungsweisen zu. Allerdings ist dabei immer zu berücksichtigen, daß das verwandte $S(K)$ die Betriebskosten noch nicht enthält, die bei den Schachtschleusen am geringsten sind, während die übrigen sich etwa in folgender Ordnung folgen werden: Schwimmerschleusen, hydraulische Schleusen, schiefe Ebenen mit Maschinenbetrieb.

Ein Vergleich der Wertziffern der Horizontalspalte 6 b. mit 5 c. und 7, sowie 8 mit 9, 10 und 11 a. u. b. zeigt, daß die Wertziffern desto günstiger (kleiner) werden, je größer bei sonst gleicher Konstruktion der Hebewerke die zu hebenden Schiffe sind. Ein Vergleich der Wertziffern verschiedenartiger Hebewerke ist daher nur dann zulässig, wenn dieselben für Schiffe gleicher Größe bestimmt sind, und wenn die Hubhöhe nahezu dieselbe ist, z. B. bei den einfach unterstrichenen in Horizontalspalte 4 a., 5 a. und 9, bei den doppelt unterstrichenen 2 und 5 b., den dreifach unterstrichenen 4 c. u. d. und 5 d. und den mit geschlängelten Linien unterstrichenen 6 a., 11 a. u. b. und 12 a.

Diese Vergleiche zeigen, daß die schiefen Ebenen überall am vorteilhaftesten sind und zwar um so viel, daß selbst die Hinzuziehung der ungünstigeren Betriebskosten voraussichtlich hieran kaum etwas ändern wird. Das Schwimmerhebewerk dagegen ist das kostspieligste von allen.

Wie die Querspalten 4 a. bis d., 5 a. bis d. und 6 a. u. b. zeigen, werden bei den schiefen Ebenen jeder Art die Wertziffern auch trotz der Verringerung der Schleusungen mit zunehmender Steigung günstiger, was wegen der stark wachsenden Gründungskosten kaum bei einer der anderen Hebevorrichtungen der Fall sein kann. Am günstigsten ist in dieser Beziehung die in der Längsrichtung der Schiffe zu befahrende Ebene, besonders wenn die Kosten der Kanalstrecke abgesetzt sind¹⁵³⁾ (Querspalte 4 b. und 4 d.). Dabei haben diese schiefen Ebenen noch vor allen anderen Hebewerken den schon erwähnten bemerkenswerten Vorzug voraus, daß die Fahrt auf der schiefen Ebene, während der die Hebung vor sich geht, weil in Richtung der Kanallinie erfolgreich, für den Schiffer gar keinen Zeitverlust bedeutet, wenn die Geschwindigkeit auf der schiefen Ebene ebenso groß gewählt wird, als die der im Kanal schwimmenden Schiffe. Diese schiefen Ebenen verdienen also entschieden Beachtung.

¹⁵³⁾ Diese Kosten sind ausschließlich von den Kosten für Erd- und Mauerarbeiten abgesetzt, weil dies in Bezug auf Unterhaltungs- und Amortisationskosten am richtigsten erschien.

Dem Vernehmen nach soll der Entwurf von Peslin für den Schelde-Maas-Kanal (Tabelle No. 4 c. u. d.) kurz vor seinem Tode zur Ausführung genehmigt sein, sodafs zu hoffen wäre, dafs demnächst genauere Angaben über Kosten und Zweckmäfsigkeit dieser Hebevorrichtung bekannt werden.

Zum genaueren Studium der künstlichen Hebewerke, die hier nur historisch-kritisch zu behandeln waren, wobei einige unzweckmäfsige Entwürfe ganz unerwähnt blieben, sei aufser auf die bereits in Anmerkungen angeführten Quellen auf den Literatur-Nachweis am Schlusse des Kapitels verwiesen. Es ist auch beabsichtigt, diesen Gegenstand in einem von Professor Möller bearbeiteten Hefte der Fortschritte der Ingenieurwissenschaften demnächst weiter zu verfolgen.

§ 26. Nebenanlagen: Signale, Erleuchtung, Brücken, Bachunterführungen, Schleusenwärterwohnungen.

