

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



15199

L. inw.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298661





HANDBUCH

U A B R A U

INGENIEURWISSENSCHAFTEN

in fünf Teilen

Dritter Teil:

Der Wasserkraft

Bezugsarbeiten

J. F. Bubendey, A. Pfiffner, K. Richter, Th. Kießling  
und Ed. Sonne

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1901

W 1/2

HANDBUCH  
DER  
INGENIEURWISSENSCHAFTEN  
in fünf Teilen.

---

**Dritter Teil:**  
**Der Wasserbau.**

Herausgegeben

von

J. F. Bubendey, A. Frühling, Fr. Kreuter, Th. Rehbock  
und Ed. Sonne.

---

Vierte vermehrte Auflage.

---

**Leipzig**  
Verlag von Wilhelm Engelmann.

1904

DER  
WASSERBAU

III. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.

Achter Band:

Die Schiffsschleusen

Bearbeitet von

**L. Brennecke,**

Geheimer Marine-Baurat und Hafenubau-Direktor,

herausgegeben von

**J. F. Bubendey,**

Geheimer Baurat, Wasserbaudirektor in Hamburg.

Vierte vermehrte Auflage

Mit 402 Textabbildungen, vollständigem Sachregister und 11 lithographierten Tafeln

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1904



III - 529905

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung,  
sind vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA

KRAKÓW

III 15 X 99

Akc. Nr.

~~76~~ 50

BPK-13-381/2017

## Vorwort zur vierten Auflage.

---

Die Herausgabe der vierten Auflage des „Wasserbaues“ wurde im vorigen Jahre mit der ersten Hälfte des vierten Bandes, „Entwässerung der Städte“ begonnen. Jetzt liegt der vollständige achte Band vor.

Die mit dieser Auflage gewählte neue Einteilung ist durch den Wunsch nach einer übersichtlicheren Anordnung des Stoffes hervorgerufen worden. Der „Wasserbau“ wird in Zukunft in 12 für sich abgeschlossenen Bänden erscheinen, die zusammen den dritten Teil des „Handbuches der Ingenieurwissenschaften“ bilden werden.

Die vierte Auflage des achten Bandes, „Schiffsschleusen“ schließt sich der dritten Auflage des XIV. Kapitels im allgemeinen an, wird aber allen seitdem zu Tage getretenen Fortschritten gerecht, wie namentlich aus der starken Vermehrung der Textabbildungen und der Literaturangaben zu ersehen ist.

Die Herausgeber.



# Handbuch der Ingenieurwissenschaften.

## Dritter Teil.

---

Übersicht des Inhaltes der in Vorbereitung befindlichen 4. Auflage:

### **I. Band. Gewässerkunde.**

- I. Kapitel: Regen, Grundwasser, Quellen und stehende Gewässer.
- II. „ Fließende Gewässer.
- III. „ Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen.

### **II. Band. Stauwerke.**

- I. Kapitel: Wehre.
  - II. „ Talsperren.
  - III. „ Fischwege und Fischteiche.
- Anhang: Durchflußweite der Brücken und Durchlässe.

### **III. Band. Wasserversorgung der Städte.**

- I. Kapitel: Voruntersuchungen.
- II. „ Allgemeine Anordnung der Wasserwerke.
- III. „ Gewinnung, Reinigung, Aufspeicherung und Förderung des Wassers.
- IV. „ Ausführung der Rohrleitungen. Wasserwerksbetrieb.

### **IV. Band. Entwässerung der Städte.**

- I. Kapitel: Anlagen zur Abführung der Brauch- und Regenwässer.
- II. „ Unterbringung und Reinigung der städtischen Abfallwässer.

### **V. Band. Binnenschifffahrt. Schifffahrtskanäle. Flufskanalisation.**

- I. Kapitel: Wasserstraßen. Flößerei und Binnenschifffahrt.
- II. „ Schifffahrtskanäle.
- III. „ Kanalisation der Flüsse.

### **VI. Band. Flufsbau.**

- I. Kapitel: Allgemeines.
- II. „ Verbauung der Wildbäche.
- III. „ Bändigung der Gebirgsflüsse.
- IV. „ Verbesserung der schiffbaren Flüsse.

## VII. Band. Landwirtschaftlicher Wasserbau einschl. Deichbau und Deichschleusen.

- I. Kapitel: Meliorationen.
- II. „ Deiche.
- III. „ Deichschleusen (Siele).

## VIII. Band. Schiffsschleusen.

### IX. Band. Meer. Seeschifffahrt. Küsten.

- I. Kapitel: Das Meer.
- II. „ Die Seeschifffahrt.
- III. „ Die Küsten. Seeuferbau.

### X. Band. Strommündungen. Seekanäle.

- I. Kapitel: Strommündungen mit schwacher Flut.
- II. „ Strommündungen mit starker Flut.
- III. „ Seekanäle.

### XI. Band. Flufs- und Seehäfen.

- I. Kapitel: Flufshäfen.
- II. „ Seehäfen.
- III. „ Hafendämme, Ufermauern und Schiffsbauanstalten.

### XII. Band. Die Seezeichen.

# Inhalts-Verzeichnis.

## A. Allgemeines.

|      |   | Seite |
|------|---|-------|
| § 1. | Einleitung . . . . .                                      | 1     |
| § 2. | Arten, Formen und Benennungen . . . . .                   | 3     |
| § 3. | Anwendung und Lage der verschiedenen Arten . . . . .      | 7     |
| § 4. | Abmessungen. Weite, Tiefe, Kammerlänge und Höhe . . . . . | 16    |

## B. Die Schleusenkörper.

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| § 5.  | Bauweise des Schleusenkörpers im allgemeinen. Untergrund, Baustoffe. Bedeutung der Schleuse und Kostenverglei-<br>chung . . . . . | 20  |
| § 6.  | Theorie der Schleusenkörper . . . . .   | 26  |
| § 7.  | Füllen und Leeren der Kammern. Spülvorrichtungen. Umläufe, Grundläufe, Einleitung des<br>Wassers . . . . .                        | 51  |
| § 8.  | Gestaltung und Baustoff der steinernen Böden . . . . .  | 63  |
| § 9.  | Hölzerne Böden . . . . .  | 69  |
| § 10. | Steinerne Wände . . . . .   | 79  |
| § 11. | Hölzerne Wände . . . . .  | 83  |
| § 12. | Herstellungswiese der Schleusen . . . . .   | 85  |
| § 13. | Besondere Bauweisen von Böden und Wänden . . . . .  | 97  |
| § 14. | Einfahrten nebst Zubehör. Flügel, Dammfalze. Treppen . . . . .  | 107 |

## C. Die Tore.

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| § 15. | Die Tore im allgemeinen, verschiedene Arten: Stemmtore, Fächertore, einflügelige Drehtore,<br>Klapptore, Schiebetore, Pontons . . . . .       | 118 |
| § 16. | Theoretisches über Schleusentore . . . . .  | 130 |
|       | 1. Stemmtore . . . . .  | 130 |
|       | 2. Einflügelige Drehtore. Klapptore. Schiebetore. Hubtore. Pontons . . . . .  | 143 |
| § 17. | Die Entwicklung der Schleusentore . . . . .   | 147 |
| § 18. | Ausführung der hölzernen Stemmtore . . . . .  | 155 |
| § 19. | Ausführung der eisernen Stemmtore . . . . .   | 166 |
| § 20. | Zapfen, Pfannen und Verankerungen. Stemmlager. Rollen. Vorrichtungen zum Stützen der<br>offenen Tore . . . . .                                | 183 |
| § 21. | Sonstige Tore: Doppeltore und Fächertore. Einflügelige Drehtore und Drehpontons. Klapp-<br>tore. Schiebe- und Schützentore. Pontons . . . . . | 198 |

## D. Bewegungs- und Verschlussvorrichtungen. Einrichtungen zur Wasserersparnis.

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| § 22. | Vorrichtungen zur Bewegung der Tore . . . . .   | 229 |
|       | 1. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Stemmtore . . . . .   | 230 |
|       | 2. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der einflügeligen Drehtore, Fächer-<br>tore, Schiebetore, Pontons . . . . . | 257 |
| § 23. | Vorrichtungen zum Verschluss der Torschützen und der Umläufe . . . . .  | 268 |
|       | 1. Zugschützen . . . . .  | 268 |
|       | 2. Drehschützen . . . . .   | 281 |
|       | 3. Ventile . . . . .  | 287 |
| § 24. | Besondere Einrichtungen zur Wasserersparnis und zur Erleichterung des Durchschleusens . . . . .                       | 293 |

|  |  |       |
|--|--|-------|
| <b>E. Vorrichtungen für große Gefälle. Nebenanlagen. Betrieb und Unterhaltung.</b> |  | Seite |
| § 25.  | Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle. Schachtschleusen, geneigte Ebenen und Schiffseisenbahnen, senkrechte Schiffshebwerke . . . . .                             | 303   |
|  | 1. Schachtschleusen . . . . .  | 304   |
|  | 2. Geneigte Ebenen. Rollbrücken. Schiffseisenbahnen . . . . .  | 306   |
|  | 3. Senkrechte Schiffshebwerke . . . . .  | 328   |
|  | 4. Vergleichung der Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle . . . . .   | 353   |
| § 26.  | Nebenanlagen: Signale, Erleuchtung, Brücken, Bachunterführungen, Schleusenwärterwohnungen . . . . .  | 357   |
| § 27.  | Betrieb und Unterhaltung . . . . .   | 361   |
|  | Literatur . . . . .  | 363   |
|  | Tabelle zu S. 355: Zusammenstellung einiger wichtigen Daten und Berechnung der Wertziffern aus Herstellungs-, Unterhaltungs- und Erneuerungskosten von Schiffshebwerken. |       |
| Sachregister . . . . .   |  | 369   |
| Atlas (11 Tafeln) nebst Inhaltsverzeichnis.  |  |       |

B. Die Schiffshebewerke.

|  |  |  |
|--|--|--|
| § 6.   | Einleitung des Festsetzungskapitel im allgemeinen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke. |  |
| § 7.   | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 8.   | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 9.   | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 10.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 11.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 12.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 13.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 14.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| C. Die Tore.   |  |  |
| § 15.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im allgemeinen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke. |  |
| § 16.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 17.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 18.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 19.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 20.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 21.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| D. Bewegung- und Verschiebvorrichtungen. Einrichtungen zur Wasserversorgung. |  |  |
| § 22.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im allgemeinen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke. |  |
| § 23.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |
| § 24.  | Einleitung des Festsetzungskapitel im besonderen. Einleitend. Bedeutung der Schiffshebewerke.  |  |

# Schiffsschleusen.

Bearbeitet von

**L. Brennecke,**

Marine-Oberbaurat und Hafenbaudirektor in Wilhelmshaven.

(Hierzu Tafel I bis XI und 402 Textabbildungen.)

*Für die erste und zweite Auflage wurden die Schiffsschleusen von Oberbaudirektor Franzius in Bremen bearbeitet.*

## A. Allgemeines.

(17 Textabbildungen.)

**§ 1. Einleitung.** Unter „Schleuse“ versteht man im allgemeinen jedes Bauwerk, welches zwei Wasserflächen von verschiedener Spiegelhöhe durch eine verschließbare Öffnung verbindet. Sobald diese Verbindung auch schiffbar ist, heißt die betreffende Schleuse eine Schiffsschleuse oder Schiffahrtsschleuse. In dem vorliegenden Bande, welcher in Rücksicht auf die Binnenschifffahrt die Bände VI und VII und für die Seeschifffahrt das Kapitel „Seehäfen“ ergänzt, sollen nur die schiffbaren Schleusen besprochen werden, während hinsichtlich der Stauschleusen auf Band II und hinsichtlich der nur zum Spülen von Hafemündungen dienenden Spülschleusen auf Band XI der 4. Aufl. (Kap. XIX der 3. Aufl.), endlich betreffs der in Deichen liegenden Entwässerungsschleusen oder Siele auf Band V Bezug genommen werden muß. Es kann unter Umständen eine Entwässerungsschleuse auch für die Schifffahrt oder eine Schiffsschleuse auch zur Spülung dienen; in solchen und ähnlichen Fällen wird für die nachstehende Besprechung die betreffende Schleuse auch als Schiffsschleuse angesehen.

Das Obige läßt sich noch anschaulicher dahin ergänzen, daß es der Zweck der Schiffsschleusen ist, den Schiffen zwar jederzeit oder auch nur zeitweilig den Durchgang zu gestatten, das Wasser jedoch nach Belieben am freien Durchfluß zu verhindern. Diese doppelte Forderung ist hervorgegangen zunächst aus den Ansprüchen an einen möglichst bequemen und sicheren Schifffahrtsbetrieb und sodann aus den Rücksichten, welche dabei auf die billigste Herstellung der Schifffahrtsanlagen, sowie auf die Bewohnbarkeit und die Kultur der hiervon berührten Landstriche genommen werden müssen. Es erhellt dieses am deutlichsten, wenn die Hauptfälle, in denen Schiffsschleusen zur Anwendung kommen, genannt werden. Es sind dies einerseits die Schifffahrtskanäle und die Kanalisierungen der Flüsse oder die für die Binnenschifffahrt notwendigen Anlagen, andererseits die für die Seeschifffahrt in manchen Fällen erforderlichen Hafenschleusen in ihrer verschiedenen Gestalt.

Wie in den Bänden VI und VII ausführlicher besprochen wird, dienen die Kanalschleusen für sich allein, und die zur Kanalisierung von Flüssen zu erbauenden Schleusen

in Verbindung mit anderen Stauanlagen dazu, das Gefälle der Kanäle oder Flüsse an bestimmten Stellen unbeschadet ihrer Schiffbarkeit zusammen zu fassen. Bei den Kanälen soll daneben vorzugsweise die geringe Menge verfügbaren Wassers so benutzt werden, daß es, in einzelnen wagrechten „Haltungen“ eingeschlossen, am Abflufs möglichst gehindert wird. Bei den Kanalisierungen dagegen sollen die Schiffsschleusen vorzugsweise nur die durch Wehranlagen geschaffenen Staustellen für die Schiffe fahrbar machen, nebenbei jedoch auch den Stau mit aufrecht erhalten. In beiden Fällen sind also die Schiffsschleusen von ähnlicher Bedeutung und in ihrer allgemeinen Anordnung völlig gleich.

Weit mannigfaltiger werden dagegen die Schiffsschleusen, welche zu Zwecken der Seeschifffahrt anzulegen sind. Es kommt hierbei vor allen Dingen in Frage, ob die zu verbindenden Wasserflächen, in der Regel das Aufsenwasser und der Hafen, dauernd oder nur zeitweilig verschiedene Spiegelhöhen besitzen. Im ersteren Falle kann die Schleuse zuweilen in ihrer Anordnung einer Kanal- oder Flussschleuse sehr ähnlich sein; im letzteren Falle jedoch genügen oft noch einfachere Schleusen, welche nur zu gewissen Zeiten verschlossen sind, zu anderen dagegen völlig offen stehen. An der See unterliegen aber die Wasserstände namentlich infolge der Ebbe und Flut einem rascheren, häufigeren und vielseitigeren Wechsel, als an oberen Flusstrecken, und hieraus entstehen Schleusenanlagen, welche nichts weniger als einfach sind. Denn bei manchen Seeschleusen ist das Wasser nur eine Zeit lang an der einen Seite höher und sinkt bald darauf wieder tiefer hinab als der Wasserstand an der anderen Seite. Es genügt alsdann oft nicht, daß die Schleuse nach der einen Richtung hin das höhere Wasser abhalte, sondern sie muß dieses nach beiden Richtungen bewirken und daneben je nach den vorhandenen Fahrtiefen und den Anforderungen der Schifffahrt fortwährend oder nur zu gewissen Zeiten die Schiffe hindurchlassen können.

Hauptteile der Schleusen. Wie verschieden aber auch in den einzelnen Fällen die Aufgabe und die Anordnung der Schleusen sein mag, immer beruht die letztere auf gleichen Grundlagen für die Hauptteile der Schleuse. Diese sind das sogenannte Haupt, oder unter Umständen die Häupter, mit der Verschlufsvorrichtung und die Kammer, falls eine solche überhaupt vorhanden ist.

Unter einem Schleusenhaupt versteht man im weitesten Sinne die feste Umrahmung der Durchfahrtsöffnung einschließlic der zur zeitweiligen Absperrung derselben dienenden Verschlufsvorrichtung und der notwendigerweise mit der Öffnung und deren Verschluss verbundenen Nebenteile. Eine bestimmtere Angabe wird erst nach der Beschreibung dieser einzelnen Stücke möglich werden. Es ist aber schon in der vorstehenden Form enthalten, daß ein einziges Haupt nur zeitweilig den Schiffen die Durchfahrt gestattet, wenn nämlich bei gleichen oder annähernd gleichen Wasserständen zu beiden Seiten eine genügend leichte Öffnung des Verschlusses und ein sicheres, gefahrloses Durchfahren der Schiffe erfolgen kann. Offenbar genügt also ein Haupt nur dann, wenn die Wasserstände zu beiden Seiten sich zeitweilig, aber mit einer genügenden Regelmäßigkeit und Dauer ausspiegeln. Findet dieses nicht statt oder bleibt gar dauernd ein höherer Stand an der einen oder anderen Seite, so kann nur dadurch die regelmässige, leichte und sichere Durchfahrt gewonnen werden, daß zwei gleichartige Häupter in einer der Länge der Schiffe entsprechenden Entfernung hintereinander gelegt werden. Der Zwischenraum beider Häupter heißt dann die Kammer und die Schleuse wird eine Kammerschleuse. Die Kammer dient alsdann dazu, das von dem Ober- oder Unterwasser herkommende Schiff aufzunehmen, sobald der Wasserstand in der Kammer

mit dem Ober- oder Unterwasser auf gleiche Höhe gebracht ist und die betreffende Verschlussvorrichtung des dem Schiffe zunächst liegenden Hauptes geöffnet werden kann. Nachdem das Schiff in die Kammer eingefahren ist, wird dieses Haupt geschlossen, der Wasserstand der Kammer durch geeignete Vorrichtungen (Torschütze oder Umläufe) auf die Höhe des Unter- bzw. Oberwassers gebracht, das in der Fahrrihtung des Schiffs diesem zunächst liegende Haupt sodann geöffnet und das Schiff aus der Kammer in das Unter- bzw. Oberwasser gezogen. Die Kammer ist also derjenige Raum, welcher nach Belieben mit dem Ober- oder Unterwasser in offene Verbindung gesetzt werden kann und dabei das durchfahrende Schiff freischwimmend und ohne eine andere Leistung oder Beanspruchung von seiner Seite, als die langsame Fortbewegung nach geöffnetem Verschluss, auf den niedrigeren Wasserstand hinabsenkt oder auf den höheren hebt.

Die Verschlussvorrichtung eines Hauptes wird nun fast allgemein das Tor einer Schleuse oder das Schleusentor genannt, wobei jedoch der Sprachgebrauch darin schwankend ist, ob unter Tor nur allein die beweglichen oder auch zugleich die festen Teile des Verschlusses verstanden werden. Dem allgemeinsten Begriffe eines Tores würde die letztere Auffassung mehr entsprechen, doch findet tatsächlich die erstere eine gröfsere Verbreitung und soll deshalb auch hier befolgt werden. Da nun ferner bei weitem am häufigsten ein Schleusentor zwei bewegliche, um eine vertikale Achse drehbare Torflügel besitzt, so wird nach verschiedenem Sprachgebrauch bald das Paar der zusammengehörenden Flügel, bald aber jeder einzelne Tor genannt.

Die letztere Bezeichnung ist zulässig, wenn z. B. auf Zeichnungen nur ein Flügel dargestellt, die Konstruktion desselben jedoch auch für den anderen maßgebend ist und stillschweigend der zweite Flügel hinzugedacht wird. Aus diesem Gebrauche wird sich wahrscheinlich der übrigens unrichtige Sprachgebrauch gebildet haben, einen einzigen nur einen halben Verschluss gewährenden Flügel ein Tor zu nennen.

Die Bezeichnung „Schleusentor“ gilt aber ferner und mit Recht auch für die seltener vorkommenden Verschlussarten (§ 21), nämlich für das einflügelige Drehtor, für wagrecht liegende klappenartige Tore, für Schiebetore, für Hub- oder Schützentore, und endlich für frei bewegliche und in keiner festen Verbindung mit der Schleuse stehende Pontons. Neben dem Worte „Tor“ wird seltener und nicht nur für kleinere Schleusen das Wort „Tür“ gebraucht.

**§ 2. Arten, Formen und Benennungen.** Nach den verschiedenen Zwecken, örtlichen Verhältnissen und allgemeinen Anordnungen sind mehrere Arten von Schiffschleusen, sowie an jeder Art wieder gewisse Formen zu unterscheiden. Die Benennungen der Arten und Formen besitzen nun eine um so allgemeinere Giltigkeit, je mehr sie den Zweck der Schleuse erkennen lassen, und die aus örtlichen oder konstruktiven Rücksichten entstandenen Benennungen verdienen nur in zweiter Linie, also nur dann ihre Stelle, wenn über den Zweck kein Zweifel sein kann.

**Benennungen.** Es sei zunächst für die Feststellung der meisten und gebräuchlichsten Benennungen die Gliederung einer gewöhnlichen Kammerschleuse, nach Abb. 1 und zwar von den Toren ausgehend, gegeben. Jedes zweiflügelige Tor *aa* lehnt sich mit den Unterkanten gegen die Schwelle oder den Drempe *b* und mit seinen Hinterkanten gegen die Wendenischen *cc*; nach geschehener Öffnung liegen die Flügel in den Torkammernischen *dd*, welche zu beiden Seiten die Torkammer *e* und deren Grundfläche, den Torkammerboden, begrenzen. Zwischen dem Drempe des oberen Tores, welcher bei Flufs- und Kanalschleusen in der Regel nach unten hin durch

einen Abfallboden oder eine Abfallmauer *f* begrenzt ist, und der Torkammer des unteren Tores liegt die Kammer *g* zur Aufnahme des zu hebenden oder zu senkenden Schiffes. Außerhalb der oberen Torkammer und des unteren Drempels liegen fast stets die Vorschleusen *hh*, also die obere bzw. untere Vorschleuse.

Wie bei der Torkammer, so sind auch bei den Vorschleusen und der Kammer die betreffenden Böden von den Seitenwänden zu unterscheiden, wobei am Oberhaupt der Kammerboden bis zum Abfallboden reicht, die Kammerwände sich dagegen bis zur Wendenische erstrecken. Die den Drempel begrenzenden Seitenwände werden auch zuweilen die Törsäulen genannt.

Im ganzen werden dann drei Hauptabteilungen unterschieden: die Kammer *g* und die beiden Häupter, das Oberhaupt *heb* und das Unterhaupt *ebh*, mit den betreffenden Nebenteilen, als etwaigen Flügeln *ii* u. s. w. Die Bezeichnungen dieser beiden Häupter gehen zuweilen über in Aufsens- und Binnenhaupt, wenn die Schleuse ein Binnengewässer, einen Kanal oder Hafen gegen ein äußeres Gewässer, wie einen Fluß oder die See begrenzt. Nach den Höhenverhältnissen dieser Gewässer kann das Aufsenshaupt entweder das Oberhaupt oder auch das Unterhaupt bilden.

Arten. Nach dem Zweck mögen sodann unter Annahme von lotrechten Drehtoren folgende Arten unterschieden werden:

Abb. 1.

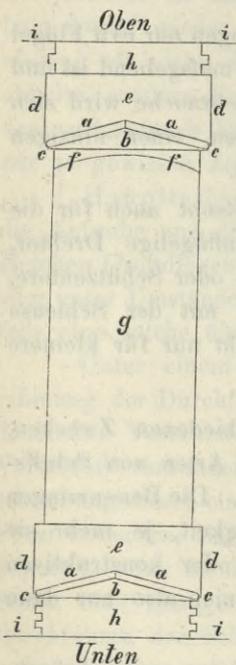


Abb. 2.

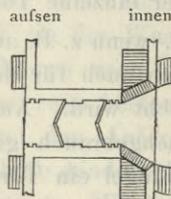


Abb. 3.

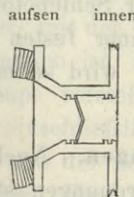
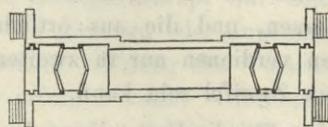


Abb. 4.



1. Die einfache Kammer-  
schleuse (Abb. 1), welche nur  
nach einer Seite hin höheres Was-  
ser halten oder kehren, jedoch den  
Schiffen die Durchfahrt mit Hilfe  
des „Durchschleusens“ jederzeit  
gestatten soll, also im wesentlichen  
aus der Kammer und zwei Häup-  
tern mit je einem Tor besteht.

2. Die Schutz- oder Sperr-  
schleuse (Abb. 2), welche wie  
eine Deichschleuse (Band V) nur  
nach einer Seite, nach aufsen,  
aber auch nur zeitweilig höheres  
Wasser abhalten, zu anderen Zeiten  
offen stehen und freie Durchfahrt  
gestatten soll, und deshalb nur aus  
einem Haupt mit einem Fluttore be-  
steht, welches aber der Sicherheit  
wegen, namentlich zum Abhalten  
hoher Sturmfluten, zuweilen ver-  
doppelt wird.

3. Die Dockschleuse (Abb. 3), welche nur nach innen zeitweilig höheres Wasser zurückhalten, zu anderen Zeiten offen stehen und freie Durchfahrt gestatten soll, daher ebenfalls nur aus einem Haupt mit einem, selten mit zwei Ebbetoren besteht.

Aus diesen drei Grundformen entstehen dann durch das Zusammentreffen verschiedener Zwecke die folgenden Formen:

4. Die doppelte Kammer-  
schleuse (Abb. 4), welche nach beiden Richtungen  
hin höheres Wasser halten kann und doch jederzeit das Durchschleusen gestatten soll,

also in jedem der beiden Häupter nach beiden Richtungen hin kehrende Tore haben muß, in der Regel also vier Tore hat, wenn nicht etwa die Tore auf beiderseitigen Druck eingerichtet sind.

5. Die Kammerschleuse, welche in der Regel nur von einer, ausnahmsweise auch von der anderen Richtung her höheres Wasser abhalten, in letzterem Falle jedoch nicht schiffbar sein soll und dann entweder als Kammer- und Sperrschleuse oder als Kammer- und Dockschleuse erscheinen kann, also in dem einen Haupt ein einfaches Tor, in dem anderen aber nach beiden Richtungen kehrende Tore haben muß.

6. Die Schutz- oder Sperrschleuse, die zugleich Dockschleuse ist (Abb. 5), also abwechselnd nach beiden Richtungen kehren soll, um so seltener schiffbar ist und nach beiden Richtungen kehrende Tore haben muß. Die Lage der Tore ist gewöhnlich die nach Abb. 5a, selten die nach Abb. 5b. Hierbei mögen auch die im § 15 besprochenen „Gegentore“ für Dockschleusen (Abb. 5c) erwähnt werden.

Abb. 5a.

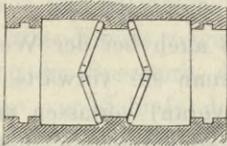


Abb. 5b.

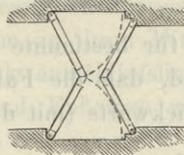
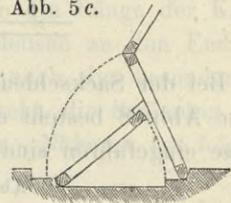


Abb. 5c.

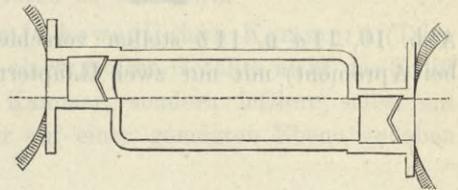


7. Die Fächerschleuse (und verwandte Arten), welche zwar nur ein Haupt und ein Tor hat, jedoch vermöge ihrer eigentümlichen Anordnung sich beliebig gegen den höheren Wasserstand öffnen und sich daher vorzugsweise als Spülschleuse und Schutzschleuse, dabei mit gewöhnlichen anderen Toren zusammen auch als Teil einer Kammerschleuse benutzen läßt (vergl. § 21).

Andere Arten ergeben sich aus der Größe und Gestaltung der Kammern.

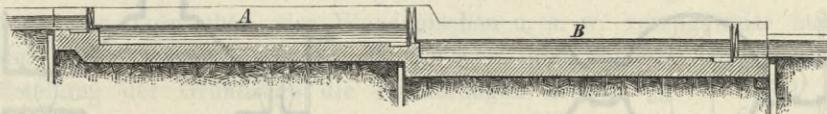
8. Die Schleuse, welche eine für zwei nebeneinander liegende Schiffe Raum bietende Kammer besitzt, im übrigen aber wie die gewöhnliche Kammerschleuse eingerichtet ist (s. Abb. 6 und Abb. 4, Taf. IV).

Abb. 6.



9. Die Kesselschleuse, welche in ähnlicher Weise für eine größere Anzahl Schiffe in der Kammer Raum bietet.

Abb. 7.



10. Die Koppel- oder Kuppelschleuse (s. Abb. 7), welche nach einer Richtung hin ein größeres Gefälle überwinden soll, als mit einer einfachen Kammerschleuse möglich ist, wobei also zwei oder mehrere Kammerschleusen so hintereinander gelegt sind, daß das Untertor der oberen zugleich Obertor der unteren Schleusen ist, weshalb sie auf  $n$  Kammern  $n + 1$  Tore haben muß.

11. Eine besondere Art der Kammerschleuse, die man Weichenschleuse nennen kann, weil sie für Wasserstraßen den Zweck der Weiche bei Bahngleisen erfüllt, ist

die Schleuse mit drei Häuptern Abb. 8 (Schleuse bei Aigues-Mortes). Sie zweigt einen Kanal von einem anderen ab und verbindet drei verschiedene Fahrrichtungen.

12. Eine vereinfachte Form der Weichenschleuse zeigt die Kopf- oder Sackschleuse Abb. 9 (Schleuse zu Bromberg). Sie hat nur zwei nebeneinander liegende Häupter und verbindet die unter spitzem Winkel zusammenlaufenden Enden zweier Fahrrichtungen.

Abb. 8.

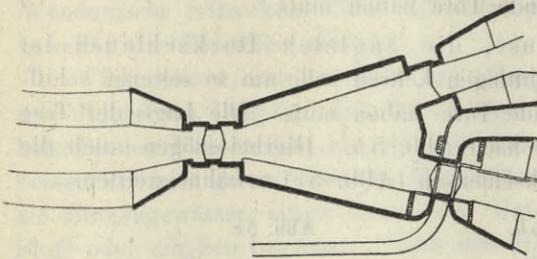
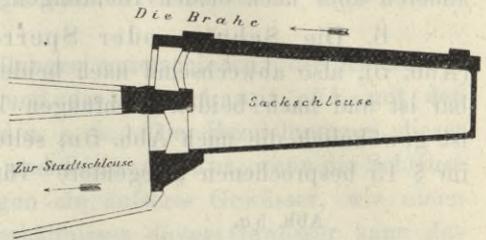
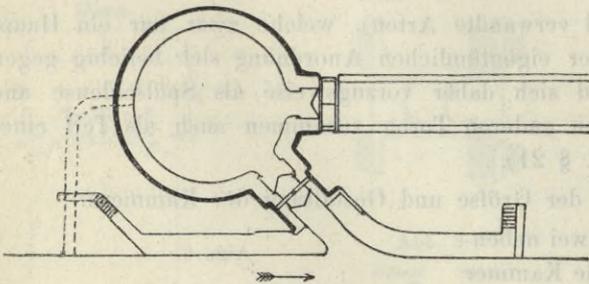


Abb. 9.



Bei der Sackschleuse Abb. 9, für bestimmte Übergänge auch bei der Weichenschleuse Abb. 8 besteht der Übelstand, daß die Fahrzeuge, wenn sie vorwärts in die Schleuse eingefahren sind, dieselbe rückwärts (mit dem Steuer voran) verlassen müssen.

Abb. 10.



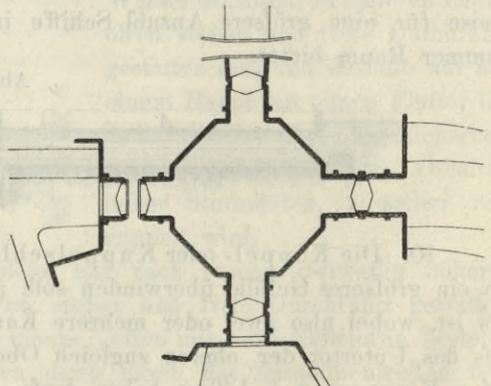
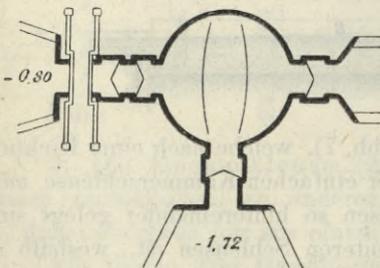
Um dies zu vermeiden, hat man die Schleusenammer wohl zum Wenden der Schiffe eingerichtet und ihr einen kreisrunden oder polygonalen Grundrifs gegeben.

13. Man erhält so eine Schleusenform, die wegen der Ähnlichkeit ihres Zweckes mit dem der Drehscheiben der Eisenbahn Wendeschleuse genannt werden mag. Die

Abb. 10, 11 a u. 11 b stellen verschiedene Formen derselben dar. Abb. 10 (Schleuse bei Apremont) mit nur zwei Häuptern als Ersatz der Sackschleuse Abb. 9, Abb. 11 a

Abb. 11 b.

Abb. 11 a.



mit drei Häuptern (Schleuse bei Bézier) als Ersatz der Weichenschleuse Abb. 8 und Abb. 11 b (Schleuse bei Dünkirchen) mit vier Häuptern und polygonalem Grundrifs

in der Kreuzung zweier Wasserstraßen; dieser Schleuse könnte man den Namen Kreuzungs- und Weichenschleuse geben.<sup>1)</sup>

Ähnlich der letzteren, jedoch von kreisförmigem Grundrisse, ist die Kesselschleuse für die Kreuzung des Ems-Jade-Kanals mit dem Emdener Stadtgraben. Infolge der eigentümlichen Verkehrsverhältnisse sind aber an die Kesselschleuse im Stadtgraben noch eine einfache und im Walthuser Tief noch eine Doppelschleuse angeschlossen.<sup>2)</sup>

Je nach den Wasserverhältnissen der anschließenden Wasserstraßen werden die verschiedenen Häupter der Weichen- und Wendeschleusen nur nach einer oder auch nach beiden Seiten hin kehrende Tore erhalten müssen, wodurch wieder eine ganze Reihe von Abarten entsteht.

Bei der Mehrzahl der genannten Schleusenarten tritt unter Umständen eine Verdoppelung der Tore derselben Kehrrichtung ein und zwar zunächst bei der gewöhnlichen Schutzschleuse, und bei der unter 6. genannten Schutz- und Dockschleuse zu größerer Sicherheit gegen hohe Sturmfluten, in seltenen Fällen auch bei reinen Dockschleusen mit großem Flutintervall, ferner bei der Kammerschleuse, um die Länge der Kammer größeren und kleineren Schiffen besser anzupassen. Die Schleusen an den Enden des Nord-Ostsee-Kanals zeigen außerdem in ihren Mittelhauptern noch die besondere Einrichtung der Sperrtore, deren Zweck ausschließlich darin besteht, die Strömung in der Schleuse vor Schluß der Flut- und Ebbetore zu beseitigen. Näheres im folgenden Paragraphen am Schlusse.

Ferner entstehen besondere Arten von Schleusen dann, wenn statt lotrechter Drehtore andere Verschlussvorrichtungen, als Schiebetore, Klapptore oder Pontons gewählt werden (vergl. § 21).

Aber nicht allein eine Verdoppelung der Tore, sondern auch eine Verdoppelung, selbst eine Verdreifachung der ganzen Schleuse ist unter Umständen am Platze. Hierbei können entweder nach Art der zweigleisigen Eisenbahnen Schleusen von gleichen Abmessungen als Doppelschleusen oder Zwillingsschleusen miteinander kombiniert werden oder man gibt den nebeneinander liegenden Schleusen verschiedene Abmessungen, um Schiffe von verschiedenen Größen möglichst rasch zu befördern.

Endlich sind hier noch die Schleusen mit beweglichen Kammern (Trog-schleusen) zu nennen, bei denen zur Überwindung eines großen Gefälles nicht das Schiff mittels des veränderlichen Wasserstandes in der Kammer, sondern letztere selbst mit dem darin schwimmenden Schiffe senkrecht oder auf einer geneigten Ebene gehoben wird (vergl. § 25).

Es muß noch bemerkt werden, daß die Gestaltung der Schleusen im einzelnen in hohem Grade von den Toren abhängig ist, insbesondere ergeben sich die Formen der Drempel, der Tornischen, der Wendenischen u. s. w. vorzugsweise aus der Anordnung der Tore. Wenn es sich um den Entwurf einer Schleuse handelt, sind deshalb nach Feststellung der Grundzüge die Erörterungen in den §§ 15 bis 21 alsbald zu Rate zu ziehen.

**§ 3. Anwendung und Lage der verschiedenen Arten.** Anwendung und Lage der vorhin besprochenen Arten sind in der Regel voneinander abhängig und gestalten sich je nach Umständen sehr verschieden. Zur Vereinfachung seien hier diejenigen Rücksichten auf die Lage ausgeschieden, welche rein baulicher Art sind. Es

<sup>1)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 298.

<sup>2)</sup> Deutsche Techniker-Zeitung 1893, S. 189.

gehören dazu die Beschaffenheit des Bodens, namentlich des Untergrundes, die günstige Lage des Bauplatzes für Zufuhr der Baustoffe, für Abdämmung, für etwaiges Ausschöpfen der Baugrube u. s. w. Alle diese Rücksichten werden erst bei Besprechung der Bauart nach ihrer Bedeutung näher beurteilt werden können; sie stehen übrigens, wenn sie nicht ausnahmsweise eine besondere Größe besitzen, stets in zweiter Linie gegen die Rücksichten auf den sicheren und bequemen Betrieb der Schifffahrt. Aus sonstigen örtlichen Umständen hervorgehende Gründe für die Wahl des einen oder anderen Platzes können nicht allgemein betrachtet werden, sondern mögen gelegentlich einiger Beispiele Erwähnung finden.

Nach dem in § 1 Gesagten finden die Schiffsschleusen ihre Anwendung hauptsächlich als Kanalschleusen, Flussschleusen und Seeschleusen und es ist zunächst im allgemeinen zu bemerken, daß für Kanalschleusen und Flussschleusen die Kammer-schleuse die gewöhnlich benutzte Form ist, während Seeschleusen auch häufig ohne Kammer ausgeführt werden. Ein anderer Unterschied besteht darin, daß die Kanalschleusen in der Regel eine Abfallmauer oder einen Abfallboden (s. S. 4) haben, während Seeschleusen fast ausnahmslos mit wagerecht durchgehendem Boden hergestellt werden. Bei Flussschleusen kommen sowohl wagerechte Böden, wie Fallmauern vor.

**Kanalschleusen.** In den Schifffahrtskanälen nehmen die Schleusen verschiedene Formen an, je nachdem es sich um Scheitelkanäle, um Seitenkanäle oder um Seekanäle handelt. Die Schleusen der letzteren unterliegen den für Seeschleusen geltenden Regeln und sind deshalb nicht besonders zu besprechen.

Die Schleusen der Scheitelkanäle wurden früher mit wenigen Ausnahmen als gewöhnliche Kammerschleusen (Abb. 1, S. 4) ausgeführt, jedoch hat man, wenn es sich darum handelte, den Verkehr nach mehr als zwei Richtungen zu ermöglichen, wie im vorigen Paragraphen bereits mitgeteilt wurde, die Weichenschleuse Abb. 8 u. 9, S. 6, und die Wendeschleuse Abb. 10, 11 a u. 11 b, ebenda, geschaffen. Derartige Schleusen sind in der Anlage billiger als die entsprechende Anzahl einfacher Schleusen, welche das Gleiche leisten sollen, erfordern aber mehr Wasser und werden daher nur eine beschränkte Anwendung finden können. Übrigens wird man häufig den Wasserverbrauch und die Herstellungskosten der Wendeschleusen dadurch herabmindern können, daß man die Kammern nicht zum Wenden einrichtet, sondern in den Kanälen, nahe der Schleuse Wendestellen anordnet, die Schleuse dann also nur als Weichenschleuse baut.

Bei großen Gefällen wandte man früher ebenfalls die gewöhnliche Kammer-schleuse ausschließlich an, indem man entweder eine größere Anzahl Einzelschleusen mit kurzen Haltungen dazwischen anordnete, oder auch mehrere (bis zu acht) Schleusen zu einer Schleusentreppe kuppelte (Abb. 7, S. 5). Letztere Anordnung erspart zwar Mauerwerk und Tore, erfordert aber sehr viel Wasser und verursacht große Zeitverluste für das einzelne Schiff. Sie ist wohl nur dort am Platze, wo in der Nähe eines Flusses ein abzweigender Kanal so hoch liegt, daß die letzte Schleuse als Kuppelschleuse mit einem solchen Gesamtgefälle angeordnet werden kann, daß selbst das höchste Flusswasser nicht in den Kanal eintritt.

Ganz neuerdings ist eine derartige Schleuse an dem Verbindungskanal zwischen dem Franz-Kanal und der Theifs bei O'-Beese erbaut, bei der aber wegen des sehr starken Wasserstandwechsels auch der Fall eintreten kann, daß die Theifs höheren Wasserstand hat, als der Kanal. In letzterem Falle steht die Theifs 1,75 m höher als der Kanal, während sie bei Niedrigwasser 7,1 m tiefer steht (vergl. Abb. 12 a u. 12 b).

Abb. 12 a. Längsschnitt der Schleuse zu O'-Becse.