Signalvorrichtungen. Je stärker der Betrieb einer Schleuse, desto vollständiger mufs dieselbe mit gewissen Vorkehrungen zur Sicherheit desselben ausgestattet sein, weil die Gefahr des gegenseitigen Anstofsens der Schiffe eine gröfsere wird und aufserdem die Zeit um so besser ausgenutzt werden mufs. Es ist also bei möglichst grofsen Geschwindigkeit aller Bewegungen und der Benutzung auch der dunkleren Tagesstunden, vielleicht gar der Nacht, eine genügende Sicherheit der Schiffe und der Schleusenthore zu fordern. Dennoch sind Signalvorrichtungen nur ausnahmsweise im Gebrauch, weil im allgemeinen die Schiffer, sowie auch das Schleusenpersonal meistens rechtzeitig genug die gegenseitigen Verhältnisse übersehen und ihre Mafsregeln danach treffen können. Bei Schleusen mit grossem Verkehr empfiehlt sich trotzdem, den sich der Schleuse nähernden Schiffen ein Zeichen zu geben, ob sie ohne anzuhalten einfahren können oder ob sie etwa nur bis zu einem gewissen Punkt fahren dürfen, um anderen aus der Schleuse kommenden Schiffen genügenden Platz zu lassen. Hierzu reichen in den meisten Fällen gewöhnliche optische Signale völlig aus und nur bei besonders schwierigen Umständen würden elektrische Glockensignale zu verwenden sein. Bei Seeschleusen, namentlich Dockschleusen, wird gewöhnlich durch eine hochgezogene Scheibe u. s. w. den von aufsen kommenden Schiffen angezeigt, dafs das Durchfahren gestattet ist, sofern nicht etwa noch besondere Rücksicht auf den Wasserstand zu nehmen sein wird.

Die äufseren Einfahrten der Seeschleusen sind mit den unter „Schiffahrtszeichen“ eingehend zu besprechenden Vorrichtungen auszustatten. Durch die Stellung der verschiedenen Lichter ist den Schiffen die Fahrrihtung derart anzugeben, dafs sie rechtzeitig geregelt werden kann.

Erleuchtung. Eine Erleuchtung der Schleusen findet, soweit sie des Verkehrs wegen nötig, in einfacher Weise so statt, dafs durch Laternen, die ziemlich nahe an der Uferkante stehen müssen, wenigstens die Thore der Schleuse und die Einfahrten genügend beleuchtet sind. Die etwaige Kammer bedarf in der Regel keiner Erleuchtung. Ein gutes Beispiel giebt F. 10, T. VII von der Geestemünder Schleuse, wobei alle Thore von beiden Seiten beschienen und auch die Einfahrten erhellt sind. Die Laternen stehen in diesem Falle auf den Gehäusen der Winden.

Für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals wird nicht nur eine ausgiebige Beleuchtung der Vorhäfen durch zahlreiche elektrische Bogenlampen, sondern auch der Schleusen selbst ausgeführt, sodafs auch des Nachts ein bequemer Verkehr gesichert ist. Aufserdem verbindet eine Telegraphenleitung die beiden Schleusenanlagen zu Brunsbüttel und Holtenau.

Über die Einzelheiten der elektrischen Beleuchtung für die beiden Doppelschleusen samt Binnen- und Aufsenhäfen, welche von der Gesellschaft Helios in Kölln geliefert wird, ist Folgendes zu bemerken. Es erhalten die Schleusen und Häfen

in Holtenau:

42	Glühlampen	von	25	Normalkerzen,
4	"	"	50	"
2	"	"	60	"
12	Bogenlampen	"	12	A . . . u. 60 V . . . ,

in Brunsbüttel:

34	Glühlampen	von	25	Normalkerzen,
5	"	"	50	"
2	"	"	60	"
12	Bogenlampen	"	12	A . . . u. 60 V . . .

Die Einfahrt in die Häfen und Schleusen wird durch farbiges Licht gekennzeichnet, welches mittels farbiger Glocken hergestellt wird. Diese Glocken werden nach hinten so abgeblendet, daß nur für einen bestimmten Teil des Beleuchtungskreises das farbige Licht erscheint. Die zwischen und zu beiden Seiten der Schleusen aufzustellenden Bogenlampen werden ebenfalls so abgeblendet, daß nur das Ufer bis zur Kante der Schleusenmauer beleuchtet wird, die Lampen selbst aber für die Schifffahrt unsichtbar bleiben.

Außerdem sollen auch die in jeder der drei Mauern der Schleusen befindlichen Maschinenkammern und die dazwischen liegenden Gänge elektrisch beleuchtet werden, und zwar sind hierfür bei jeder der beiden Anlagen 260 Glühlampen von 16 Normalkerzen vorgesehen, von denen etwa ein Drittel auch bei Tage brennen muß. Endlich erhalten noch die Central-Maschinenstation jeder Schleusenanlage, der Pegelturm, die Hafen- und Zollamtsgebäude, sowie die Zollbude Glühlampen gleicher Stärke zur Beleuchtung. Die Kraft für die elektrische Beleuchtung wird durch dieselbe Kesselanlage erzeugt, welche den Druckwasserbetrieb der Schleusen unterhält.

Brücken und Unterführungen von Bächen. Mit Brücken sind die Schleusen verhältnismäßig selten ausgestattet. Bei Kanalschleusen sind es gewöhnlich feste Brücken, weil die Kanalschiffe fast stets ohne Mast oder nur mit einem kleinen für den Leinenzug bestimmten und leicht niederzulegenden Mast fahren. Die feste Brücke liegt am besten am Unterhaupte und über dem Unterwasser und gewährt dann mitunter ohne künstliche Erhöhung den nötigen Spielraum. Unter Umständen muß aber die Brücke ein höheres Auflager haben als das der Unterhauptmauern. Bei der F. 1, T. VI trifft es sich günstig, daß die Mauern des Unterhauptes wegen des durch die untere Thoranlage abzuhaltenen äußeren Hochwassers eine größere Höhe als die Mauern der Kammer erhalten haben, sodafs hier eine lichte Höhe von etwa 3,3 m zwischen Unterwasser und Brückenunterkante bleibt.

Sobald die Brücke beweglich wird, ist die Stelle derselben von den Wasserverhältnissen fast unabhängig. Dann richtet es sich nach der Anordnung und Konstruktion der Brücke, wo sie am besten Platz findet. Bei kleineren Schleusen findet man nicht selten Portal-Klappbrücken mit zwei in der Mitte zusammenschlagenden Klappen der geringen Kosten wegen angewendet. Bei größeren Schleusen, etwa von über 8 m Weite, sind Dreh- und Rollbrücken vorzuziehen, weil diese dann konstruktiver und leichter zu bedienen sind. So lange es ohne schwerfällige Konstruktion geht, sollten die Drehbrücken einflügelig genommen werden, wie z. B. nach F. 15, T. VI. Namentlich wenn, wie bei mehreren neueren Docks in London, ein bedeutender Verkehr und sogar eine mit Lokomotiven betriebene Eisenbahn hinüberzuführen ist, muß die Brücke als einflügelige Drehbrücke oder als Rollbrücke konstruiert werden. So ist z. B. bei den Millwall-Docks in London über eine Schleuse eine 43,2 m lange, 22,5 m lichte Öffnung gebende und eine Lokomotivbahn tragende Rollbrücke angebracht, welche 260 t wiegt und mit Hilfe einer hydraulischen Vorrichtung (zwei Cylinder zum Hin- und Herschieben mit vierfacher Über-

setzung und zwei Cylinder zum Anheben der Brücke an der festen Auflagerseite) in 2 bis 3 Minuten geöffnet oder geschlossen wird. Rollbrücken können aber auch als Fußgängerbrücken mit Nutzen verwendet werden. So geht z. B. eine nur etwa 0,7 m breite einseitige Rollbrücke über die 12,4 m weite, kleinere Schiffsschleuse zu Ymuiden.

Indem die Einzelheiten der Brücken hier nicht zu besprechen sind, mag nur noch auf § 24 (Pontonbrücken) verwiesen werden.¹⁵⁴⁾