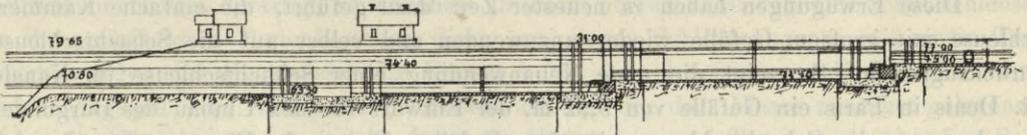
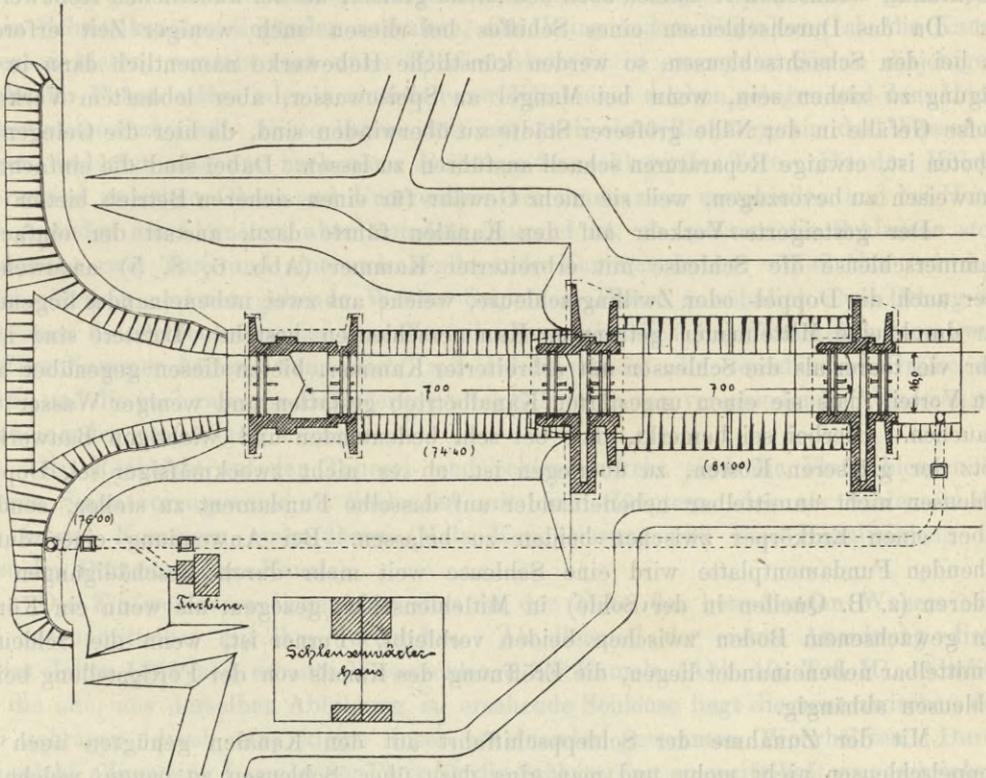


Abb. 12 b. Lageplan. M. 1:2000.



Man hat nun die Einrichtung getroffen, daß man eine Kuppelschleuse baute, deren unteres Tor ein Stemm- oder Wehrtor ist, das die Theifs nach dem Kanal zu sperrt, während das mittlere und obere Tor Schiebetore sind, die nach beiden Seiten sperrn.

Sobald nun das Wasser in der Theifs höher steigt als im Kanal, bleiben die unteren (Stemm-)Tore ständig offen und nur die obere Hälfte der Kuppelschleuse mit den beiden Schiebetoren arbeitet als einfache Kammerschleuse.

Anstatt der Kuppelschleusen hat Polhem bereits im 18. Jahrhundert in Schweden eine einzige Schleuse mit 17,56 m Gefälle — eine sogenannte Schachtschleuse — anzuwenden versucht; ihre Ausführung mußte indessen aufgegeben werden. Die fortgeschrittene Entwicklung des Maschinenbaues hat nun in neuerer Zeit zur Überwindung starker Gefälle eine ganze Reihe von Entwürfen künstlicher Schiffshebewerke gebracht (vergl. § 25), von denen jedoch bisher nur wenige zur Ausführung gelangt sind. Wenn schon nicht zu leugnen ist, daß diese Hebewerke eine bedeutende Wasser- und Zeitersparnis herbeiführen, so stehen sie doch in einem gewissen Gegensatz zu der einfachen,

groben und dauerhaften Anlage eines Kanals, dessen schwächsten Punkt sie immer bilden werden.<sup>3)</sup>

Diese Erwägungen haben in neuester Zeit dazu geführt, die einfache Kammer-  
schleuse mit großem Gefälle wieder anzuwenden und selbst auf die Schachtschleuse  
zurückzugreifen. So zeigt die erste Neuanwendung einer Schachtschleuse im Kanale  
St. Denis in Paris ein Gefälle von 9,92 m, der Entwurf für den Umbau des Burgunder  
Kanals sogar eine Schachtschleuse mit 20 m Gefälle. Der große Wasserverbrauch wird  
bei diesen neuen Schachtschleusen durch Sparbecken (vergl. § 24) wesentlich ein-  
geschränkt, wenschon er immer noch bedeutend größer, als bei künstlichen Hebewerken  
ist. Da das Durchschleusen eines Schiffes bei diesen auch weniger Zeit erfordert  
als bei den Schachtschleusen, so werden künstliche Hebewerke namentlich dann in Er-  
wägung zu ziehen sein, wenn bei Mangel an Speisewasser, aber lebhaftem Verkehre  
große Gefälle in der Nähe größerer Städte zu überwinden sind, da hier die Gelegenheit  
geboten ist, etwaige Reparaturen schnell ausführen zu lassen. Dabei sind die einfacheren  
Bauweisen zu bevorzugen, weil sie mehr Gewähr für einen sicheren Betrieb bieten.

Der gesteigerte Verkehr auf den Kanälen führte dazu, anstatt der einfachen  
Kammerschleuse die Schleuse mit erweiterter Kammer (Abb. 6, S. 5) anzuwenden  
oder auch die Doppel- oder Zwillingschleuse, welche aus zwei nebeneinander liegenden,  
nur durch eine Mittelmauer getrennten Kammerschleusen besteht. Letztere sind nicht  
sehr viel teurer als die Schleusen mit erweiterter Kammer, bieten diesen gegenüber aber  
den Vorteil, daß sie einen ungestörten Kanalbetrieb gestatten und weniger Wasser ver-  
brauchen. Hierbei sei bemerkt, daß bei sehr bedeutenden und wichtigen Bauwerken,  
trotz der größeren Kosten, zu überlegen ist, ob es nicht zweckmäßiger sei, Doppel-  
schleusen nicht unmittelbar nebeneinander auf dasselbe Fundament zu stellen, sondern  
lieber einen Erdkörper zwischen beiden zu belassen. Bei Anwendung einer durch-  
gehenden Fundamentplatte wird eine Schleuse weit mehr durch Beschädigungen der  
anderen (z. B. Quellen in der Sohle) in Mitleidenschaft gezogen, als wenn ein Körper  
von gewachsenem Boden zwischen beiden verbleibt. Ferner ist, wenn die Schleusen  
unmittelbar nebeneinander liegen, die Eröffnung des Kanals von der Fertigstellung beider  
Schleusen abhängig.

Mit der Zunahme der Schleppschiffahrt auf den Kanälen genügten auch die  
Doppelschleusen nicht mehr, und man ging dazu über, Schleusen zu bauen, welche so-  
wohl einzelne Schiffe, als auch ganze Schiffszüge ohne unnötig großen Wasserverbrauch  
durchzuschleusen imstande sind. Es sind dies die Schleusen mit drei Häuptern hinter-  
einander, bei denen je nach Bedarf entweder die ganze Kammerlänge zwischen den  
beiden äußeren Toren oder nur ein Teil der Länge zwischen dem mittleren Tore und  
einem der beiden äußeren benutzt wird. Auf Wasserstraßen endlich mit sehr ent-  
wickelter Schiffahrt, die gleichzeitig großen Wasservorrat besitzen, hat man auch die  
Kammern der Schleusen zur Aufnahme einer großen Anzahl von Schiffen, also zu so-  
genannten Kesselschleusen erweitert. Eine solche Schleuse befindet sich in Brandenburg  
an der Havel, ferner in dem für Schleppschiffahrt eingerichteten, im Sommer 1892 er-  
öffneten Merwede-Kanal in Holland und in diesem Lande an verschiedenen Orten.

Die Lage der Kanalschleusen wird im VII. Bande besprochen.

Flußschleusen. In weiterem Sinne der Wortes kann man zu den Fluß-  
schleusen auch die Schleusen in längeren, dem Hochwasser entzogenen Seitenkanälen

<sup>3)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 209.

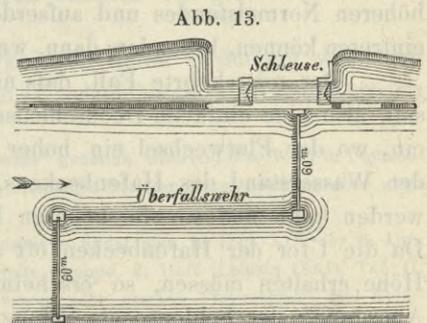
der Flufskanalisierungen rechnen. Bei diesen Kanälen finden die vorhin besprochenen Kesselschleusen und Schleusen mit drei Häuptern gleichfalls nicht selten Anwendung. Außerdem erhalten derartige Seitenkanäle an ihrem oberen Ende stets eine Schutzschleuse. In ihrer einfachsten Form bestehen diese aus einem Schleusenhaupthe mit einem Tor, welches gegen das Hochwasser des Flusses kehrt. An den unteren Enden der Seitenkanäle dagegen wird häufig die Schutzschleuse mit der dem Flusse zunächst gelegenen Kammerschleuse vereinigt, welche dann ein Haupt mit zwei Toren nach Abb. 5 a, S. 5 erhält.

Während die Mehrzahl der besprochenen Schleusen sich meistens genau wie die in Scheitelkanälen liegenden verhalten, also keine andere Gestaltung als die Kanalschleusen bieten, versteht man unter Flufsschleusen in engerem Sinne diejenigen, welche im Flusse selbst oder in unmittelbarer Nähe eines solchen gelegen und dem Hochwasser ausgesetzt sind. Diese haben stets nur nach einer Richtung hin das Wasser zu kehren, bedürfen also nur nach einer Richtung hin schlagende Tore. Da der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser bei ihnen zwar verschieden und bei Hochwasserständen am kleinsten, aber trotzdem dauernd ist, so müssen die Schleusen stets mindestens zwei Tore und eine zwischenliegende Kammer haben. Weil das bei dem Durchschleusen verloren gehende Wasser bei einem Flusse gewöhnlich ohne Belang ist, so können die Schleusen meist zum Vorteil eines lebhaften Schiffsverkehrs eine zweiseifige Kammer haben, wenn nicht mit Rücksicht auf die verschiedene Größe der Schiffe und die noch raschere Beförderung zwei Schleusen von verschiedenen Abmessungen nebeneinander vorgezogen werden.

Mit Rücksicht auf den Tauerei- und Schleppeverkehr sind die Flufsschleusen im engeren Sinne vorzugsweise als Schleusen mit drei Häuptern oder als Schleusen mit sehr langen Kammern auszuführen (Main-Kanalisation und Ems-Kanalisation im Zuge des Dortmund-Ems-Kanals).

Die Flufsschleusen liegen fast stets in der Nähe des betreffenden Wehres oder sind gar unmittelbar mit ihm verbunden. Als Beispiel der ersten Anordnung diene die im Jahre 1868 neu erbaute Weserschleuse bei Hameln (Abb. 10, Taf. II). Ähnlich wie die alte, aus derselben Abbildung zu ersehende Schleuse liegt die neue zwischen den zwei schrägen, durch eine kleine Insel voneinander getrennten Wehrhälften. Durch eine solche allgemeine Lage ist der Platz für die Schleuse fast unzweifelhaft vorgeschrieben. Der einzige Übelstand in diesem Falle wäre etwa, daß die Schiffe an der oberen Wehrhälfte entlang fahren müssen und, wenn stromauf nicht genügend gezogen oder stromab nicht sicher genug, etwa mit Hilfe des Ankers, gesteuert, in Gefahr geraten, über das Wehr gerissen zu werden. Dagegen gestattet die gewählte Lage bequeme Vorhäfen, günstige Bauausführung und sichert das Bauwerk vor Eisbeschädigung.

Die Lage derjenigen Schleusen, welche sich unmittelbar an ein Wehr anschließen, ist durch die Lage und Anordnung des Wehres bedingt und wird bei den Flufskanalisierungen besprochen. Hier sei nur bemerkt, daß im allgemeinen die Mitte der Schleuse oder eine in deren Nähe befindliche Stelle sich zum Anschluß des benachbarten Wehres am besten eignet (vergl. Abb. 13). Wenn bei den Schleusen der oberen Seine (Abb. 71, § 13) diese Regel nicht befolgt und der Wehr-



anschluss an das Unterhaupt gelegt ist, so erklärt sich dies hauptsächlich aus der hier gewählten Bauart der flussseitigen Kammerwände, welche eine gute Verbindung zwischen Wehr und Kammerwand nicht gestattet.

Die Schleusen in offenem Flusse sind den Beschädigungen durch Eisgang um so mehr ausgesetzt, je mehr ihre Axe in der Richtung des Fahrwassers liegt. Es ist schon aus diesem Grunde eine wenn auch leichte Trennungsmauer in der Verlängerung der flussseitigen Schleusenmauer nach oben hin zweckmäfsig, zumal die Schleuse zur Sicherung der Fahrtiefe in der Regel an der tieferen und daher die stärkere Geschwindigkeit zeigenden Seite liegen mufs. Es darf daran erinnert werden, dafs die bei Erbauung des Wehres oberhalb der Schleuse vorhanden gewesene Tiefe schon nach kurzer Zeit infolge der Ablagerung von Sinkstoffen erheblich abnehmen kann. Unbedingt geschieht dies, wenn die Wehranlage lediglich eine feste ist. Wo das Wehr aus einem festen und aus einem beweglichen Teile besteht, wird deshalb auch die Schleuse neben dem mit der festen Sohle tiefer liegenden und daher die tiefere Stromrinne anziehenden beweglichen Wehrteile, dem sogenannten Schiffsdurchlafs, liegen müssen.

Über die allgemeine Anordnung von Kanal- und Flussschleusen sind zu vergleichen: Abb. 1 bis 8 und 10 bis 15, Taf. II, Weserschleuse bei Hameln, — Abb. 20 bis 23 daselbst: Moorkanalschleuse bei Papenburg mit sehr geringem Gefälle, daher fast wagrechtem Boden, — Abb. 71 bis 75, § 13: Flussschleuse in der oberen Seine mit wagrecht durchgehendem Boden und Abb. 1 bis 6, Taf. IV: Schleuse in der Oder bei Breslau.

Seeschleusen. Noch verschiedener in der Anordnung und Lage als die Flussschleusen sind die der Seeschifffahrt dienenden Schleusen, wie bereits in § 1 erwähnt wurde. Es lassen sich dabei folgende Hauptfälle unterscheiden.

Wenn nur zeitweilig höheres Aufsenwasser abzuhalten ist, dieses aber wenigstens täglich einmal tiefer abfällt als das Binnenwasser, so kann bei nicht lebhafter Schifffahrt und wenn der Binnenwasserstand nur wenig über dem äufseren Niedrigwasser liegt, eine einfache Schutzschleuse genügen. Ist dabei das Aufsenwasser zeitweilig sehr hoch, so kann aus baulichen Gründen statt eines Tores die Herstellung von zwei hintereinander liegenden zweckmäfsig sein. Die Anwendung einer einfachen Schutzschleuse würde jedoch in den meisten Fällen mit vielen Nachteilen behaftet sein und ist deshalb, wie bei den meisten gröfseren Deichschleusen, nicht gebräuchlich. Es pflegen vielmehr Ebbetore hinzugefügt zu werden, weil es fast stets erwünscht sein wird, dafs das Binnenwasser nicht unter ein gewisses Mafs hinabsinke, namentlich keine grofse Schwankungen durchmache. Durch letztere leiden nämlich fast sämtliche Ufer, wenn auch nur durch den wechselnden Erddruck und Gegendruck des Wassers; die Sohle des Binnengewässers mufs für die Schifffahrt eine tiefere sein, als bei der Innehaltung eines höheren Normalstandes und auferdem würde unter Umständen eine lästige Strömung eintreten können, besonders dann, wenn das Binnenwasser zugleich zur Entwässerung dient.

Der umgekehrte Fall, dafs nur das Binnenwasser zeitweilig zurückgehalten werden soll, also eine einfache Doeckschleuse genügt, ist weit häufiger. Er tritt namentlich dort ein, wo der Flutwechsel ein hoher und regelmäfsiger ist, wo das Binnenwasser, also der Wasserstand des Hafenbeckens, nahezu in der Höhe der gewöhnlichen Flut gehalten werden kann und wo die höheren Fluten ohne Schaden in den Hafen eintreten können. Da die Ufer der Hafenbecken oft schon infolge von Gleisanlagen eine hochwasserfreie Höhe erhalten müssen, so erscheint alsdann die Anbringung von Flutroten oder die Anordnung der Schleuse als Schutzschleuse nicht notwendig. Wo der Flutwechsel be-

sonders hoch, wie z. B. bei den meisten Flußmündungen und Häfen Englands, legt man wohl vor dem eigentlichen Dock<sup>4)</sup>, welches nur mit einfacher Dockschleuse bis zur Zeit des Hochwassers geschlossen ist, noch ein „Halbtidedock“ an, in welchem man mit Hilfe einer gleichen Dockschleuse einen Wasserstand von etwa halber Fluthöhe hält; der Nutzen solcher Anlagen für die Seehäfen wird in dem betreffenden Bande näher erörtert. Für die Schleusen ist die Anordnung insofern von Bedeutung, als jeder Abschluß nur etwa den halben Wasserdruck des ganzen, an einzelnen Orten bis über 10 m steigenden Flutwechsels zu ertragen haben.

In Wilhelmshaven beispielsweise vertritt bei der alten Hafeneinfahrt ein Vorhafen, welcher zwischen zwei Schleusenhauptern liegt, zugleich die Stelle eines Halbtidedocks, obgleich er außerdem als Kammer einer Kammerschleuse benutzt werden kann, während das Hafenbecken zu Leer durch eine einfache Dockschleuse abgeschlossen ist. Wenn bei sehr hohem Flutwechsel auf die für die Schifffahrt sehr bequeme und vorteilhafte Einrichtung eines Halbtidedocks verzichtet wird, so kann es wenigstens notwendig werden, der Dockschleuse zwei Tore dicht hintereinander zu geben, um mit Hilfe von Schützen den Wasserdruck gleichmäßig zu verteilen.

Da indessen in vielen Fällen auch von Dockhäfen ein zu hoher Aufsenwasserstand wegen niedriger Hafenufer abgehalten werden muß, und, wie bereits bei den Schutzschleusen gesagt wurde, meistens auch bei diesen das Zurückhalten eines gewissen Binnenwasserstandes erwünscht sein wird, so ist eine Verbindung von Schutz- und Dockschleuse besonders häufig. Es würde allerdings durch das Hinzutreten des Schutzschleusentores zu der Dockschleuse bei hohen Aufsenwasserständen die Frist für das Ein- und Auslaufen der Schiffe verringert. Die Schließung des Aufsen- oder Schutztores findet indessen meistens nur dann statt, wenn eine Sturmflut im Anzuge ist, was von den Hafenbeamten genügend sicher zu erkennen ist, sobald die Höhe des gewöhnlichen Hochwassers zu einer ungewöhnlich frühen Zeit unter entsprechenden Sturmerscheinungen wahrgenommen wird. Dagegen werden mäfsige Hochfluten, die den gewöhnlichen Dockstand nur um ein geringes Mafs überschreiten, ungehindert ein- und bei der nächsten Ebbe wieder ausgelassen. Diese Verbindung von Schutz- und Dockschleuse zeigen z. B. die Schleusen in den beiden neuen Becken in Bremerhaven und das Binnenhaupt der alten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven.<sup>5)</sup>

Die Kammerschleuse ist dagegen für Seehäfen mit starkem Flutwechsel seltener als die vorgenannten Dockschleusen. Es hat dies darin seinen Grund, dafs die gröfseren Schiffe dort meistens nur zur Zeit des Hochwassers ein- oder auslaufen können, weil das Aufsenfahrwasser gewöhnlich nur alsdann mit Sicherheit fahrbar ist. Die viel kostspieligere Kammerschleuse würde daher nur den kleineren Schiffen zu gute kommen, wenn nicht das Aufsenfahrwasser auch bei niedrigeren Ständen für grofse Schiffe tief genug sein sollte.

Dies, sowie die Schwierigkeit und Kostspieligkeit der tiefen Gründung war auch wohl der Grund, weswegen die zweite, jetzt mit No. I bezeichnete Hafeneinfahrt zu

<sup>4)</sup> In England werden alle abgeschlossenen Hafenbecken „Docks“ genannt, während dies Wort in Deutschland hauptsächlich für die zum Bau und zur Reparatur der Schiffe dienenden Trockendocks, mitunter aber auch statt „Hafenbecken“ gebraucht wird.

<sup>5)</sup> Lagepläne der Hafenbecken zu Bremerhaven und Wilhelmshaven findet man in Kap. XIX der 3. Aufl. „Seehäfen“, sowie in „Fortschritte der Ingenieurwissenschaften“, zweite Gruppe, 2. Heft (Leipzig 1894), Taf. II. Die Kammerschleuse der daselbst dargestellten Tilbury-Docks hat wegen sehr starken Flutwechsels drei Ebbetore erhalten.

Wilhelmshaven zwar als Kammerschleuse ausgeführt, aber die Kammersohle nur in der Höhe der Hafensohle angelegt wurde, so daß die tiefgehenden Schiffe nur bei höheren Wasserständen aus- und einlaufen können.

Bei geringerem Flutwechsel ist eine Kammerschleuse eher von Nutzen, weil die Schifffahrt dabei weniger von dem Stande der Ebbe und Flut abhängt, und die Schiffe durch die jederzeit mögliche Durchschleusung oft an Zeit und günstiger Gelegenheit sehr gewinnen können. Eine Kammerschleuse wird ferner geradezu notwendig, wenn das Binnenwasser wesentlich tiefer steht als die gewöhnliche Flut ausen, weil ein einfaches Haupt nur dann offen stehen würde, sobald das Ausenwasser nahezu die Höhe des Binnenwassers erreicht hätte. Alsdann würde aber das Ausfahren den größeren Schiffen wenig nützen können, weil sie erst zur Zeit des nächsten Hochwassers die nötige Fahrwassertiefe finden würden. So ist z. B. die Schleuse in Papenburg von L. Franzius aus diesem Grunde als Kammerschleuse entworfen, obgleich die ältere Schleuse (Taf. I, Abb. 6) nur eine Schutzschleuse mit einem Ebbetore war, um den normalen Binnenstand im Kanale zurückzuhalten. Reine Kammerschleusen für Seeschiffe sind u. a. ausgeführt für die Tilbury-Docks (vergl. Anm. 5) und die Victoria-Docks, London (Taf. III, Abb. 16 bis 20), auch für den Hafen zu Bordeaux (dasselbst Abb. 4 bis 6).

Aus demselben Grunde, aus dem eine Dockschleuse oft mit einer Schutzschleuse verbunden wird, erhält eine nach innen kehrende Kammerschleuse noch ein Fluttore und wird dadurch zugleich Schutzschleuse gegen höhere Fluten, so z. B. die große auf Taf. III dargestellte Schleuse zu Geestemünde. Diese hält in dem Hafenbecken nahezu die Höhe der gewöhnlichen Flut, sie gestattet dabei als Kammerschleuse bei niedrigerem Ausenwasser jederzeit die Durchschleusung, obgleich vorzüglich nur zu Gunsten kleiner Schiffe; das bei höheren Fluten zu schließende Fluttore hält aber die um 4 m über gewöhnliche Flut steigenden Sturmfluten von dem Becken ab, dessen Ufer nur die Höhe von 2,2 m über gewöhnlicher Flut haben.

Die in den Abb. 7, 8, 9 u. 21, Taf. III dargestellte Schleusenanlage bei Emden besteht aus zwei zu verschiedenen Zeiten nach verschiedenen Gesichtspunkten erbauten Schleusen. Der ältere, im Jahre 1848 erbaute Teil ist die in Abb. 21, Taf. III mit Schutzschleuse bezeichnete, aus zwei nebeneinander liegenden, ähnlichen Schleusen bestehende Anlage, der neuere, 1880 begonnene Teil ist eine mit Seeschleuse bezeichnete Kammerschleuse. Die ältere Schleuse diente dreierlei Zwecken; sie sollte mit Hilfe eines das Binnenfahrwasser zu beiden Seiten einschließenden Winterdeiches zunächst die Hochfluten von der Stadt Emden abhalten<sup>6)</sup>, als Zugang zu dem Hafen derselben dienen und endlich das in diesen Hafen sich ergießende Binnenwasser eines großen Teiles von Ostfriesland bei Ebbe mit Hilfe der Ebbetore aufstauen. Als Schutzschleuse wurde sie wegen des bis 6 m hohen Wasserdrucks mit zwei hintereinander liegenden Flutoren erbaut. Bei Erbauung des Ems-Jade-Kanals (Bd. VII) wurde nun zur Gewinnung einer bequemen und jederzeit zugänglichen Einfahrt die oben erwähnte Kammerschleuse angelegt. Sie bedurfte nur eines Fluttores, weil für die Binnenentwässerung (vergl. 3. Aufl., Kap. XIII, S. 7) anderweitig gesorgt wurde, so daß nunmehr der Wasserspiegel im Hafen stets auf Höhe etwa der gewöhnlichen Flut gehalten werden kann.

Die vollkommenste, aber auch kostspieligste Anordnung endlich ist die einer Kammerschleuse, in deren beiden Häuptern zwei nach jeder Richtung kehrende Tore

<sup>6)</sup> Lahmeyer, Über Sicherung der Stadt Emden gegen Sturmfluten u. s. w. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1853.

liegen. Eine solche Schleuse wird nützlich oder notwendig, wenn bald auf der einen und bald auf der anderen Seite das Wasser höher steht und trotzdem fast jederzeit die Schiffe fahren können und sollen. Dies wird vorzugsweise nur bei geringem Flutwechsel der Fall sein und besonders dann, wenn auch der Binnenwasserstand Schwankungen ausgesetzt ist. So haben z. B. die auf Taf. III dargestellten Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals doppelte Tore nach beiden Richtungen. Denn der gewöhnliche Flutwechsel beträgt an der Nordsee-Mündung nur 1,4 m, so daß bei etwas unregelmäßigem Verlauf der Flut das Binnenwasser bald höher, bald niedriger als das Außenwasser stehen kann.

Ähnlich sind auch die in Abb. 13, Taf. I hinsichtlich ihrer Lage dargestellten Kammerschleusen des Hafens zu Harburg mit doppelten Flut- und Ebbetoren eingerichtet. Die Elbe hat bei Harburg 1,24 m gewöhnliches Flutintervall, wobei jedoch die höchste Sturmflut um 3,7 m über gewöhnliche Flut steigt und die niedrigste Ebbe noch 0,91 m unter das gewöhnliche Niedrigwasser hinabfällt, so daß der ganze Wasserstandsunterschied 5,85 m beträgt. Da die Wasserstände der Elbe bei Harburg sowohl von der Flutwirkung als auch von dem Oberwasser der Elbe abhängen und sehr häufig sich auch die Höhen des Hochwassers und des Niedrigwassers verändern, so würde weder mit einfachen Ebbetoren noch mit einfachen Flutturen eine bequeme Verbindung des Hafens mit der Elbe bewirkt worden sein. Wegen einer Wassermühle, die den Hafenspiegel als Unterwasser benutzte, mußte außerdem lange Zeit dieser Spiegel möglichst niedrig gehalten werden, wogegen die Einrichtung der Schleusen einen fast beliebigen Stand zwischen Niedrig- und Hochwasser gestattet.<sup>7)</sup> Hierher gehören ferner die Schleusengruppe des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden (Abb. 1 bis 3, Taf. III) und die Schleusengruppe des Nordsee-Kanals bei Amsterdam (Abb. 3 des XIII. Kapitels der 3. Aufl.). Neuere Beispiele sind die Schleuse der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven (jetzt No. I) und die Schleuse der Hafenerweiterung zu Bremerhaven (vergl. Anm. 5), ferner die neue Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden. — Einige der besprochenen Schleusen haben außer den Toren an den Enden noch ein, selbst zwei Tore in der Mitte erhalten, teils größerer Sicherheit wegen, teils um beim Durchschleusen kleiner Schiffe Zeit zu sparen.

Endlich seien noch die Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanales erwähnt, welche gleichfalls nicht nur in beiden Endhäuptern, sondern auch noch in dem Mittelhaupte nach beiden Richtungen kehrende Torpaare haben, s. Abb. 59, § 12 (Schleuse bei Holtenau). Der normale Wasserspiegel des Kanales sollte dem Mittelwasser der Ostsee bei Kiel oder — 0,23 N. N. entsprechen. Die Ostseeschleusen sollten aber so lange offen bleiben, als der Spiegel der Ostsee nicht mehr als 0,5 m über oder unter Mittelwasser sich bewegt. Die Flut- oder Ebbetore dieser Schleusen müßten also geschlossen werden, wenn bereits nach der einen oder anderen Richtung hin Strömung durch die Kammern geht. Ebenso sollten die Elbschleusen bei Brunsbüttel (Abb. 13, Taf. VIII) so lange offen bleiben, als der Kanal nach der Elbe hin entwässert und der Elbe-Spiegel nicht tiefer sinkt, als ungefähr  $\frac{1}{2}$  m unter gewöhnlichem Niedrigwasser auf — 2 m N. N. Auch an der Elbe werden also die Tore, welche gegen den Kanal kehren, stets bei Strömung geschlossen werden müssen, die bis 0,8 m i. d. Sekunde betragen kann. Es ist aber auch der Fall nicht ausgeschlossen, daß die gegen die Elbe kehrenden Flutture geschlossen werden müssen, während bereits eine Strömung von der Elbe zum

<sup>7)</sup> Näheres s. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, März.

Kanale durch die Schleusen geht, wenn nämlich die Schleusenwärter bei beginnender Flut vergessen sollten, die Fluttore rechtzeitig zu schliessen, oder sonstige Störungen vorkommen. Um nun den Schlufs der Flut- und Ebbetore auch dann ohne Gefahr für diese und für die Bewegungsvorrichtungen vornehmen zu können, wenn die Strömung in den Schleusen bereits ziemlich bedeutend ist, sind im Mittelhaupte derselben sogenannte Sperrtore eingerichtet. Die Konstruktion dieser Sperrtore wird in § 19 beschrieben werden.

Diese Endschleusen sind Doppelschleusen. Man hat anfangs in Erwägung gezogen, ob des grosen zu erwartenden Verkehrs wegen neben einer gewöhnlichen Schleuse eine Kesselschleuse nicht zweckmäfsiger sei, als eine Zwillingsschleuse, hat aber diesen Plan mit Recht fallen lassen, weil selbst in Brunsbüttel beide Schleusen täglich längere Zeit offen sein werden, so dafs ganze Flotten ein- und ausfahren können, ohne zu schleusen.

In Holtenua werden die Schleusen sogar jährlich im Durchschnitt nur an etwa 25 Tagen geschlossen werden müssen, während der übrigen Zeit aber offen bleiben. Es erscheint, nebenbei bemerkt, unter diesen Verhältnissen von wirtschaftlichem Standpunkte aus zweifelhaft, ob es richtig war, hier ein Bauwerk zu errichten, das im Bau und namentlich im Betriebe ebenso kostspielig ist, als die Schleuse in Brunsbüttel.<sup>5)</sup>

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dafs die Lage der Seeschleusen in vielen Fällen durch zweckmäfsige Anordnung der zugehörigen Einfahrten (s. § 14) bedingt wird.

**§ 4. Abmessungen. Weite, Tiefe, Kammerlänge und Höhe.** Es sind hierunter nur diejenigen Abmessungen verstanden, welche auf den Schiffahrtsbetrieb von Einfluss sind oder richtiger von ihm abhängen. Weil nämlich eine einzige Schleuse durch zu geringe Weite, Länge oder Tiefe es bewirken kann, dafs Schiffe, welche sonst mit Nutzen einen Flufs oder Kanal befahren oder einen Hafen besuchen könnten, ihrer Gröfse wegen davon ausgeschlossen werden müssen, so ist es im höchsten Grade notwendig, die Abmessungen jeder neuen Schleuse oder gar einer Reihe von Schleusen dem Bedürfnisse der Schiffahrt entsprechend zu bestimmen. Weil aber andererseits mit der Vergröfserung jedes einzelnen der fraglichen Mafse die Kosten der betreffenden Teile des Bauwerks schon in mehr als einfachem Verhältnisse wachsen, die drei Hauptabmessungen sich aber meistens gegenseitig bedingen, so wird man auch sich scheuen, darin zu weit zu gehen. Dazu kommt, dafs zu grofse Mafse bei Kanälen wegen des unnützen Wasserverlustes und bei Seeschleusen wegen der schwierigeren Handhabung geradezu nachteilig sind.

Für jeden Kanal, jeden Flufs und jedes Fahrwasser für Seeschiffe mufs also die Gröfse der Schleusen eine möglichst angemessene sein. Es darf dabei, wenn die Verbesserung der Tiefenverhältnisse eines natürlichen Gewässers in naher Zeit erwartet werden kann, eine entsprechende Vergröfserung der Abmessungen über das zur Zeit vorliegende Bedürfnis hinaus nur alsdann unterlassen werden, wenn man etwa gerade jenes Umstandes wegen vorläufig in Holz oder in ähnlicher Weise baut, oder wenn eine spätere Vermehrung der Zahl der Schleusen von vornherein notwendig erscheint. Dies ist z. B. bei manchen neuen Hafenanlagen der Fall, für welche sowohl eine stetige Zunahme des Verkehrs bis zu gewissen Grenzen, als auch eine Verbesserung des Fahrwassers erwartet werden darf. In solchen Fällen erscheint es oft zweckmäfsig, die erste Schleusenanlage nur nach dem zeitweiligen Bedürfnisse einzurichten und die An-

<sup>5)</sup> Neuerdings wird die Schleuse in Holtenua früher geschlossen, als anfänglich beabsichtigt war, weil die Strömung im Kanal zu stark wurde.

lage einer größeren Schleuse der Zukunft vorzubehalten. Es kommt dabei noch der allgemeine Gesichtspunkt zur Geltung, dafs für manche Verhältnisse es am vorteilhaftesten ist, Schleusen von verschiedener Gröfse nebeneinander zu besitzen und für die entsprechenden Schiffe zu benutzen.

Um nun für die drei aus der Art der schiffbaren Gewässer sich ergebenden Hauptarten von Schleusen, Kanalschleusen, Flussschleusen und Seeschleusen, eine allgemeine Grundlage für die Bestimmung der Weite, Tiefe und Länge zu gewinnen, ist es zunächst nötig, den für die verschiedenen Schiffsgattungen notwendigen Spielraum bei der Durchschleusung zu bestimmen. Wenn dann in dem einzelnen Falle die Mafse der zu erwartenden größten Schiffe mit genügender Sicherheit ermittelt sind, so bedarf es nur der Addition der betreffenden Mafse, um die Abmessungen der zu erbauenden Schleuse zu erhalten.

Für alle Schiffe kann man im allgemeinen behaupten, dafs sie um so schwerer genau zu leiten und mit Vermeidung von Gegenstößen durch eine Schleuse zu bringen sind, je größer sie sind. Deshalb sollte auch der Spielraum wenigstens nach Breite und Länge der Schiffsgrofse entsprechen. Da jedoch alle Kanal- und Flussschiffe wegen der im Verhältnis zu ihrem Gesamtgewicht größeren Länge und geringeren Tiefe leichter von aufsen oder mit Hilfe äußerer Stützpunkte zu leiten sind, als die kürzeren und tieferen Seeschiffe, während diese dem Winde eine ungleich größere Angriffsfläche bieten und oft gerade bei heftigem Winde und bewegtem Aufsenwasser noch sicher durchgeschleust werden müssen, so ergibt sich die Notwendigkeit, für Seeschleusen größere Spielräume als für Binnenschleusen anzunehmen. Weiter kommt noch in Betracht, ob die Schiffe nur langsam in die Schleuse hineingezogen werden, wie dies bei allen Kammerschleusen geschehen mufs, oder ob sie mit einer größeren Geschwindigkeit einfach hindurchfahren, wie dies bei vielen Dockschleusen gestattet wird und des regen Verkehrs wegen notwendig ist. Nach allem diesem ist es erklärlich, dafs der Spielraum nach der Breite sich tatsächlich zwischen 10 cm und etwa 2 m auf jeder Seite bewegt (vergl. auch die §§ 14 u. 27).

Der Spielraum nach der Tiefe hängt nicht so sehr von der Gröfse der Schiffe und ihrer Lenkbarkeit ab, als davon, ob die Schiffe stets in ruhigem Zustande durchgeschleust werden oder ob sie unter Umständen noch in einer gewissen Schwankung von vorn nach hinten sich befinden können, ferner ob sich zwischen Schleusenboden und Schiff fremde Körper befinden, wie z. B. bei großen Schleusen die Zugketten für die Tore oder nicht (s. § 22). Für Kanalschleusen kann abgesehen von der Wirkung der Öffnungen zum Füllen und Leeren der Kammer eine völlig ruhige Lage der Schiffe angenommen werden. Ein gewisses Schwanken der Schiffe ist dagegen schon bei Flussschleusen möglich, bei den meisten Seeschleusen aber, welche unmittelbar an einem weiten, offenen Wasser liegen, fast unausbleiblich und um so größer, wenn, wie bei manchen Dockschleusen, die Schiffe unmittelbar und ohne erst zur Ruhe zu kommen vom offenen Wasser in den Hafen einlaufen.

Es kommt aber auch in Betracht, dafs bei wichtigen Schiffahrtskanälen auf eine demnächstige Vertiefung des Kanals Rücksicht zu nehmen ist, ferner sollte man überall da, wo die Gründung der Schleuse keine Schwierigkeiten bietet, die Tiefe reichlich bemessen, um das Ein- und Ausfahren der Schiffe zu erleichtern. Versuche von Barbet<sup>9)</sup> haben ergeben, dafs bei einem seitlichen Spielraum der 1,8 m tief gehenden

<sup>9)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1885, II. S. 727. — Desgl. F. B. de Mas, Recherches experimentales sur le matériel de la batellerie, und Werneburg, Der Schiffswiderstand und sein Einfluss auf den Bau und Betrieb von Kanälen. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 485.

und 5 m breiten Schiffe von je 0,1 m, der Widerstand beim Einfahren mit zunehmendem Abstände des Schiffsbodens vom Drempe! anfangs sehr rasch, danach langsam abnahm, so dafs 0,45 bis 0,5 m als das relativ günstigste Mafs für diesen Abstand gelten kann.

In der Länge genügt bei Kammerschleusen ein mäfsiger Spielraum zwischen den Begrenzungen der sogenannten nutzbaren Länge der Kammer. Diese Grenzen sind einerseits der Anfang der unteren Torkammer, andererseits bei Schleusen ohne Fallmauer die Verbindungslinie der Wendenischen des Oberhauptes, bei Schleusen mit Fallmauer aber die Verbindungslinie der Anschlüsse dieser Mauer an die Seitenwände. Die Länge des Steuerruders der Schiffe kommt in der Regel nicht in Anrechnung. Bei Seeschiffen insbesondere kommen nur die festen Teile des Rumpfes in Betracht, indem das Bugspriet, sowie die etwa über dem Heck (Hinterteil) hervorragenden Teile der Takelage frei über der Oberkante der Tore hinwegragen.

Wie nun bei der Bestimmung der Breite hauptsächlich die feste Einfassung der Tore, sowie die Seitenwände der Kammer und der Vorschleusen in Frage kommen und in der Regel die Weite im Tore selbst die kleinste ist, so ist für die Tiefe vorzüglich die Höhe des Drempe!s maßgebend. Es muß jedoch die Tiefe stets für den kleinsten Wasserstand bemessen werden, bei welchem noch die Schifffahrt ganz oder vorkommendenfalls nur in eingeschränktem Mafse zu gestatten ist.

Nach dem Obigen sind entsprechend der verschiedenen Gröfse der Schiffe, der Geschwindigkeit, mit welcher sie in die Schleuse einfahren, sowie der etwaigen schwankenden Bewegung, die sie während der Fahrt noch besitzen, die in nachstehender Tabelle angegebenen Spielräume zu geben:

| Arten der Schleusen               | Breite |     | Tiefe |     | Länge |     | Bemerkung  |
|-----------------------------------|--------|-----|-------|-----|-------|-----|--|
|                                   | von    | bis | von   | bis | von   | bis |  |
| Kanalschleusen . . . . .          | 0,1    | 0,2 | 0,2   | 0,5 | 0,5   | 1,0 | Der Spielraum der Breite ist für jede Seite, also doppelt, derjenige der Tiefe und Länge nur einfach zu rechnen. |
| Flufsschleusen . . . . .          | 0,15   | 0,3 | 0,25  | 0,5 | 1,0   | 1,5 |  |
| Seeschleusen mit Kammer . . . . . | 0,3    | 1,0 | 0,3   | 0,5 | 1,5   | 2,0 |  |
| Einfache Dockschleusen . . . . .  | 1,0    | 2,0 | 0,3   | 0,5 | —     | —   |  |

Hierzu ist noch zu bemerken, dafs man die Spielräume für die Breite und Länge einschränken wird, wenn es an Speisewasser für den Kanal gebricht. Dagegen sollte man mit der Tiefe niemals sparen, denn mit dem abnehmenden Widerstande beim Einlaufen der Schiffe in die Schleuse nimmt naturgemäfs auch die hierfür aufzuwendende Zeit ab und damit sinken wieder die Betriebskosten. Bei Kanälen mit vielen Schleusen kann die auf diese Weise zu erzielende Ersparnis recht bedeutend werden (vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 494).

Endlich ermöglicht man dadurch, dafs man die Drempe! möglichst tief legt, auch noch eine Kanalvertiefung in engen Grenzen ohne gleichzeitigen Umbau der Schleusen (vergl. auch § 5).