Seltener noch als Brücken sind Unterführungen von Bächen oder sonstigen Wasserläufen bei Schiffsschleusen erforderlich. Sie kommen nur bei den Schleusen in Schifffahrtskanälen vor, unter anderem in Flachgegenden, wenn der Kanal verschiedene Bachgebiete durchschneidet. Wenn dann nicht etwa der betreffende Bach als Speisekanal verwandt werden oder an einer geeigneteren Stelle des Kanals unter oder über diesem hinweggeführt werden kann, so bietet eine Kanalschleuse in der Gegend ihres oberen Thorkammerbodens eine bequeme Gelegenheit zur Unterführung. Es wird deshalb oft der Bach bis zur nächsten Schleuse verlegt, oder die Stelle der Schleuse in der Nähe des zu kreuzenden Baches gewählt. Allerdings muß im Flachlande die Unterführung fast stets eine Dükerartige sein, weil meistens der Schifffahrtskanal und der Bach nahezu gleiche Spiegelhöhe besitzen werden. Nach den für Wasserleitungen in Kap. IV gegebenen Regeln ist dann nur darauf zu achten, daß die Weiten des Dükers für die höchsten Anschwellungen des Baches ausreichen und daß kein unzulässiger Aufstau an der Oberseite entsteht.

Um auch die konstruktiven Einzelheiten zu besprechen, möge das in F. 16 u. 17, T. VI gegebene Beispiel einer Bachunterführung der Emskanäle¹⁵⁵⁾ (vergl. § 13) benutzt werden. Das fragliche Gelände ist eine Niederung, der Bach ist ein Moorbach, dessen Spiegelhöhe nicht erheblich wechselt. Bei der gewählten Weite des Dükers von 3,2 m und der größten Höhe von 1,58 m ist keine wesentliche Veränderung in dem Schleusenboden des Oberhauptes notwendig gewesen. Es ist nur nach F. 17 die Betonsohle entsprechend vertieft und nach F. 16 für den Einlauf und Auslauf des Dükers außerhalb des eigentlichen Schleusenmauerwerks das nötige Mauerwerk nebst Fundament hergestellt. Zugleich dient dieses Mauerwerk zur Unterstützung der über den Bach gehenden Leinpfads- und Wegebrücke. An der Oberseite ist ein verhältnismäßig sehr flacher Schlamm- oder Sandfang angebracht, der nach seiner Anfüllung jedesmal gereinigt werden muß, wenn nicht der Sand über ihn hinweg in den tiefen Teil des Dükers gelangen soll, aus welchem die Entfernung größere Schwierigkeit macht. Wie die Höhenzahlen der verschiedenen Wasserspiegel erkennen lassen, wird bei höchstem Wasser des Baches ein Gefälle von 0,1 m in dem Düker verbraucht. Der Kanal besitzt dabei als normale Höhe die des höchsten Bachspiegels an dessen oberen Seite. Bei stärkerem Zufluß des Kanals läuft dessen Wasser über den rechtsseitigen Rand der Thorkammer in das Unterwasser des Baches. Wo eine bedeutende Geschwindigkeit des Bachwassers vorhanden oder wo jeder nachteilige Aufstau besonders zu vermeiden ist, würde statt der hier gewählten scharfen Kanten in den Knickpunkten des Dükers eine merkliche Abrundung der Kanten für die leichtere Bewegung des Wassers vorteilhaft sein. Als selbstverständlich darf wohl noch gelten, daß das Gewölbe des Dükers und seine Übermauerung unter dem Thorkammerboden besonders sorgfältig und wasserdicht hergestellt sein müssen.

Bei größeren Dükern ist es notwendig, dieselben später nachsehen zu können. Man erreicht dies am einfachsten dadurch, daß man den Düker zweiteilig macht und für jeden Teil an beiden Enden Schützen oder Dammbalkenverschlüsse vorsieht. In den Sommermonaten genügt dann die eine Dükerhälfte zur Abführung des Baches und die andere kann abgesperrt und trockengelegt werden.

Die bereits bei den Umläufen in § 7 besprochene F. 16, T. V zeigt in dem Oberhaupt einer Schleuse des Marne-Saône-Kanals ebenfalls eine Bachunterführung, welche

¹⁵⁴⁾ Wegen der Einzelheiten der beweglichen Brücken vergl. Kap. XI des II. Bandes (2. Aufl.).

¹⁵⁵⁾ Die Schleusen der Schifffahrtskanäle im mittleren Emsgebiet. Centralbl. d. Bauverw. 1882, Mai.

zugleich dazu dient, um die obere Kanalhaltung in den Bach zu entleeren, indem durch ein in der Vorschleuse angebrachtes Schütz das Oberwasser mit der Unterführung in Verbindung gesetzt werden kann, vergl. auch Kap. XV, § 18.

Schleusenwärterwohnungen. Was endlich die Wohnungen der Schleusenwärter anlangt, so sind dieselben nach der Zahl der Wärter und nach den örtlichen Verhältnissen einzurichten. In der Regel müssen es Familienwohnungen sein, weil die Schleusen zu weit von den übrigen Wohnungen entfernt liegen, und weil der Wärter nicht an bestimmte Stunden gebunden ist, sondern fortwährend in der Nähe der Schleuse bleiben muß. Bei kleineren Kanälen, namentlich in Holland, sind die Wohnungen mitunter zu einem Wirtshausbetrieb eingerichtet, wobei der Gehalt des Wärters entsprechend verkürzt wird.

Für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals ist eine Gruppe von Beamten-Doppelwohnhäusern errichtet, wie auf dem Lageplan der Brunsbütteler Schleusen T. XII, F. 7 ersichtlich ist.

Von sonstigen neben den Schleusen zu errichtenden Hochbauten wird im XV. Kapitel die Rede sein.

§ 27. Betrieb und Unterhaltung. Bei dem Betriebe der Schleusen ist vor allen Dingen im Auge zu behalten, daß dieselben möglichst uneingeschränkt dem Verkehre zu dienen haben, und daß fast jede Beschränkung zum Nachteile von Handel und Industrie gereicht. Es ist also dahin zu streben, jedes Schiff so rasch wie möglich hindurchzulassen und zwar nicht allein am Tage, sondern auch bei Nacht. Da ferner der Schifffahrtsbetrieb, als der eines freien Gewerbes, getrennt ist von dem Besitz und dem Betriebe der baulichen Einrichtungen für die Schifffahrt, so wird man in den meisten Fällen unbedingt verzichten müssen, aus den von den Schiffen zu leistenden Abgaben allein eine unmittelbare Verzinsung der baulichen Anlagen zu erzielen. Besonders die geringwertigen Massengüter, auf welche die Binnenschifffahrt angewiesen ist, vertragen keine hohe Schleusengebühr. Die auch die wertvollsten Güter befördernde Seeschifffahrt könnte allerdings höhere Abgaben tragen, wenn nicht infolge des Wettkampfs der verschiedenen Häfen die Abgaben wieder möglichst niedrig gehalten werden müßten.

Es ist nach diesen kurzen Andeutungen eine sehr schwierige Aufgabe, die zweckmäßigste Höhe der Abgaben zu bestimmen; doch liegt dieselbe zum kleinsten Teile dem Ingenieur zur Lösung vor. Es ist jedoch dessen Sache, genau die Kosten des Betriebes der baulichen Anlagen zu ermitteln und sowohl für möglichste Kleinheit derselben, als aber auch für möglichste Leichtigkeit des Verkehres zu sorgen.

Die bedeutendsten Kosten für den Betrieb der Schleusen verursacht die Wartung. Wo der Betrieb ein schwacher, da müssen auch die Kosten für Wartung so weit wie möglich gedrückt werden. So kommt es namentlich in den Moorkanälen Hollands und Ostfrieslands, nicht minder in England vor, daß die Schiffer die Schleuse selbst bedienen müssen. Bei wertvolleren Schleusen pflegt jedoch mindestens ein Wärter angestellt zu sein. Erst wenn der Verkehr eine größere Ausdehnung annimmt, sodaß es für die Schiffe wirklich von Bedeutung ist, rasch durchgeschleust zu werden, wird dem Wärter noch ein Gehilfe beigegeben. Denn es ist bei Kanalschleusen augenscheinlich, daß die Arbeiten zum Öffnen und Schließen der Thore und die Bedienung der Schützen von zwei Mann in weniger als der Hälfte Zeit geschehen kann, welche ein Mann hierzu nötig hat, weil erstere gleichzeitig auf beiden Ufern arbeiten können, letzterer aber genötigt ist, nach der Leistung auf dem einen Ufer erst auf einem Umwege (über die Laufbrücken) nach dem anderen Ufer zu gehen und dann die gleiche Leistung dort zu verrichten.