Was nun die Mafse der Schleusen selbst anlangt, so ist es unmöglich, dafür bestimmte und allgemein gültige Zahlen anzugeben. Es kommt eben auf die vorhandene oder zu erwartende Gröfse der größten Schiffe an. Hinsichtlich der Flufs- und Kanalschleusen muß auf das Bezug genommen werden, was im X. Kapitel der 3. Aufl. unter „Schifffahrtsanlagen“ und im XV. Kapitel der 3. Aufl. unter „Voruntersuchungen“ gesagt ist. Für Flufsschleusen ist noch besonders zu beachten, ob aufer den eigentlichen Lastschiffen auch noch Dampfschiffe zum Schleppen oder für die Personenbeförderung verkehren.

Dies pflegt bei Kanälen seltener vorzukommen, bei Flüssen jedoch die Regel zu sein. Bei einem größeren, teils aus Flüssen, teils aus Kanälen bestehenden Wasserstraßennetze wird man gut tun, den Kanalschleusen solche Abmessungen zu geben, daß die flacher aber breiter gebauten Flufsschiffe mittlerer Größe auf die Kanäle übergehen können, wobei vorausgesetzt wird, daß auch die Kanäle genügende Breite erhalten, um das Begegnen zweier Flufsschiffe zu gestatten. Dadurch wird wenigstens der Verkehr der Flufsschiffe für das ganze Netz zu jeder Zeit gesichert, wenn schon die tiefer und schmaler gebauten eigentlichen Kanalschiffe die Flüsse mit voller Ladung nur bei günstigen Wasserständen befahren können.<sup>10)</sup>

Die größten Verschiedenheiten zeigen begreiflicherweise die Seeschleusen. Es gibt manche nur für kleine Küstenfahrer bestimmte Schleusen von etwa 6 m Weite, wogegen für die größten Schiffe einzelne Kammerschleusen und manche Dockschleusen sogar 30 m Weite haben. Die größte Tiefe überstieg früher selten 7,5 m unter dem niedrigsten Spiegel, bei dem noch Schiffe von etwa 7 m Tiefgang einlaufen sollten. Die Länge der Kammerschleusen, hinter denen ein Dock mit fast vollem Flutstande liegt, wird oft nur für mittlere Schiffe bestimmt, so daß längere Schiffe gezwungen werden, erst nach einer Ausspiegelung des äußeren und inneren Wassers durchzufahren. So ist z. B. der Geestemünder Schleuse nur eine nutzbare Kammerlänge von 73 m gegeben, während die größten im Bau begriffenen Dampfschiffe jetzt über 200 m lang sind. Die größere der beiden älteren Nordseeschleusen des Amsterdamer Kanals hat 120 m zwischen den zusammengehörenden Drepelspitzen, also nach Abzug der Dicke eines Tores reichlich 119 m. Es ist bei ihr nur auf Segel- und Schraubenschiffe gerechnet und die Weite zu 17,27 m bestimmt, während bei der Geestemünder Schleuse mit 23,35 m Weite in der Höhe der gewöhnlichen Flut auch auf große Raddampfer Rücksicht genommen wurde. Eine Schleuse des Kanada-Docks in Liverpool hat dagegen rd. 30 m Weite und 150 m Länge zwischen den Toren, während die beiden Schleusen der 3. Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven, deren Bau bevorsteht, 250 m nutzbare Länge, 34 m Breite und 10 m Tiefe über dem Drempeel bei normalem Niedrigwasser erhalten. Desgleichen beträgt die lichte Länge der großen Kaiserschleuse in Bremerhaven 223,2 m, die Breite der Durchfahrt 28 m, die Tiefe über dem Drempeel bei gewöhnlichem Hochwasser 10,56 m.<sup>11)</sup> Die Länge der neuen Schleuse bei Ymuiden ist 225 m, wenn mit den äußeren Toren geschleust wird, die lichte Torweite 25 m und der Drempeel liegt 10 m unter Null des Amsterdamer Pegels oder 10,71 m unter mittlerem Hochwasser, 9,08 m unter mittlerem Niedrigwasser.

Wenn die Mittel knapp sind, empfiehlt es sich jedenfalls am meisten, die Länge der Schleuse nur nach dem näheren Bedarf zu bestimmen, weniger aber an der Breite und am wenigsten an der Tiefe zu sparen, denn die Länge der Schleuse läßt sich bei späterem Bedarf am leichtesten vergrößern, weit schwerer die Breite, ohne unverhältnismäßige Kosten aber niemals die Tiefe.

Die Höhe der Seitenwände muß nach dem Zweck der Schleuse und der Belegenheit bestimmt werden. Es ist jedoch die Höhe der Tore von ebenso großer Bedeutung; diese wird im § 15 für die einzelnen Fälle näher besprochen werden. In der Regel

<sup>10)</sup> Sympher, Die Schleusengröße der neuen Kanalentwürfe. Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 180.

<sup>11)</sup> Vergl. „Fortschr. der Ing.-Wissensch.“, zweite Gruppe, 2. Heft, S. 72. Dasselbst S. 8 u. ff. findet man Angaben über die Größe u. s. w. neuerer Seeschiffe. — Vergl. ferner Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1900, S. 656.

werden die Seitenwände wenigstens neben den Torsäulen etwas höher als die Tore gehalten, um letztere besser verankern zu können.

Im übrigen sei auf die im Texte und auf den Tafeln enthaltenen Beispiele verwiesen.

## B. Die Schleusenkörper.

(85 Textabbildungen.)

**§ 5. Bauweise des Schleusenkörpers im allgemeinen. Untergrund, Baustoffe. Bedeutung der Schleuse und Kostenvergleichung.** Im nachfolgenden seien die Bedingungen für die Wahl des Baustoffes und der Bauweise einer Schleuse besprochen, wobei zunächst nur die festen Teile, der sogenannte Schleusenkörper, im Gegensatze zu den beweglichen Teilen, den Toren nebst ihrem Zubehör, in Betracht gezogen werden sollen. Im allgemeinen kann dabei gesagt werden, daß die Bauweisen der Schleusen in neuerer Zeit bei den verschiedenen Nationen sehr viel ähnlicher geworden sind, als sie vordem waren. Es sind die durchdachten und bewährten Formen beibehalten, während die aus Vorurteil oder Gewohnheit entstandenen Anordnungen sich nahezu verloren haben.

Die heutzutage in jedem Lande noch auftretenden Verschiedenheiten haben besonders in örtlichen Umständen ihren Grund. Die Beschaffenheit des Untergrundes bestimmt in erster Linie die mit Rücksicht auf sichere und gute Ausführung zu befolgende Bauweise und die Wahl des Baustoffes hängt von den sich nach der Örtlichkeit richtenden Preisen ab, zugleich allerdings von der größeren oder geringeren Bedeutung der ganzen Schleuse oder gewisser Teile, also von dem Grade der verlangten Dauerhaftigkeit. Dies mag nun, abgesehen von allen besonderen Fällen und Fragen, im großen und ganzen näher untersucht werden.

Im allgemeinen kann man von den Schleusen sagen, daß sie meistens auf ungünstigem Baugrunde erbaut werden müssen. Dieses gilt jedoch am wenigsten für die Kanalschleusen, von denen ein großer Teil und vorzüglich die der oberen Haltungen meistens auf festem Boden liegen. Bei den unteren Haltungen dagegen werden vielfach die Täler kleiner Flüsse aufgesucht; dann treffen die Schleusen schon häufiger auf lose angeschwemmten Boden. Die neben Wehren anzulegenden Schleusen finden in stark fließenden Flüssen meistens einen aus einzelnen festen, aber leicht beweglichen Teilen bestehenden Untergrund, ferner eine im offenen Wasser liegende Baustelle und verlangen daher umfangreiche Sicherungsmaßnahmen gegen das Fortschwimmen der losen Bodenteile und umständliche oder eigentümliche Hilfsmittel zur Ausführung. Die schwierigsten Fälle bieten jedoch in der Regel alle Seeschleusen, zunächst wegen ihrer größeren Tiefe gegen das offene Wasser und sodann deshalb, weil sie oft in tiefliegenden Marschen mit schwammigem Untergrunde erbaut werden müssen.

Die Marsch besteht in der Regel aus einem von gewöhnlicher Flut abwärts etwa einen bis einige Meter tief reichenden Klauboden, dann folgt ein mehrere (oft bis 16) Meter tief zusammengeschwemmter Moorschlamm oder gewachsener Dargboden. Der Boden einer 7 bis 8 m unter gewöhnlichem Hochwasser tiefen Schleuse erreicht also in manchen Fällen noch längst nicht den festen Untergrund. Das in seinem Querschnitte U-förmige Bauwerk, welches nur in seinem Boden eine Querverbindung besitzt, dabei eine Lichtweite von 20 bis 30 m und eine Länge von 50 bis 250 m hat, soll

nun zeitweilig und wechselnd an einzelnen Stellen einen Überdruck des Wassers von etwa 4 bis 12 m ertragen und trotzdem nicht im geringsten seine Form verändern oder undicht werden. Es ist schon hiernach ohne weiteres klar, daß große Seeschleusen auf weichem Untergrunde und bei hohem Wasserdruck im Entwurf und in der Ausführung zu den allerschwierigsten Aufgaben gehören. Es kann unter Umständen notwendig sein, das Bauwerk wie einen schwimmenden Kasten, also einem Schwimmdock ähnlich, herzustellen, nur mit dem Unterschiede, daß es in allen Fällen genügendes Gewicht haben muß, um nicht aufzutreiben (vergl. § 9). Die Schwierigkeit der Trockenlegung großer und tiefer Baugruben in der Nähe offener Wasserflächen und die Kosten, welche ein Durchbruch des Wassers verursacht, wächst natürlich mit der Ausdehnung des Bauwerkes. Aus diesem Grunde erscheint von vornherein für alle großen und tiefen Seeschleusen die früher gebräuchliche Bauweise mit Abdämmungen und starkem Wasserschöpfen für die Ausführung von hölzernen oder auf Holz ruhenden steinernen Böden nur noch selten mit Vorteil anwendbar. Es werden wegen der schwierigeren Ausführung Holzböden in solchen Fällen reichlich so teuer als Steinböden.

Es ist daher erklärlich, daß man in neuerer Zeit für solche Schleusen sich mehr denjenigen Bauweisen zuneigt, bei welchen man ganz oder fast unabhängig wird von dem stärksten Wasserdruck und wobei die teuren und oft kaum genügend stark zu machenden Abdämmungen, sowie das kostspielige und manchmal die Gefahren nur vergrößernde Wasserschöpfen fortfallen oder auf ein sehr bescheidenes Maß beschränkt werden. Das geschieht durch Anwendung eines über die ganze Sohle des Bauwerkes sich erstreckenden Betonfundamentes, welches, mit Hilfe von Kästen oder noch besser von Trichtern unter Wasser hergestellt, vor dem Auspumpen der Baugrube die Sohle dichtet. Wo aber wegen zu weichen Baugrundes die Ausführung einer durchgehenden Sohle einen Bruch in der Mitte befürchten lassen könnte (vergl. § 6 und § 12), bietet die Prefsluftgründung ein auch unter den schwierigsten Verhältnissen nie versagendes Mittel zur Herstellung, sei es nur der Mitte der Sohle oder des ganzen unter Wasser liegenden Teils des Bauwerkes. Auch Senkbrunnen oder Senkpfeiler hat man ohne Hilfe von Prefsluft zur Herstellung der Seitenwände angewendet (§ 12), jedoch kann diese Bauweise nicht sonderlich empfohlen werden und wird neben der inzwischen wesentlich entwickelten Prefsluftgründung besonders für die Schleusenhäupter kaum noch Verwendung finden. Bei diesen ist der einheitliche Zusammenhang besonders wichtig und ein solcher ist mit der Prefsluftgründung viel leichter herzustellen, als mit Brunnen. Anders ist es mit der Schleusenkammer. Bei dieser ist eine geringe Verschiebung der Wände gegeneinander weniger bedenklich, die Versteifung durch einen massiven Boden daher nicht unbedingt nötig.

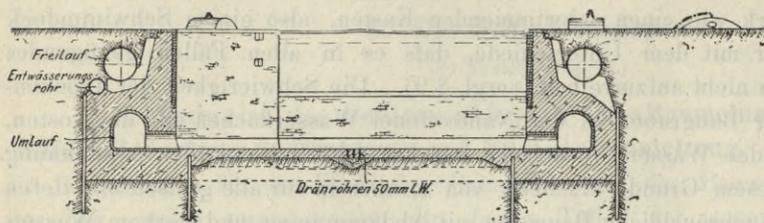
Bei einzelnen Schleusenbauten, welche in die Zeit fielen, in welcher die Herstellung größerer Betonbetten unter Wasser besondere Aufnahme fand, ist man augenscheinlich in der Ausstattung der Kammersohle zu weit gegangen und hat diese unnötig stark gemacht.

Möglicherweise hat dabei auch der Umstand mitgesprochen, daß man Brüche in den Betonsohlen beobachtete, wenn die Seitenmauern auf dieselben gesetzt wurden; man glaubte diese vermeiden zu müssen und verstärkte daher die Sohlen (vergl. § 6).

Erwägt man aber, daß an Schleusen, die nur als solche und nicht auch gleichzeitig als Trockendocks dienen, also trocken gelegt werden sollen, im Grunde genommen keine anderen Ansprüche in Bezug auf Dichtigkeit gestellt zu werden brauchen, als an die an das Oberhaupt anschließende Kanalstrecke, so wird man zur Wahl verschiedener

Bauweisen für Häupter und Kammer gelangen. Man wird dann jedes Haupt und jede Kammerwand als selbständiges Bauwerk behandeln und die Kammersohle nachträglich nur soweit abdichten und befestigen, als es der Baugrund und das beim Füllen der Kammer einströmende Wasser verlangt.

Abb. 14.



Diese Bauweise zeigen tatsächlich die neuesten See- und Kanalschleusen, z. B. die Borssumer Schleuse, bei der die Kammersohle nur abgepfastert ist (Abb. 40), die neue

große Kaiserschleuse in Bremerhaven, die nur als Schleuse dienen soll (Taf. V, Abb. 1 bis 10) und die Schleusen des Elbe-Trave-Kanals (Abb. 14).

Die Schleusenhäupter und die Kammermauern des Elbe-Trave-Kanals bilden selbständige Betonkörper, zwischen denen man zur Verhinderung von Rissebildungen Trennfugen anordnete. Die Trennfugen wurden nachträglich durch Einlagen von Band-eisen, die mit teergetränktem Werg umwickelt waren, gedichtet.

Die Sohle ist nur mit einer 400 mm dicken Betonschicht abgedeckt, die mit Draht-einlagen verstärkt und gegen den Auftrieb durch eine Drainage mit dem Unterwasser verbunden ist.

Diese Betonschicht schützt die Schleusen-kammer vollständig vor Wasserverlust, wenn die Kammer mit dem Oberwasser in Verbindung steht. Es ist dies eine billige, sehr nachahmenswerte Bauweise, die auch den Forderungen der Statik durchaus entspricht.

Baustoffe. Es kommen vorzugsweise gute Steine und hydraulischer Mörtel, Holz und Eisen in Betracht, während Buschwerk und rohe Steine nur in untergeordneter Weise Platz finden.

Man kann die Verwendung großer Betonmassen geradezu bahnbrechend für den Bau der Seeschleusen und der ihnen verwandten Trockendocks ansehen. Obwohl die erwähnten Schwierigkeiten und Gefahren der tiefen Schleusen dabei sehr vermindert werden, so erfordert doch die Betonierung eine große, kaum zu übertreibende Vorsicht, um Quellen und hohle Räume unter dem Boden zu vermeiden. Es kommt nämlich für eine oft 1 ha und darüber große Bodenfläche, welche, wenn auch nur für kurze Zeiten, einem 10 bis 15 m Druckhöhe entsprechenden Auftriebe ausgesetzt ist, auf vollständige Dichtigkeit und genügende Festigkeit gegen Zerbrechen an (vergl. § 6), wobei fast stets eine ungleich höhere Beanspruchung des Betons eintritt, als z. B. bei Fundamenten von Brückenpfeilern, welche nur den einfachen senkrechten Druck des Bauwerks zu ertragen haben. Erst durch die Vervollkommnung der Betonmaschinen und der zum Absenken dienenden Apparate ist die sichere Herstellung so großer Betonplatten ermöglicht.

In neuerer Zeit wird die Anwendung des Betons eine immer umfassendere und allgemeinere. Nicht nur zur Schüttung der Böden unter Wasser, sondern auch zur Herstellung der Seitenwände in trockener Baugrube oder unter der Taucherglocke ist der Beton dem Mauerwerk aus vielen Gründen vorzuziehen; um nur einige anzuführen, sei auf die billigere und schnellere Herstellung des Betons gegenüber dem Mauerwerk, ferner auf die leichter zu erreichende Gleichmäßigkeit und Dichtigkeit hingewiesen.

Von den Steinen sind vorzüglich die gewöhnlichen Backsteine zur Herstellung großer Massen, besonders der Hintermauerung, die Klinker für etwaige Bögen und für die Verblendung der äußeren schlichten Flächen, endlich die Werksteine oder Quader für alle Kanten, Vorsprünge und besondere Sicherheit erfordernden Teile zu verwenden. Bruchsteine dürfen nur ausnahmsweise, wenn sie sehr lagerhaft und gleichmäßig dick sind und wenn anderes Material nur mit unverhältnismäßigen Kosten zu beschaffen ist, angewandt werden, dabei fast stets nur zur Hintermauerung. Denn es läßt sich bei ihnen trotz sorgfältiger Aufsicht kaum vermeiden, daß in den Stofs- und Lagerfugen hohle Räume bleiben. Bei allem Schleusenmauerwerk ist aber Wasserdichtigkeit das erste und wichtigste Erfordernis, weil der häufige Wechsel der Wasserstände auch die kleinsten Fugen zu erweitern und miteinander zu verbinden sucht. Ist aber erst in größerem Umfange ein Netz von Fugen und Hohlräumen entstanden, so ist die Haltbarkeit des Mauerwerks gegen zeitweilige hohe Wasserdrücke, gegen das Anstossen großer Schiffe oder die nicht immer zu vermeidenden Erschütterungen bei dem Zuschlagen der Torflügel nur noch eine sehr geringe. Es gibt Beispiele, daß Schleusen, die aus Bruchsteinen erbaut waren, schon nach einigen Jahrzehnten baufällig geworden sind. Ein Beton aus Bruchsteinschotter ist daher stets dem eigentlichen Mauerwerk vorzuziehen.

Fast ebenso notwendig als die Lagerhaftigkeit und der gute Verband aller zu den eigentlichen Mauern zu verwendenden Steine ist die Wetterbeständigkeit aller äußeren bald der Luft, bald dem Wasser ausgesetzten Steine. Von Backsteinen sind deshalb unbedingt nur wirklich glasig gebrannte Klinker verwendbar, d. h. solche, die bei dem Brennen zu einer dichten und glasharten Masse geschmolzen sind. So lange weichere und poröse Stellen darin bleiben, erfüllen sie nicht die Bedingungen der völligen Wetterbeständigkeit. Man darf jedoch nicht zu weit in dem Grade des Zusammenschmelzens gehen, weil dabei die Steine teils rissig werden, teils zu sehr die regelmäßige Form verlieren und keine dichte Mauerung gestatten. Bei den norddeutschen Klinkern ist deshalb die braune Farbe in der Regel der violettblauen vorzuziehen. Da nun, wie schon erwähnt, alle vorspringenden Teile wegen des Anstossens von Schiffen, die Wendischen auch behufs Bildung genau gekrümmter Flächen aus Werksteinen ausgeführt werden müssen, das Werksteinmauerwerk aber bei genauer Arbeit sich im allgemeinen weniger setzt als Backsteinmauerwerk, so muß das letztere, soweit es sich mit den Anforderungen einer genügenden Ausfüllung aller Fugen verträgt, mit möglichst engen Fugen und nicht zu rasch aufgemauert werden. Man wird sonst Risse im fertigen Mauerwerk kaum vermeiden können.

Alle Werksteine müssen bei genügender Wetterbeständigkeit und Härte eine sehr sorgfältige Bearbeitung auch der Stofs- und Lagerfugen erhalten, um die an den Bruchsteinen gerügten Nachteile nicht ebenfalls zu zeigen. Die Sorgfalt bei der Ausfüllung der Fugen kann nicht übertrieben und nur mit Erfolg geübt werden, wenn die Quader mittels guter Hebezeuge vorsichtig in ein volles Mörtelbett gesetzt werden. Das trockene Versetzen und nachherige Vergießen ist zwar weit einfacher und billiger, wird auch stets von den Unternehmern vorgezogen, gibt jedoch keine genügende Sicherheit.

Anstatt der Werksteine wendet man neuerdings als Verkleidung der Wendischen, Ecken u. s. w. auch wohl Gußeisen an. Man vermeidet dabei das ungleiche Setzen des Werkstein- und Backsteinmauerwerks.

Zum Mörtel eignen sich gute, langsam bindende und nicht bei dem Binden ge-  
deihende oder treibende Zemente, oder als Zusatz zum gewöhnlichen Kalk ein aus  
sicherer Quelle stammender, möglichst fein gemahlener Trafs. Für alle bis zur Höhe

des gewöhnlichen Wasserwechsels unter Wasser liegenden Teile der Schleuse ist unbedingt die beste Mischung eines langsam, aber auch nicht zu langsam bindenden Mörtels zu nehmen, während für das obere Mauerwerk ein durch größeren Sandzusatz billiger kommender Mörtel zulässig ist. Da an jedem Ort die Auswahl der verschiedenen hydraulischen Mörtel ein andere ist, und das Mischungsverhältnis von den einzelnen Bestandteilen abhängt, so muß eine sorgfältige Erkundigung nach den Eigenschaften der angebotenen Mörtel und möglichst eine Untersuchung vieler Proben auf Zug, Druck, Schwinden oder Schwellen der Wahl der Mörtelstoffe und ihres Mischungsverhältnisses vorangehen. Bei Seeschleusen ist Trafmörtel oder wenigstens Zementmörtel mit Trafszusatz dem reinen Zementmörtel vorzuziehen.

Von Hölzern eignen sich alle Nadelhölzer, besonders Kiefernholz, zu den Ramm-pfählen, Spundbohlen, Belagbohlen und den gegen Wasserbewegung oder starken Druck und sonstige Angriffe geschützt liegenden Teilen am besten. Sie besitzen die größere Elastizität und sind am besten in großen Längen geradfaserig zu erhalten. Zu allen stark durch Druck, Stofs, Wasserbewegung u. s. w. beanspruchten, zeitweilig an der Luft liegenden Holzteilen ist unbedingt hartes Holz, in Deutschland meist nur Eichenholz zu verwenden, so z. B. zu den DrempeIn, frei liegenden Gurten oder Holmen, und allen aus dem Wasser in die Luft reichenden Stücken der in Holz erbauten Schleusen. Ein großer Übelstand ist für Deutschland, daß die inländischen Eichen von großer Dicke und Länge so selten geworden sind, daß oft zahlreiche Bäume gefällt und geschnitten werden müssen, bis sich darunter endlich ein maßhaltendes und hinreichend fehlerfreies Stück, z. B. für die Schlagschwellen oder die Mittelschwelle einer großen Schleuse findet. Des zu großen Wertes und des mit bestimmten Abmessungen verbundenen Verlustes wegen werden solche Hölzer selbst von großen Holzhandlungen nicht vorrätig gehalten. Es ist deshalb mehrfach notwendig geworden, so z. B. bei der Papenburger Schleuse, wo die Mittelschwellen etwa 16 m lang sind, ausländisches Holz (kanadisches Eichenholz) zu verwenden.

Da die Dauer guter Hölzer, wenn sie stets unter Wasser liegen und weder der Strömung, noch Angriffen des Bohrwurms ausgesetzt sind, als unbegrenzt gelten kann und hartes Holz bei zweckmäßiger Anordnung auch über dem Wasser eine Dauer von 15 bis 30 Jahren erlangt, so ist die Verwendung des Holzes zum Schleusenbau durchaus nicht zu unterschätzen. Die wichtigsten Vorzüge des Holzbaues sind dabei: die Billigkeit, die kurze Zeit zur Herstellung und das geringe Gewicht bei etwaigem schlechten Untergrunde. Der Holzbau ist also in solchen Fällen besonders in Erwägung zu ziehen, wo die Ausführung steinerner Schleusen sehr schwierig und kostspielig sein würde, und wo es außerdem nicht unwahrscheinlich ist, daß nach einer kurzen Reihe von Jahren infolge gestiegener Bedeutung der ganzen Anlage eine größere Schleuse erwünscht sein wird. Über die Einzelheiten des Holzbaues s. § 9 u. 11.

Das Eisen, und zwar in seinen verschiedenen Arten, als Gußeisen, Flußeisen, Stahl und Schmiedeeisen, hat im allgemeinen nur bei den Toren (s. § 14 u. 19) die Bedeutung eines selbständigen Baustoffes, während es bei dem festen Schleusenkörper nur als Hilfsmittel zur Verbindung anderer Stoffe, besonders der Hölzer, neuerdings auch als Einlage in den Beton zur Verstärkung von dessen Zugfestigkeit, auftritt. Über die vereinzelt vorkommende Verwendung in größerem Maße s. § 13. Ebendasselbst sind auch die anderen ausnahmsweise zu verwendenden Baustoffe besprochen.

Bedeutung der Schleusen. Was nun die Bedeutung der Schleusen anlangt, so wird die Verschiedenheit am deutlichsten durch zwei Fälle entgegengesetzter Art.

Wenn z. B. es sich um die Anlegung eines Moorkanals handelt, welcher eine früher völlig unwegsame und wüste Gegend erst aufschließen und zunächst nur dem Transport des gewonnenen Torfes dienen soll, so wird in vielen Fällen, wenn nicht durch die günstige Lage eine baldige gröfsere Bedeutung des Kanals gewifs ist, es zweifelhaft bleiben, ob der Kanal nur diesen örtlichen landwirtschaftlichen oder auch den allgemeinen Verkehrszwecken zu dienen haben wird. Für die ersteren Zwecke reichen meistens sehr kleine Abmessungen aus, während für letztere gröfsere wünschenswert sind. In solchen Fällen ist ein billiger Holzbau vorteilhaft und zwar in einer Gröfse, welche den zunächst absehbaren Verhältnissen entspricht, weil sich nach etwa 30 Jahren die wirtschaftlichen Zustände der Umgegend wahrscheinlich sehr geändert haben werden. Dazu kommt, dafs im eigentlichen Hochmoor Holz sich verhältnismäfsig lange hält und leicht zu befördern ist, während vor Eröffnung eines Schiffahrtsweges das schwere Steinmaterial nur mit ganz unverhältnismäfsigen Kosten auf den Platz zu bringen sein würde. Diesem Falle, wo der Holzbau anfangs entschieden den Vorzug verdient, steht derjenige gegenüber, wo es sich um die Erbauung einer grofsen Seeschleuse eines schon bestehenden Hafens handelt. Hier wird die Bedeutung der Schleuse in keiner Weise zweifelhaft sein. Wegen der grofsen Schwierigkeit des Baues und der sich anschließenden kostspieligen Nebenarbeiten erscheint es nicht zweckmäfsig, eine wenn auch in den Baustoffen billige, aber nur kurze Dauer versprechende Schleuse zu erbauen. Eine gröfsere Ausbesserung oder eine Erneuerung würde später dem Handel unberechenbare Nachteile zufügen können, wenn nicht etwa eine zweite Schleuse während jener Zeit zu benutzen wäre. Es mufs also im allgemeinen, je gröfser die Bedeutung der Schleuse ist, auch ihre Bauweise um so dauerhafter sein.

**Kostenvergleichung.** Wenn in einzelnen Fällen die vorstehenden allgemeinen Betrachtungen über die Bedeutung der Schleuse und die baulichen Umstände bei ihrer Herstellung nicht ausreichen, um die Wahl des Stoffes und der Bauweise zu entscheiden, so bedarf es einer Kostenvergleichung. Hierbei sind jedoch zu unterscheiden die reinen Anlagekosten und die für die Unterhaltung und Erneuerung aufzuwendenden Kosten. Die ersteren ergeben sich nach Aufstellung der miteinander in Vergleich zu ziehenden Entwürfe, welche dabei nur im grofsen zu bearbeiten sind, jedoch alle wichtigen Nebenarbeiten, wie Abdämmung, Wasserschöpfen mit zu umfassen haben. Sehr oft genügt allein ein solcher Vergleich der ersten Anlagekosten, namentlich dann, wenn die verfügbaren Geldmittel sehr beschränkt sind und eine billige, übrigens zulässige Ausführung einer teureren gegenübersteht. In einigen Fällen dagegen wird es jedoch notwendig sein, auch die nach der Erbauung aufzuwendenden Unterhaltungs- und Erneuerungskosten miteinander zu vergleichen.

Die gesamte aus der ersten Anlage und der Verpflichtung zur Unterhaltung und Erneuerung sich ergebende Baulast  $X$  für ein bereits bestehendes Bauwerk ist in Geld ausgedrückt:

$$X = \frac{\beta}{z} K + \frac{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n \left[\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1\right]},$$

worin  $K$  das Neubaukapital,  $z$  den Zinsfuß in Prozenten, z. B. 3, 4 oder 5 u. s. w.,  $\beta$  den Prozentsatz der durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten von  $K$ , also  $\frac{\beta}{100} K$  die jährliche Unterhaltung ausdrückt, während  $m$  und  $n$  die Zahl von Jahren bezeichnen, welche das Bauwerk von seinem Neubau bzw. vom gegenwärtigen Zeitpunkte stehen kann. Für ein neues oder zu bauendes, aber fertig gedachtes Bauwerk ist also  $n = 0$  zu setzen und man kann alsdann die Gleichung schreiben:

$$X = \frac{\beta}{z} K + \frac{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1} = \frac{\beta}{z} K + K + \frac{K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1}.$$

In der letzten Form stellt das erste Glied auf der rechten Seite die kapitalisierte Unterhaltungslast dar, das zweite Glied das einfache Neubaukapital, das dritte bedeutet endlich das Kapital, welches  $m$  Jahre verzinst wieder aufs neue das nötige Neubaukapital ergibt nebst dem zur Bildung nach  $m$  Jahren immer

wieder erforderlichen Überschusse. Es kommt nun darauf an, für eine Schleuse von der gegebenen Lage und Benutzung die Werte von  $\beta$  und  $m$  nach Erfahrung aus anderen ähnlichen Fällen zu bestimmen. Bei dem Werte  $\beta$  wird es sich um eine ordnungsmäßige Instandhaltung handeln, wobei also übertriebener Luxus ebenso ausgeschlossen ist als eine nachlässige Unterhaltung. Letztere würde nicht allein für den Durchschnitt der ganzen Neubauperiode  $m$ , durch das sich am Ende notwendig steigende Unterhaltungsbedürfnis, den Wert  $\beta$  mindestens ebenso hoch halten als eine ordnungsmäßige und immer rechtzeitig eintretende Unterhaltung, sondern sie würde auch daneben die Neubauperiode  $m$  zum Schaden des Verpflichteten verkürzen. Für den Körper einer steinernen Schleuse kann  $m$  je nach der Güte der Ausführung, dem Grade der Benutzung u. s. w. zu 100 bis 200 Jahren, für den einer aus Eichenholz gebauten Schleuse dagegen zu 30 Jahren gerechnet werden. Der Prozentsatz  $\beta$  der jährlichen Unterhaltungskosten ist für Mauerwerk je nach der Güte der Baustoffe sehr verschieden. Da die Unterhaltung — eine Schleuse ohne gebrochene Sohle vorausgesetzt — sich wesentlich nur auf die Instandhaltung der Ansichtsflächen beschränkt, so werden die Kosten auch desto geringer werden, je größer das Bauwerk ist. Für vier Trockendocks in Kiel hat die Unterhaltung des Mauerwerks z. B. nur 0,035% des Herstellungswertes für 1 Jahr erfordert. Es ist jedenfalls ausreichend  $\beta$  für Mauerwerk je nach den Verhältnissen zwischen 0,2 bis 0,75, für Holz 3 bis 4 zu setzen.

Für den Boden der Schleuse wird man in den meisten Fällen eine längere Dauer als für die Seitenwände annehmen dürfen. Von merklichem Einfluß in der Rechnung ist dies jedoch höchstens bei reinen Holzschleusen, da die  $m$ te Potenz für Steinbau ohnehin so groß ist, daß das dritte Glied der letzten Gleichung immer sehr klein ausfällt. Die Rechnung wird übrigens um so genauer, je mehr man die ungleichartigen Teile voneinander getrennt behandelt.

Für die Tore wird, je nachdem sie aus Holz oder Eisen bestehen,  $m$  zu 15 bis 20 oder 40 bis 50 und  $\beta$  zu 2 oder 1 bis  $1\frac{1}{4}$  zu setzen sein. Die Unterhaltung eiserner Tore, die dem Seewasser ausgesetzt sind, wird mehr kosten, als solcher, welche sich im Süßwasser befinden. Ferner wird die Unterhaltung desto kostspieliger werden, je älter die Tore werden. Bei verhältnismäßig neuen Schwimmdocks in Kiel und Danzig (erstere älter und mehr gebraucht) sind bis jetzt jährlich für die Unterhaltung 4,23 bzw. 3 M. für jede Tonne Eisen oder im Mittel etwa 1% des Neuwertes verausgabt.

**§ 6. Theorie der Schleusenkörper.** Die nachstehenden Betrachtungen sollen sich vorwiegend auf diejenigen theoretischen Ableitungen beschränken, welche eine besondere Eigentümlichkeit des Schleusenbaues bilden. Es sollen dabei gleichzeitig die nahe verwandten Trockendocks mit behandelt werden, weil die Beanspruchung von Boden und Wänden dieser Bauwerke gleichsam die Grenzfälle der Schleusenbeanspruchung liefert.

Zunächst werde eine Schleuse oder ein Dock in Steinbau von einfachem Querschnitt in Kastenform betrachtet, wie ihn Abb. 15 zur einen Hälfte zeigt.

Die Seitenwand oberhalb der Linie  $yy$  wird ähnlich beansprucht, wie eine Stützwand. Von außen wirkt der Erddruck oder bei größerem, lehmfreien Hinterfüllungsboden Wasserdruck und Erddruck; von innen wirkt ein verschieden hoher Wasserdruck, der bei Docks sehr oft ganz fehlt und auch bei Schleusen zeitweise fehlen kann, wenn nämlich zum Zwecke von Ausbesserungen in der Sohle die Schleuse trocken gelegt werden muß.

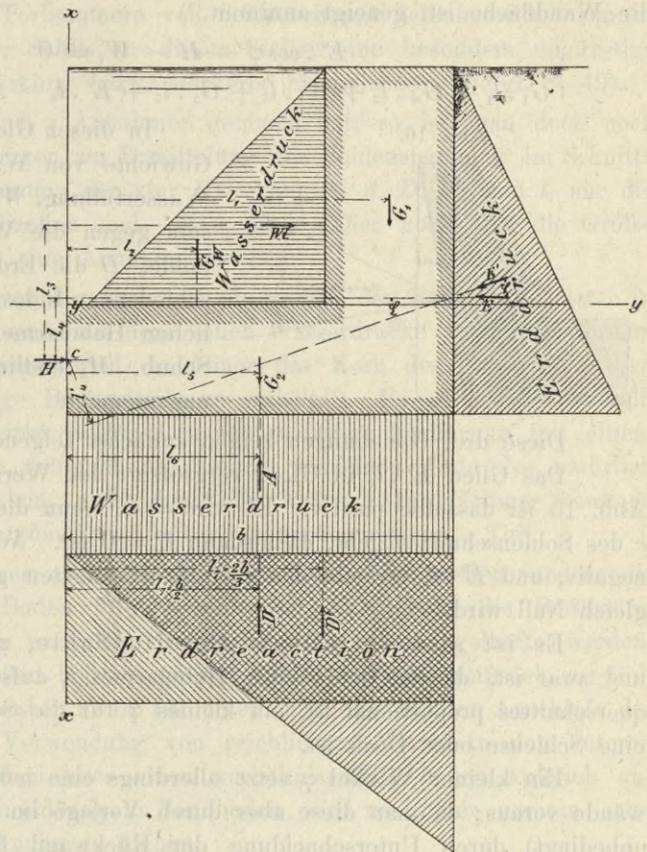
Die Berechnung der Wand allein bis zur Linie  $yy$  bietet daher nichts neues und kann nach der in dem ersten Bande dieses Handbuches (3. Aufl.) im Kap. V: „Stütz- und Futtermauern“ behandelten Weise ausgeführt werden, wobei indessen folgende Eigentümlichkeit der Schleusenwände zu beachten ist. Wie Häseler in genanntem Kapitel zeigt, kann bei gewöhnlichen Stützmauern angenommen werden, daß die Richtung des Erddrucks mit der Senkrechten zur gedrückten Wandfläche den natürlichen Böschungswinkel (oder genauer, den Reibungswinkel für Boden an Mauerwerk) einschließt, weil, wenn anfänglich der Erddruck gegen die Wandfläche auch senkrecht gerichtet sein sollte, wie dies nach den Versuchen von Donath<sup>12)</sup> wahrscheinlicher ist, die Mauer

<sup>12)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1891.

infolge des Erddrucks sehr bald eine kleine Kippbewegung machen würde, welche zur Folge hätte, daß nachher die Richtung des Erddrucks um den Reibungswinkel gegen die Senkrechte zur Fläche geneigt sein müßte. Bei Schleusenwänden ist dies keineswegs immer der Fall. Der

Abb. 15.

Erddruck wird allerdings wie bei einer gewöhnlichen Stützmauer unter dem Reibungswinkel geneigt wirken, wenn man zuvor die Sohle fertigstellt, darauf die Seitenwände ganz aufführt und diese zum Schlufs mit Boden hinterfüllt, denn bei solcher Bauweise würde die letzte Bewegung der Seitenwand sicher ein Nachinnenneigen infolge des zuletzt zur Wirkung kommenden Erddrucks sein. Diese Bauweise ist aber für die Sohle selbst, wie wir weiter unten sehen werden, sehr gefährlich, weil sie bei weichem Untergrunde in der Längsaxe der Schleuse einen Bruch erzeugen würde. Hinterfüllt man aber die auf den Sohlenenden allmählich aufwachsenden Seitenwände fortschreitend mit Boden, so ist es zweifelhaft, wie der Erddruck gerichtet sein wird, wenn



das Bauwerk beendet ist. Die Seitenwand macht nämlich in diesem Falle einmal eine Bewegung nach außen infolge der durch die Last der Seitenwand erzeugten Durchbiegung der Sohle, außerdem aber wie vorher die Bewegung nach innen, infolge des Erddrucks gegen die Wand, so daß es unbestimmt bleibt, wie sich diese beiden Bewegungen schließlichs zusammensetzen. Man wird daher gut tun, bei der Bestimmung der Form und Stärke der Seitenwände die Bauweise derselben zu berücksichtigen und nötigenfalls den Erddruck wagerecht gerichtet anzunehmen. Bei dieser (ungünstigsten) Berechnungsweise würde allerdings die zulässige Kantenpressung des Mauerwerks entsprechend hoch angenommen werden können.

Betrachtet man nun den Schnitt  $xx$  durch die Mitte der Sohle (Abb. 15), so werden zur rechnerischen Ermittlung der hier auftretenden Spannungen die bekannten allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen eines Systems von unveränderlich verbundenen materiellen Punkten dienen. Es muß also:

1. die Summe der auf den halben Schleusenquerschnitt wirkenden senkrechten Kräfte  $\Sigma V = 0$  sein;
2. die Summe der wagerechten Kräfte  $\Sigma H = 0$  und endlich
3. die Summe der Momente  $\Sigma M = 0$  sein.

Stellt man nach Abb. 15 die drei Gleichungen auf, so erhält man:

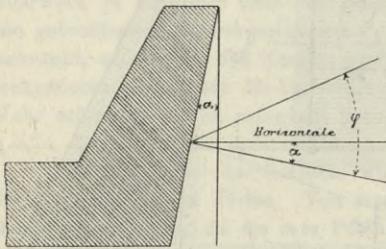
$$G_1 + G_w + G_2 + E' \cdot \sin \varphi - A - D = 0, \dots \dots \dots 1.$$

wenn man zunächst den Erddruck mit dem Wasserdruck vereint in der Lage  $E'$  unter dem Winkel  $\varphi$  gegen die Horizontale, welche hier gleichzeitig die Senkrechte gegen die Wandfläche ist, geneigt annimmt.<sup>19)</sup>

$$E' \cdot \cos \varphi - H - W_i = 0 \dots \dots \dots 2.$$

$$G_1 \cdot l_1 + G_w \cdot l_2 + W_i \cdot l_3 + G_2 \cdot l_5 + E' \cdot l_4 - A \cdot l_6 - D \cdot l_7 - M_x = 0 \dots \dots 3.$$

Abb. 16.



In diesen Gleichungen bedeuten  $G_1$  und  $G_2$  die Gewichte von Wand und Sohle,  $G_w$  Gewicht der Wasserfüllung,  $W_i$  den Horizontalschub dieses Wassers gegen die Wand,  $A$  den Auftrieb gegen die Sohle,  $D$  die Erdreaktion gegen diese,  $l$  mit verschiedenem Index die aus der Abbildung ersichtlichen Hebelarme,  $H$  den in der Sohle auftretenden Schub,  $M_x$  endlich das daselbst vorhandene Biegemoment.

Diese drei Gleichungen zeigen zunächst folgendes:

Das Glied  $E' \cdot l_4$  in Gl. 3 vergrößert den Wert von  $M_x$ . In der Darstellung der Abb. 15 ist dasselbe positiv. Es wird  $= 0$ , wenn die Richtung von  $E'$  durch die Mitte  $c$  des Sohlenschnittes geht, da alsdann  $l_4 = 0$  ist. Wird  $\varphi$  noch kleiner, so wird  $E' \cdot l_4$  negativ, und  $E' \cdot l_4$  erreicht den für  $M_x$  günstigsten größten negativen Wert, wenn  $\varphi$  gleich Null wird.

Es ist also vorteilhaft für die Sohle,  $\varphi$  möglichst klein zu nehmen und zwar ist, da die Größe des Hebelarmes  $l_4$  außerdem der Breite des Schleusenquerschnittes proportional ist, ein kleines  $\varphi$  für die Sohle um so wirksamer, je breiter eine Schleuse oder Dock ist.

Ein kleiner Winkel  $\varphi$  setzt allerdings eine hohe Kantenpressung für die Seitenwände voraus; da man diese aber durch Vorlage im Innern und (bei Docks wenigstens unbedingt) durch Unterschneidung der Rückwand herabmindern kann, während die Sicherung der Sohle gegen Aufbrechen schwieriger ist, so bleibt es für den ganzen Querschnitt vorteilhaft,  $\varphi$  möglichst klein zu nehmen. Es ist daher für die Standsicherheit vorteilhaft, die Außenflächen der Seitenwände recht glatt zu machen, um möglichst geringe Reibung zu erzielen. Es ist ferner nützlich, zur Hinterfüllung möglichst reinen Sand zu verwenden, in welchem der volle Wasserdruck zur Geltung kommt, eine Forderung, die bei Schleusen allerdings im ganzen Umfange nicht durchführbar ist. Bei solcher Hinterfüllung hat man als äußeren Druck gegen die Seitenwand den stets senkrecht zur Wandfläche gerichteten vollen Wasserdruck und außerdem den Erddruck, je nach der Herstellungsweise senkrecht oder unter einem kleinen Winkel gegen die Senkrechte zur Wand geneigt. Das Gewicht  $\gamma$  des Bodens, soweit dieser sich im Grundwasser befindet, hat man aber in diesem Falle wegen des Gewichtsverlustes durch Eintauchen im Wasser nur mit rd. 1 t für das cbm in die Rechnung einzufügen. In dieser Weise ist bei den weiter unter folgenden zeichnerischen Untersuchungen stets verfahren.

<sup>19)</sup> Wenn die Wandfläche nicht senkrecht ist, sondern um den Winkel  $\alpha$  von der Senkrechten abweicht und  $\varphi$  wieder der Reibungswinkel zwischen Mauerfläche und Hinterfüllungserde ist (Abb. 16), so lautet das vierte Glied der Gl. 1:  $E' \cdot \sin (\varphi - \alpha)$ .

Die für die Sohle günstige Wirkung des Erd- und Wasserdruckes auf die Seitenwände fällt nur ganz vorn an den Häuptern, wo sich Flügel- oder Kaimauern anschließen, ganz fort, während anderseits die Belastung der Sohle an ihren Enden durch die Wände, welche hier besonders stark sind, auch eine besonders hohe ist. Ähnlich verhält es sich bei den Torkammern von Schleusen mit Schiebetoren. Daraus folgt, daß die Beanspruchung der Sohle an diesen Stellen eine besonders ungünstige ist. Sie bedarf hier einer Verstärkung bezw. stärkerer Eiseneinlagen (vergl. S. 49).

Wenn man nun über  $E$  und  $\varphi$  Annahmen gemacht hat, so ist man doch noch nicht imstande, jene drei Gleichungen zur Ermittlung der Sohlenspannung im Schnitte  $xx$  zu benutzen, weil zur Bestimmung der vier Unbekannten  $A$ ,  $D$ ,  $M_x$  und  $l_7$  nur die beiden Gleichungen 1 und 3 vorhanden sind. Man muß daher noch über die Größe des Auftriebs  $A$  gegen die Sohle eine Annahme machen.

Die Größe von  $A$  hängt von der Bodenart ab, welche den Baugrund bildet. In reinem grobem Sande oder Kies muß mit dem vollen Wasserdrucke gerechnet werden, während der Auftrieb um so geringer wird, je feiner das Korn des Baugrundes wird und je mehr lehmige oder tonige Bestandteile er enthält.<sup>14)</sup> Es wird daher überall, wo die Sohle eines Docks oder einer Schleuse in ebenso innige Berührung mit einem lehmigen oder tonigen Baugrunde gebracht ist, als die einzelnen Teile des natürlich gelagerten Bodens unter sich haben, nicht der volle Auftrieb zur Geltung kommen können, sondern nur ein — unter günstigen Umständen ganz geringer — Teil.

Aber einestheils ist es schwer, die Größe dieses Teils festzustellen, andertheils kann selbst bei undurchlässigem Boden infolge schlechter Ausführung die Berührung zwischen der Sohle des Bauwerks und dem Baugrunde eine so mangelhafte werden, daß an einzelnen Teilen, oder selbst bei der ganzen Sohle, der volle Auftrieb zur Geltung kommt. Es empfiehlt sich daher zwar, für einen möglichst dichten Anschluß der Sohle an den Baugrund durch Verwendung von reichlichem Mörtel in den unteren Schichten Sorge zu tragen, trotzdem aber einen verhältnismäßig hohen Auftrieb anzunehmen. Bei einigermaßen durchlässigem Sandboden wird es immer geraten sein, auch den vollen Auftrieb in Rechnung zu ziehen.

Hat man nach diesen Gesichtspunkten die Größe von  $A$  festgesetzt, so bleibt noch der Wert von  $l_7$ , des Hebelarms des Erddrucks  $D$  anzunehmen. Über die Größe desselben kann nur gesagt werden, daß wahrscheinlich  $\frac{b}{3} < l_7 < \frac{b}{2}$  ist. So lange die Sohle des Bauwerks sich noch nicht durchgebogen hat, ist die Festigkeit des Baugrundes (seine Gleichartigkeit vorausgesetzt) unter der ganzen Breite gleich groß und  $l_7$  muß  $= l_6 = \frac{b}{2}$  sein. Biegen sich aber die Enden der Sohle unter dem Gewichte der Seitenwände bei weichem Baugrunde nach unten, so wird die Verteilung ungleichmäßig und  $l_7$  nähert sich mehr dem Werte  $\frac{b}{3}$ .<sup>15)</sup>

Wenn man nun mit diesen Annahmen für  $A$  und  $l_7$  in die Diskussion der drei Gleichungen eintritt, so ergibt sich zunächst aus Gl. 3:

$$D = G_1 + G_2 + G_w + E' \cdot \sin\varphi - A \dots \dots \dots 4.$$

<sup>14)</sup> Zu vergleichen: L. Brennecke, Über die Größe des Wasserdruckes im Boden. Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 101.

<sup>15)</sup> Weitere Auseinandersetzungen hierüber findet man in: L. Brennecke, Über Berechnung und Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks. Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 523.

Der Wert  $G_w$  (Gewicht der Wasserfüllung) ist veränderlich und wird  $= 0$ , wenn das Dock oder die Schleuse leer sind; desgleichen ändert sich der Wert von  $A$  mit der Höhe des Grundwasserstandes. Daraus folgt, daß auch der Wert von  $D$  veränderlich ist und daß die Erdreaktion am kleinsten wird, wenn  $G_w = 0$  und  $A = \text{Maximum}$ ; dagegen am größten, für  $G_w = \text{Maximum}$  und  $A = \text{Minimum}$ . Der letztere Fall würde bei Schleusen vorhanden sein, wenn das Grundwasser um die Schleuse herum und unter dem Boden unter dem Druck des Unterwasserspiegels stände, was man bei Hinterfüllung der Seitenwände mit Sand oder Kies stets annehmen muß, während die Kammer selbst mit dem Oberwasser in Verbindung stände. Bei Docks dagegen wird insofern eine Beschränkung eintreten, als man den Grundwasserstand bei gleicher Hinterfüllung stets ebenso hoch als den freien annehmen kann. Der größte Wert von  $D$  wird also hier eintreten, wenn das Dock bei höchstem Wasserstande (aufsen und innen) voll Wasser ist.

Wie die späteren graphischen Untersuchungen zeigen, ist es für die Standfähigkeit des Bauwerkes von größter Wichtigkeit, daß der kleinste Wert von  $D$ , also:

$D_{\min} = G_1 + G_2 + E' \cdot \sin \varphi_{\min} - A_{\max} > 0 \dots \dots \dots 5.$   
genommen werde.

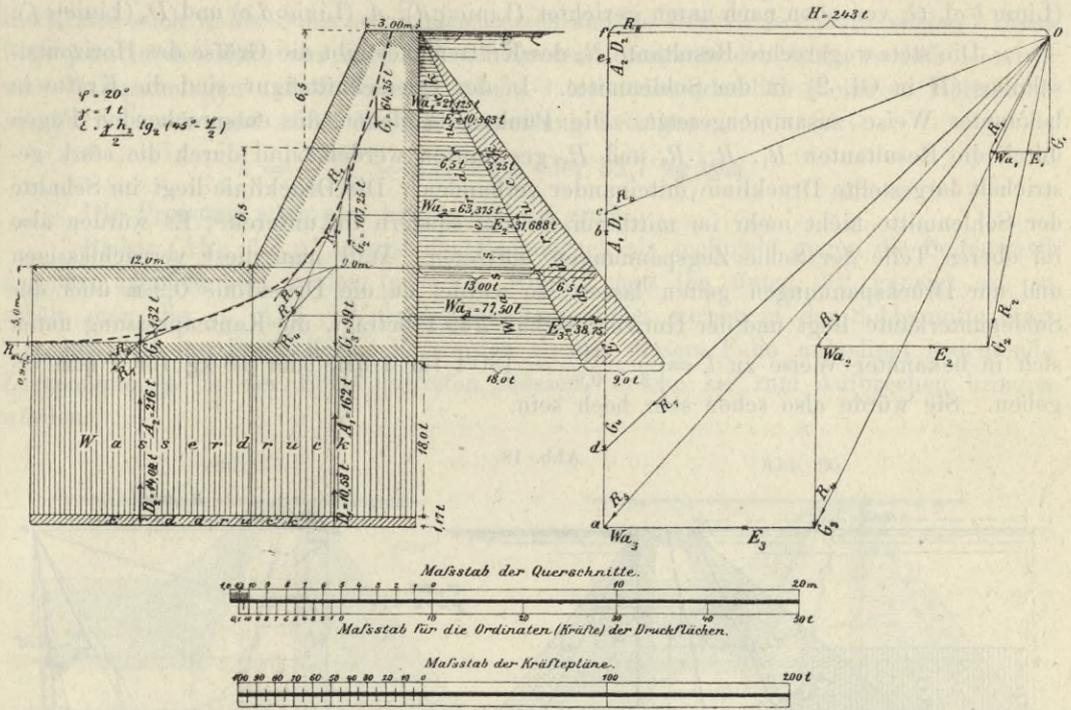
Um ein möglichst großes Gewicht des Bauwerkes ohne zu bedeutende Kosten zu erzielen, kann man alle Teile, welche weniger stark beansprucht werden, aus billigerem Stoffe (Sparbeton) herstellen, und wird dabei selbstverständlich bei gleichen Preisen dem schwereren Stoffe vor dem leichteren stets den Vorzug geben (vergl. § 8 u. 10).

Man könnte nun aus den Gleichungen 1 bis 3 für die verschiedenen maßgebenden Werte von  $G_w$ ,  $A$  und  $l_7 = \frac{b}{2}$  als dem ungünstigsten Falle, rechnerisch die Werte von  $M_x$  und  $H$  finden und aus beiden die Beanspruchung der Sohle in der Mitte berechnen. Sind die ermittelten Spannungen zu groß, so müßte man durch Änderung der Gewichte  $G_1$  und  $G_2$  und ihrer Hebelarme  $l_1$  und  $l_2$ , sowie durch Änderung der Form der Wände und Sohle, welche wieder eine Änderung der Größe und Richtung der Kräfte  $W$ ,  $E$ ,  $A$  und  $D$  bedingen, die Werte von  $M_x$  und  $H$  so lange zu vermindern suchen, bis die daraus sich ergebenden Spannungen in der Sohlenmitte in den gewünschten Grenzen bleiben. Dies Verfahren macht eine große Reihe von Versuchsrechnungen erforderlich und ist auch deswegen nicht empfehlenswert, weil es einen klaren Einblick in die statischen Verhältnisse des Querschnittes nicht bietet.

Einen solchen gewinnt man weit besser bei der graphischen Untersuchung, deshalb soll im Nachstehenden die Drucklinie für verschiedene Querschnitte und unter verschiedenen Annahmen für  $A$  und  $G_w$  ermittelt werden. Des leichteren Verständnisses halber werden die möglichst einfach gestalteten, beliebig gewählten Querschnitte nur in wenige große Streifen zerlegt. Um die Darstellung ferner zu vereinfachen, ist angenommen, daß das Hochwasser sowohl im Innern des Bauwerks, als auch in der durchlässigen Hinterfüllung der Seitenwände bis zur Oberkante der letzteren steige, das niedrigste Wasser dagegen 6,5 m niedriger sei.

Die Sohle sei zuerst ganz fertiggestellt, die Seitenwände seien alsdann darauf gesetzt und fortschreitend hinterfüllt. Infolge dieser Bauweise ist zunächst die Richtung des Erddrucks gegen die Seitenwände wagerecht angenommen (Abb. 17). Der Baugrund sei durchlässig, so daß auch hier mit dem vollen Auftriebe gerechnet werden muß. Der Wasserdruck beträgt also für 1 qm bei höchstem Grundwasserstande, wie ihn Abb. 17 zeigt, gegen die Sohle und die Seitenwände unmittelbar an der Sohle 18 t. Diese Größe hat also die Grundlinie des Dreiecks, welches den Wasserdruck gegen die Seiten-

Abb. 17.



Dieser Maßstab gilt auch für die Abbildungen 15, 18, 22, 23, 25, 30 bis 35.

wand, sowie die Höhe des Rechtecks, welches den Auftrieb  $A$  gegen die Sohle darstellt, zu erhalten. Die Größe des Erddrucks ist im ganzen  $E = \frac{\gamma h^2}{2} \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$  gesetzt, worin  $\gamma$  (mit Rücksicht auf den Gewichtsverlust durch Eintauchen in Wasser)  $= 1 \text{ t/cbm}$ ,  $h = 18 \text{ m}$ ,  $\varphi = 20^\circ$  genommen sind. Die einzelnen Teile von  $E$ , nämlich  $E_1$ ,  $E_2$  und  $E_3$  ergeben sich in bekannter Weise. Das Gewicht von  $1 \text{ cbm}$  frischen, wassergesättigten Mauerwerks sei  $= 2,2 \text{ t}$ . Die Abb. 17 zeigt zunächst die Drucklinie für das im Innern ganz wasserfreie Bauwerk, während außen der höchste Wasserstand herrscht. Diese Annahmen ( $G_w = 0$  und  $A = \text{Maximum}$ ) liefern also aus Gl. 5 den kleinsten Wert der gesamten Erdreaktion  $D$ , nämlich:

$$D = D_1 + D_2 = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + E \cdot \sin \varphi_{\min} - A_{\max}$$

oder, da  $\sin \varphi = 0$ , für  $1 \text{ m}$  Tiefe des Querschnittes:

$$D_1 + D_2 = 64,35 + 107,25 + 99 + 132 + 0 - 18 \cdot 21 = 24,6 \text{ t}$$

Wenn der Baugrund gleichmäßig fest ist, so wird auch die Erdreaktion gleichmäßig verteilt sein. Eine ungleichmäßige Verteilung kann erst eintreten, wenn der Boden infolge der durch das Gewicht der Seitenwände veranlassten Biegung der Sohle unter den Wänden stärker verdichtet wird als unter der Sohlenmitte. Für die spannungslose, noch nicht gebogene Sohle werden wir also die Reaktion für die ganze Sohlenfläche gleichmäßig verteilt anzunehmen haben und erhalten in dieser Weise als Höhe des Rechtecks, welches den Gegendruck darstellt, da die halbe Sohlenbreite  $21 \text{ m}$  beträgt,  $\frac{24,6 \text{ t}}{21 \text{ qm}} = 1,17 \text{ t}$  für  $1 \text{ qm}$ . Daraus ergeben sich die Werte von

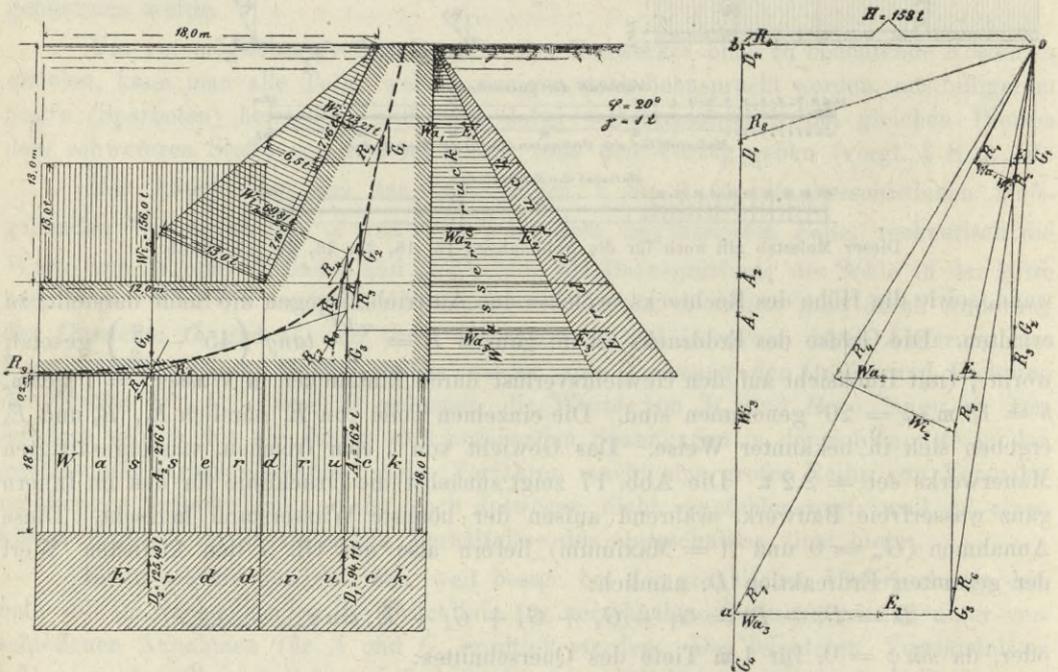
$$D_1 = 10,53 \text{ t} \text{ und } D_2 = 14,04 \text{ t}$$

Jetzt sind sämtliche Kräfte zur Darstellung des Kräfteplans gegeben.

Im Kräfteplan enthält die senkrechte Linie  $af$  die Kräfte  $A_1$  (Linie  $ab$ ),  $D_1$  (Linie  $bc$ ),  $G_4$  von oben nach unten gerichtet (Linie  $cd$ ),  $A_2$  (Linie  $de$ ) und  $D_2$  (Linie  $ef$ ).

Die stets wagerechte Resultante  $R_3$  des Kräfteplanes gibt die Gröfse des Horizontalschubes ( $H$  in Gl. 2) in der Sohlenmitte. In der Querschnittsfigur sind die Kräfte in bekannter Weise zusammengesetzt. Die Punkte, in denen die entsprechenden Fugen durch die Resultanten  $R_1, R_3, R_6$  und  $R_8$  geschnitten werden, sind durch die stark gestrichelt dargestellte Drucklinie miteinander verbunden. Die Drucklinie liegt im Schnitte der Sohlenmitte nicht mehr im mittleren Drittel, sondern im unteren. Es würden also im oberen Teile der Sohle Zugspannungen auftreten. Will man diese vernachlässigen und nur Druckspannungen gelten lassen, so würde, da die Drucklinie 0,9 m über der Sohlenunterkante liegt und der Horizontalschub 243 t beträgt, die Kantenpressung unten sich in bekannter Weise zu  $k = \frac{2}{3} \cdot \frac{243}{0,9} = 180 \text{ t}$  für 1 qm, oder 18 kg für 1 qcm ergeben. Sie würde also schon sehr hoch sein.

Abb. 18.



Wenn wir jetzt das Bauwerk ganz voll Wasser annehmen, wie dies Abb. 18 zeigt, so ändert sich die Erdreaktion  $D_1$  und  $D_2$ . Das in Gl. 4 mit  $G_w$  bezeichnete Gewicht des Wassers in der Schleuse ist  $= \frac{17 + 12}{2} \cdot 13 = 195 \text{ t}$  und es wird  $D_1 + D_2$  um ebensoviele größer, also gleich  $195 + 24,6 = 219,6 \text{ t}$  und zwar  $D_1 = 94,11 \text{ t}$  und  $D_2 = 125,49 \text{ t}$ .

Anstatt  $D$  aus Gl. 3 oder 4 zu berechnen, kann man hierfür auch den Kräfteplan benutzen. Man zerlegt die Resultante der auf die Seitenwand wirkenden Kräfte  $R_1$  in Abb. 18 in ihre senkrechte und wagerechte Seitenkraft. Zu ersterer  $ab$ , welche man abgreift, zählt man  $G_4$  und  $W_3^1$  (den Druck des Wassers auf den mittleren Teil der Sohle) und zieht den gesamten Auftrieb  $A = A_1 + A_2$  ab.

Man hat dann wieder sämtliche Kräfte, um den Kräfteplan fertig zu zeichnen, die Kräfte auch in der Sohle zusammzusetzen und die Drucklinie einzuzichnen. Diese liegt jetzt in der Mitte nur noch 0,2 m über der Unterkante der Sohle, so daß — wenn man Zugspannungen außer Betracht läßt — trotz des erheblich kleineren Horizontal-schubes von nur rund 158 t die Kantenpressung betrüge:

$$k = \frac{2 \cdot 158}{3 \cdot 02} = 527 \text{ t/qm oder } 52,7 \text{ kg/qcm.}$$

Die Pressung wäre also bereits viel zu groß.

Bisher (Abb. 17 u. 18) ist der Bodendruck als senkrecht gegen die Seitenwand gerichtet angenommen worden ( $\varphi = 0$ ). Nimmt man ihn unter  $20^\circ$  geneigt an, so erhält man die in Abb. 19 dargestellte Drucklinie, welche in der Sohlenmitte etwa 2 m unterhalb der Sohle liegt. Es werden also in diesem Falle unbedingt bedeutende Zugspannungen in der Sohle auftreten müssen, welche sie zum Aufbrechen bringen würden.

Abb. 19.

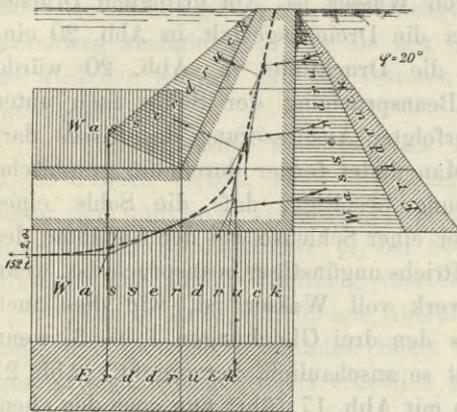
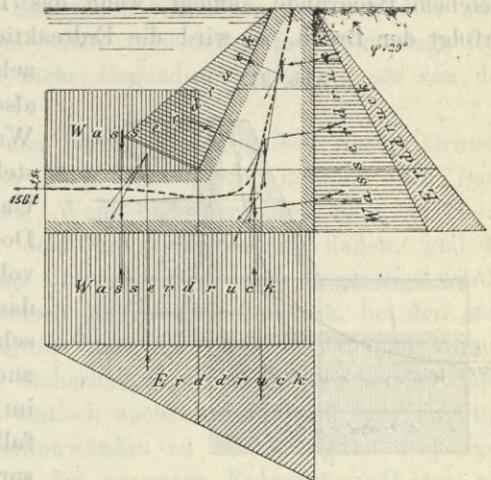


Abb. 20.



Maßstab zu Abb. 19, 20, 21, 24, 26–29. Querschnitte.  
 Ordinaten (Kräfte) der Druckflächen.

Diese Zugspannungen und die damit verbundene Gefahr für die Sohle sind aber nur so lange vorhanden, als die Reaktion  $D$  gleichmäßig unter der Sohle verteilt ist. Nimmt man z. B. an, dieselbe sei nach einem Dreieck verteilt, dessen Spitze in der Sohlenmitte liegt, wie dies Abb. 20 zeigt, so hebt sich die Drucklinie in der Sohle trotz des schräg gerichteten Erddrucks so bedeutend, daß sie die Mitte im oberen Drittel nahe dem Kern schneidet; die Sohle würde dann nur mäßig, nämlich mit:  $k = \frac{2 \cdot 158}{3 \cdot 1,5} = 70 \text{ t/qm oder } 7 \text{ kg/qcm}$  Druck an der Oberkante beansprucht sein. Man ersieht hieraus, daß das sicherste Mittel, die Sohle vor zu starken Beanspruchungen zu schützen, in einer zweckmäßigen Verteilung der Erdreaktion gegeben ist.

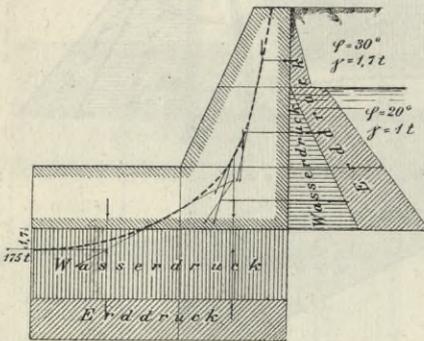
Es ist nun klar, daß, wenn der Baugrund starr wäre, z. B. aus sehr festem Fels bestände, dessen Zusammendrücken ausgeschlossen wäre, die Erdreaktion sich genau im Verhältnis der über den einzelnen Stellen der Sohle lagernden Gewichte verteilen würde und daß dann unter den Seitenwänden, welche die größten Gewichte darstellen, auch die stärksten Drücke vorhanden sein würden. Die Drucklinie muß bei solchem Untergrunde also günstig verlaufen, kann nicht unter die Sohle hinaustreten, d. h. es kann eine Biegungsspannung, welche im oberen Teile der Sohlenmitte Zug-

spannungen erzeugt, nicht auftreten, weil die Enden der Sohle durch die schweren Seitenwände, des unnachgiebigen Baugrundes wegen, nicht nach unten gebogen werden können. Je nachgiebiger aber ein Baugrund ist, je mehr er die Eigenschaften einer Flüssigkeit besitzt, desto stärker wird die Biegung der Sohle in der Mitte werden müssen, und die Biegung wird zunehmen, bis der Boden unter den Seitenwänden so viel mehr verdichtet ist, als unter der Mitte, daß eine genügend ungleiche Verteilung der Erdreaktion erreicht und die Drucklinie in den Querschnitt gehoben ist. Dies ist der Grund, weswegen die Sohlen von Docks und Schleusen, welche auf nachgiebigem Baugrunde mit durchgehender Sohle gebaut wurden, so häufig gebrochen sind.

Nicht der Auftrieb des Wassers ist die erste Veranlassung zur Zerstörung, sondern die ungleiche Belastung der Sohle, bei nahezu gleichmäßiger Verteilung der Erdreaktion. Der erste Bruch der Sohle erfolgt häufig, wenn das Bauwerk voll Wasser ist, wird aber erst nach dem Entleeren bemerkt, weil dann der Auftrieb gegen die Sohle stärker ist, als das Gewicht derselben und einzelne Teile heben kann.<sup>16)</sup>

Die Abb. 19 zeigt also die Beanspruchung einer Docksohle, welche auf sehr weichem Baugrunde aufliegt, wenn das Dock voll Wasser ist, vor erfolgtem Bruche. Erfolgt der Bruch, so wird die Erdreaktion etwa die Dreiecksgestalt in Abb. 20 ein-

Abb. 21.



nehmen; die Drucklinie in Abb. 20 würde also die Beanspruchung der Sohle nach unter Wasser erfolgter Ausbesserung des Risses darstellen. Man findet ferner durch die graphische Untersuchung bestätigt, daß die Sohle eines Docks oder einer Schleuse bei der Annahme des vollen Auftriebs ungünstiger beansprucht ist, wenn das Bauwerk voll Wasser ist, wie dies auch schon aus den drei Gleichungen 1 bis 3, wenn auch nicht so anschaulich, hervorgeht. Abb. 21 im Verein mit Abb. 17 führt nun noch den ebenfalls bereits gelegentlich der Gleichungen besprochenen Nutzen eines hohen Druckes gegen

die Seitenwände vor Augen. Abb. 21 zeigt nämlich die Drucklinie für das leere Bauwerk, wenn in der Hinterfüllungserde der niedrigste Grundwasserstand und damit verbunden gegen die Sohle der geringste Auftrieb vorhanden, die Erdreaktion aber gleichmäßig verteilt ist. Wie bei Abb. 17 ist der Erddruck wagerecht (d. i. senkrecht gegen die Wand) gerichtet angenommen. Da infolge dessen der Erddruck keine senkrechte Seitenkraft liefert, so ist in beiden Abbildungen die Summe des Auftriebs und der Erdreaktion, also die Gesamtwirkung von unten, dieselbe. Der geringe Erddruck gegen die Seitenwand in Abb. 21 veranlaßt aber, daß die Drucklinie in der Sohlenmitte 1,7 m unter der Unterkante der Sohle liegt, während sie in Abb. 17 0,9 m über der Unterkante lag. Eine ungleichmäßige Verteilung der Erdreaktion wird auch hier die Drucklinie sofort wieder in die Sohle hineinheben, wovon man sich leicht überzeugen kann. Auf die ungleiche Verteilung kommt also, wie auch hieraus hervorgeht, alles an.

<sup>16)</sup> Ist der Bruch schon während der Bauausführung erfolgt und wieder dicht gemacht, so steht zu befürchten, daß nach Einlassen des Wassers der Sohlenriß sich erweitert, weil dann die ungünstigste Beanspruchung der Sohle eintritt. Die Dichtung der Sohle wird daher am zweckmäßigsten nach Füllung der Schleuse unter Wasser mit Hilfe von Preßluft ausgeführt.

Um diese zu erreichen, gibt es verschiedene Wege. Der erste wäre der, daß man den Baugrund durchweg ganz und gar unnachgiebig macht, weil dann, wie schon oben bemerkt, der Gegendruck überall genau im Verhältnis zur zeitweilig darüber lagernden Last stehen würde. Diese Unnachgiebigkeit ist aber in der Praxis selten auch nur annähernd zu erreichen. Am nächsten würde dieser Forderung ein Pfahlrost kommen, der durch eine mächtige Schlamm- oder Dargschicht hindurch eine Fels- oder feste Kiesschicht erreichte. Immerhin würden auch hier, wenn die Pfähle lang wären, unter der größeren Last der Seitenwände Zusammendrückungen stattfinden können, welche in der durchgehenden Sohle Biegungsspannungen (Zug an der Oberfläche), wenn auch ungefährliche, erzeugten. Sobald die Pfähle aber ganz in weichem Boden stecken, kann von vollkommener Unnachgiebigkeit nicht mehr die Rede sein. In diesem Falle könnte man den Baugrund nur unter den Seitenwänden künstlich, z. B. durch Pfahlrost befestigen, unter der Sohle dagegen unbefestigt lassen. Dadurch würde man offenbar eine ungleichmäßige Reaktionsverteilung in dem gewünschten Sinne erreichen. Denn wenn man einen starren, schweren Körper, als welchen man ein steinernes Dock oder eine Schleuse im Vergleich zu dem nachgiebigen Baugrunde betrachten darf, auf eine zwar durchweg nachgiebige, aber in den einzelnen Teilen verschieden feste Unterlage legt, so wird der Körper von den festeren Teilen mehr Gegendruck erhalten, als von den weicheren.

Ferner könnte man bei von Hause aus bereits einigermaßen festem Grunde, z. B. feinem Sande, auch den umgekehrten Weg einschlagen, nämlich den Sand unter dem mittleren Teile der Sohle auflockern. Wenn dies Verfahren auch bei Docks ungefährlich wäre, könnte es bei Schleusen doch keine Anwendung finden, weil die Unterspülung in der Richtung vom Ober- zum Unterwasser dadurch begünstigt würde.

Ein in einer von diesen Ausführungsweisen hergestelltes Bauwerk, bei dem stets eine im ganzen hergestellte Sohle und seitlich auf diese gesetzte Wände vorausgesetzt sind, würde bereits erheblich größere Sicherheit gegen ein Aufbrechen der Sohle bieten, wiewohl es nicht möglich wäre, diese statisch nachzuweisen, weil das Verhältnis der Festigkeit des Baugrundes unter den Seitenwänden zu der Festigkeit desjenigen unter der Sohle und damit die Verteilungsart der gesamten Erdreaktion  $D$  stets unbekannt bleiben wird.

Einige Rechenschaft hierüber könnte man sich allenfalls dann geben, wenn man sowohl unter der Sohle, als auch unter den Seitenwänden Pfähle rammt, die aber unter den Seitenwänden dichter gestellt würden. Wären auf einer gleich großen Grundfläche unter der Sohle  $m$ , unter den Seitenwänden aber  $n$  Pfähle vorhanden (wobei  $n > m$ ), so würde sich die Tragfähigkeit des Baugrundes und damit die Verteilung der Reaktion für beide Stellen ebenfalls wie  $m$  zu  $n$  verhalten, wenn man die Tragfähigkeit der einzelnen Pfähle gleich groß annehmen und die Tragfähigkeit des Baugrundes zwischen den Pfählen vernachlässigen will. Immerhin würde dies, der vielen Annahmen wegen, nur eine rohe Berechnung werden.

Wesentlich genauer kann man nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft die Rechnung durchführen, wenn man zuerst die Seitenwände auführt und die Sohle nachträglich dazwischen setzt. Dadurch erlangt man die ungleichmäßige Verteilung der Erdreaktion, denn der Baugrund wird unter den Seitenwänden fester zusammengepreßt, als unter dem mittleren Teile der Sohle. Man kann aber auch aus dem Gewichte der Mauer Massen unter Zuhilfenahme der Erddrucktheorie das Verhältnis der verschiedenen Festigkeiten des Baugrundes ermitteln und gewinnt damit die Verteilungs-

weise für alle späteren Belastungsfälle, ist also imstande, für diese die Lage der Stützlinien festzustellen.<sup>17)</sup>

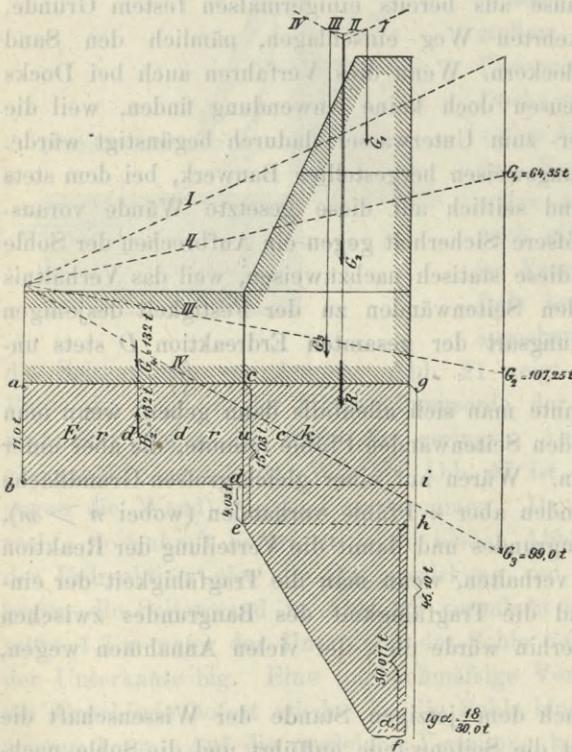
Nachstehende Beispiele mögen zeigen, in welcher Weise bei diesen Untersuchungen vorgegangen werden muß.

Es möge zunächst ein Dock oder eine Schleuse untersucht werden, welche in trocken gelegter Baugrube gebaut wurde. Man hat dabei zwei Fälle zu unterscheiden. Es wird nämlich die Bodenpressung unter den Seitenwänden eine andere werden, je nachdem man diese nach oder vor erfolgter Einsetzung der Sohle zwischen die vorher fertiggestellten Wände mit Boden hinterfüllt.

Abb. 22 zeigt die Druckflächen des Bodendrucks für den ersten, Abb. 23, S. 37 für den zweiten Fall. Beidemale ist die Fuge zwischen Seitenwand und Sohle der Einfachheit halber senkrecht angenommen, während sie in der Ausführung so geneigt zu gestalten wäre, daß die Sohle als umgekehrtes Gewölbe — sei es nun ein wirkliches oder nur ein scheinbares — zwischen beiden Wänden eingefügt würde.

Wird die Sohle eingefügt, bevor die Seitenwand hinterfüllt ist (Abb. 22), so drückt die Mittelkraft  $R$  aus den Gewichten der alleinstehenden Seitenwand senkrecht auf den Baugrund und ruft, da sie nicht durch die Sohlenmitte geht, einen Gegendruck des Bodens hervor, der in bekannter Weise durch das Parallelogramm  $cefg$  dargestellt wird.<sup>18)</sup>

Abb. 22. Ermittlung der Verteilungslinie.  
Bauweise: Seitenwand in trockener Baugrube fertiggestellt, darauf die Sohle eingesetzt und dann die Wand mit Boden hinterfüllt.



Setzt man darauf die Sohle dazwischen, so erzeugt diese durch ihr Gewicht den Erddruck  $abcd$ . Die Gesamtfigur  $abdefg$  gibt also ein Bild der Bodenfestigkeit unter der ganzen Sohle, indem die senkrechten Abstände der einzelnen Punkte der Begrenzungslinie  $bdef$  von der Linie  $ag$  den Einheitsdruck für die betreffenden Sohlenstellen darstellen. Wird nun die Seitenwand hinterfüllt und Wasser in die Baugrube eingelassen, so wird, wenn man zunächst wieder durchlässigen Baugrund annimmt, gegen die Sohle der Auftrieb zu wirken beginnen und wenn später die Schleuse oder das Dock leer gepumpt werden muß, wird der Bodendruck unter der Sohle wesentlich geringer werden, als er in der trockenen Baugrube war, weil das Gewicht des Bauwerkes jetzt größtenteils durch den Auftrieb aufgenommen wird.

Es möge nun die Elastizität des Mauerwerks vernachlässigt und angenommen werden, daß an jeder Stelle der Sohle der frühere Erddruck um ein gleiches Maß durch

<sup>17)</sup> L. Brennecke, Über Berechnung und zweckmäßige Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks. Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 523.  
<sup>18)</sup> Erster Band dieses Handbuchs (3. Aufl.), zweite Abteilung, Kap. V: Stütz- und Futtermauern.

den Wasserdruck ersetzt werde, so dafs also der Linienzug  $bdef$  seiner Gestalt nach für die Verteilung der Erdreaktion maßgebend bleibt und daher „die Verteilungslinie“ genannt werden kann.

Wenn man also z. B. einen Belastungsfall hätte, bei welchem nach Gl. 1, wegen des sehr hohen Auftriebs  $A$ , für  $D$  nur ein Wert übrig bliebe, welcher zwischen dem Inhalte der Druckflächen  $defi$  und  $efh$  läge, so würde dieser Druck als ein Paralleltapez (nur unter der Seitenwand) darzustellen sein, welches das volle Dreieck  $efh$ , aber anstatt des Rechtecks  $dehi$  ein entsprechend niedrigeres enthielte. Wäre endlich die Gesamtreaktion kleiner als das Dreieck  $efh$ , so würde man dieselbe als ein ähnliches Dreieck mit dem Winkel  $\alpha$  an der unteren Spitze darzustellen haben, dessen Höhe in der Richtung  $hf$  läge, wie dies z. B. die Abb. 26, 31, 32 u. 34 zeigen.

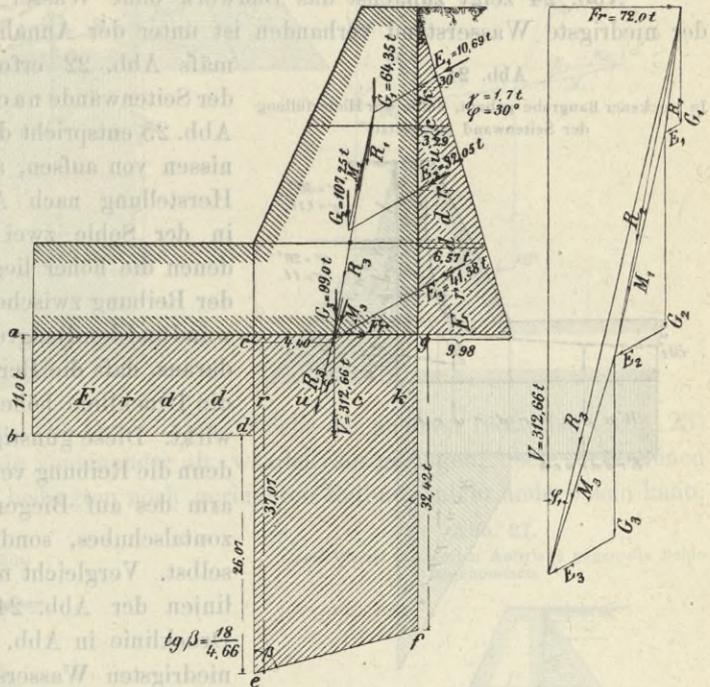
In gleicher Weise gibt Abb. 23 die Darstellung der Verteilungslinie  $bdef$  mit dem Winkel  $\beta$  an der unteren Spitze, für den Fall, dafs die Sohle zwischen die Seitenwände eingefügt wird, nachdem letztere zuvor mit Boden hinterfüllt worden ist.

Der Böschungswinkel des Bodens ist hier zu  $30^\circ$  angenommen und ebenso grofs der Reibungswinkel für die Reibung zwischen Seitenwand und Erde, die hier sowohl, wie bei der Ausführung nach Abb. 22 vorhanden sein wird. Die gröfsere Höhe des Drucktrapezes unter der Seitenwand ( $ce$ ) liegt hier infolge des Erddruckes gegen die freistehende Wand nach der Axe des Bauwerkes zu. Die Resultante aus Gewicht der Seitenwand und Erddruck  $R_3$  ist nicht senkrecht, sondern schräg gegen die Sohle gerichtet. Die Druckfläche  $cefg$  stellt nur die Verteilung der senkrechten Seitenkraft  $V$  von  $R_3$  dar, während die im Kräfteplane mit  $Fr$  bezeichnete wagerechte Seitenkraft, bevor die Sohle eingesetzt wurde, durch die Reibung zwischen der Unterfläche der Seitenwand und dem Baugrunde aufgenommen wurde. Da nun kein Grund vorhanden ist, weshalb diese Reibung nach Einsetzung der Sohle verschwinden sollte, so kann man annehmen, dafs dieselbe dauernd ist und durch ihren Einflufs die Biegungsspannungen in der Sohlenmitte vermindert.