Sobald nun der Verkehr derartig ist, daß auch bei Nacht geschleust werden muß, so wird bei starker Anstrengung der Wärter ein doppeltes Personal zu halten sein. Bei Kanalschleusen ist jedoch in der Regel der Verkehr nur auf die Tagesstunden beschränkt, obwohl bei geeigneten Vorkehrungen auch recht gut ein Nachtbetrieb eingeführt werden könnte. Bei Seeschleusen dagegen pflegt fast stets auch bei Nacht geschleust zu werden, weil die Schifffahrt von der täglich sich ändernden Zeit der Ebbe und Flut abhängig ist und nicht zeitweilig nur auf eine Tagestide beschränkt werden darf. Es hängt jedoch von vielen verschiedenen Umständen ab, wie stark das Personal bei jeder einzelnen Schleuse sein muß, da die Arbeiten in dem einen Falle für kurze Zeit sehr dringend sind und eine große Zahl Arbeiter nebeneinander verlangen, im anderen Falle sich gleichmäßiger auf den ganzen Tag verteilen. Es sei hierüber als Beispiel angeführt, daß die 4 Schleusen in Bremerhaven im Jahre 1894 außer einem oberen Schleusenmeister 15 Wärter erforderten, davon 3 für die Schleuse des alten Hafens, 6 für die des neuen Hafens, 4 für die des Kaiserhafens und 2 für die Verbindungsschleuse zwischen den beiden letztgenannten Häfen. Es sind dabei diese Wärter zweimal des Tages etwa 2 Stunden um die Zeit des Hochwassers angestrengt thätig, wogegen sie in der übrigen Zeit nur geringere Leistungen zu beschaffen haben.

Für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals zu Brunsbüttel ist als Schleusen- und Maschinenpersonal das folgende vorgesehen: 1 Hafenmeister, 2 Hafenaufseher, 2 Schleusenmeister, 8 Schleusenwärter, 1 Obermaschinist, 6 Maschinisten, 6 Heizer.

Bei allen Durchschleusungen ist es Regel, daß das Schleusenpersonal nur die beweglichen Teile der Schleuse bedient und außerdem etwa die zur Fortbewegung eines großen Schiffes nötigen Taue der Schiffsmannschaft zuwirft oder von dieser empfängt und an den am Ufer befindlichen Winden oder Landpfosten befestigt. Das Drehen der Winden zum Bewegen der Schiffe liegt dagegen dem Schiffsvolk ob, vergl. § 14 u. 22. Die Schleusenwärter müssen dabei die Bewegung des Schiffes sorgfältig beobachten, keine zu große Geschwindigkeit gestatten und etwaige Berührung des Schiffes mit den Seitenwänden der Schleuse durch sogenannte Fender unschädlich zu machen suchen. Diese Fender hängen bei kleinen Schleusen oft an bestimmten Punkten, z. B. in den Dammfalzen und bestehen dann nur aus einem cylindrisch runden Holze. Bei großen Schleusen, wo die Berührung fast an jedem Punkte möglich, müssen jedoch die Fender je nach Bedürfnis vorgehalten werden und bestehen dann meist aus leichten, aber festen und elastischen Ballen von mit Segeltuch und Stricken zusammengeschnürten Korkstücken.

Bei allen Seeschleusen muß ferner der Schleusenmeister bestimmen, ob die rechte Zeit für die Durchschleusung eines Schiffes schon gekommen, ob namentlich der nötige Wasserstand hierfür vorhanden ist. Er muß dazu den letzteren mit dem Tiefgang des Schiffes vergleichen. Bei Dockschleusen muß dann mindestens ein Spielraum von 15 cm, besser von 25 cm vorhanden und das Wasser außen noch im merklichen Wachsen begriffen sein. Kurz vor Hochwasser oder gar bei fallendem Wasser darf kein größeres Schiff mehr geschleust werden, weil die Gefahr des Festsitzens in der Schleuse für das Schiff und den ganzen Hafen zu groß sein würde. Denn eine jede Durchschleusung großer Seeschiffe erfordert etwa 10 bis 20 Minuten Zeit und in dieser kann unter Umständen schon ein merkliches Fallen eintreten.

Wo nicht durch andere Beamte, z. B. Hafenmeister u. s. w. die Erhebung der Schleusengebühren, die Aufzeichnung der durchgeschleusten Schiffe und ihre Ladungen u. dergl. geschieht, haben die Schleusenwärter auch dieses zu besorgen. Außerdem werden sie zweckmäßigerweise zu einem tabellarisch vorzuschreibenden Aufzeichnen

aller den Schiffahrtsbetrieb betreffenden Erscheinungen (der Wasserstände, der Witterungsverhältnisse u. s. w.) zu verpflichten sein.