In den Untersuchungen, welche sich auf die Ausführungsweise nach Abb. 23 ausschliefslich beziehen, wie Abb. 25 und 29, sowie in denen, welche sich auf beide Ausführungsweisen beziehen (Abb. 26), sind daher in der Sohle sowohl die Drucklinien

Abb. 23. Ermittlung der Verteilungslinie.

Bauweise: Seitenwand in trockener Baugrube gebaut, darauf mit Boden hinterfüllt und zuletzt die Sohle eingesetzt.



gezeichnet, welche entstehen, wenn man die Reibung berücksichtigt, als auch diejenigen, welche voraussetzen, daß die Reibung zu vernachlässigen sei.

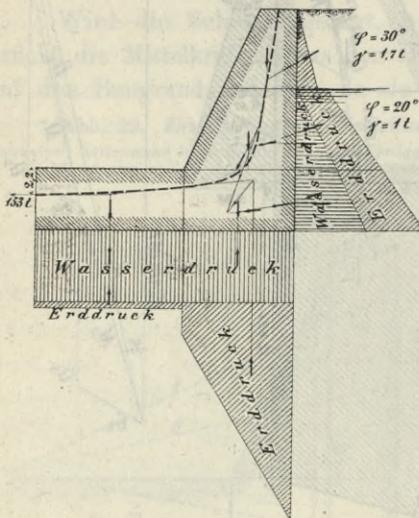
Für die Bestimmung der Gröfse der Reibung, welche den Erdreaktionen  $D$  bei den verschiedenen Belastungsfällen zukommt, ist hier, abweichend von der oben erwähnten Arbeit in der Zeitschrift für Bauwesen 1892, stets der Reibungswinkel  $\varphi_1$  aus dem Kräfteplane der Abb. 23 zugrunde gelegt, um das Verfahren zu vereinfachen (vergl. den Kräfteplan Abb. 25).<sup>19)</sup>

Nach diesen Auseinandersetzungen werden die übrigen graphischen Darstellungen leicht verständlich sein.

Abb. 24 zeigt zunächst das Bauwerk ohne Wasser im Innern, während aufsen der niedrigste Wasserstand vorhanden ist unter der Annahme, daß die Herstellung gemäß Abb. 22 erfolgte, also die Hinterfüllung der Seitenwände nach Einsetzen der Sohle geschah. Abb. 25 entspricht denselben Wasserdruckverhältnissen von aufsen, aber unter Voraussetzung der Herstellung nach Abb. 23. In Abb. 25 sind in der Sohle zwei Drucklinien gezeichnet, von denen die höher liegende unter Berücksichtigung der Reibung zwischen der Grundfläche der Seitenwand und dem Baugrunde entstanden ist. Man ersieht daraus, daß die Berücksichtigung dieser Reibung die Drucklinie höher hebt, also meistens günstig wirkt. Diese günstige Wirkung ist eine doppelte, denn die Reibung verkleinert nicht nur den Hebelarm des auf Biegen der Sohle wirkenden Horizontalschubes, sondern vermindert auch diesen selbst. Vergleicht man die Lage der drei Drucklinien der Abb. 24 u. 25 mit derjenigen der Drucklinie in Abb. 21, welche ebenfalls für den niedrigsten Wasserstand aufsen, aber unter der

Abb. 24.

In trockener Baugrube gebaut, Sohle vor Hinterfüllung der Seitenwand eingesetzt.



für die Sohle wesentlich günstigeren Annahme, daß auch der Erddruck wagerecht wirke, dargestellt ist, so erkennt man den großen Nutzen, welchen das nachträgliche Einsetzen der Sohle für die Standsicherheit des Bauwerks bringt.

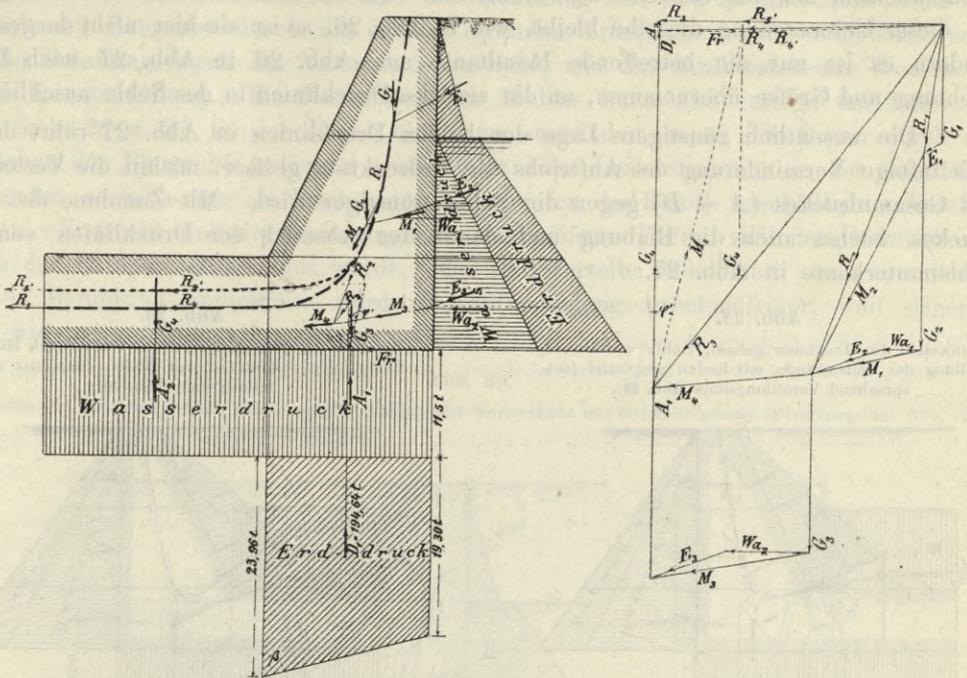
für die Sohle wesentlich günstigeren Annahme, daß auch der Erddruck wagerecht wirke, dargestellt ist, so erkennt man den großen Nutzen, welchen das nachträgliche Einsetzen der Sohle für die Standsicherheit des Bauwerks bringt.

Abb. 26 zeigt die drei Drucklinien, welche den beiden Herstellungsweisen nach Abb. 22 u. 23 entsprechen, wenn das Bauwerk wasserleer ist, aber aufsen der höchste Wasserstand gegen Seitenwand und Sohle wirkt. Die Drucklinie, welche am höchsten liegt, entspricht der Annahme Abb. 22 (Hinterfüllung der Wand nach Einsetzung der Sohle). Diese Bauweise ist also gegen das Aufbrechen der Sohle die günstigste, weil sie bei dem in Abb. 26 dargestellten Belastungsfalle den geringen Rest der Erdreaktion am weitesten nach dem Ende der Sohle verlegt, wo er am wirksamsten zur Hebung

<sup>19)</sup> In genannter Arbeit war vorgeschlagen, die Reibung gleich dem jeweiligen Drucke  $D_1 \cdot \tan \varphi_1$  zu setzen, so lange  $D_1 \cdot \tan \varphi_1 \leq Fr$  in Abb. 23, falls  $D_1 \cdot \tan \varphi_1 > Fr$  würde, aber als Reibung  $Fr$  beizubehalten, d. h.  $\tan \varphi_1$  oder  $\varphi_1$  entsprechend zu verkleinern. Nach der jetzigen Annahme ist die Reibung dagegen stets  $= D_1 \cdot \tan \varphi_1$  gesetzt, auch wenn dieser Wert größer wird als  $Fr$  in Abb. 23. Dieser Fall tritt übrigens bei der Bauweise, welche der Abb. 23 zugrunde liegt, gar nicht ein, sondern nur bei dem mit Preßluft gegründeten Bauwerke für die in Bezug auf das Aufbrechen der Sohle ungefährlichen Fälle, in denen dasselbe ganz mit Wasser gefüllt ist.

Abb. 25.

In trockener Baugrube gebaut, Seitenwand erst hinterfüllt und dann die Sohle eingesetzt.



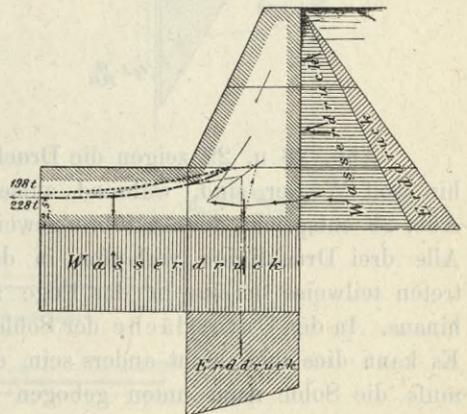
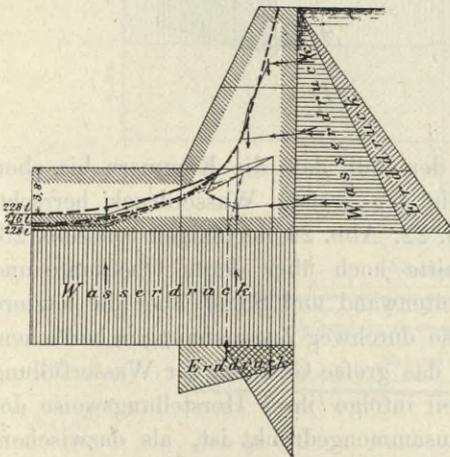
der Drucklinie in der Mitte ist. Die Drucklinien, welche der anderen Bauweise (Abb. 23) entsprechen, weichen nur wenig voneinander ab, was bei der geringen, noch vorhandenen Erdreaktion und der dadurch bedingten noch geringeren Reibung nicht anders sein kann.

Abb. 26.

$R_6$  (nach Einsetzung der Sohle hinterfüllt) günstiger.

Abb. 27.

Drei Viertel des vollen Auftriebs gegen die Sohle angenommen.



Sie liegen aber ziemlich nahe der Unterkante der Sohle, so dafs in der Oberkante starke Zugspannungen entstehen würden. Diese verschwinden sofort, indem sich die beiden Drucklinien bedeutend heben, wenn man, — abweichend von den bisherigen Annahmen — die Voraussetzung macht, dafs gegen die Sohle nicht der volle Auftrieb, sondern nur  $\frac{3}{4}$  desselben wirke, während die Beanspruchungen gegen die Seitenwand aus Abb. 26 beibehalten werden. Abb. 27 zeigt die beiden Drucklinien unter diesen An-

nahmen und zugleich, wie wichtig es ist, die Sohle möglichst innig an den Baugrund anzuschließen, um den Auftrieb zu vermindern. Da die Drucklinie in der Seitenwand bei dieser Untersuchung dieselbe bleibt, wie in Abb. 26, so ist sie hier nicht dargestellt, sondern es ist nur die betreffende Resultante aus Abb. 26 in Abb. 27 nach Lage, Richtung und Größe übernommen, an die sich die Drucklinien in der Sohle anschließen.

Die wesentlich günstigere Lage der beiden Drucklinien in Abb. 27 rührt daher, daß infolge Verminderung des Auftriebs die Erdreaktion größer, mithin die Verteilung des Gesamtdruckes ( $A + D$ ) gegen die Sohle günstiger wird. Mit Zunahme des Erddruckes wächst auch die Reibung und damit der Abstand der Drucklinien von der Sohlenunterkante in Abb. 27.

Abb. 28.

Bauweise: Im Trocknen gebaut, Sohle vor Hinterfüllung der Seitenwände mit Boden eingesetzt (entsprechend Verteilungslinie Abb. 22).

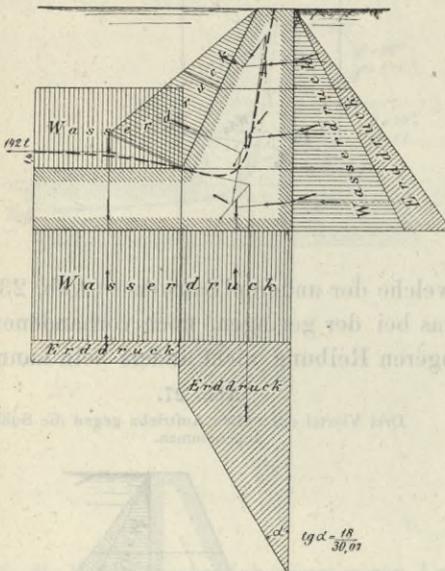


Abb. 29.

Bauweise: Im Trocknen gebaut, Sohle nach Hinterfüllung der Seitenwand mit Boden eingesetzt (Verteilungslinie Abb. 23).

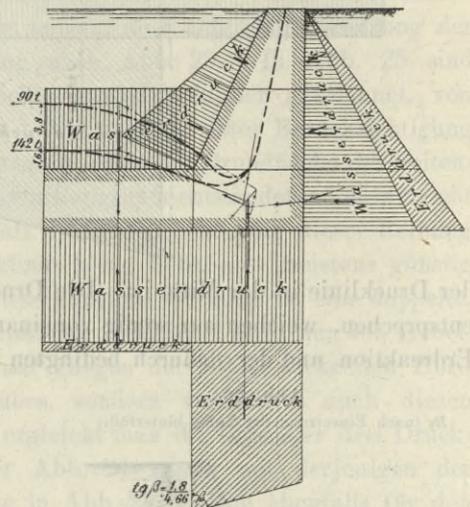
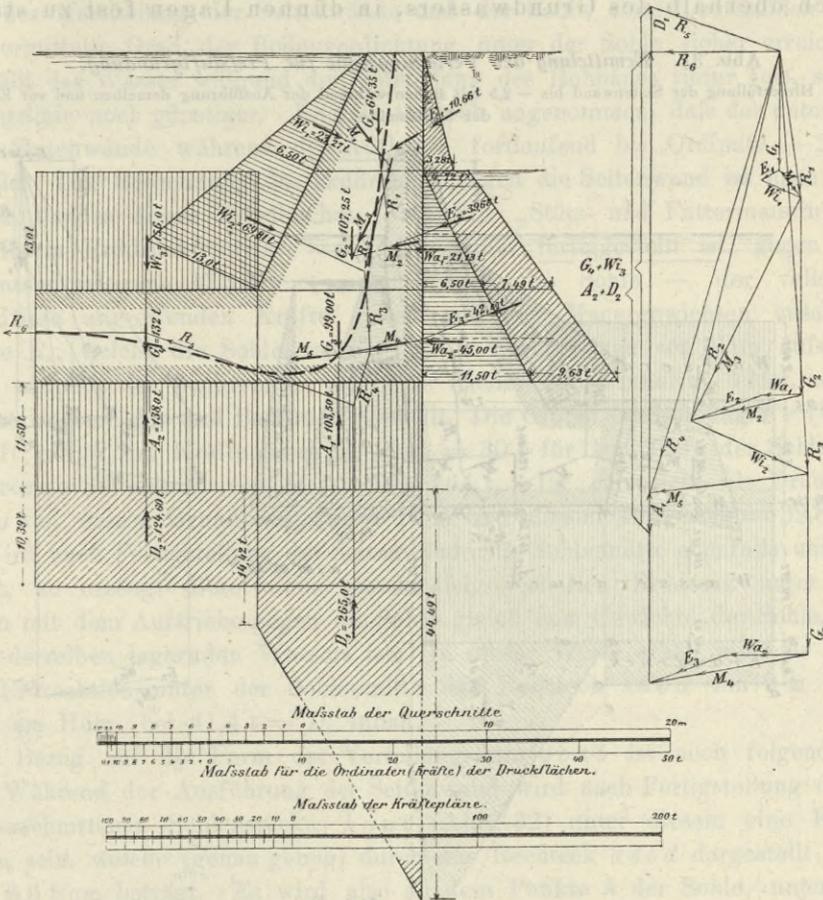


Abb. 28 u. 29 zeigen die Drucklinien für den Fall, daß die Kammern bis oben hin voll Wasser sind, während außen gleichfalls der größte Wasserdruck herrscht. Abb. 28 entspricht der Ausführungsweise von Abb. 22, Abb. 29 derjenigen von Abb. 23. Alle drei Drucklinien verlaufen in der Sohlenmitte hoch über deren Oberkante und treten teilweise bereits in der Fuge zwischen Seitenwand und Sohle über die letztere hinaus. In der Unterfläche der Sohle werden also durchweg Zugspannungen herrschen. Es kann dies auch nicht anders sein, denn durch das große Gewicht der Wasserfüllung muß die Sohle nach unten gebogen werden, weil infolge ihrer Herstellungsweise der Boden unter den Seitenmauern sehr viel fester zusammengedrückt ist, als dazwischen. Diese Lage der Drucklinie ist übrigens oft nicht so gefährlich, als sie scheint, da eine Zerstörung der Sohle selbst dann nicht immer zu befürchten ist, wenn sich in der Unterfläche kleine Risse bilden sollten, weil sie trotzdem noch Druckspannungen aufzunehmen vermöchte, also den Beanspruchungen, welche bei entleerter Kammer auftreten und die allein ein Aufbrechen durch den Auftrieb herbeiführen können, noch gewachsen bliebe. Außerdem kann die Durchbiegung der Sohle nach unten meistens

auch nur eine ganz unbedeutende werden, so dafs kaum Risse entstehen werden, denn in den weitaus meisten Fällen wird die Belastung des Bodens unter der Sohle vor Aushub der Baugrube durch die darüberliegenden Erdschichten gröfser gewesen sein, als die Belastung durch das Mauerwerk der Sohle und das darüberstehende Wasser bei voller Kammerfüllung. Ein Nachgeben des Bodens kann also infolge der Belastung nach Abb. 28 u. 29 in der Regel nur dann stattfinden, wenn der Boden durch das Ausheben der Baugrube gelockert wurde. Ist diese Lockerung nur in der Oberfläche vorhanden, so mufs man sie durch festes Aufstampfen des Betons unschädlich zu machen suchen. Erstreckt sich die Lockerung aber auf gröfsere Tiefen, weil der Boden (Sand) durch das Pumpen aufgewühlt wurde, oder weil derselbe sich bläht, wenn er mit der Luft in Berührung kommt, so würde Prefsluftgründung zweckmäfsiger, weil sicherer, sein, wie weiter unten nachgewiesen wird.

Abb. 30.

Bauweise: Im Trocknen gebaut, Sohle vor Hinterfüllung der Seitenwände mit Boden eingesetzt (Verteilungslinie Abb. 22).

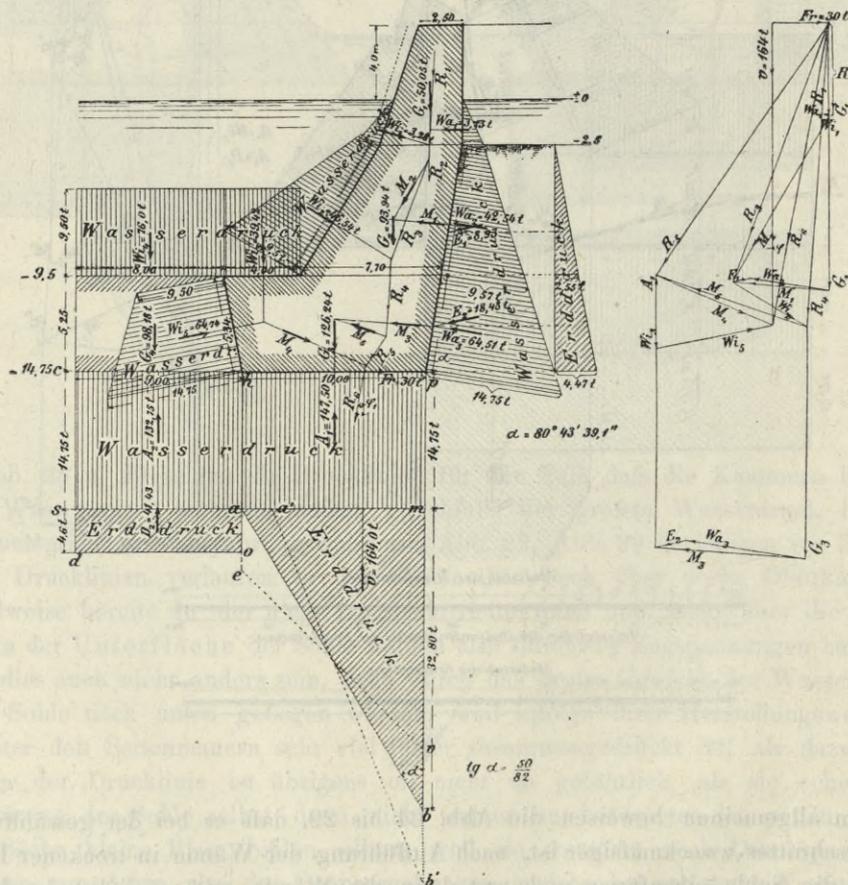


Im allgemeinen beweisen die Abb. 24 bis 29, dafs es bei der gewählten Form des Querschnittes zweckmäfsiger ist, nach Aufführung der Wände in trockener Baugrube zunächst die Sohle einzufügen und erst dann die Wände mit möglichst durchlässigem Boden zu hinterfüllen, weil bei dieser Reihenfolge die Drucklinien in der Sohle in engeren Grenzen bleiben.

Abb. 30 zeigt noch die Drucklinie für den besonders bei Schleusen häufig zu erwartenden Fall, daß im Innern der Schleuse der Oberwasserstand vorhanden ist, während das Grundwasser längs der Wände und der Auftrieb gegen die Sohle dem Unterwasserstande entspricht. Es ist hier die Bauweise nach Abb. 22 angenommen. Die Erdreaktion erreicht hier, abgesehen von der Zeit während der Herstellung in trockener Baugrube, wie bereits bei der Besprechung der Gleichungen bemerkt wurde, ihren größten Wert. Der Verlauf der Drucklinie ist ein wesentlich günstigerer, als in Abb. 28, welche unter übrigens gleichen Voraussetzungen neben und unter dem Bauwerke den höchsten Wasserdruck annimmt. Am ungünstigsten beansprucht ist die Ecke zwischen Sohle und schräger innerer Wandfläche, wo möglicherweise eine Fuge entstehen kann. Es kommt dies daher, daß der Wasserdruck gegen die innere Wandfläche größer ist, als Wasserdruck und aktiver Erddruck gegen die äußere, wie aus dem Kräfteplane ersichtlich ist. Die Fuge kann aber nicht bedeutend werden, weil dies der passive Erddruck von außen verhindert. Damit dieser kräftig zur Geltung komme, ist es nützlich, den Boden, namentlich oberhalb des Grundwassers, in dünnen Lagen fest zu stampfen.

Abb. 31. *Ermittlung der Verteilungslinie für Prefsluftgründung.*

Bauweise: Hinterfüllung der Seitenwand bis  $-2,5$  mit Boden während der Ausführung derselben und vor Einsetzen der Sohlenmitte.



Die Abb. 31 bis einschliesslich 35 zeigen die Drucklinien eines Docks, welches mit Hilfe von Prefsluft unter Wasser hergestellt wurde. Auch hier ist wieder als un-

günstigster Fall der volle Auftrieb gegen die Sohle, aber andererseits als günstig für diese, voller Wasserdruck gegen die Seitenwand angenommen.

Bei Anwendung der Prefsluftgründung für das ganze Bauwerk stellt man zweckmäßigerweise zunächst die Seitenwände nur im Rohbau fertig, fügt darauf die Sohle ebenfalls ohne ihre obere Verblendung ein, schließt das Dock oder die Schleuse an den Enden ab, pumpt es leer und setzt die Verblendung im ganzen ein. Wie diese Arbeiten unter Wasser mit Hilfe von Prefsluft ausgeführt werden können, wird weiter unten in § 12 mitgeteilt.

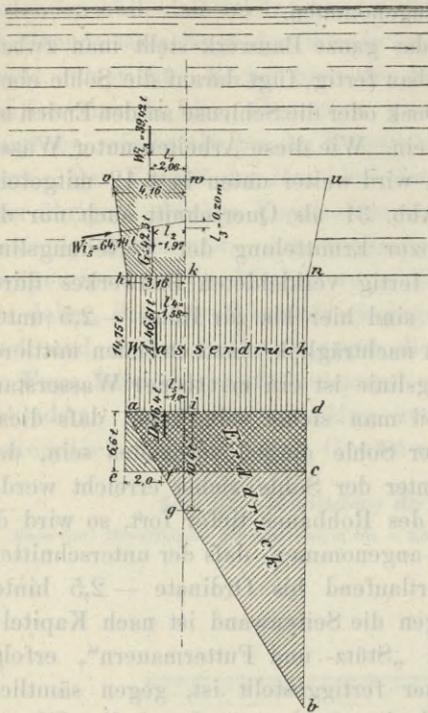
Diesem Bauvorgange entsprechend ist in Abb. 31 als Querschnitt auch nur der Rohbau in ausgezogenen Linien dargestellt und zur Ermittlung der Verteilungslinie  $doab$  benutzt, während die innere Grenze des fertig verkleideten Bauwerkes durch punktierte Linien dargestellt ist. Die Seitenwände sind hier bis zur Höhe — 2,5 unterschritten und ebenso auch das Widerlager für den nachträglich einzusetzenden mittleren Teil der Sohle. Für die Darstellung der Verteilungslinie ist ein mittlerer Wasserstand — 4 m unter dem höchsten — angenommen, weil man sicher sein kann, daß dieser während der Herstellung der Seitenwände und der Sohle einmal vorhanden sein, daß also der ermittelte Grad der Bodenverdichtung unter der Sohle sicher erreicht werden wird. Fällt das Wasser während der Herstellung des Rohbaues tiefer fort, so wird die Verteilungslinie noch günstiger. Endlich ist noch angenommen, daß der unterschrittene Teil der Seitenwände während des Aufbaues fortlaufend bis Ordinate — 2,5 hinterfüllt werde. Die Berechnung des Erddruckes gegen die Seitenwand ist nach Kapitel V des ersten Bandes dieses Handbuches (3. Aufl.): „Stütz- und Futtermauern“, erfolgt. Außer diesem Erddrucke wirkt, wenn die Mauer fertiggestellt ist, gegen sämtliche unter Wasser gelegene Flächen — auch gegen die Sohle — der volle Wasserdruck. Diese angreifenden Kräfte geben mit den Mauergewichten zusammen die Resultante  $R_6$ , welche die Sohle zufällig auf  $\frac{1}{3}$  ihrer Länge von dem äußeren Ende schneidet und mit der Senkrechten zur Sohle wieder den Winkel  $\varphi_1$  bildet, welcher die Reibung zwischen Sohle und Baugrund darstellt. Die Größe der Reibung  $Fr$  (wagerechte Seitenkraft von  $R_6$  im Kräfteplane) ist etwa = 30 t für 1 m Tiefe der Schleusenwand. Die senkrechte Seitenkraft von  $R_6$  ist etwa 164 t. Ihr entspricht als Druckfigur das Dreieck  $abm$ , dessen Grundlinie  $am = 10$  m und dessen Höhe  $bm = 32,8$  t ist.

Wird nach Fertigstellung der Seitenwände die Sohlenmitte ebenfalls unter Wasser eingesetzt, so erzeugt diese einen gleichmäßig verteilten Erddruck unter sich, der zusammen mit dem Auftriebe gegen die Sohle gleich dem Gewichte der Sohle, zuzüglich des über derselben lagernden Wassers ist. In dieser Weise erhält man als Druckfigur für die Erdreaktion unter der Sohlenmitte das Rechteck  $sdoa$  von 9 m Grundlinie und 4,6 t/qm Höhe, bei  $41,4$  t =  $D_2$  Inhalt.

In Bezug auf die Form der Verteilungslinie  $doab$  ist noch folgendes zu bemerken: Während der Ausführung der Seitenwand wird nach Fertigstellung des beiderseits unterschrittenen Sohlenstückes  $hnuv$  (Abb. 32) unter diesem eine Erdreaktion vorhanden sein, welche (genau genug) durch das Rechteck  $aecd$  dargestellt ist, dessen Höhe = 6,6 t/qm beträgt. Es wird also an dem Punkte  $h$  der Sohle, unter welchem nach Fertigstellung und Hinterfüllung der Seitenwand die Spitze  $a$  des Druckdreiecks  $abd$  liegt, mithin der Sohlendruck alsdann = 0 ist, während der Aufmauerung und Hinterfüllung der Erddruck allmählich von 6,6 t/qm auf 0 sinken. Damit müssen in dem Sohlenteile  $vhnu$  Biegungsspannungen eintreten, welche in dem Schnitte  $wk$  (Abb. 32) sich aus der Gleichung:

$$M_x = -W_3^i \cdot l_1 - G \cdot l_2 + W_3^i \cdot l_3 + A \cdot l_4 + D \cdot l_5$$

Abb. 32.



berechnen lassen und für die vorliegenden Verhältnisse bei  $w$  eine Zugspannung von etwa  $1,3 \text{ kg/qcm}$  und bei  $k$  eine ebenso große Druckspannung ergeben. Die Zugspannungen bei  $w$  würden noch größer werden, wenn die Begrenzungslinie  $ab$  der Druckfigur für die fertig aufgemauerte Seitenwand etwa die Lage  $a'b'$  in Abb. 31 erhalten hätte. Außerdem würde in diesem Falle ein Abheben der Sohle vom Boden auf der Strecke  $aa'$  eintreten. Wenn Zugspannungen von  $1,3 \text{ kg/qcm}$  für Beton, welcher unter der Taucherglocke hergestellt, schon deswegen unbedenklich ist, weil nach Einsetzung des mittleren Sohlenteiles, wie die Abb. 33, 34 u. 35 zeigen, in dem Schnitte  $wk$  (Abb. 32) bei dem Punkte  $w$  stets nur noch Druckspannungen auftreten, welche die Zugspannung von  $1,3 \text{ kg/qcm}$  wieder aufheben, so wäre ein Abheben der Sohle für Schleusen, der Unterspülungsgefahr wegen, unbedingt zu vermeiden. Man würde also für diese die Seitenwand der Vorsicht halber höher hinauf mit Boden hinterfüllen müssen, als in Abb. 31 dargestellt ist, um ein Trapez als Druckfigur unter der Sohle, an Stelle des Dreiecks  $abm$  (Abb. 31), zu erhalten. Ist für das Trapez (Abb. 31) die Seite  $ae$  unter  $h$  so groß als die Höhe  $ae$  des Rechtecks in Abb. 32, so ist sicher jede Zugspannung und jedes Abheben bei  $w$  ausgeschlossen. Bei der Ausführung von Trockendocks ist eine Reaktionsverteilung nach Figur  $abm$  nicht bedenklich, da selbst beim Abheben eines Teiles der Sohle kein Schaden entstehen kann.

Die Abb. 33, 34 u. 35 zeigen nun die mit Hilfe der Verteilungslinie  $doab$  aus Abb. 31 dargestellte Drucklinie des fertig verkleideten Bauwerkes bei verschiedener Beanspruchung; Abb. 33 für das leere Bauwerk bei niedrigstem Stande des Grundwassers, Abb. 34 desgl. bei höchstem Stande und Abb. 35 für das bis oben mit Wasser gefüllte Bauwerk bei gleichzeitig höchstem Wasserstande aufsen.

Sämtliche Drucklinien bleiben im Querschnitt, namentlich auch die des bis oben mit Wasser gefüllten Bauwerkes, welche bei der früher untersuchten Bauweise im Trocknen in der Sohlenmitte hoch oberhalb derselben verliefen. Wenn schon der in Abb. 31 bis 35 dargestellte Querschnitt bei der Herstellung im Trocknen eine etwas günstigere Lage der Drucklinie ergeben mag, als der in Abb. 22 bis 30 untersuchte, so muß doch die Herstellung unter Wasser mit Hilfe von Prefsluft stets für das volle Dock eine günstigere (tiefere) Lage ergeben, weil die Belastungsverhältnisse der Abb. 35 weit weniger von denjenigen abweichen, welche während der Herstellung des Bauwerkes mit Prefsluft (Abb. 31) vorhanden waren, als von denjenigen, welche während der Herstellung in trockener Baugrube (Abb. 22 oder 23) herrschten. Bei weichem, gelockertem Baugrunde, für welchen eine zu hohe Lage der Drucklinie möglicherweise gefährlich werden könnte, ist daher die Verwendung von Prefsluft, zum mindesten bei der Einsetzung des mittleren Sohlenteiles (vergl. § 12), das sicherste Mittel, jede Überanstrengung der Sohle zu vermeiden.

Abb. 33 bis 35. Bauweise: Prefsluftgründung nach Abb. 30.

Abb. 33.

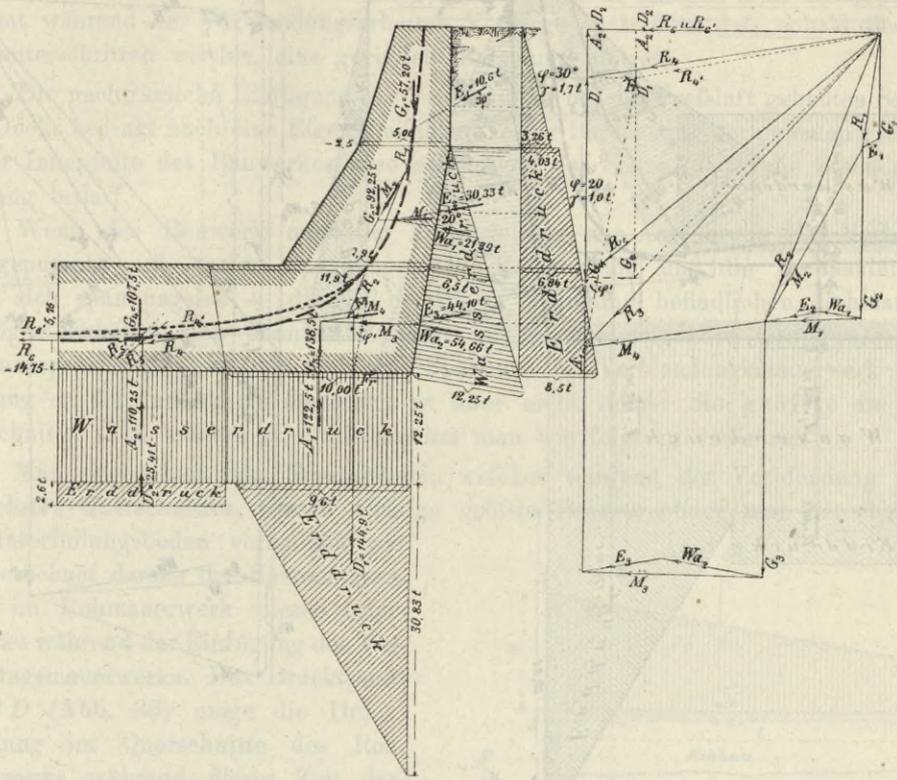


Abb. 34.

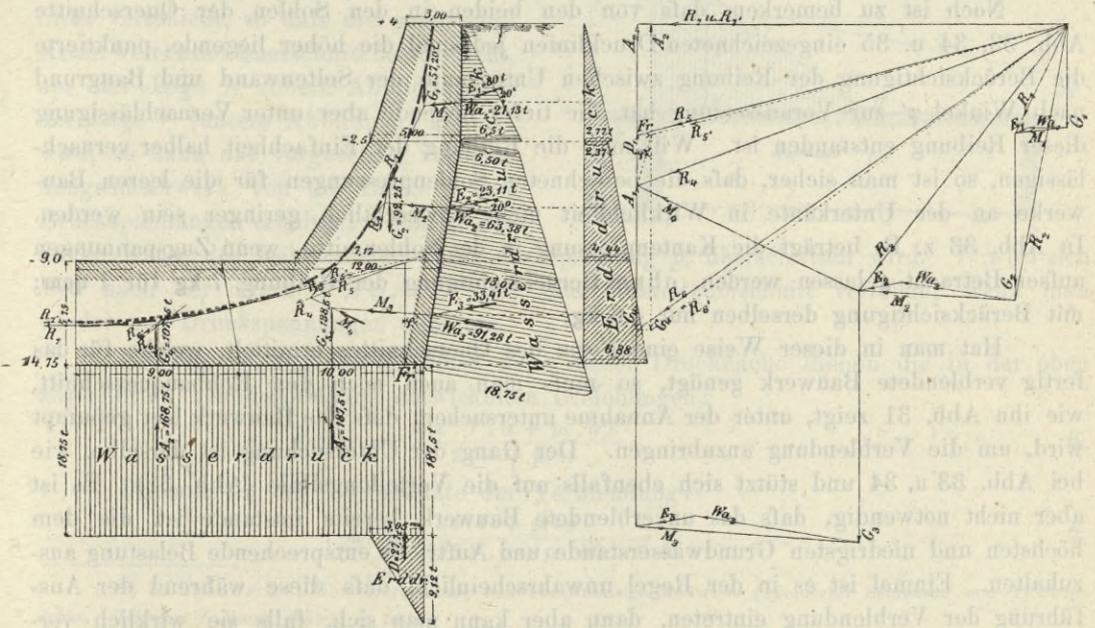
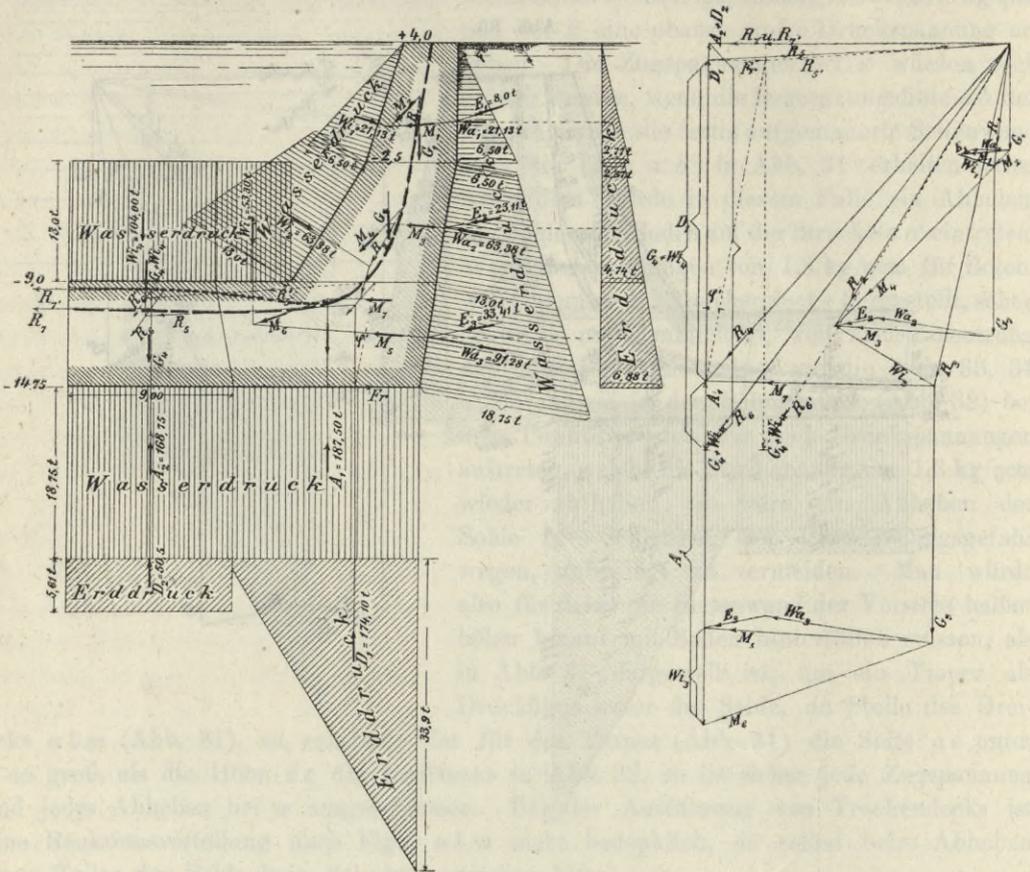


Abb. 35.



Noch ist zu bemerken, daß von den beiden in den Sohlen der Querschnitte Abb. 33, 34 u. 35 eingezeichneten Drucklinien jedesmal die höher liegende, punktierte die Berücksichtigung der Reibung zwischen Unterkante der Seitenwand und Baugrund nach Winkel  $\varphi'$  zur Voraussetzung hat, die tiefer liegende aber unter Vernachlässigung dieser Reibung entstanden ist. Will man die Reibung der Einfachheit halber vernachlässigen, so ist man sicher, daß die berechneten Sohlenpressungen für die leeren Bauwerke an der Unterkante in Wirklichkeit nicht unwesentlich geringer sein werden. In Abb. 33 z. B. beträgt die Kantenpressung in der Sohlenmitte, wenn Zugspannungen außer Betracht gelassen werden, ohne Berücksichtigung der Reibung  $7 \text{ kg}$  für  $1 \text{ qcm}$ ; mit Berücksichtigung derselben nur  $4,6 \text{ kg}$ .

Hat man in dieser Weise eine Form des Querschnittes ermittelt, welche für das fertig verblendete Bauwerk genügt, so muß man auch noch den Rohbauquerschnitt, wie ihn Abb. 31 zeigt, unter der Annahme untersuchen, daß das Bauwerk leer gepumpt wird, um die Verblendung anzubringen. Der Gang der Untersuchung ist derselbe, wie bei Abb. 33 u. 34 und stützt sich ebenfalls auf die Verteilungslinie (Abb. 31). Es ist aber nicht notwendig, daß das unverblendete Bauwerk bereits imstande ist, die dem höchsten und niedrigsten Grundwasserstande und Auftriebe entsprechende Belastung auszuhalten. Einmal ist es in der Regel unwahrscheinlich, daß diese während der Ausführung der Verblendung eintreten, dann aber kann man sich, falls sie wirklich vor-

kommen sollten, durch künstliche Belastung, sei es mit Steinen in der Sohle oder durch zur Not eingelassenes Wasser helfen. Man hat also nur festzustellen, welche Grundwasserstände das nicht verblendete leere Bauwerk ohne Gefahr noch aushalten kann und hat während der Verblendungsarbeiten Vorsorge zu treffen, dafs, sobald diese über- oder unterschritten werden, eine geeignete Belastung eintrete.

Die nachträgliche Einfügung der Verblendung bei mit Prefsluft gebauten Schleusen oder Docks bedingt noch eine Eigentümlichkeit in der Berechnung der genauen Pressungen an der Innenseite des Bauwerkes, also namentlich der Seitenwände, die besonderer Erwähnung bedarf.

Wenn das Bauwerk nach der Fertigstellung zur Ausführung der Verblendung leer gepumpt wird, treten Spannungen im Rohbau auf und die Verblendung wird — an sich spannungslos — diesem bereits in Spannung befindlichen Rohmauerwerk angefügt. Erhöhen sich dann in Zukunft infolge des steigenden Grundwasserstandes die Beanspruchungen, so tritt auch eine Spannung im Verblendungsmauerwerk ein; die Pressung an der Innenkante desselben ist aber nicht immer die grösste im ganzen Querschnitte. Um letztere zu ermitteln, hat man wie folgt zu verfahren<sup>20)</sup>:

Man beobachtet den Wasserstand, welcher während der Verblendung des gefährlichsten Querschnittes, dessen einstige grösste Beanspruchung man berechnen will, im Hinterfüllungsboden vorhanden war und berechnet daraus den Spannungszustand im Rohmauerwerk dieses Querschnittes während der Einfügung des Verblendungsmauerwerks.

Das Drucktrapez  $CABD$  (Abb. 36) möge die Druckverteilung im Querschnitte des Rohmauerwerks während dieser Zeit darstellen. Wenn nun eine spätere gröfsere Belastung die Drucklinie weiter nach links verschiebt, so dafs die senkrechte Kraft, welche den Querschnitt beansprucht, aus der Lage  $N$  (obere Abbildung) in der Lage  $V$  (untere Abbildung) gerückt wird, so kann das vorgesetzte Verblendungsmauerwerk von der Breite  $b$  erst Druckspannungen erhalten, wenn in der linken Kante des Rohbaumauerwerks die Spannung  $p_1$  überschritten wird.  $V$  wird sich also nach der Figur  $F E C A H F$  auf den Gesamtquerschnitt verteilen, wenn man wieder nur Druckspannungen annimmt.

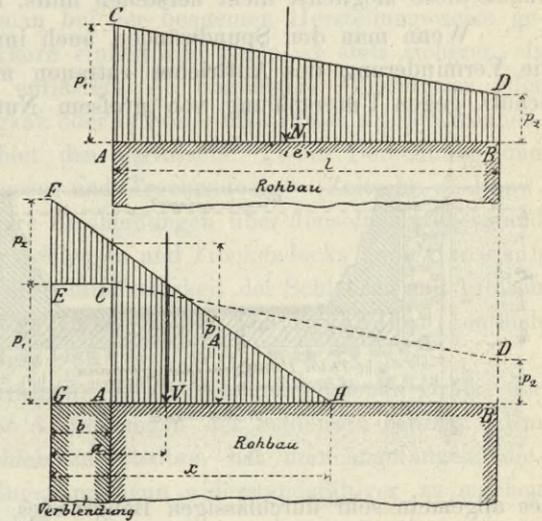
Zur Berechnung der einzelnen Teile dieser Druckfläche dienen die in der oben angeführten Veröffentlichung entwickelten Gleichungen:

$$x = \frac{3(2 \cdot V \cdot a + p_1 \cdot b^2)}{2(V + p_1 b)} \dots \dots \dots 6.$$

Pressung in der Vorderkante der Verblendung:

$$p_x = \frac{4(V + p_1 b)^2}{3(2V \cdot a + p_1 \cdot b^2)} - p_1 \dots \dots \dots 7.$$

Abb. 36.



<sup>20)</sup> L. Brennecke, Über Berechnung und zweckmäßige Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks. Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 541.

und die Pressung in der Vorderkante des Füllungsmauerwerks  $p_A = \frac{(p_1 + p_x)(x - b)}{x}$ ; oder, wenn man die Werte von  $x$  und  $p_x$  aus obigen Gleichungen einsetzt:

$$p_A = 2(V + p_1 \cdot b) \cdot \frac{2(V + p_1 \cdot b)}{3(2V \cdot a + p_1 \cdot b^2)} \cdot \left[ 1 - b^3 \cdot \frac{2(V + p_1 \cdot b)}{3(2V \cdot a + p_1 \cdot b^2)} \right] \dots 8.$$

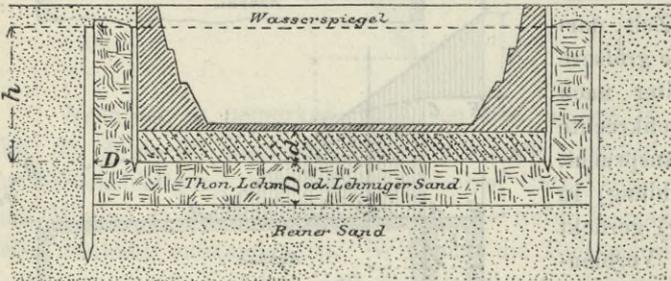
In den Gleichungen bedeutet:

- $p_1$  die Kantenpressung im Rohmauerwerk während der Ausführung der Verblendung,
- $V$  der größte in dem fertigen Querschnitte auftretende senkrechte Druck,
- $p_x$  die durch  $V$  erzeugte Kantenpressung im Verblendungsmauerwerk,
- $p_A$  die gleichzeitig im Rohmauerwerk vorhandene Kantenpressung,
- $x$  Grundlinie der Druckfigur,
- $a$  Abstand von  $V$  von der Kante der Verblendung,
- $b$  Stärke der Verblendung.

Die vorstehenden Untersuchungen haben gezeigt, daß es in hohem Grade vorteilhaft ist, zuerst die Seitenwände aufzuführen und nachträglich die Sohle dazwischen zu setzen. Diese Bauweise liefert selbst bei vollem Auftriebe gegen die Sohle, wenn die Querschnittsform einigermaßen passend gewählt wird, ein unter allen Verhältnissen standsicheres Bauwerk. Daß man bei dessen Einschließung durch Spundwände diese möglichst dicht herstellen muß, ist selbstverständlich.

Wenn man den Spundwänden auch im allgemeinen keinen großen Einfluß auf die Verminderung des Auftriebes zutrauen mag, so ist ihre Dichtheit doch für den Schutz gegen Unterspülung von großem Nutzen. Zur Verminderung des Auftriebes

Abb. 37.



sind andere Mittel sicherer. Ist ein starker Auftrieb im Boden, der sonst weniger durchlässig ist, von einzelnen unter hohem Drucke stehenden Quellen zu befürchten, so muß man diese fassen und außerhalb des Bauwerks nach dem Unterwasser ableiten. Ist aber ein hoher Auftrieb wegen

des allgemein sehr durchlässigen Baugrundes zu fürchten, und möchte man das Bauwerk nicht dem vollen Auftriebe entsprechend in der oben angegebenen Weise berechnen und ausführen, so läßt sich der Auftrieb durch Einbringen einer undurchlässigen Bodenschicht unter der Sohle des Bauwerks, an welche die letztere aber vollkommen dicht anschließen muß, wesentlich vermindern. Ein sehr sorgfältig hergestellter Tonschlag ist für diese Bodenschicht das Beste. Wenn im Baugrunde ursprünglich der volle Auftrieb vorhanden war, so würde eine Tonschicht von der Dicke  $D$  (Abb. 37) den Wasserdruck gegen die Sohle auf:

$$p = \gamma [h - (\beta_1 - 1) \cdot D] \dots \dots \dots 9.$$

für 1 qm vermindern, wenn  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm Wasser,  $\beta_1 \gamma$  das Gewicht von 1 cbm Ton ist und  $h$  den Abstand der Betonsohle vom Wasserspiegel des Grundwassers bedeutet.

Dem geringeren Drucke entsprechend würden auch die Abmessungen des Querschnittes herabgesetzt werden können, ohne daß die Drucklinie unter die Sohle hinaustreten würde, wie aus der Untersuchung an Abb. 27 mit  $\frac{3}{4}$  des Auftriebes folgt. Steht reiner Ton nicht zur Verfügung, so ist auch ein aus Ton oder Lehm und Sand gemischter Boden bereits wirksam. Um indessen dieselbe Druckverminderung wie bei reinem Ton zu erzielen, würde man die Schicht entsprechend verstärken müssen.

Bei Verwendung von nicht vollkommen undurchlässigem Boden würde der Auftrieb die Gröfse:

$$q = \gamma [h - (\beta_1 - 1) \cdot (1 - \varepsilon_D \cdot \alpha) \cdot D] \dots \dots \dots 10.$$

für 1 qm erhalten, worin  $\gamma$ ,  $h$ ,  $\beta_1$  und  $D$  die vorhin angegebene Bedeutung haben,  $\varepsilon_D$  aber die Druckhöhenverminderung bedeutet, welche das Grundwasser infolge des Durchdringens durch die schwer durchlässige Bodenschicht von der Stärke  $D$  erleidet, während  $\alpha$  die der schwer durchlässigen Bodenart zukommende Druckflächenverminderung ist.

In welcher Weise die Beiwerte  $\varepsilon_D$  und  $\alpha$  ermittelt werden können, ist in der Arbeit des Verfassers: Über die Gröfse des Wasserdruckes im Boden. Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 101 zu entnehmen.

Da die Einbringung einer undurchlässigen Schicht immer eine trockengelegte Baugrube voraussetzt, wird ihre Anwendung bei steinernen Sohlen kaum vorkommen. Im allgemeinen wird es bei solchen vorzuziehen sein, die Sohlen der Durchlässigkeit des Baugrundes entsprechend stark zu gestalten und um zu sparen, lieber billigeren Sparbeton zu verwenden, dem man bei der bequemen Herstellungsweise genügende Festigkeit geben kann. Eine stärkere einheitliche Sohle ist stets sicherer, als eine schwächere, künstlich vom Auftriebe entlastete, da ungünstige Verhältnisse oder Fehler bei der Ausführung die Entlastung ganz oder teilweise unwirksam machen können.

Außer der bereits angeführten Arbeit des Verfassers: „Über Berechnung und zweckmäßige Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks“ (Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 523) seien hier noch folgende neuere Erscheinungen über denselben Gegenstand erwähnt: „Über die Berechnung gemauerter Schleusen und Trockendocks“ von Gromsch (Zeitschr. f. Bauw. 1891, S. 537); „Über die Standfestigkeit der Schleusen mit großen Öffnungen“. Annales des ponts et chaussées 1888, S. 434 von Preaudeau; endlich im Engineering, Juli 1893, S. 58 eine Arbeit von George Wilson.

Böden aus Beton mit Eiseneinlagen. Die schnell zunehmende Gröfse der Schiffe hat ein sehr starkes Wachstum der Abmessungen der Schleusen bedingt. Um nun nicht außerordentlich starke Betonsohlen zu erhalten, hat man angefangen, dieselben durch Einlagen von Eisen gegen Zugspannungen widerstandsfähiger zu machen und hat dadurch erhebliche Ersparnisse erzielt.

Die Theorie der Bauweisen aus Beton mit Eiseneinlagen ist vor der Hand aber noch zu sehr in der Entwicklung begriffen, um schon jetzt hier Aufnahme finden zu können. Es wird daher auf den Litteraturnachweis am Schlusse dieses Bandes verwiesen, der die wichtigsten Erscheinungen über diesen Gegenstand enthält, während in § 13 auf die Ausführung derartiger Böden näher eingegangen wird.

Die erwähnten Theorien über die sogenannten Verbundkörper (Eisen-Betonkörper) beschäftigen sich selbstredend nur mit der Verteilung der Spannungen zwischen Beton und Eiseneinlagen. Die Gröfse der Gesamtspannungen dagegen ergibt sich auch für die Verbundkörper in der oben dargestellten zeichnerischen Weise.

Hölzerne Böden. Bei hölzernen Böden wird ein Tonschlag weit häufiger mit Vorteil Anwendung finden können, als bei steinernen, weil die Herstellung dieser Böden

ohnehin eine Trockenlegung der Baugrube voraussetzt und der Belag sich viel fester an eine Klaiunterlage, als an eine solche aus Mörtel oder Beton anschließen läßt. In welcher Weise diese Ausführungen geschehen, wird in § 9 mitgeteilt. Die Gröfse der Auftriebverminderung ergibt sich auch hier nach der Formel 8, welche vollen Auftrieb im Baugrunde voraussetzt. Ist der Baugrund weniger durchlässig, so ist die Gröfse des vorhandenen Auftriebs entsprechend der in dem Aufsätze: „Über die Gröfse des Wasserdruckes im Boden“ gegebenen Anleitung zu ermitteln.

Im allgemeinen wird man es bei den Erdarten, in welchen hölzerne Böden Verwendung finden (vergl. § 5 u. 9), mit verhältnismäßig geringem Auftriebe, etwa  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{4}$  des theoretischen zu tun haben. Dieser Auftrieb muß — abgesehen vom Gewichte des Tonschlags — da der hölzerne Boden im Wasser als gewichtlos anzusehen ist, durch den Widerstand der Rostpfähle unter der Sohle und die Biegungsfestigkeit des Holzbodens aufgenommen werden. Der Widerstand, den ein gewöhnlicher Pfahl dem Ausziehen entgegengesetzt, ist etwas geringer, als seine Tragfähigkeit; er kann zu 0,8 bis 0,9 der Tragfähigkeit angenommen werden.

Die Widerstandsfähigkeit kann man bedeutend vergrößern, wenn man statt der gewöhnlichen Rammpfähle Schraubenpfähle verwendet. Der senkrechte Zug, welcher erforderlich ist, um einen Schraubenpfahl aus dem Boden zu reißen, ist<sup>21)</sup>:

$$W = \gamma \cdot \pi \cdot h \left( r^2 + r \cdot h \cdot \tan \frac{\varphi}{2} + \frac{h^2 \cdot \tan^2 \frac{\varphi}{2}}{3} \right) \dots \dots \dots 11.$$

worin  $\gamma$  das Gewicht der Raumeinheit des Bodens,  $h$  den Abstand der Oberfläche der Schraube von der Oberfläche des Bodens (Tiefe der Einschraubung),  $r$  den Schraubenhalmmesser und  $\varphi$  den natürlichen Böschungswinkel des Bodens bedeuten. Von diesem Widerstande darf man  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{4}{5}$  als nutzbar in Rechnung ziehen und muß die Verbindung zwischen Pfahlkopf und Schwelle dementsprechend sicher einrichten (vergl. § 9).

Die Nagelung der Bohlen und die Stärke der Schwellen muß dem auf sie kommenden Teile des Auftriebs unbedingt und unmittelbar widerstehen können. Im übrigen werden die graphischen Untersuchungen der steinernen Böden auch die Forderungen andeuten, welche bei hölzernen erfüllt werden müssen.

Handelt es sich um Bauwerke mit hölzernem Boden, aber gemauerten Seitenwänden, beide auf Pfahlrost stehend, so würde es — falls die Bodenverhältnisse ein starkes Nachgeben des Pfahlrostes unter den Seitenwänden befürchten ließen — zweckmäßiger sein, die Seitenwände vorher aufzumauern und erst nachträglich den hölzernen Boden dazwischen einzufügen. Dies setzt voraus, daß die Schwellen nicht unter beide Seitenwände hindurchreichen, sondern daß die Pfähle unter den Seitenwänden vorher für sich verholmt und mit Belag versehen werden und daß die Schwellen der Sohle nachträglich genügend fest mit diesen Holmen verbunden werden, um gegen den Auftrieb ein Widerlager zu finden. Ist der Pfahlrost unter den Seitenwänden sicher genug, um größere Setzungen auszuschließen, so wird man es vorziehen, die Schwellen über die ganze Breite durchzulegen, weil auf diese Weise die Arbeit sehr erleichtert und größere Dichtigkeit erzielt wird. Kleinere Setzungen der Seitenwände sind bei hölzernen Böden wegen der großen Biegsamkeit, welche dieser Baustoff, namentlich im nassen Zustande, besitzt, auch weit weniger gefährlich als bei steinernen. Die Anzahl der Pfähle unter den Seitenwänden bestimmt sich nach dem von ihnen zu tragenden Gewichte,

<sup>21)</sup> L. Brennecke, Versuche über den Widerstand von Schraubenpfählen gegen Herausreißen. Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 449.

die Zahl der Pfähle unter der Sohle bei Schleusen ausschliesslich nach der Grösse des aufzunehmenden Auftriebs.

Bei Trockendocks würde man dagegen bei den Böden noch auf das Gewicht der zu dockenden Schiffe im trockengelegten Dock, dem allerdings der Auftrieb entgegenwirkt, Rücksicht zu nehmen und bei sehr geringem Auftriebe in der Axe die Pfähle entsprechend dichter zu stellen haben.

Hölzerne Seitenwände sind wie Bohlwerke zu berechnen und wie diese gegen Erd- und Wasserdruck zu verankern.<sup>22)</sup>

Für hölzerne Böden ohne Pfahlrost mit darauf befindlichen steinernen Wänden ist noch zu bemerken, dafs es gewagt erscheint, die Balken, auch wenn sie unter die Seitenwände hindurch reichen, als eingespannt zu betrachten. Dagegen dürfte dies zulässig sein, wenn man die Köpfe der Balken durch kräftige Anker mit der Rückseite der Wände verankert. Dadurch gewinnen auch die Wände selbst bedeutend an Standsicherheit (vergl. § 10).

Ein grosser Erddruck gegen die steinernen Wände auf Holzböden nützt nichts, da die Verbindung der Wand mit dem Holz, selbst wenn eine Verankerung vorhanden ist, keine so innige wird, dafs man Boden und Wand als einen Körper auffassen könnte. Bei solchen Bauausführungen ist also stets möglichst wenig durchlässiger Boden für die Hinterfüllung am geeignetsten. Noch mehr ist bei hölzernen Wänden ein möglichst geringer Erddruck erwünscht.

**§ 7. Füllen und Leeren der Kammern. Spülvorrichtungen. Umläufe, Grundläufe, Einleitung des Wassers.** Alle Kammerschleusen bedürfen gewisser verschliessbarer Öffnungen zwischen Oberwasser und Kammer einerseits, sowie andererseits zwischen Kammer und Unterwasser, um nach Bedürfnis den Wasserstand in der Kammer mit dem Ober- bzw. Unterwasser auf ein und dieselbe Höhe zu bringen. Früher hatte man hierfür nur zwei Anordnungen wesentlich verschiedener Art, die Schützöffnungen in den Toren und die Umlaufkanäle in oder hinter den Seitenwänden. In neuerer Zeit ist — und zwar zuerst in Amerika — noch eine Abart der Umlaufkanäle in Aufnahme gekommen, nämlich die Grundläufe in der Sohle des Bauwerks. In allen Fällen müssen die Verbindungen durchaus dicht verschliessbar, sowie leicht und rasch zu öffnen und zu schliessen sein und nach der Öffnung dem Wasser mit möglichst wenig Hindernis den Durchgang gestatten. Die erste Forderung wird namentlich wichtig, wo mit dem Oberwasser gespart werden mufs, ausserdem bewirkt eine Undichtigkeit unter Umständen auch eine, wenngleich langsame Abnutzung. Die anderen Forderungen sind um so wichtiger, je lebhafter der Verkehr ist; sie stimmen in dieser Hinsicht mit den nach § 20 an die Bewegungsvorrichtungen der Tore gestellten Anforderungen überein. Ein Zeitgewinn von einer halben Minute bei dem einmaligen Durchschleusen kann die Zahl der an einem Tage passierenden Schiffe erhöhen. Es dürfen deshalb unter Umständen kostspieligere Einrichtungen nicht gescheut werden, wogegen manche selbst noch in neuerer Zeit ausgeführte Vorrichtungen verwerflich erscheinen. Hier und da bestehen nämlich bei gleich grossen Schleusen in der Zeit für die Ausgleichung der Wasserstände Unterschiede von über fünf Minuten, welche lediglich der besseren oder

<sup>22)</sup> Näheres hierüber findet man in der Arbeit von Tellkampff, Erbauung des Hafenbollwerks am Bahnhofe zu Flensburg. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, S. 110, ferner in derselben Zeitschrift 1893, S. 30: L. Brennecke, Die Berechnung der Standsicherheit der Bohlwerke, desgl. im „Grundbau“ des Verfassers.

schlechteren Einrichtung der Wassereinführung zuzuschreiben sind und welche die eine Schleuse doppelt so leistungsfähig machen als die andere.

Die Zeit für das gewöhnliche Füllen und Leeren der Schleusenammer durch Torschütze ergibt sich:

$$T = \frac{A \cdot H}{\mu \cdot A_1 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2gh}} = \frac{2A \cdot \sqrt{h}}{\mu \cdot A_1 \sqrt{2g}}, \dots \dots \dots 12.$$

bei einer anfänglichen und schliesslich zu Null werdenden Druckhöhe  $h$ , also einer von  $\sqrt{2gh}$  bis zu Null gleichmässig abnehmenden theoretischen Ausflusgeschwindigkeit, wenn  $A$  die Oberfläche der Kammer,  $A_1$  den Querschnitt der Schützöffnungen und  $\mu$  den Ausflusbeiwert (etwa = 0,62) bedeuten. Diese Zeit ist doppelt so groß, als sie für die Füllung oder Leerung der Kammer bei einer gleichbleibenden Druckhöhe  $h$  sein würde. Die Schützöffnung ist unter Annahme einer bestimmten Zeit für das Füllen und Leeren aus den gegebenen Größen  $A$  und  $h$  zu berechnen.

Die obige Formel entspricht der Ausflusgeschwindigkeit aus dünner Wand und ist daher für Umläufe nicht ohne weiteres richtig, sondern hängt bei solchen außer von der Querschnittsform in hohem Grade von der Linienführung der Umläufe ab. In dieser Beziehung sind an der neuen Stadtschleuse zu Bromberg sehr lehrreiche Versuche gemacht worden. Diese Schleuse besitzt Schütze in den Untertoren und außerdem noch fünf Umläufe von gleichem Querschnitte (1,2 qm), welche teils durch Zylinderschütze, teils durch Drehschütze in Holz- oder Eisenrahmen geschlossen werden und die namentlich in Bezug auf ihre Linienführung sehr verschieden gestaltet sind. Es wurde nun bei den Versuchen die Kammer durch jede Vorrichtung allein entleert bezw. gefüllt, wobei jedoch das letzte halbe Meter bis zur völligen Ausgleichung der Wasserstände unberücksichtigt blieb. Die aus je drei Beobachtungen gemittelten Ergebnisse wurden auf gleichen Querschnitt der Öffnungen zurückgeführt und bei jedem Kanale u. s. w. wurde der an der Stelle des Verschlusses vorhandene kleinste Querschnitt zugrunde gelegt. Wurde hiernach die Wirksamkeit der Torschütze gleich 100 gesetzt, so ergab sich diejenige der Kanäle zu 93, 87, 84 und sogar nur zu 55. Den letztgenannten geringen Nutzwert zeigte ein Kanal, in welchem der Wasserstrom gezwungen ist, zweimal eine scharfe Wendung von 90° zu machen.<sup>23)</sup> Je gerader die Führung ist, desto kürzer wird die Zeit zum Füllen oder Entleeren werden.

In obiger Formel wird man demnach für Umläufe den Wert von  $\mu$  entsprechend kleiner annehmen müssen, denn für den ungünstigsten Kanal in Bromberg würde er nach obigen Versuchen nur noch ungefähr = 0,32 betragen haben. Für eine genauere Berechnung empfiehlt es sich, den Umlaufkanal als ein Rohr zu betrachten und die Druckhöhenverluste nach den einschlägigen Formeln der Hydrodynamik zu berechnen, welche beim Durchströmen des Wassers durch Knieröhre, Krümmlinge, Drosselklappen u. s. w. entstehen. Jedenfalls wird stets darauf Bedacht zu nehmen sein, außer möglichst glatten Wänden auch möglichst sanfte Biegungen anzuordnen.

Es ist ferner zu bemerken, dass die Druckhöhe  $h$  in obiger Formel die volle Spiegeldifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser ist, dass also nicht etwa zeitweilig der ausfließende Wasserstrahl zum Teil in der freien Luft liegt; mit anderen Worten, obige Formel gilt nur, wenn die Austrittsöffnungen der Umläufe oder die Schützöffnungen in den Toren sich ganz unter dem Unterwasser befinden.

Hinsichtlich der verwickelten theoretischen Betrachtungen, welche für die Berechnung aller einzelnen Umstände anzustellen sind, wenn, wie nach § 24, die lebendige

<sup>23)</sup> Lieckfeldt, Die Schützvorrichtungen der Stadtschleuse in Bromberg. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 34.

Kraft des zum Fliesen gebrachten Oberwassers oder des Wassers der Kammer benutzt werden soll, um eine Erhöhung oder Erniedrigung im Spiegel des aufnehmenden oder des abfließenden Behälters im Vergleich zu der betreffenden hydrostatischen Spiegelhöhe zu erzeugen, muß auf die eingehenden Untersuchungen von Lagrené in dessen *Cours de navigation intérieure*, Bd. III, S. 128 u. ff., verwiesen werden.

Es hängt nun zwar gemäß Obigem nach geschehener Verbindung der betreffenden Wasserflächen die Zeit der Ausspiegelung wesentlich von der Weite der sie verbindenden Öffnungen ab. Aber die Größe der Öffnungen darf auch nicht über ein gewisses Maß gehen, wenn nicht zunächst die Schwierigkeit in der Ausführung und in der Handhabung der Verschlussvorrichtung, sodann aber auch die Bewegung des ein- und ausströmenden Wassers für die Schleuse und für die Schiffe zu groß werden sollen. Je größer die Schütze in den Toren oder die Umläufe in oder hinter den Seitenmauern sind, desto mehr werden diese wichtigen Bauteile geschwächt oder in ihrer Herstellung erschwert, und um so mehr Zeit wird zur Bewegung der Verschlussvorrichtungen bei Annahme gleicher Arbeitskraft verbraucht. Für gewöhnliche, hölzerne Kanalschleusentore wird es schwer halten, ohne Schwächung des ganzen Tores höhere Öffnungen als etwa von 0,5 bis 0,6 m herzustellen, während die Breite in baulicher Hinsicht weniger beschränkt ist, aber wegen der Handhabung nur bei besonderen Einrichtungen über etwa 1 m zu nehmen sein dürfte. Eine Vergrößerung der Gesamtöffnung der Schützen oder Umläufe des Oberhauptes über das Maß von 1 qm bringt ferner bei etwa 2 bis 3 m Spiegelunterschied in der Kammer einer gewöhnlichen Kanalschleuse schon eine sehr merkliche Wasserbewegung hervor, indem der aus jenen Öffnungen kommende Strahl sich nicht sofort dem größeren Querschnitte der Kammer entsprechend abschwächt, sondern seine lebendige Kraft nur sehr langsam durch die Reibung an den Wänden und an dem umgebenden Wasser verliert. Es werden aber durch den Stofs dieses Wasserstrahls, wenn er zu heftig ist, kleinere oder unbeladene Schiffe in der Kammer hin- und hergeworfen und dabei ihnen oder den Schleusentoren Beschädigungen zugefügt. Außerdem würden größere Wassermassen leicht schädliche Erschütterungen an verschiedenen Bauteilen verursachen.

Aus der oben aufgestellten Formel  $T = \frac{2A \cdot \sqrt{h}}{\mu \cdot A_1 \sqrt{2g}}$  ergibt sich z. B. für eine Schleuse von 40 m Länge zwischen den Toren und 6 m Breite, also einer Oberfläche  $A = 240 \text{ qm}$ , und bei einem Gefälle  $h$  von 2 m, einer Gesamtweite der Schütze  $A_1 = 1 \text{ qm}$ , unter Annahme des Ausflußbeiwertes  $\mu = 0,6$ , die Zeit  $T$  zum Füllen oder Leeren = 245 Sekunden oder  $4\frac{1}{4}$  Minuten. Während einerseits die Zeit von 4 bis 5 Minuten meistens nicht zu groß ist, so würde andererseits bei der anfänglichen Ausflugschwindigkeit von etwa 6 m, die nach obigen Annahmen zu Anfang ausfließende Wassermenge von etwa 3 bis 4 cbm nicht wesentlich vergrößert werden dürfen, um nicht die Schiffe zu belästigen oder zu gefährden. Daß die Querschnittsgröße der Öffnungen mit der Oberflächengröße der Schleuse im einfachen Verhältnisse wachsen muß, um unter Annahme gleicher Werte für  $h$  und  $\mu$  eine gleiche Zeitdauer zu erhalten, geht zwar aus der Formel hervor. Diese Zunahme ist aber mit Rücksicht auf die Wasserbewegung in der Kammer nicht im vollen Maße zulässig, weil der Stofs des Wasserstrahls mit seiner Masse wächst und, wie oben erwähnt, nicht im umgekehrten Verhältnisse zur Kammergröße steht. Da indessen die Größe der Schiffe im allgemeinen mit der Schleusengröße wächst und das größere Schiff auch einen heftigeren Stofs ertragen kann, so kann annähernd jenes Verhältnis zwischen Schleusengröße und Schütz-

öffnung als ein ziemlich festes zwischen 1:200 bis 1:250 empfohlen werden. In einzelnen Fällen darf zur Vermeidung einer zu heftigen Bewegung die Schützöffnung anfangs nur zum Teil frei gemacht werden.<sup>24)</sup>

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine Anordnung aufmerksam gemacht, welche wohl geeignet ist, den Stofs des Wassers beim Eintritt durch Torschütze zu mäfsigen und dadurch eine ruhigere Lage der Schiffe zu sichern. Dieselbe ist zu Löveid in Norwegen bei vier Schleusen angewendet und hat sich seit einer Reihe von Jahren bewährt. Es sind dort hinter den Schützen nach dem Innern der Kammer zu Leitschaukeln angebracht, wie Abb. 38a zeigt, durch die das Wasser, welches die gezogenen Schütze der beiden Torflügel liefern, nach der Schleusenaxe zu so gegeneinander geleitet wird, dafs sich die beiden Wasserströme ungefähr unter rechtem Winkel treffen. Die Schleusenammern sind dort 37,5 m lang und 6,9 m breit, jedes Schütz (in jedem Tore eins) 1,6 m lang und 0,3 m hoch. Durch diese Anordnung wird allerdings die Einströmungsgeschwindigkeit und damit die Füllungszeit etwas beeinträchtigt.

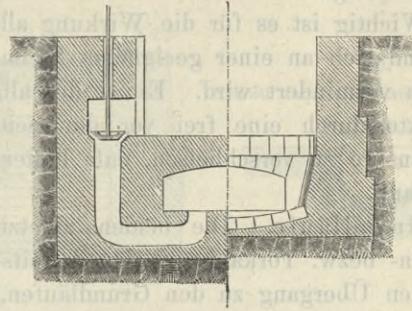
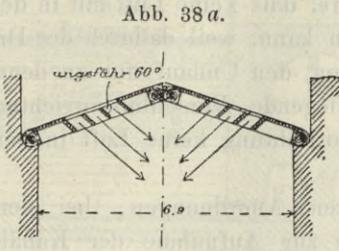
Es fragt sich sodann, welche Art von Öffnung, ob Torschütze, Umläufe oder Grundläufe zu wählen sei. Alle drei haben ihre eigentümlichen Vorzüge, die jedoch von verschiedenen Umständen abhängig sind. Im allgemeinen sind die Torschütze billiger, weil bei den Umläufen und Grundläufen zu den Verschlussvorrichtungen noch die Herstellung mit besonderer Sorgfalt auszuführender Kanäle hinzukommt. Bei mangelhaft ausgeführten Umläufen und Grundläufen geben diese zu einer raschen Zerstörung des Mauerwerks Veranlassung, indem das Wasser mit einer Geschwindigkeit von einigen Metern fließt.<sup>25)</sup> Eine Ausbesserung in den Kanälen ist, wenn nicht die ganze Schleuse trocken gelegt wird, nur mit grofsen Schwierigkeiten zu beschaffen. Wenn also keine Vorteile für den Betrieb erreicht werden, so ist der Kosten wegen unbedingt von Umläufen und Grundläufen abzusehen. Dies geschieht auch in der Regel an den Unterhäuptern der Kanalschleusen mit Ausnahme von einigen im § 24 beschriebenen Schleusen, bei denen die Umläufe noch zu anderen Zwecken als dem blofsen Füllen und Leeren der Kammer angelegt sind. Bei vielen Seeschleusen dagegen, bei denen die Umlaufkanäle mit geeigneten Abzweigungen zugleich zur Spülung der Torkammer und Vorschleuse (siehe weiter unten) dienen, wie z. B. bei der Harburger und Geestemünder Schleuse (Tafel I u. III), wobei das Aufsenhaupt während der längsten Zeit als Unterhaupt gilt, sind die Umläufe schon wegen des gedachten Zweckes notwendig und alsdann mit besonders grofsen Querschnitten auszuführen.

Wo aber nur das Füllen der Kammer in Frage kommt, sind bei den Oberhäuptern der Kanalschleusen in der Regel die Umläufe den Torschützen vorzuziehen und zwar zunächst dann, wenn die letzteren eine zu grofse Schwächung der niedrigeren und zur Versackung geneigteren Obertore herbeiführen würden und wenn man bei den Torschützen nicht den ganzen Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser als Druckhöhe voll ausnutzen kann. Dies ist der Fall, wenn das Unterwasser niedriger liegt als die Schützöffnung im Anfange des Durchfließens. Hierbei tritt dann noch für niedrige oder tiefbeladene Kanalschiffe die Gefahr ein, dafs das Wasser aus der Schützöffnung in das Schiff stürzt. Man kann zwar zur Vermeidung dieser Mängel mit einigen Mehrkosten das Obertor so tief hinabführen, dafs die Schützöffnung stets unter dem Unterwasser liegt, wobei auferdem gegen das Versacken eine günstigere Torform erreicht wird (vergl. § 15). Es bleibt aber immer bei den Torschützen im Oberhaupt der Mangel, dafs bei nicht genügender Befestigung die Schiffe durch den ausfließenden

<sup>24)</sup> Vergl. hierzu auch Ann. des ponts et chaussées 1893 II. S. 87.

<sup>25)</sup> Um das Mauerwerk möglichst wenig zu schwächen oder anzugreifen, hat man, besonders in England, oft die Umläufe aus eisernen Röhren gebildet, wovon Abb. 16 bis 20, Taf. III, sowie Abb. 78, § 13 Beispiele geben.

Abb. 38 b.



Wasserstrahl in ihrer Längsrichtung stark gegen das Untertor getrieben werden. Diese sämtlichen Übelstände werden durch seitliche, aber symmetrisch liegende Umläufe vermieden, welche, wie z. B. bei Abb. 73 bis 75, § 13 und bei Abb. 9, Taf. II dicht über dem Torkammerboden oder, wie in Abb. 11, Taf. II, in der dem Oberwasser zugekehrten Frontmauer des Oberhauptes beginnen und möglichst tief über dem Boden der Kammer wieder ausmünden. Werden solche Umläufe gleichzeitig geöffnet, so vernichten sich die beiden Wasserstrahlen nahezu unschädlich für die ruhige Lage des Schiffes und es darf alsdann den Querschnitten ohne Nachteil eine größere Weite gegeben werden, als etwaigen Torschützen. Offenbar wird auch das Gefälle des Wassers für die Ausflugs geschwindigkeit voll benutzt, wobei freilich durch die Richtungsänderungen des Umlaufkanals wieder ein gewisser Verlust entsteht. Die schon bei einigen älteren Schleusen nach Abb. 38 b und Abb. 15 u. 16, Taf. I gewählte Anordnung, dass die Mündungen der Umlaufkanäle sich in dem Abfallboden vereinigen, vermeidet nur durch die bedeutende Weite der Ausflugsöffnung an ihrem Ende einen starken Stofs des ausfließenden Wassers. Wenn zu demselben Zwecke die Umlaufkanäle wie in Abb. 38 b erst bis unter den Boden der Kammer und dann wieder senkrecht aufwärts geführt sind, so wird der dadurch erzielte Gewinn an Beruhigung des ausfließenden Wassers durch Geschwindigkeitsverluste infolge mehrmaliger Richtungsänderungen wieder aufgewogen, daher ist eine solche in der Ausführung schwierige Anordnung nicht zu empfehlen.

Weit einfacher wird bei den Oberhäuptern einiger Schleusen mit Klappstoren die Beruhigung des Wassers erreicht. Bei denjenigen des Erie-Kanals liegen die Dreh schütze im Torkammerboden vor dem Tore, so dass sie von dem geöffneten Tore überdeckt und gegen Beschädigungen durch darüber hinfahrende Schiffe geschützt werden. Zwischen Tor und Boden ist aber Spielraum genug, um auch bei geöffnetem Tore die Schütze öffnen zu können. Der ganze Torkammerboden einschliesslich der wagerechten Wendeschwelle für das Tor besteht aus Holz und liegt 2,46 m über dem bis zu einer Quermauer von 1,52 m Breite und 3,13 m Höhe durchgehenden Boden der Schleusen kammer. Der Hohlraum unter dem Boden, in welchem die Schütze sich befinden, steht mit der Schleusen kammer in offener Verbindung, indem hier nur einige Ständer, welche die Wendeschwelle tragen, eine im übrigen offene Wand bilden (vergl. § 21). Bei dieser Anordnung wird der Stofs des durch die Schütze fließenden Wassers infolge der Richtungsänderung, namentlich aber infolge der grossen Querschnittserweiterung sehr abgeschwächt, bevor er die Schiffe trifft. — Einige Schleusen des Oder-Spree-Kanals zeigen dieselbe Anordnung, jedoch besteht bei diesen die Wendeschwelle aus Werk steinen, welche auf einem grossen von Schleusenwand zu Schleusenwand reichenden

Stichbogen ruhen. Nur der Teil des Bodens, welcher die Drehschütze enthält, besteht aus Holz (vergl. Abb. 21 bis 23, Taf. VII).

Wichtig ist es für die Wirkung aller Umläufe, daß keine Luft mit in den Kanal treten und sich an einer geeigneten Stelle festsetzen kann, weil dadurch der Durchfluß erheblich vermindert wird. Es ist deshalb am besten, den Umlauf nur an dem oberen Endpunkte durch eine frei vor der Seitenwand liegende Verschlussvorrichtung oder wenigstens so zu verschließen, daß hinter dieser Vorrichtung keine Luft in den Kanal treten kann.

Grundläufe. Die beiden zuletzt genannten Anordnungen, bei denen der Schleusen- bzw. Torkammerboden bereits teilweise zur Aufnahme der Kanäle dient, bilden den Übergang zu den Grundläufen, bei welchen der Kanal ganz in der Sohle liegt. Die Grundläufe haben weit weniger Krümmungen als der Umlauf Abb. 38 *b* und schwächen daher die Wassergeschwindigkeit weit weniger ab. Da der Eintritt des Wassers aber bei ihnen in der Richtung von unten nach oben erfolgt, also den Boden des Schiffes trifft, so ist diese Anordnung trotzdem die günstigste in Bezug auf die ruhige Lage der Schiffe. Nichtsdestoweniger wird die Anwendung der Grundläufe nur eine beschränkte sein können, da ihre Herstellung bei vielen Bauverhältnissen zu schwierig sein würde. Empfehlenswert sind sie bei gemauerten Sohlen, wenn das Bauwerk auf Fels- oder Tonboden steht, bei dem die ganze Ausführung bequem im Trocknen erfolgen kann. Ferner allenfalls bei hölzernen Böden, wenn gleichzeitig geringer Wasserzudrang vorliegt, während die Grundläufe bei Betonböden, die unter Wasser hergestellt werden, sich von selbst verbieten, nicht nur wegen der schwierigen Herstellung, sondern auch wegen der Schwächung der Sohle. Ein Luftzutritt ist bei Grundläufen nicht zu befürchten.

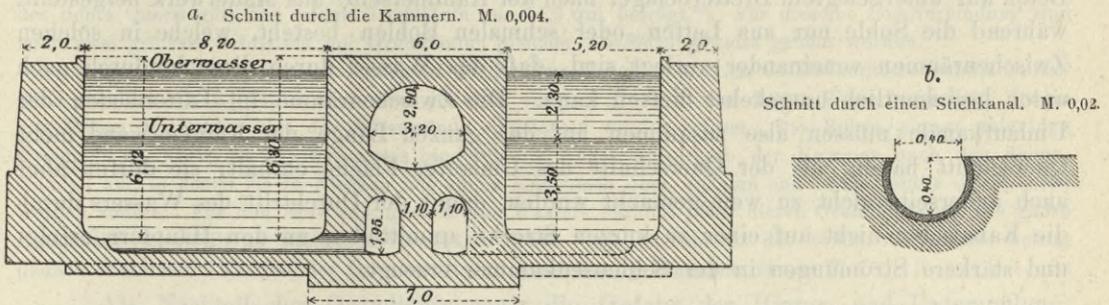
In Bezug auf die Form des Querschnittes der Grundläufe und Umläufe ist zu bemerken, daß ein kreisförmiger Querschnitt, welcher bekanntlich den größten Inhalt bei geringstem Umfange bietet, bei gleichem Flächeninhalte und gleicher Druckhöhe die größte Wassermenge liefern müßte. Indessen wird der bequemeren Ausführung halber häufig von der Kreisform abgewichen. Man findet meistens andere Formen: eiförmige, elliptische, rechteckige mit oberem Halbkreis- oder Stichbogen, auch solche, welche in anderer Weise zusammengesetzt sind, wie z. B. bei den Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals (Taf. IX, Abb. 2 bis 5).

Im allgemeinen wird man große Umläufe höher als breit zu gestalten suchen, um die Stärke der Seitenwände nicht unnötig zu vermehren, große Grundläufe dagegen breit halten, um an Fundierungstiefe zu sparen.

Wenn die Querschnitte der Umläufe und Grundläufe so groß werden, daß eine zu starke Beunruhigung der in der Schleusenkammer liegenden Schiffe eintreten würde, falls man die ganze Wassermenge durch eine Öffnung in die Schleusenkammer einführte, so versieht man den Hauptkanal mit einer größeren Anzahl in die Schleusenkammer einmündender Stichkanäle. Die Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals besitzen z. B. nicht weniger als 24 Stichkanäle für jede Kammer.

Die Stichkanäle der Umläufe läßt man möglichst unmittelbar über der Kammersohle und — wenn in beiden Seitenwänden Umläufe vorhanden sind — einander gegenüber münden, ersteres, um den Strom des eintretenden Wasser möglichst unter dem Schiffsboden zu haben, letzteres, damit die aus zwei einander gegenüberliegenden Stichkanälen austretenden Strömungen sich gegenseitig vernichten. Es ist ferner nützlich, den Gesamtquerschnitt der Stichkanäle eines Umlaufs erheblich größer anzuordnen, als den Querschnitt des Umlaufs selbst, damit die Austrittsgeschwindigkeit verringert wird.