Über die Unterhaltung der Schleusen sei zunächst die Notwendigkeit kurz betont, daß alles Mauerwerk stets in dichten Fugen erhalten werden muß, wozu mindestens einmal jährlich etwa im Frühjahr ein sorgfältiges Nachfugen aller etwa ausgefrorenen Fugen zu geschehen hat. Ferner erfordern die Thore, besonders ihre Beweglichkeit, große Aufmerksamkeit, weil andernfalls bedenkliche Zerstörungen eintreten können. Sodann empfiehlt es sich, Holzthore jährlich nach trockenem Wetter mit gutem Holzteer soweit hinunter als möglich zu teeren, das Eisenzeug aber mit Steinkohlenteer zu überstreichen. Eiserne Schleusenthore, namentlich doppelwandige, werden im Innern wie von außen ebenfalls am besten mit Steinkohlenteer gestrichen, weil dieser selbst bei einer geringen Feuchtigkeit haftet, während Ölfarbe leicht sich löst, vergl. § 19, S. 207. Um im Innern das Thor zu erwärmen, werden am besten erhitzte Ziegelsteine hineingebracht. Für die außerordentlichen Unterhaltungsarbeiten, wie z. B. Aushängen der Thore u. s. w., lassen sich allgemeine Regeln nicht aufstellen. Man vergleiche in Betreff derselben die Mitteilungen über Arbeiten an den Schleusen zu Calais, Breslau, Dieppe, sowie an der Kammerschleuse „Willem III“ im nordholländischen Kanal, welche nachstehend unter „Litteratur“ näher bezeichnet sind.

Litteratur.

Allgemeines.

- Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst.
 Storm-Buysing. Waterbouwkunde. 1864.
 Lagrené. Cours de navigation intérieure. Paris 1873.
 Malézieux. Travaux publics des États-Unis d'Amérique. Paris 1873.
 Schleusen des Illinois-Flusses. Engng. 1872, Juni.
 Reparatur der Bassin-Schleuse bei Calais. Ann. des ponts et chaussées 1872, S. 238.
 Schleusenthore im Flutgebiete. Compte rendu des travaux des ing. civ. 1873, S. 319.
 Die Konstruktion der Schleusenthore. Engineer 1873, Febr., März u. Juli, S. 93 u. a.
 Schiffahrtsschleusen der Sone-Kanäle von Stoney (auf Brunnen fundiert). Engng. 1873, Okt.
 Dichtung der Sandschleuse zu Breslau durch Cementmörtel. Zeitschr. f. Bauw. 1873, Heft VI.
 Über Schleusenthore. Nouv. ann. de la constr. 1874, S. 137; 1875, S. 24.
 Schleusenthore aus Blech und Holz für den Kanal St. Martin. Nouv. ann. de la constr. 1875, Febr.
 Mohr. Beschläge, Gegengewichte und Drehschützen an den Thoren der Pinnower Schleuse. Zeitschr. f. Bauw. 1878, S. 370.
 Über Schleusenthore. Engng. 1879, Juni, S. 486. — Engineer 1879, Juni, S. 428.
 Afdammen en weder befestigen der loosgeraakte taatsen van de deuren der schutsluis Willem III, an hen noordhollandsch Kanaal. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1879/80, S. 81.
 Swets. Schuivende sluisdeur. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1879/80, S. 265.
 Reparations du radier de l'écluse Duquesne à Dieppe. Nouv. ann. de la constr. 1880, S. 172. — Ann. des ponts et chaussées 1880, Juli, S. 46.
 Mohr. Der Neubau der Friedenthaler Schleuse im Ruppiner Schiffahrtskanale. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 412.
 Die Seeschleuse zu Sunderland. Engng. 1881, März bis Mai, S. 251 u. a.
 Decoeur. Die Anwendung von Seitenbehältern bei Schiffahrtsschleusen. Ann. des ponts et chaussées 1881, April, S. 428.