Abb. 39 a u. b. Schleusen des Kanals St. Denis.



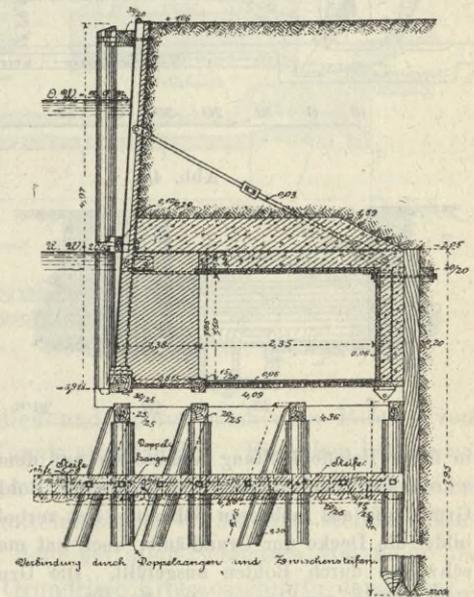
Ein besonders sanftes Austreten des Wassers hat man an den Schleusen des Kanals St. Denis beobachtet. In der Mittelmauer der Zwillingschleuse befinden sich drei Kanäle, ein oberer und zwei untere (Abb. 39 a). Der obere von 2,9 m Höhe und 1,6 m Weite geht unmittelbar von der oberen Haltung aus und kann jederzeit mit jedem der beiden unteren von 1,95 m Höhe und 1,1 m Weite, die je eine der Schleusen bedienen, durch Zylinderschütze in Verbindung gesetzt werden. Der obere Kanal kann aber auch durch ein weiteres Schütz unmittelbar mit dem Unterwasser in Verbindung treten, um die untere Haltung mit Umgehung der Schleusen aus der oberen zu speisen. Von den unteren Kanälen steht der eine durch 13 Stichkanäle mit der größeren, der andere durch 11 mit der kleineren Schleuse in Verbindung. Diese Stichkanäle bestehen aus Tonrohren (Abb. 39 b), die in den Schleusenboden versenkt sind (Abb. 39 a) und sich, nach oben offen, abwechselnd bis 1 m von der Mittelmauer und über die Schleusenmitte hinweg bis 1 m von der Seitenmauer erstrecken.<sup>26)</sup> Ähnlich sind die Grundläufe der Schleusen der Kanalisierung der Oder zwischen Cosel und der Neisse-Mündung angeordnet.<sup>27)</sup>

Es sind dort 6 gußeiserne Rohre elliptischen Querschnittes (die große Axe der Ellipse waagrecht) in die Sohle eingelegt. Die Schlitzte in der oberen Seite dieser Rohre erweitern sich vom Umlaufkanäle aus nach den Enden der Rohre zu. Nach Mohr soll es aber richtiger sein, die Schlitzte nach den Enden der Rohre hin zu verengen. Die Wirbelbildung beim Einströmen des Wassers würde dann noch geringer werden.

Dem Einlasse, welchen Abb. 40 darstellt, wird ebenfalls ein außerordentlich ruhiges und schnelles Füllen der Schleusenammer nachgerühmt. Er besteht aus zwei Umlaufkanälen, welche sich auf die ganze Länge der Schleusenwände erstrecken, und samt den Schleusenwänden auf Pfahlrostböcken stehen.

Abb. 40.

Schnitt durch die Seitenwand der Schleuse zu Borssum-Emden (Dortmund-Ems-Kanal).



<sup>26)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 255.

<sup>27)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 361 u. 473.

Die Umläufe haben rechteckigen Querschnitt. Sie sind oben und an der Landseite aus Beton auf untergelegtem Bretterbelage, nach der Kammerseite aus Mauerwerk hergestellt, während die Sohle nur aus Latten oder schmalen Bohlen besteht, welche in solchen Zwischenräumen voneinander verlegt sind, dafs das Wasser durch diese hindurch nach unten beziehentlich umgekehrt fliefsen kann. Die Zwischenräume im Lattenboden der Umlaufkanäle müssen also zusammen auf der ganzen Länge der Kammerwand mehr Querschnitt haben, als der Querschnitt des Umlaufes Fläche enthält; sie dürfen aber auch anderseits nicht zu weit gemacht werden, damit der Durchtritt des Wassers durch die Kanalsole nicht auf einer zu kurzen Strecke unmittelbar an den Häuptern erfolgt und stärkere Strömungen in der Schleusenkammer erzeugt.

Abb. 41 bis 43. Schleuse des St. Mary-Falls-Kanals (Nordamerika).

Abb. 41.

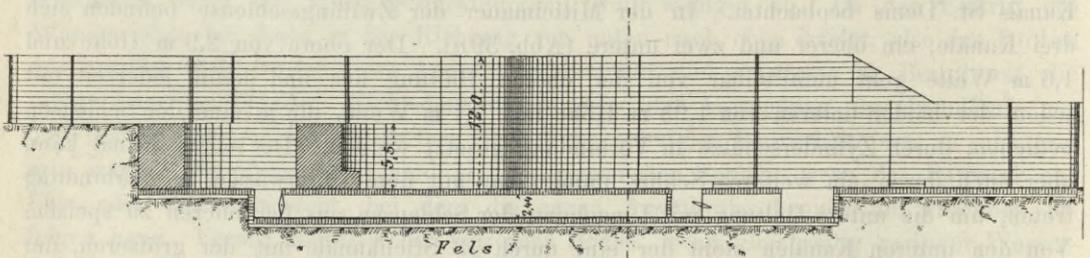


Abb. 42.

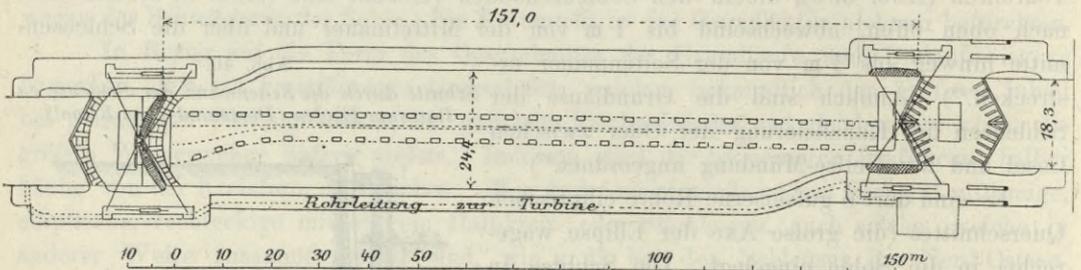
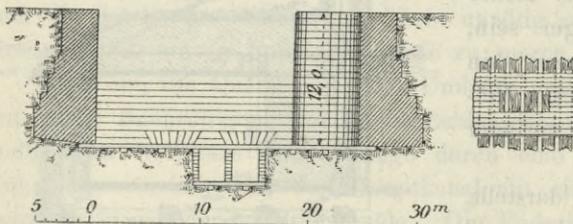


Abb. 43.



Ebenso gleichmäßig verteilt sich das Wasser bei den Grundläufen des St. Mary-Falls-Kanals in Nordamerika, welche durch die Abb. 41 bis 43 dargestellt sind. Die Schleuse ist hier unmittelbar auf Felsen gegründet, nur eine teilweise Betonauffüllung von 0,15 bis 0,60 m Stärke war zur Gründung der Seitenmauern und zur Herstellung des Schleusenbodens erforderlich. So ruhen die Grundläufe

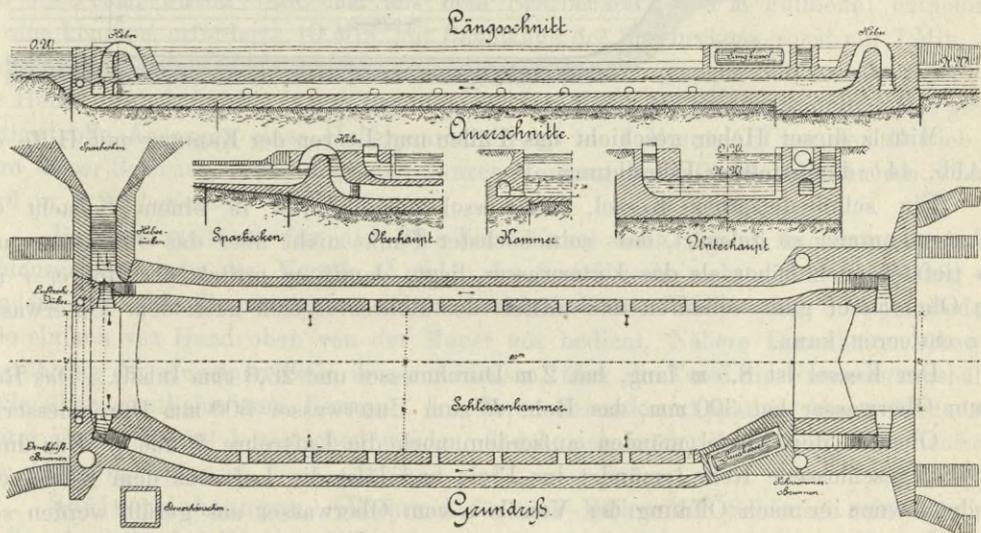
in fester Betoneinbettung unmittelbar auf dem Felsen. Der Boden der Schleuse und der Grundläufe wurde aus Querschwellen mit doppelter Bohlenbekleidung hergestellt, während die Seitenwände der Grundläufe aus mehreren Schichten fest verbolzter Langhölzer bestehen. Die Sohle der Schleusenkammer bildet die Decke der Grundläufe, doch hat man die 15 cm breiten Zwischenräume zwischen den Querschwellen durch Bohlen ausgefüllt. Die Grundläufe sind 2,44 m breit und hoch und werden durch Drehschütze geschlossen. Die 58 Öffnungen in der Decke, welche das Wasser in die Kammer treten lassen, sind in gleichen Abständen verteilt und dadurch hergestellt worden, dafs der doppelte Bohlenbelag des Schleusenbodens (Abb. 43) auf 0,61 m Breite und 1,37 m Länge in Fortfall kam. Dadurch wurden drei Zwischenräume der Schleusenschwellen aufgedeckt, so dafs jede Öffnung aus drei Einzel-

öffnungen von 15 cm Breite und 61 cm Länge besteht. Alle Öffnungen zusammen bilden einen Querschnitt von nahezu 16,2 qm und mit Hinzurechnung der Mannlöcher an den Enden von 17,7 qm, während der lichte Querschnitt der beiden Grundläufe nur 11,9 qm beträgt.<sup>28)</sup> Für dieselbe Seenverbindung sind noch zwei größere Schleusen mit Grundläufen gleicher Ausführungsweise gebaut worden.

Die seinerzeit geplanten Schleusen des Panama-Kanals von 11 m Gefälle sollten ebenfalls Grundläufe erhalten. Man wollte diese aus je zwei eisernen Rohren von 2,8 m Weite herstellen, die in den Felsen der Sohle längs der Seitenwände eingelassen werden sollten. Die Rohre gingen unter den Drepeln des Ober- und Unterhauptes hindurch und bogen außerhalb der Kammer nach den Seitenwänden um, in denen sie in Nischen mit einem Knie nach oben endeten und durch Ventile verschlossen werden sollten. Für den Ein- und Austritt des Wassers enthielt jeder dieser Grundläufe auf die ganze Kammerlänge verteilt 56 Öffnungen von 0,4 m Weite. Der Querschnitt der beiden Grundläufe betrug danach zusammen 12,3 qm, der Querschnitt der Ausströmungsöffnungen 14 qm.<sup>29)</sup>

Als Nachteil der Grundläufe muß die Gefahr der Hinter- und Unterspülung, sowie die Gefahr der Versandung hervorgehoben werden. Um letzterem Nachteile entgegenzutreten, ist es vorteilhafter, die Entleerung der Schleusen nicht — wie bei den Schleusen des St. Mary-Falls-Kanals — durch eine besondere Grundlaufgrube vor den Untertoren, sondern, wie bei den Schleusen des Panama-Kanals angenommen war, durch die Grundläufe selbst vorzunehmen, um diese jedesmal dadurch zu spülen. Hierdurch würde auch das Drängen der Schiffe nach den Untertoren beim Ablassen des Wassers vermieden werden. Immerhin ist bei geeignetem Baugrunde in den Grundläufen ein Mittel gegeben, große Schleusen mit großem Gefälle in der ruhigsten und schnellsten Weise zu füllen.

Abb. 44 a. Schleusen des Elbe-Trave-Kanals.



Eine sehr sinnreiche Einrichtung zum Füllen und Leeren nach dem Patente von Hotopp ist bei den Schleusen des Elbe-Trave-Kanals angewendet. Es gehen bei diesen Schleusen (vergl. Abb. 44 a) vom Oberhaupt zum Unterhaupt in den Schleusenmauern Kanäle, welche unter dem Oberhaupt hindurch miteinander in Verbindung stehen. Eine Verlängerung dieses Verbindungskanals führt zu dem bei allen Schleusen von mehr als 2 m Gefälle angeordneten Sparbecken, welche im Grundrisse Kreisabschnitte darstellen.

<sup>28)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 37.

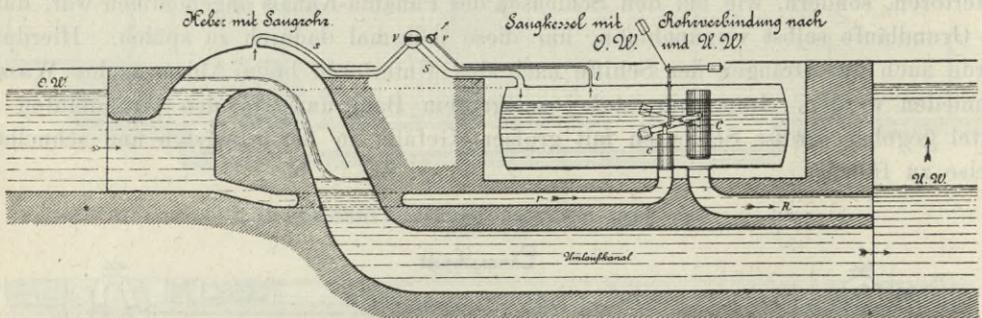
<sup>29)</sup> De ingénieur 1888, S. 160 u. f. Mit Abbildungen.

Von jedem Umlaufkanale münden gleichmäfsig verteilt unmittelbar über der Sohle 8 Stichkanäle in die Schleusenkammer. Die Ein- und Auslaufquerschnitte der Umlaufkanäle im Ober- und Unterhaupt sind je 1,5 mal so grofs und die Querschnitte der 8 Stichkanäle zusammen je 2 mal so grofs, als der Querschnitt des Hauptkanals.

Die Umlaufkanäle, welche im übrigen Teile so tief wie die Kammersohle liegen, zeigen nun in ihren Abschlüssen gegen das Ober- und Unterwasser, sowie gegen das Sparbecken keinerlei Schütze oder Ventile, sondern statt dessen Überfallrücken, welche überall bis zur Höhe des Oberwassers reichen.

Über diese Überfallrücken sind in voller Breite der Umlaufkanäle aus Schmiedeisen hergestellte, innen mit Zement geputzte Heberrohre von rechteckigem Querschnitt angebracht, welche im Scheitel eine Querschnittsverminderung auf 0,7 des Kanalquerschnittes besitzen und sich beiderseits allmählich in den vollen Querschnitt des Umlaufkanals erweitern.

Abb. 44b. *Krummesser Schleuse.* M. 1:90.



Mittels dieser Heber geschieht das Füllen und Leeren der Kammer mit Hilfe der in Abb. 44b dargestellten Einrichtung.

Ein schmiedeiserner Kessel, Saugkessel genannt, ist in einem Schacht der Schleusenkammer so gelagert, dafs sein höchster Punkt nicht über das Oberwasser und sein tiefster noch höher als das Unterwasser liegt, damit er mittels des Rohres *r* aus dem Oberwasser ganz volllaufen und mittels des Rohres *R* sich nach dem Unterwasser ganz entleeren kann.

Der Kessel ist 8,5 m lang, hat 2 m Durchmesser und 26,6 cbm Inhalt. Das Rohr *r* zum Oberwasser hat 300 mm, das Rohr *R* zum Unterwasser 500 mm Durchmesser.

Oben in den Kessel münden ausserdem noch die Luftrohre *S* und *l*. Das durch Ventil *v* geschlossene Rohr *l* mündet ins Freie und läfst die Luft aus dem Kessel entweichen, wenn er nach Öffnung des Ventils *c* vom Oberwasser aus gefüllt werden soll.

Das Saugrohr *S* von 150 mm Durchmesser kann im Steuerhäuschen neben der Schleuse durch einen Mann mittels eines Schaltapparates beliebig mit den Hebersaugrohren *s* (100 mm Durchmesser) in Verbindung gesetzt werden, von denen je eins in dem höchsten Punkte eines jeden der 5 Heber (2 am Ober-, 2 am Unterhaupt, 1 am Sparbecken) mündet.

Der ganze Vorgang ist nun folgender. Der Mann im Steuerhäuschen öffnet dort den Luftauslafshahn *v*, während *V* geschlossen bleibt und gleichzeitig Ventil *c*, wodurch zugleich *C*, das mit *c* zwangsläufig verbunden ist, geschlossen wird. Jetzt läuft der Kessel durch *r* bis oben voll Wasser und damit ist der Betrieb dauernd eingeleitet. Wird jetzt das Luftrohr *l* durch das Ventil *v* verschlossen, desgl. *c* geschlossen und *C* ge-

öffnet, so kann das Wasser aus dem Kessel, trotz der freien Verbindung durch *R*, doch nicht sich nach dem Unterwasser zu entleeren, weil keine Luft in den Kanal eintreten kann. Verbindet man aber im Steuerhäuschen jetzt durch Umschalten des Ventils *V* das Saugrohr *S* mit dem Saugrohre *s* eines Hebers, so strömt die Luft aus dem Heber zum Kessel, dieser fängt an, sich in demselben Maße zu entleeren, wie sich der Heber mit Wasser füllt; der Heber tritt schliesslich in Tätigkeit und führt das Wasser in die Schleusenkommer. Der mit Luft gefüllte Raum eines Hebers umfaßt 11 cbm, so daß also der Kessel genügt, um mit seinem Wasserinhalte (22,6 cbm) gleichzeitig 2 Heber anzusaugen.

Während der Heber in voller Tätigkeit ist, wirkt das Wasser oben am Eintritte des kleinen Saugrohres *s* in den Heber saugend. Es reißt Luft von dort mit und entzieht auf diese Weise durch die offene Verbindung *s S* dem Saugkessel die Luft wieder, so daß der Kessel sich selbsttätig durch *R* aus dem Unterwasser vollsaugt. Man hat schliesslich nur nötig, das Saugrohr *S* umzuschalten, um einen anderen Heber in Betrieb zu setzen. Ein Leerlaufen des Kessels kann nur durch Undichtigkeiten nach längeren Betriebsunterbrechungen vorkommen.

Zur Überleitung der Luftrohre zu den Hebern in der dem Steuerhäuschen gegenüberliegenden Seite ist im Oberhaupte ein im Grundrisse und Längsschnitte der Schleuse (Abb. 44 *a*) sichtbarer Luftrohrdüker eingebaut.

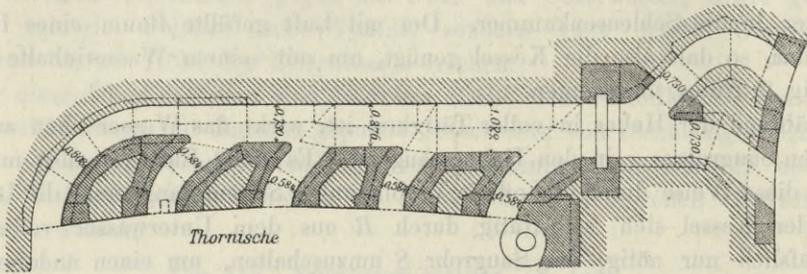
Bei der Krümmesser Schleuse mit 2,75 m Gefälle ist die Hotopp'sche Betriebsweise zuerst erprobt und hat sich sehr gut bewährt. Eine Schleusenfüllung oder Leerung von 3850 cbm, wovon 1400 cbm aus dem Sparbecken (= 1 m Füllhöhe) entnommen werden konnten, erforderte 10 Min. mit Benutzung des Sparbeckens, sonst nur 7 Min. Die Umlaufkanäle haben je 2,4 qm, die Ausläufe derselben 3,6 qm, die Stichkanäle je 0,6 qm, die Heber im Scheitel bei 1,6 m Breite und 1,1 m Höhe 1,7 qm Querschnitt. Das gleichzeitige volle Ansaugen eines Heberpaares erfolgt in 1 Minute. Über den Betrieb der Tore dieser Schleuse, sowie über den ganzen Hergang beim Durchschleusen von Schiffen wird in § 22 berichtet.

Bei den weiteren für den Elbe-Trave-Kanal nach dieser Anordnung gebauten Schleusen hat man die Ventile *C* und *c* des Saugkessels nicht mehr zwangsläufig verbunden, weil ihre Benutzung zu selten erforderlich ist. Sie werden dort im Bedarfsfalle einfach von Hand oben von der Mauer aus bedient. Nähere Einzelheiten über die Ausführung der einzelnen Teile dieser Schleusen, über die Tore, die Umsteuerungshähne, sowie über sämtliche zum Bewegen der Tore dienenden Apparate, deren Grundzüge weiter unten in § 22 beschrieben werden, finden sich in der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 753 u. f.

Spülvorrichtungen. Während für das Füllen der Schleusen ein möglichst sanfter Austritt des Wassers wünschenswert ist, erfordern die Spülvorrichtungen möglichst kräftige Strömungen. Für diese darf daher die Summe der Stichkanal-Querschnitte niemals größer sein, als der Querschnitt des zuführenden Hauptkanals. Dagegen ist es nützlich, den Hauptkanal möglichst weit zu machen. Das Wasser muß aus den Stichkanälen in solcher Richtung austreten und diese müssen so angeordnet sein, daß das gesamte Wasser die zu spülende Bodenfläche bestreicht. Es würde daher fehlerhaft sein, die Stichkanäle höher als breit zu machen, da die oberen Wasserschichten alsdann den Boden nicht treffen würden. Wenn das austretende Wasser eine drehende Bewegung hat, so ist dies für die Lösung des Schlammes vom Boden als vorteilhaft zu bezeichnen.

Es lassen sich, wenn man von den nur zu Spülzwecken erbauten Schleusen hier absieht, die zwei Hauptfälle unterscheiden, daß die Spülvorrichtung nur zur Reinhaltung der Schleusenböden dienen soll oder daß sie auch zur Beseitigung der Ablagerungen in dem Fahrwasser bestimmt ist.

Abb. 45. Spülkanäle der Schleuse des Hafens bei Leer. M. 0,007 (1:144).



Als Beispiel einer nur die Beseitigung der Schlickablagerungen in der Torkammer und in dem vorderen Teil des Vorhafens bezweckenden Spülvorrichtung dient Abb. 45 (Dockschleuse zu Leer). Die Abbildung zeigt den Grundriß der in dem Mauerwerk angelegten Spülkanäle, wobei der Schnitt dicht über ihrem wagerechten Boden genommen ist. Der Torzapfen und die Wendenische lassen die Lage zu der 16,8 m weiten Schleuse erkennen. Es münden danach je zwei Arme der Spülkanäle nach außen in den sich allmählich auf 52 m erweiternden und 64 m langen Vorhafen, während auf der Binnenseite in jeder Tornische der Hauptkanal sich in fünf je 0,584 m weite Spülkanäle verzweigt. Der Hauptkanal nimmt nach den Enden wie an Weite, so auch an Höhe ab, indem die Decken der Zweigkanäle sich der Weite entsprechend senken. Die Durchflußöffnung jedes Hauptkanals beträgt am Schütz 1,7 qm, der fünf inneren Zweigkanäle zusammen etwa ebenso viel und der zwei äußeren Kanäle zusammen nur 1,55 qm, um die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers nach dem Vorhafen hin noch etwas zu vermehren. Die Spülung geschieht von innen nach außen, wobei in der innen liegenden Torkammer der Schlick angesogen wird, wenigstens in der Nähe der Tornische, in welcher die Ablagerung besonders unbequem für die Bewegung der Tore sein würde. Die nach außen mündenden Kanäle lassen ihre Spülströme nach der Mitte des Vorhafens zusammentreffen. Die Spülkanäle sind zur Verhütung von Verstopfungen außen mit kleinen, während der Spülung zu entfernenden Gittern, innen jedoch nur mit je zwei festen Eisenstäben versehen.

Etwas verwickelter ist die Spülanlage bei einer Kammerschleuse, wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse (s. Abb. 10 bis 15, Taf. III). Dort ist in der ganzen Länge der Schleuse zu beiden Seiten ein in der Sohle in Quaderwerk, darüber in Klinkern gemauerter Kanal von 1,17 m Breite und 2,34 m Höhe angelegt, welcher an der Seite des Hafenbeckens geradlinig und ohne Verzweigung, dagegen an der Vorhafenseite nach einer Verzweigung in fünf kleinere Kanäle mündet. Dicht vor den beiden Enden liegt ein gußeisernes, in eisernen Falzen laufendes Zugschütz. Es kann also bei niedrigem Außenwasser zunächst der Vorhafen mit dem annähernd auf gewöhnlicher Fluthöhe stehenden Wasser des Binnenhafens gespült werden. Um aber auch die Torkammern der zwei Ebbetore und des äußeren Fluttores spülen zu können, befindet sich zwischen dem Hauptkanal und jeder Torkammer eine seitliche, durch ein Schütz verschließbare Öffnung von fast gleichem Querschnitt wie im Hauptkanal, hinter welcher sich parallel zur Linie der Tornische ein nach den Enden an Querschnitt abnehmender Kanal ausbildet und mit sechs Öffnungen in der Torkammer ausmündet. Durch geeignete Stellung sämtlicher Schütze läßt sich der Spülstrom aus jeder Ebbetorkammer in den Hauptkanal und damit in den Vorhafen oder auch in die Fluttorkammer leiten; es könnte sogar bei geöffnetem Fluttur und äußerem Ebbetor auch der Spülstrom von der inneren Ebbetorkammer oder direkt von dem Hafenbecken her in die äußere Ebbe-

torkammer geleitet werden. Die Schlickablagerung in den Torkammern und dem oberen Teil des Vorhafens wird auf diese Weise leicht beseitigt, ehe sie der Schifffahrt und der Bewegung der Tore hinderlich werden kann. In dem vorderen oder unteren Teile des gekrümmten Vorhafens (vergl. Abb. 4 des XIII. Kapitels der 3. Aufl., S. 7) muß jedoch außerdem häufig gebaggert werden. Zur Spülung von Schleusenkammer und Drempe sind die Ebbetore in jedem Flügel mit zwei Schützen von zusammen 1,79 qm Querschnitt versehen, wodurch bei der gewöhnlichen Druckhöhe von etwa 3 m eine genügende Spülung erfolgt. Zur Freihaltung verschlickender oder versandender längerer Aufsenfahrwasser genügen übrigens derartige Spüleinrichtungen keineswegs.

Von den Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals sind nur die Schleusen an der Elbe, Taf. VIII u. IX, mit Spülvorrichtungen versehen, da das Wasser der Ostsee schlickfrei ist. Da der Kanal gleichzeitig zur Entwässerung der angrenzenden Ländereien dient und dies Wasser bei jeder gewöhnlichen Tide in einer Menge von 3 bis 4 Millionen Kubikmetern mit einer zu 1,5 m berechneten Geschwindigkeit durch die Elbeschleusen abgelassen werden soll, so hoffte man, im Vorhafen den während der Flut gefallenem Schlick durch diese Strömung wieder zu beseitigen und dem Strome zuzuführen. Diese Hoffnung hat sich aber nicht erfüllt, es muß gebaggert werden.

**§ 8. Gestaltung und Baustoff der steinernen Böden.** Wenn zwischen steinernen und hölzernen Böden unterschieden wird, so muß die Unterscheidung davon ausgehen, ob die wesentlichsten Bauteile Stein oder Holz sind. Es müssen daher die auf Pfahlrost ruhenden gewölbten Böden zu den steinernen gerechnet werden, während die mit Steinen zwischen starken Balken ausgemauerten Böden als hölzerne gelten.

In diesem Paragraphen ist übrigens nur die Form und der Stoff der steinernen Böden zu besprechen; die Herstellungsweise wird nur insoweit berührt werden, als dies für das Verständnis notwendig ist. Einzelheiten über die Herstellungsweise und zwar namentlich einige für Schleusen eigentümliche Gründungsarten werden in § 12 mitgeteilt werden.

Seit einigen Jahrzehnten ist die Anordnung der steinernen Böden mannigfaltiger, sowie ihre Anwendung häufiger geworden. Sie haben namentlich für größere Schleusen in vielen Fällen die Holzböden verdrängt, seitdem man gelernt hat, mit Hilfe von Maschineneinrichtungen große Betonmassen schnell herzustellen und zu versenken.

Zur Anwendung kommen steinerne Böden bei kleineren Schleusen, wenn der feste Untergrund nicht viel unter der Schleusentiefe liegt und bei großen in demselben Falle oder wenn die mit einem Holzboden verknüpfte Bauweise zu umständlich und zu unsicher scheint. Dagegen bedarf der ganz oder teilweise aus Beton bestehende Steinboden auch einer nicht zu tiefen Lage des festen Untergrundes, damit weder die Betonschicht zu dick und zu kostspielig wird, noch der Schleusenboden durch den Druck der Seitenmauern in Gefahr kommt, zu brechen oder zu sacken. Wo der feste Untergrund zu tief liegt, hat man in neuerer Zeit zur Herstellung steinerner Böden mitunter, hauptsächlich freilich unter den Seitenmauern, Senkbrunnen angewandt. Noch sicherer führt die in § 12 mitgeteilte Pressluftgründung mit nachträglich eingesetzter Sohlenmitte in solchem Falle zum Ziel, sowie die Anwendung von Eiseneinlagen in der Sohle (vergl. § 6 u. 13).

Trotz verschiedenartiger Herstellungsweisen sind die Einzelheiten der steinernen Böden doch im allgemeinen weit einfacher als die der Holzböden, sie haben ferner gewisse gemeinsame Eigentümlichkeiten, die nur ausnahmsweise wegfallen. So wird bei Seeschleusen die Oberfläche des Bodens, soweit es die Rücksicht auf die Form der zu schleusenden Schiffe gestattet, durch ein verkehrtes Gewölbe gebildet, für welches die

Seitenmauern die Widerlager abgeben. Es wird dadurch eine bedeutend gröfsere Standfestigkeit der Mauern gewonnen. Diese können unter gleichem Stoffaufwand gar nicht vorteilhafter, oder bei kleinstem Stoffverbrauch nicht standfähiger gebildet werden, als mit einem sich gegen ihren Fufs stützenden verkehrten Gewölbe. Man sucht aus diesem Grunde auch die Gewölbekämpfer so hoch als möglich hinaufzuziehen, soweit es eben die Schiffsform gestattet. Fast allgemein sieht man jedoch in den Torkammerböden von einer Wölbung ab, weil es bei den meisten Torflügeln zu ungünstig sein würde, sie mit einer tiefreichenden Schlagsäule und einer kurzen Wendesäule zu gestalten. Die Versackung des Flügels würde dadurch erheblich befördert. Für Schwimmtore (vergl. § 19) fällt allerdings dieser Grund zum Teile fort, jedoch bleibt auch bei diesen ein Bestreben zur Formänderung. Dazu kommt, dafs die Ausführung eines gewölbten Torkammerbodens sehr umständlich ist, und dafs in der Nähe des Vorbodens eine Wölbung doch fast unmöglich wird. Ein Beispiel eines gewölbten Torkammerbodens befindet sich übrigens in dem Great Western Dock zu Plymouth (s. Zeitschr. des Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. VII).

Es wird daher fast stets in den Torkammerböden, welche ohnehin um die Breite der Tornischen weiter sind als die anderen Teile des Schleusenbodens, eine besondere Verstärkung des Bodens nach unten hin gesucht werden müssen, welche aber gerade bei Steinböden meistens sehr viel leichter und günstiger zu erreichen ist als bei Holzböden.

In ähnlicher Weise kann man, mit Ausnahme der auf Pfahlrost ruhenden Böden, nach der Mittellinie der Schleuse hin den Boden unten verstärken, weil bei Anwendung der Bogenform ohnehin nach den Seiten hin meist ein Übermafs der Stärke vorhanden ist. Diese Art der Verstärkung des Bodens entspricht vollkommen den Anforderungen, welche, wie in § 6 gezeigt wurde, die Theorie stellt.

Bei Flufs- und Kanalschleusen ist man der Gestaltung der betreffenden Schiffe wegen für die Häupter auf eine wagerechte Begrenzung sämtlicher Teile des Bodens angewiesen, bei den Kammerböden ist jedoch die Bogenform nicht ausgeschlossen (vergl. Abb. 3 u. 14, Taf. II).

Um die Steinböden in genauer Form herzustellen und zu erhalten, ist es zweckmäfsig, wenn auch im übrigen Klinkermauerwerk oder nur der nackte Beton zur Verwendung kommt, alle vorspringenden Kanten und Flächen, wie z. B. namentlich die Drempe, den etwaigen Abfallboden, die Begrenzung der Vorböden gegen die Torkammerböden u. s. w. aus vorzüglich guten Quadern herzustellen, welche zur Verhütung von Verschiebung (oft in übertriebener Weise) wohl mit wagerechter Wölbung als Keilsteine gebildet oder auch mit Verschränkung versehen werden. Neuerdings wird auch Eisen zum Schutz der Kanten verwendet.

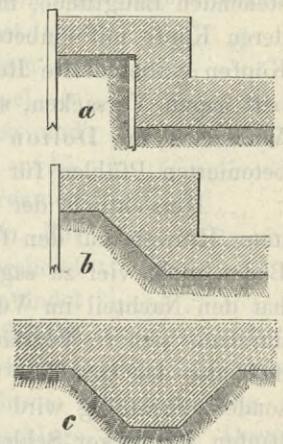
Spundwände. Ein wesentlicher Unterschied der Steinböden gegen die Holzböden besteht in der Anbringung der Spundwände. Während, trotz aller Vorsicht in der Anordnung und Ausführung, der Holzboden zur Sicherheit nicht als vollkommen dicht angenommen werden darf und deshalb an jeder Stelle, wo darüber eine ungleiche Wasserhöhe vorkommt, mit einer Querspundwand versehen werden mufs, kann ein völlig zusammenhängender und mit Sorgfalt aus Mauerwerk oder Beton in genügender Dicke gebildeter Boden als wasserdicht gegen die vorkommenden Wasserdrücke angesehen werden. Es ist in diesem Falle also nicht nötig, mehrere Spundwände unter dem Boden anzubringen und dies ist um so willkommener, als solche unter dem Schleusenboden liegende Wände nur um ein geringes Mafs von unten in diesen eingreifen dürfen, also stets schwierig herzustellen sind. Bei Betonierung insbesondere würde es ein grofser Fehler

sein, die Querspundwände durch den Beton hindurchgehen zu lassen, weil daselbst unfehlbar starke Quellen entstehen müßten. Es muß daher als unzweckmäßig bezeichnet werden, daß bei den älteren Nordsee-Kanal-Schleusen bei Ymuiden (Abb. 1 bis 3, Taf. III) die unter den Drempeln liegenden Querspundwände ganz bis zur Höhe der Übermauerung und bei der Geestemünder Schleuse (Abb. 10, daselbst) verschiedene Querspundwände wenigstens bis zu etwa der halben Betondicke reichen.<sup>30)</sup> In dem ersteren Falle wird sich das unter dem Betonbette befindliche, bei hohen Fluten stark geprefste Grundwasser an der genannten Spundwand hinaufziehen und danach die zwischen Beton und Mauerwerk befindliche Fuge zu verfolgen suchen. Daß solche Fugen wirklich vorkommen, beweist, daß in einem Trockendock zu Wilhelmshaven das reichlich so dicke und mit starken Quadern bedeckte Mauerwerk von dem Betonbette je nach dem Wasserdruck sich hob und senkte. In Geestemünde hatten die aus Abb. 10 ersichtlichen Querspundwände ebenfalls eine durch den Beton reichende Höhe gehabt. Nach der Trockenlegung des übrigens durchweg dichten Betonbettes zeigten sich an ihnen zahlreiche und starke Quellen. Man machte aber hier den anfangs begangenen Fehler dadurch wieder gut, daß das Betonbett überall neben den Spundwänden bis etwa zur halben Dicke aufgehauen und nach Abschneidung der Wände wieder mit Beton auf das Sorgfältigste gedichtet wurde. Diese nachträgliche Arbeit verursachte zwar große Mühe und Kosten, war jedoch von dem besten Erfolge. Zweckmäßiger aber wäre es gewesen, die Spundwände mit Hilfe von Grundsägen von vornherein noch niedriger zu halten und höchstens etwa 0,3 m tief in den Beton eingreifen zu lassen. Denn immer wird bei der noch verbliebenen Höhe der Spundwände das Betonbett an den betreffenden Stellen geschwächt und ohne Nutzen der Gefahr des Undichtwerdens ausgesetzt.

Zur Sicherheit, daß das Wasser sich nicht vom Ober- zum Unterwasser unter dem Boden hindurch Bahn breche, ist also nur je eine Querspundwand am oberen und unteren Ende eines einheitlichen Bodens nötig. Da nun aber die Herstellung des Bodens, namentlich bei Betongründung unter Wasser, die Umschließung des ganzen Bettes fordert, so werden fast stets, ausgenommen bei Prefsluftgründungen, auch Längsspundwände im dichten Anschluß an die Querspundwände angeordnet. Der ganze Boden ist also, entsprechend dem Wasserdruck und der Bodenbeschaffenheit, mit einer tief nach unten reichenden Holzwand eingefasst und dadurch vor Unterquellung gesichert. Nach oben reichen die Spundwände so hoch, als es die Gründung übrigens erfordert, also während der Ausführung mindestens bis zur Höhe des Grundwassers oder des offenen Außenwassers. An den offenen Enden der Schleuse erfolgt nach der Ausführung ein nachträgliches Abschneiden bis zur oberen Höhe des Bodens. Um am Oberhaupte von Kanalschleusen die nebenstehende Anordnung einer zweiten Spundwand (Abb. 46 a) zu vermeiden, kann man die Anordnung Abb. 46 b mit schräger Unterfläche des Betons treffen (vergl. Abb. 1, Taf. II und Abb. 75, § 13).

Außerdem kann man bei der Betonierung an geeigneten Stellen nach unten Verstärkungen (Abb. 46 c) anbringen, und dadurch zugleich das Hindurchziehen von Quellen unter dem Boden unterbrechen und abschwächen.

Abb. 46.



<sup>30)</sup> Eine in neuerer Zeit bei Ymuiden erbaute Seeschleuse ist ohne Querspundwände unter den Drempeln ausgeführt (vergl. das 2. Heft der „Fortschritte der Ingenieurwissenschaften“, Taf. IV, Abb. 1).

Indem jedes Betonbett eine solche Stärke erhalten muß, daß es nach völliger Trockenlegung eine Zeit von mehreren Wochen hindurch allein den auftreibenden Druck des Aufsenwassers ertragen kann, so fragt es sich, ob es zweckmäßig und notwendig ist, der Übermauerung so bedeutende Stärken zu geben, als es oft geschehen ist. Wenn man dabei gar annehmen muß, daß sich beide Schichten nicht so innig verbinden, daß sie als ein ganzes angesehen werden können, so erscheint es gewiß richtiger, die eigentliche dem Schleusenboden zu gebende Stärke ganz allein in den Beton zu legen und denselben nur in den Dremeln mit starkem Mauerwerk, übrigens aber nur der genauen Form wegen zu übermauern. Dies ist namentlich in den Torkammern, wo nur eine wagerechte Oberfläche passend ist, bei weitem vorteilhafter, als etwa 1 m dickes Mauerwerk aufzubringen und die nötige Gesamtstärke auf Beton und Mauerwerk zu verteilen. Wo man zum Teil aus Rücksicht auf die Stabilität der Seitenmauern starke verkehrte Gewölbe anbringt, dürfen diese also fast unmittelbar über dem Beton liegen. In sehr vielen Fällen endlich könnte wesentlich dadurch gespart werden, daß der Beton allein und ohne Übermauerung den Boden bildete. Guter Beton ist gegen die auf einen Schleusenboden treffenden Angriffe fest und hart genug und es erfordert anderseits eine Übermauerung, wenn sie nicht mehr schaden als nützen soll, immer eine sorgfältige Ebenung des in der geschütteten Oberfläche rauhen und undichten Betons.

Da der Auftrieb gegen die Sohle nach dem Unterwasser zu abnimmt und zwar um so mehr, je durchlässiger der Baugrund ist, so kann man auch das Betonbett nach dem Unterwasser zu an Stärke abnehmen lassen.

Bei dem neuen Schleusenbau, welcher zur Verbesserung des Spreelaufes innerhalb Berlins ausgeführt wurde, hat man die Stärke des Betonbettes bei einer Gesamtlänge der Schleuse von 127,3 m in der Stärke von 2,2 am Oberhaupte bis auf 1,8 am Unterhaupte abnehmen lassen.

Im oberen Teile ruht der Beton unmittelbar auf dem aus grobem Sande bestehenden Baugrunde, in der unteren Hälfte, wo alte Kolke gelegen waren, auf Pfählen, deren Köpfe mit einbetoniert sind (Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 52). Derartig mit den Köpfen einbetonierte Rostpfähle wirken übrigens nicht nur als Stützen für das Betonbett gegen Versacken, sondern auch als Anker gegen Hebung durch den Auftrieb. Nach Versuchen von Delion (Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 582) kann man derartig einbetonierten Pfählen für je 10 cm einbetonierter Länge etwa 1 t Zug zumuten.