- Beitrag zur Berechnung von Wehr- und Schleusenbauten. Deutsche Bauz. 1882, S. 281.
- Kerner. Die Schleusen der Schifffahrtskanäle im mittleren Emsgebiete. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 13, 163 u. 172.
- Schleuse des Marne-Saône-Kanals. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 131.
- Normalschleuse für den Kanal von der Schelde zur Maas. Ann. des ponts et chaussées 1883, S. 5—22.
- Wolfram. Der Schleusen- und Wehrbau oberhalb Kalkhofen an der Lahn. Zeitschr. f. Bauw. 1883, S. 389.
- Flamant. Doppelschleuse mit 4 m Gefälle für den französischen Nord-Kanal. Nouv. ann. de la constr. 1883, S. 99.
- Préau deau. Über die Konstruktion der Doppelschleuse an der Seine bei Carrières sous Poissy. Ann. des ponts et chaussées 1883, S. 245.
- Der Schleusenbau in der Spree bei Charlottenburg. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 164.
- Die große Schleuse bei Belleek. Engineer 1884, Okt. S. 288.
- Havestadt u. Contag. Kammerschleuse mit drei Haltungen oberhalb der Spree bei Fürstenwalde. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 493.
- Das Wehr und die Schleusen bei Suresnes. Genie civil 1885, Bd. VI, S. 220.
- Die Schleusengrößen der neuen Kanalentwürfe in Preußen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 180.
- Die Eichhorster Schleusenanlage an der oberen Netze. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 392.
- Die Schleusen des Kanals von St. Dizier nach Wassy. Genie civil 1885, April, S. 405.
- Die Verlängerung der Schleusen des Kanals von Burgund. Ann. des ponts et chaussées 1885, März, S. 450. — Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 272.
- Die neue Sperrschleuse des Duisburger Hafens. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 538.
- Instandsetzung der Mallegat-Schleuse zu Gouda im Jahre 1884. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1886/87, I. Lief. 2. Teil, S. 8.
- Die Schleuse im Kanale zu Terneuzen für den Hafen von Gent. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1886/87, Juni, S. 414. — Civilingenieur 1888, S. 623.
- Warnow-Schleuse bei Rostock. Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 317.
- Ausbesserung des unteren Teiles einer Schleuse ohne Betriebsstörung. Nouv. ann. de la constr. 1886, Juli, S. 101. — Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 364.
- Die neue Schleuse zu Ymuiden. De ingenieur 1887, S. 198.
- Die neuen Schleusen des Kanals St. Denis. Ann. des ponts et chaussées 1886, Mai, S. 709. — Genie civil 1889, Bd. XV, S. 133.
- Die Schleusen und das Wehr bei Suresnes an der Seine. Ann. des ponts et chaussées 1889, Juli, S. 49—128.
- Die Nordschleuse zu Dünkirchen. Ann. industr. 1889, Sept. S. 321.
- Neue Schleusen an der belgischen Maas. Deutsche Bauz. 1891, S. 247.
- Die großen Schleusen am Flusse St. Marie zwischen dem Oberen See und Huron-See. Ann. des ponts et chaussées 1891, Nov. S. 564.
- Über die Litteratur der Schleusen mit eisernen Stemthoren vergl. auch Fortschritte der Ingenieurwissenschaften, zweite Gruppe, 3. Heft, S. 134.*

Vorrichtungen zum Bewegen der Thore.

- Hydraulischer Apparat zum Bewegen von Schleusenthoren. Colyer. Hydraulic machinery, Pl. 15.
- Wasserdruckvorrichtungen zur Bewegung der Thore und Schützen für die Doppelschleuse des Nord-Kanals in Frankreich. Portefeuille économique des mach. 1883, Juli, S. 102.
- Ship canal locks calculated for the operation of steam. Transactions of the amer. soc. of civ. eng. 1880, Aug. S. 293.
- Notizen über das Bassin Bellot im Hafen von Havre; Wasserdruckvorrichtung zum Bewegen der Thore. Ann. industr. 1889, Juli, S. 50—57, 124—128, 155—159 u. 180—189.
- Keck. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Schleusenthore. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 102.

Schützen.

- Verbesserte Schützen für Kanalschleusen. Scientific american 1870, Sept. S. 194.
- Mohr. Schieberschützen mit Hebelaufzug in Schleusen-Oberthoren. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 178.
- Jalousieschützen an den Schleusenthoren zu Hansweerd. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1886/87. I. Lief. 2. Teil, S. 22.
- Rollvorhangschützen. Engineering news 1886, Dez. S. 386.
- Drehschützen. Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 10.