Hinsichtlich der mit steinernem Boden auf Pfahlrost versehenen Schleusen ist unter Hinweis auf den folgenden Paragraphen und die allgemeinen Regeln für steinerne Böden nicht viel zu sagen. Diese früher besonders in England gebräuchliche Bauweise hat den Nachteil im Vergleich zum reinen Holzboden, daß der Rost nicht als eine durchaus sichere Verstärkung des Gewölbes gegen Auftrieb angesehen werden kann, daß also das Gewölbe für sich allein genügende Stärke dagegen erhalten muß. Besonders nachteilig wird dies in den Torkammern. An der älteren im Jahre 1845 erbauten Harburger Schleuse, welche bei geringeren Abmessungen ähnliche Anordnung wie die im Jahre 1878 begonnene neue Schleuse zeigt (s. Abb. 13, Taf. I), hat man sich in den nur mit flachen Quadern bedeckten Torkammerböden, sowie auch unter den Drempelebögen zur Verstärkung des Bodens hölzerner Spannbalken wie bei einem Holzboden bedient. Es ist klar, daß eine reine Holzkonstruktion hier weit vorteilhafter gewesen wäre. Es mag noch die Bemerkung Platz finden, daß die durchweg größere Papenburger Schleuse (Taf. I) vermöge der zweckmäßigeren Konstruktion nur etwa 180000 M., die alte Harburger dagegen 420000 M. gekostet hat.

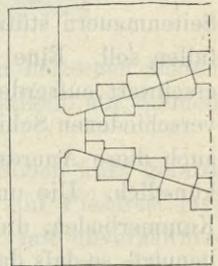
Einzelheiten. Da von den Einzelheiten der DrempeI, der etwaigen Abfallmauern und der in den Vorschleusen liegenden Bodenteile die Anordnung des ganzen Bodens an der betreffenden Stelle abhängt, so sei zunächst über jene Einzelheiten das Nötige gesagt. Es ist bereits gesagt, daß hierzu nur besonders gute Werksteine zu verwenden sind.

Vorzüglich erfordert der DrempeI eine sorgfältige Bearbeitung, damit nicht die einzelnen Steine in Gefahr kommen, durch das Anschlagen oder durch sonstige Bewegungen der Tore verschoben oder gehoben zu werden. Es ist daher zunächst fast allgemein Regel, die DrempeIsteine groß zu wählen und bei großen Schleusen in Form eines Gewölbes zu legen (s. Abb. 11 u. 12, Taf. I und Abb. 15, Taf. III), weil hierdurch jeder einzelne Stein sich fester gegen den anderen stützt. Eine eigentliche Gewölbspannung wird indessen dadurch nicht beabsichtigt. Man sucht dabei sehr spitze Winkel zu vermeiden, weil derartig bearbeitete Steine überhaupt unzuverlässig sind und leicht beschädigt werden. Bei Schleusen, deren Tore an der Innenseite gekrümmt sind, werden deshalb die Fugen fast stets radial gelegt (Abb. 15, Taf. III) und die Steine an der Hinterseite so gebrochen, daß die spitzen Winkel tunlichst fortfallen. Da bei derartigen Schleusen in der Regel der DrempeI zugleich in senkrechter Richtung ein verkehrtes Gewölbe bildet, so werden die Steine dieses Gewölbes ebenfalls nach unten hin in ähnlicher Weise bearbeitet (s. Abb. 12 u. 14, Taf. III). Wie in § 19 hinsichtlich des Anschlages großer gekrümmter Tore näher besprochen ist, wird jedoch der Anschlag der Torflügel an den DrempeI nicht in der ganzen Stirnfläche des Gewölbes, sondern nur in einem etwa 20 bis 30 cm breiten wagerechten Streifen hergestellt. Es liegen deshalb nach Abb. 12 nur in der Mitte der Schleuse die eigentlichen dem Anschlage ausgesetzten DrempeIquader auch in dem Bogen, während nach den Seiten hin besondere Quader unter den Bogensteinen vorkommen.

Wesentlich einfacher ist die Anordnung der DrempeI in kleineren Schleusen mit geraden Toren und ohne gewölbten Boden. Es wird hierbei der Fugenschnitt möglichst rechtwinkelig zu den Anschlaglinien des DrempeIs angeordnet, dabei sucht man jedoch zu lange Steine und zu scharfe Spitzen zu vermeiden. Liegt ein Abfallboden nahe hinter dem DrempeI, so wird die Linie des ersteren gewöhnlich bogenförmig gehalten und die Fugen gehen rechtwinkelig zu dieser Linie (s. Abb. 4 u. 15, Taf. II). Bei kleineren und nicht gewölbten Böden gehen die DrempeIsteine noch um ein gewisses Maß bis in den Torkammerboden. Für DrempeI, an welche sich ein Abfallboden nicht anschließt, erscheint der Fugenschnitt Abb. 47 beachtenswert. Bei neueren Schleusen findet man jedoch noch einfachere Anordnungen (vergl. Abb. 20, Taf. VII).

Über die senkrechte Höhe des DrempeIs über dem Torkammerboden ist folgendes zu bemerken. Hierfür ist einesteiIs der notwendige Spielraum zur Bewegung der Torflügel, andernteils die zum dichteren und sicheren Anschlage an den DrempeI erforderliche Höhe, der sogenannte DrempeI- oder Toranschlag, maßgebend. In ersterer Beziehung kommt in Betracht, ob der Torkammerboden der Aufschlickung, Zusage u. s. w. sehr ausgesetzt ist, ob mit Wahrscheinlichkeit auf das öftere Fallenlassen von Steinen, Torf u. s. w. zu rechnen und ob ein Durchsacken der Schleusentore zu besorgen ist. Wenn auch alle diese Ursachen für die Verringerung des anfänglichen Spielraumes durch geeignete Mittel abgeschwächt werden können, so muß doch der Sicherheit wegen auf das Eintreten einer Verringerung gerechnet werden. Bei auf Rollen

Abb. 47.



laufenden Torflügeln, bei welchen eine Versackung nicht anzunehmen, wird ein möglichst geringer Widerstand an der Unterkante gegen das Bewegen erwünscht und daher eine nicht zu kleine Rolle geboten sein, wodurch wieder eine gewisse Höhe des Drempels bedingt wird (s. übrigens § 20). Außerdem ist zu beachten, daß bei allen Holztores die sogenannte Schlagsäule innen um mindestens 5 bis 10 cm vor der Unterkante des Tores vortreten muß. Es darf daher der Spielraum wohl nie unter 15 cm genommen werden und unter Umständen bis zu 30 cm steigen. Für den Drempel- oder Toranschlag kleiner bis mittelgroßer Schleusen wird je nach der Größe des Tores und des Wasserdrucks 10 bis 20 cm Höhe genügen, so daß der Drempel im ganzen 25 bis 50 cm über dem Torkammerboden liegt.

Bei großen Schleusen mit eisernen Toren und Luftkästen ist auch folgendes zu beachten. Wenn die Gründung des Torkammerbodens nicht besondere Schwierigkeiten verursacht, sollte man die Höhenlage so bemessen, daß ein Mann unter dem fertigen Torflügel auf dem Rücken liegend Nieten und Fugen, welche sich bei der Probe der Schwimmtores mit Wasser als undicht erwiesen haben, notdürftig verstemmen kann. Kann man den Boden nicht in seiner ganzen Ausdehnung so tief legen, so sollte man dies wenigstens an einer Stelle tun, über die man das nachzusehende Tor dann bei der Probe dreht. Eine Tiefe von mindestens 60 cm erwies sich bei der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven auch schon deswegen als erforderlich, um die Rollen gut anbringen zu können, welche beim Einbau und dem Probedrehen der Tore vorübergehend zur Anwendung gekommen sind.

Abweichend von den deutschen, englischen und holländischen Schleusen gibt man in Frankreich dem Steindrempel mitunter eine mittels wagerechter Steinschrauben befestigte Holzschwelle (Abb. 2 u. 4, Taf. II), um zu verhüten, daß die einzelnen Steine durch das Anschlagen der Tore bewegt oder beschädigt werden. Eine solche Schwelle wird „falscher Drempel“ (*faux buse*) genannt. Die Anbringung einer solchen Holzschwelle erscheint entbehrlich, es empfiehlt sich aber, die obere und vordere Kante der Steindrempel etwas abzurunden.

Für die sogenannte Abfallmauer oder den Übergang von dem Oberdrempel zum Kammerboden gilt zunächst als Regel, daß sie als wagerechtes Gewölbe sich gegen die Seitenmauern stützen und ohne die früher mitunter angewandte Neigung senkrecht abfallen soll. Eine Neigung vergrößert ohne Nutzen die Länge der ganzen Schleuse und erschwert außerdem die Ausführung. Man hat zur Sicherung der einzelnen Steine die verschiedenen Schichten wohl mit Verschränkung ineinandergreifen lassen, doch erscheint auch diese Anordnung, wenn nur Höhen von 1 bis 2 m in Frage kommen, übermäßig künstlich. Die unterste Steinschicht erhält ohne weiteres eine sichere Lage gegen den Kammerboden, die oberste Schicht wird zweckmäßigerweise zugleich für den Drempel benutzt, so daß dabei die Steine derselben eine Länge von 1 bis 1,5 m erhalten. Werden beide Schichten dann etwa 0,6 m dick angenommen, so bedarf es gewöhnlich nur noch einer mässigen Höhe zwischen beiden und bei gutem Anschluß an die Unterlage von Beton oder Mauerwerk keiner besonderen Sicherheitsmaßregeln, als daß die Dichtigkeit durch sorgfältige Bearbeitung gewonnen wird. Außerdem pflegt man bei großem Gefälle zweckmäßig den Abfall zu teilen und den oberen Teil oberhalb der Torkammer anzubringen (s. Abb. 1, Taf. II). Es gewinnen dadurch die Torflügel des Oberhauptes eine günstigere Form, die etwaigen Umläufe sind bequemer anzubringen und die Ausführung wird wesentlich erleichtert.

Schließlich ist von den steinernen Böden noch die Einrichtung der Vorböden zu erwähnen. Hierbei kommt namentlich in Frage, ob in den Vorschleusen Dammfalze

angeordnet sind oder nicht. Im ersteren Falle ist bei gewölbtem Boden ein wagrecht liegender Falz anzubringen (Abb. 15, Taf. III), während bei ungewölbtem Boden nur für eine völlig ebene Fläche zum Auflegen des untersten Dammbalkens zu sorgen ist. Übrigens erfordert der Vorboden keine weitere Vorsicht, als das alle Ecken und Kanten mit Quadern eingefasst sein müssen. Diese im Grundrifs gewölbartig anzuordnen, hat keinen Wert.

Bei den Torarten, welche nicht stemmen (vergl. § 21), ist der Dremmel wesentlich einfacher, indem er vollkommen geradlinig ist. Auch hier wird man möglichst große Steine verwenden müssen, die namentlich tief in das Sohlenmauerwerk eingreifen, damit durch eine ungünstige Bewegung des bereits mit Druck anliegenden Tores die Steine nicht gehoben werden können.

Für Gleitpontons (Schiebetore) benutzt man die ausgeklinkten Dremmelsteine (Abb. 48) zweckmäßig zugleich zur Herstellung der Gleitbahn. In der Gleitbahn macht man dann die Oberfläche der Steine nicht eben, sondern abgerundet, wie Abb. 49 zeigt, oder bricht wenigstens die Ecken (Abb. 50). Dadurch vermeidet man, das irgend eine scharfe Kante am Ponton beim Darübergleiten hinter die Steinkanten greifen und den Stein aus dem Mauerwerk herausreißen kann.

Abb. 48.

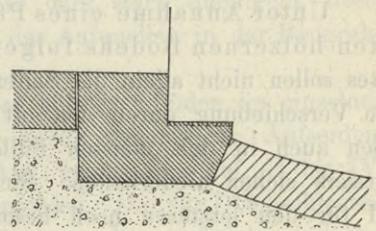


Abb. 49.

a.

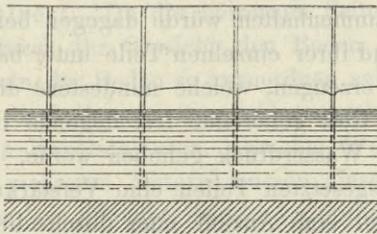
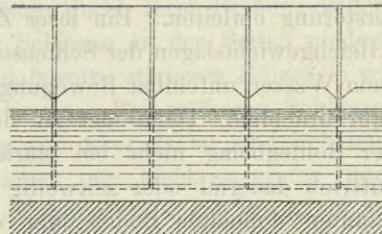


Abb. 50.

b.



**§ 9. Hölzerne Böden.** Wie bereits erwähnt, werden zu den hölzernen Böden auch diejenigen gerechnet, welche zwischen festliegenden starken Balken mit Steinen ausgemauert werden.

Unter Bezugnahme auf § 5 sei die Anwendung der hölzernen Böden kurz gefasst auf folgende Fälle beschränkt: bei Gründung des ganzen Bauwerks auf Pfahlrost insbesondere bei sehr tief liegendem festem Untergrund; wenn nicht mit unverhältnismäßiger Schwierigkeit das Wasser aus der Baugrube zu schöpfen ist; wenn die Schleuse nicht sehr groß (etwa über 15 m weit) ist, und wenn endlich das geeignete Holz zu mäßigem Preise zu haben ist. Unter diesen Umständen wird der Holzboden meistens billiger als jede Ausführung in Mauerwerk sein und sich hinreichend lange erhalten, wenn er sorgfältig hergestellt und keinen gewaltsamen Angriffen ausgesetzt ist. Hierin würde z. B. das im flachen Wasser wohl vorkommende mißbräuchliche Einsetzen von Schiffshaken zum Fortschieben der Schiffe, ferner auch heftiger Durchfluß von Wasser, namentlich von sandhaltigem u. s. w. zu rechnen sein. Es sind dem letzteren Angriffe freilich vorzugsweise nur die Spülschleusen, ähnlich den Deichsielen, ausgesetzt. Unter günstigen Umständen jedoch haben sich über 200 Jahre alte hölzerne Schleusenböden

völlig unversehrt gezeigt. Die größte Gefahr für jeden hölzernen Boden besteht in einer mangelhaften Ausführung hinsichtlich der Dichtigkeit. Wenn bei starkem Wasserdruck anfänglich noch sehr kleine Undichtigkeiten fortwährend einen heftigen Durchzug des Wassers veranlassen, welcher sich zuweilen in Form kleiner lebhaft springender Strahlen zeigt, häufiger jedoch verborgen bleibt, so wird schon nach einigen Jahren das die Wandungen des Wasserstrahls bildende Holz stark angenagt und endlich in der Nähe der Undichtigkeit ganz zerfressen. So sieht man z. B. wohl nach Abbruch alter oder schlecht gebauter Stauwerke und Schleusenböden gewisse der Undichtigkeit vorzüglich ausgesetzte Holzstücke, z. B. die oberen Teile der Spundbohlen, völlig zerstört und verschwunden. Dafs in solchen Fällen das ganze übrige Bauwerk baufällig werden muß, liegt sehr nahe. Es ist zweifellos, dafs ein gut gearbeiteter Holzboden sich doppelt und dreifach so lange hält, als ein übrigen gleicher und nur in der Dichtigkeit mangelhaft ausgeführter.

Unter Annahme eines Pfahlrostes haben die wesentlichsten Teile eines guten hölzernen Bodens folgende Aufgaben zu erfüllen. Die Pfähle des Pfahlrostes sollen nicht allein die Seitenwände, namentlich die steinernen, sicher tragen und eine Verschiebung durch den oft großen seitlichen Erddruck verhindern, sondern sie sollen auch in den meisten Fällen den eigentlichen Boden gegen den Auftrieb des Wassers sicher niederhalten. Sie müssen also zu beiden Zwecken recht fest stehen, und für den letzteren noch besonders sorgfältig mit dem Boden verbunden werden. Der auf den Pfählen ruhende Rost nebst dem Belag von Bohlen muß eine völlig wasserdichte und dabei nach den verschiedenen Richtungen sehr fest zusammengefügte Fläche bilden. Eine Undichtigkeit würde sehr bald die vorhin erwähnte Zerstörung einleiten. Ein loses Zusammenhalten würde dagegen bei den verschiedenen Gleichgewichtslagen der Schleuse und ihrer einzelnen Teile unter bald hohem, bald niedrigem Wasser unfehlbar Bewegungen erzeugen, welche mindestens die Dichtigkeit in Gefahr brächten. Damit der zu dem Rost gehörende frei liegende Boden und besonders der Bohlenbelag nicht bei starkem Wasserdruck gehoben werde, wird über den dem Auftrieb dauernd oder zeitweilig ausgesetzten Teilen eine Verstärkung durch einen sogenannten doppelten Boden oder durch eine Anzahl quer durch die Schleuse bis unter die Wände greifender Balken, der sogenannten Spannbalken, angebracht. Ähnlich wie diese Balken liegen auch die zum DrempeI gehörenden Hölzer über dem Rostbelag, halten denselben mit nieder, müssen also, weil sie unmittelbar von dem Druck der Tore und bei etwaigem undichtem Anschlusse an den Rostbelag auch von dem Auftrieb getroffen werden, besonders stark sein und mit dem Roste fest verbunden werden.

Endlich gehören zum Boden die Spundwände. Diese bilden bei allen Schleusenböden, vorzüglich aber bei den hölzernen, einen überaus wichtigen Teil und haben im allgemeinen dieselbe Bedeutung bei Schleusen wie bei Wehren. Sie sollen verhüten, dafs der zeitweilig oder dauernd vorhandene Überdruck des Wassers sich unterhalb des Bauwerks einen Weg von der einen nach der anderen Seite suche. Auch hier gilt das von der Dichtigkeit des Bodens Gesagte. Die kleinste Undichtigkeit greift immer weiter um sich, sowohl in dem Erdboden unter der Schleuse als in der Spundwand selbst. Es bilden sich förmliche Kanäle aus, deren Vorhandensein im Unterwasser sich sehr oft durch aufquellende Bewegung verrät. Durch ihre Wirkung wird der Boden unterwaschen und sowohl unmittelbar angegriffen, als auch wegen völligerer Benetzung mit Druckwasser einem weit höheren Wasserdruck als ein mit dichten Spundwänden

versehener und gut unterfüllter Boden ausgesetzt. Es verringert sich also die Festigkeit und vermehrt sich der Angriff. Deshalb müssen die Bohlen der Spundwände mit größter Sorgfalt hergestellt und geschlagen sein, nicht minder aber dichtschiessend mit der Unterseite des Schleusenbodens verbunden werden. Da nun eine einzelne Spundwand schwerlich ganz dicht hält und da anderseits auch der Boden leicht nicht vollständig dicht ausfällt, so ist es Regel, unter jedem Drempele und außerdem mindestens an den Enden der Schleuse eine Spundwand quer durch die ganze Breite der Schleuse anzubringen. Bei sehr langen Schleusen wird sogar an geeigneten Stellen noch eine weitere hinzugefügt, sowie man anderseits neben den Drempelel unter Umständen, z. B. bei hölzernen Wänden, die Spundwände auch seitwärts als „Flügelspundwände“ hinaufzieht.

Längsspundwände bei hölzernen Böden zu schlagen, hat im Vergleich zu den Querspundwänden kaum einen erkennbaren Sinn, wenn sie nicht etwa zur bequemeren und unschädlicheren Wasserschöpfung bei großer Tiefe oder stark quelligem, trieb-sandigen Boden dienen sollen. Sie vermindern alsdann das Aufquellen in der Baugrube und das etwaige Einrutschen der Ufer.

Bei der nachfolgenden Beschreibung der Bauweise hölzerner Böden im einzelnen sei auf die in Taf. I und II enthaltenen Abbildungen Bezug genommen. Außerdem ist eine Vergleichung mit den zu Kap. XIII der 3. Aufl. gehörenden Taf. II bis IV, insbesondere für die Ausführung kleiner Schleusen zu empfehlen. Die für Deichschleusen angewandten Böden werden mit besonderer Berücksichtigung des Auftriebs und der Abnutzung durch die Wasserbewegung hergestellt. Im übrigen aber ergänzen die in Kap. XIII der 3. Aufl. besprochenen Anordnungen das Nachstehende.

Pfahlrost. Da die hölzernen Seitenwände durch ihren Reibungswiderstand, die steinernen durch ihr Gewicht den Boden der Schleuse an den Seiten niederhalten, so wird allgemein der Boden so anzuordnen sein, daß seine stärksten Hölzer in wirksamster Weise und deshalb quer zur Schleusenachse liegen. Bei größeren Schleusen als den gewöhnlichen Kanalschleusen, also bei Weiten von über 10 m, und bei dem Wasserdruck von mehreren Metern müssen diese Balken, um nicht zu große Stärke zu erhalten, nahe bei einander liegen; es ergibt sich demgemäß die besonders aus Abb. 2 u. 3, Taf. I deutlich hervorgehende Anordnung der Rostpfähle und der Rostholme oder der „Klai- oder Grundbalken“. Die Querreihen der Rostpfähle und die Grundbalken liegen bei diesem Bauwerk desto näher, je stärker und häufiger der Auftrieb durch den Wasserdruck werden kann; am nächsten also unter dem Hinterboden hinter dem Drempele, wo bei geschlossenem Tore jedesmal bei einer hohen Sturmflut ein Druck von reichlich 3 m wahrscheinlich wird; weniger dicht liegen sie unter dem Torkammerboden, unter dem nur bei etwaigen Abdämmungen mittels der Dammfalze, für gewöhnlich dagegen kein Auftrieb eintritt. Da jedoch derartige Abdämmungen selten und wohl nur in günstiger Jahreszeit vorkommen, so ist hier dem zwar noch etwas höheren Wasserdruck von 3,73 m bei gewöhnlicher Flut nicht dieselbe Bedeutung als dem häufig eintretenden beigelegt. Weil der Boden der Vorschleuse nur dann einen stärkeren Auftrieb bekommen könnte, wenn unmittelbar vor ihm außerhalb der Schleuse eine Abdämmung angebracht würde, dieses aber als unpraktisch nicht wahrscheinlich ist und da bei einer weiter nach außen angebrachten Abdämmung der Auftrieb durch die nur zum Teil mit Steinen gedeckte Sohle des Vorhafens unschädlich gemacht würde, so hat der Boden der Vorschleuse nur sehr weit voneinander stehende Pfähle und nur so viel Grundbalken erhalten, daß der Bohlenbelag sicher aufgebracht werden konnte. Um den

durch den Deich entstehenden Horizontalschub auf die Flügelmauern und deren eigene Last sicher aufzunehmen, sind zwischen den Pfahlreihen des Vorbodens für die Mauern noch Pfahlreihen mit kurzen Grundbalken eingeschaltet und die äußeren Pfähle schräg geschlagen. Über Anzahl und Stellung der Pfähle unter den Wänden vergl. auch § 6.

Um die Drempehlöcher mit starken Bolzen sicher an dem Rost befestigen zu können, ist die Anzahl der Grundbalken und Pfähle unter den Drempeeln der großen Papenburger Schleuse, sowie auch der dortigen kleinen Binnenschleuse (s. Abb. 3 u. 9, Taf. I, und Abb. 22 u. 23, Taf. II) vermehrt, so daß eine genügende Zahl Bolzen angebracht werden konnte. In ähnlicher Weise ist nach Abb. 3 u. 10, Taf. I auch für die Unterstützung des Torzapfens ein starker Eichenklotz auf einigen Pfählen zwischen die betreffenden Grundbalken eingeschaltet.

Spundwände. Die Spundwände werden unter den Drempeeln womöglich zwischen zwei dicht nebeneinander liegenden Pfahlreihen und deren Grundbalken angebracht, wobei in der Ausführung immer erst die Spundbohlen einzuschlagen sind, damit sie durch etwaige schiefe oder krumme Pfähle in ihrem dichten Schluß nicht beeinträchtigt werden. Man kann jedoch zweckmäßigerweise an den Enden der Wand die betreffenden Pfähle einrammen, die Grundbalken auf diesen vorläufig verzapfen und als Zwingen für die Wand benutzen. Nach endgültiger Legung der benachbarten beiderseitigen Grundbalken sind diese stets durch Schraubenbolzen fest gegeneinander zu ziehen, weil dadurch die Wand noch etwas begradigt wird und in ihrem oberen wichtigsten, aber auch gefährdetsten Teile einen möglichst dichten Anschluß an die anderen Teile des Bodens erhält. Um diesen Anschluß dicht zu machen, werden von oben in alle erkennbare Fugen schlanke Holzkeile getrieben. Die nur an einer Seite einen Grundbalken berührenden Wände werden ähnlich mittels einer an der anderen Seite liegenden Gurte durch Schraubenbolzen und Keile gedichtet. Um die Spundwände möglichst dicht mit dem Bohlenbelage zu verbinden, wird auf ihnen ein wenn auch niedriger, 1 bis 2 cm hoher, fortlaufender Zapfen und an der Unterseite der Bohlen eine dicht schließende Nut oder Rille ausgearbeitet. Nach außen freiliegende Wände müssen eine Gurte, die als Holm zum Teil aufliegen kann, erhalten (s. Abb. 7, Taf. I). Im übrigen muß die Anordnung und Herrichtung guter Spundwände als bekannt angenommen werden.

Klai- oder Grundbalken. Die Klai- oder Grundbalken werden sowohl gegen das Tragen einer oberen Last, als auch gegen den Auftrieb des Wassers als hochkantige Balken etwa wie 3 : 4 in der Breite zur Höhe, z. B. 24 auf 32 cm stark, genommen und wenn sie nicht aus einer quer durch die ganze Schleusenbreite reichenden Länge zu erhalten sind, mit möglichst verwechselten, dabei die Schleusenmitte vermeidenden stumpfen Stößen aufgebracht. Die immer auf einen Pfahl treffenden Stöße sind aber unbedingt durch eine oder besser durch zwei seitliche Eisenschienen tunlichst unschädlich zu machen. Wenn der Auftrieb sehr zu fürchten ist, so erscheint die Anwendung verkeilter Zapfen oder Pfahl und Balken verbindender Schienen gut. Die verdeckt verkeilter Zapfen sind aber schwierig herzustellen und zu kontrollieren, weshalb die offen verkeilter sicherer erscheinen. Die Pfähle einer Hauptreihe in zwei zusammengehörende Reihen zu versetzen und die Grundbalken dazwischen zu legen, wie dies namentlich bei Abschufsböden von Wehren früher häufiger geschah und z. B. auch bei der in Abb. 9, Taf. II zum Teil dargestellten Schleuse in dem Weichsel-Haff-Kanal bei Rothebude geschehen ist, kann für Schleusen nicht empfohlen werden.

Wie schon oben erwähnt, setzen sich die Grundbalken der Hauptteile des Schleusenbodens auch unter den Seitenmauern fort, weil dadurch der Boden an Stärke gegen

Auftrieb und an Zusammenhang gegen Zerreißen gewinnt. Es ist dabei anzustreben, daß die Entfernungen für den einen wie für den anderen Teil weder zu groß noch zu klein werden. Wenn der Boden noch mit dem sogenannten Doppelboden verstärkt wird, so kann durch dessen Maß die Stärke und Entfernung der Grundbalken genügend ergänzt werden. Über die Beanspruchung vergl. § 6.

Zangen (Sandstraken). Nach Aufbringung der Grundbalken sind in möglichst rechtwinkliger Kreuzung darüber zunächst die Zangen, die sogenannten Sandstraken, aufzubringen. Sie sind schon bei jedem gewöhnlichen Roste von größerer Ausdehnung zur Vermeidung von Verschiebungen nötig; bei Schleusen aber noch besonders an den Flügeln, die bei hohen und zeitweilig durchweichenden Deichböschungen oft sehr bedeutenden Horizontalschub zu ertragen haben und alsdann bei nicht genügender Verbindung im Roste abreißen. Wo die Zangen unter dem Mauerwerk liegen und besonders starken Zug zu ertragen haben, kann und muß man sie so stark nehmen, daß sie gerade um 1 oder 2 Backsteinstärken über dem Rostbelag vortreten, während sie unter den Spannbalken liegend mit dem Rostbelag bündig sein müssen und nur etwa wie die doppelte Bohlendicke stark sein können (vergl. Abb. 4, Taf. I).

Bohlenbelag. Außer für den Zusammenhang der Rostfläche sind aber auch die Zangen für den eigentlichen Schleusenboden unentbehrlich, um den Bohlenbelag wasserdicht aufzubringen. Es werden dazu erst die Zangen sehr genau mit Verkämmung und Spitzbolzen auf den Grundbalken befestigt, dann die vorher sorgfältig an ihren schmalen Seiten oder Kanten gerade und glatt gehobelten Bohlen, mit Ausnahme einer derselben, in den etwa 1,5 m betragenden Zwischenraum je zweier benachbarten Zangen gelegt, kräftig durch Keile von einer Zange aus nach der anderen hingetrieben, und mit starken Nägeln auf den Grundbalken befestigt. Der vorläufig durch die Keile offengehaltene Zwischenraum wird dann durch die letzte, sorgfältig in ihrer Breite abgemessene und etwas keilig in den Kanten gehobelte Bohle nach Wegnahme der Keile geschlossen, wobei diese Bohle mit Handrammen in den Zwischenraum eingetrieben werden muß. Die Bohlen werden felderweise so gelegt, daß alle Stöße eines Feldes auf denselben Grundbalken treffen und daß daneben in einer möglichst großen Entfernung kein Stoß wieder vorkommt. An den Stößen müssen die einzelnen Bohlen des neu zu legenden Feldes erst stark gegen die bereits liegenden angetrieben und wie diese genau gerade geschnitten und besonders stark befestigt werden. Um eine gute Dichtung des Bohlenbelags zu erhalten, bedarf derselbe einer über das gewöhnliche Maß der Rostbohlen hinausgehenden Stärke von etwa 10 cm und einer sorgfältigen Ausscheidung aller etwas schadhafte, z. B. rissigen Bohlen, welche sonst ohne Nachteil zu einem Roste verwendet werden könnten.

Eine nicht unwesentliche Verstärkung der Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit gewinnt jeder Holzboden, wenn das unter ihm befindliche Erdreich sich dicht an ihn anschließt. Man verstärkt dadurch ferner erheblich die Wirkung der Spundwände und erreicht, daß der Holzboden bei weitem nicht in der ganzen Fläche von unten benetzt, also auch nicht von dem vollen Wasserdruck getroffen wird.<sup>31)</sup> Da nun der Pfahlrost vorzüglich nur bei sehr schlechtem Untergrunde, wie Moor, Darg u. s. w. gebraucht wird und es bei diesen Erdarten ebenso wenig wie auch bei Sand möglich ist, eine dichte und feste Erdschicht unter dem Roste herzustellen, so wird es fast stets erforderlich

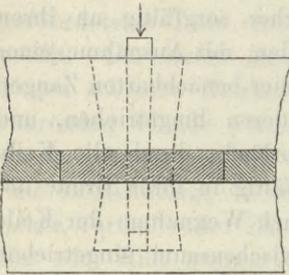
<sup>31)</sup> Vergl. die Arbeit des Verfassers: „Über die Größe des Wasserdrucks im Boden“. Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 101.

sein, hierzu fetten und feuchten Ton zu verwenden, wie dies z. B. nach Abb. 9 u. 10, Taf. I bei der Papenburger Schleuse geschehen ist. Nach Wegräumung der oberen ursprünglichen Erdschicht zwischen den Pfählen in etwa 0,6 bis 0,8 m Höhe wurde dort der Ton eingebracht und vor der Aufbringung des Bohlenbelags nochmals so stark wie möglich eingestampft, bis er überall etwas über den Oberkanten der Grundschwellen vortrat, jedoch ohne diese zu bedecken. Jede einzelne Bohle schob den übertretenden Ton etwas zur Seite und die letzte eingerammte Bohle quetschte ihn sogar aus dem offenen seitlichen Bohlenfelde hervor. Es war dadurch die Ausfüllung unter dem Boden ohne jede Lücke geblieben. Dies Verfahren verdient namentlich gegenüber dem bei anderen Schleusen mitunter angewandten Ausmauern der Zwischenräume zwischen Pfählen und Grundbalken mit Mauerwerk oder dem Einbringen von trockenem Steingrus den Vorzug, weil hierdurch ein ähnlich dichter Anschluss nicht zu erzielen ist.

Nachdem so der einfache Boden dicht und (mit Ausnahme der Stellen unter den Seitenmauern, wo die höheren Zangen vortreten) eben hergestellt ist, werden die Spannbalken zur Verstärkung des Bodens und die Drempe mit ihren verschiedenen Hölzern aufgebracht.

**Spannbalken.** Die Spannbalken sind nur in den dem Auftriebe besonders ausgesetzten Bodenteilen erforderlich, sie liegen, wie die verschiedenen Beispiele auf Taf. I

Abb. 51.



und II zeigen, genau über den Grundbalken, greifen etwa 0,6 m unter die Seitenmauern und wirken schon dadurch als eingemauerte Balken sehr kräftig gegen das etwaige Auftreiben der Bohlen. Um aber die vorhandenen Grundbalken und die mit diesen verbundenen Pfähle ebenfalls gegen den Auftrieb des Wassers möglichst auszunutzen, werden Spannbalken und Grundbalken noch miteinander verbunden. Hierzu dienen, da Schraubenbolzen begrifflicherweise nicht gut anzubringen sind, kräftige Spitzbolzen, die fast durch beide Hölzer reichen und ohne Zweifel bei etwa 1 bis 1,5 m

Entfernung und solider Arbeit hinreichen würden, um beide Balken gegen Biegung nach oben wie einen erscheinen zu lassen. Es ist aber außerdem die sinnreiche Verbindung mit sogenannten Schlüsselkeilen sehr beliebt. Sie besteht nach Abb. 51 aus drei Teilen, wovon der mittlere nach Einsetzung der zwei anderen zuletzt eingetrieben wird. Die kleinste gesamte Querschnittsfläche der drei Stücke leistet bei guter Arbeit wie ein einziges Stück Widerstand gegen Zerreißen. Werden etwa in 2 bis 3 m Entfernung solche Schlüsselkeile und dazwischen noch einige Spitzbolzen angebracht, so darf wohl Spannbalken und Grundbalken als ein Balken betrachtet werden. Um dann genügend sicher zu rechnen, ist bei steinernen Seitenwänden der Widerstand der Pfähle gegen Ausziehen ganz oder teilweise zu vernachlässigen. Bei hölzernen Schleusen dagegen sind die Spannbalken oft kaum anzubringen und weniger nötig, weil solche Schleusen nur bei geringem Wasserdruck zweckmäßsig sind. Es ist für sie vor allen Dingen eine gute Verbindung der Grundbalken mit den Pfählen nötig und alsdann der Widerstand der Pfähle voll mit in Rechnung zu ziehen (vergl. § 6).

Am richtigsten ist ein hölzerner Boden dann ausgebildet, wenn die Verbindungen der einzelnen Teile miteinander nicht nur überhaupt imstande sind, den Beanspruchungen durch den Auftrieb zu widerstehen, sondern wenn dies auch in allen Teilen mit gleicher Sicherheit geschieht. Dazu ist es aber erforderlich, die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Verbindungen zu kennen; daher mögen nachstehend die hierauf abzielenden

Versuche mitgeteilt werden, welche in Holland für den Bau einer Schleuse zu Vianen ausgeführt sind.<sup>32)</sup>)

Was zunächst die Verbindung der Rostholme oder Grundbalken mit den Pfählen durch verkeilte Zapfen betrifft, so zeigten die Versuche, daß die früher gebräuchliche Art der Verzapfung nach Abb. 52 eine viel zu geringe Widerstandsfähigkeit besaß gegenüber derjenigen, welche die Pfähle gegen Ausziehen zeigen. Eine solche Verzapfung wurde bereits bei einem Zuge von 6 t gelöst, indem der Zapfen sich aus dem Grundbalken zog. Infolge dessen wandte man bereits beim Bau der Schleuse zu Vlissingen die in Abb. 53 dargestellte Verbindung an. Sie löste sich zwar erst bei 13 t Zug, war aber sehr nachgiebig, so daß vor dem Durchziehen des Zapfens der Holm sich bereits 132 mm vom Pfahl abgehoben hatte. Es war dies möglich, weil die beiden Zapfenhälften durch die eingetriebenen Keile nicht genügend verdichtet waren. Diese beiden Versuche, welche bereits 1878 zu Vlissingen angestellt waren, geschahen mit 30 cm hohen Holmen, die nachfolgenden zu Vianen angestellten mit nur 25 cm hohen.

Abb. 52 bis 56. Verbindungen zwischen Grundbalken und Pfählen.

Abb. 52.

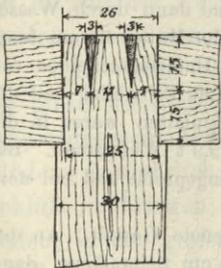


Abb. 53.

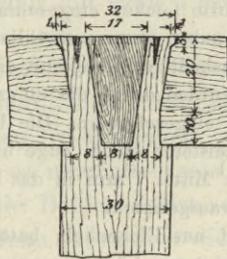


Abb. 54.

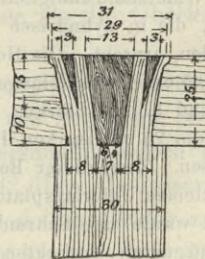


Abb. 55.

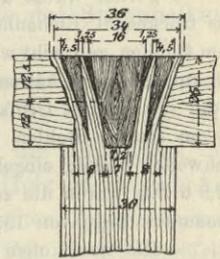
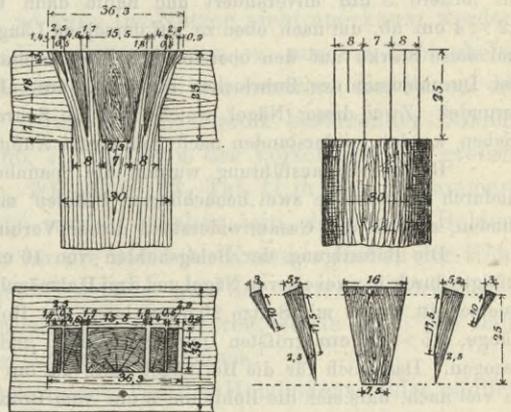


Abb. 56.



Der Zapfen nach Abb. 54 entspricht ungefähr dem vorigen. Er zog sich bei 6,4 bis 7,4 t Zug um 40 mm aus dem Zapfenloch, bei 8,0 t aber um 49 mm und sprang dann plötzlich ganz heraus. Die Verkeilung Abb. 55 hielt 15,9 t, wobei der Zapfen 8,5 mm im Zapfenloch gegliitten war. Die wirkliche Tragfähigkeit blieb unbestimmt, weil ein Verbindungsteil der Versuchsvorrichtung zerstört wurde. Die Verzapfung nach Abb. 56 endlich war die widerstandsfähigste. Sie zeigte erst bei fast 11 t Zug eine geringe Verschiebung des Zapfens im Zapfenloch von 0,5 mm, welche bei 16,3 t Zug auf 1 mm gewachsen war und bei 18,6 t 3 mm erreichte. Da bei dieser Belastung der den Zug ausübende Hebebaum brach, wurde auch für sie die Endfestigkeit nicht ermittelt. Die Pfähle waren von Kiefernholz, die Zapfen hatten vor dem Eintreiben der eichenen Keile (Abb. 56 rechts unten) die in Abb. 56 rechts oben dargestellte Form. Die beiden Zungen des Zapfens wurden also, wie Abb. 56 oben links zeigt, in ihrem oberen Teile durch die Keile sehr stark verdichtet. Das Eintreiben der Keile geschah mittels Handramme von 65 kg Gewicht durch vier Mann. Für die kleinen Keile wurde der Zapfen stets vorher durch einen Sägenschnitt bis zur richtigen Tiefe gespalten.

Wenn man die in Vlissingen mit 30 cm starken Holmen angestellten Versuche auf 25 cm starke umrechnet, so gibt umstehende Tabelle das Gesamtergebnis an.

Die Verzapfung nach Abb. 55 wird danach in den meisten Fällen genügen, wo ein geringes Abheben vom Pfahl nichts schadet, während die allerdings etwas unständliche Verzapfung nach Abb. 56 allen Anforderungen gerecht wird.

<sup>32)</sup> Escher, Proeven betreffende den wederstand van vloeren in den dag van sluizen tegen oppersing. Tijdschr. van het kon. inst. van ingenieurs 1886/87, S. 1.

| Verschiebung<br>des Zapfens im<br>Zapfenloch | Zug in der Pfahlaxe in Tonnen |                              |                    |                              |            |
|--|-------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|------------|
|  | Versuche in Vlissingen        |                              | Versuche in Vianen |                              |            |
|  | mm                            | Verkeilung<br>nach Abbildung |                    | Verkeilung<br>nach Abbildung |            |
|  | 52                            | 53                           | 54                 | 55                           | 56         |
| 0,5  | —                             | —                            | —                  | —                            | 10,8       |
| 1,0  | < 5                           | 7                            | —                  | —                            | 16,3       |
| 1,5  | —                             | 7,3                          | —                  | 11                           | —          |
| 2,0  | —                             | 7,5                          | —                  | 12                           | —          |
| 3,0  | —                             | 8                            | —                  | 13                           | 18,6       |
| 4,0  | —                             | 8,5                          | 7,4                | 13,5                         | —          |
| 8,5  | —                             | 9,5                          | —                  | 15                           | —          |
| Der Holm sprang<br>vom Zapfen                | 5,1                           | 11                           | 8                  | Unbekannt                    | Unbekannt. |

Ferner wurde die Widerstandsfähigkeit von eisernen Holzschrauben und vierkantigen Holznägeln aus trockenem Eichenholz, die in zylindrisch gebohrte Löcher eingeschlagen und dann durch Wasser zum Quellen gebracht wurden, erprobt. Die Holzschrauben waren ausschließlich der Mutter 60 cm lang, 3,8 cm stark und hatten 23,5 cm Gewindelänge, sechskantigen Kopf und erhielten Unterlagsscheiben von 9 cm im Quadrat Größe und 1,6 cm Stärke. Sie wurden durch die 30 cm starken Schwellen und die 10 cm starken Bohlen in die 25 cm starken Holme eingeschraubt. Die Unterlagsplatten waren in die Schwellen bündig eingelassen. Zwei dieser Bolzen leisteten einem Zuge bis zu 15,9 t Widerstand. Bei 12,8 t Zug waren die zu kleinen Unterlagsplatten im Mittel 7 mm in das Holz eingepreßt und bei dem genannten Zuge von 15,9 t wurde eine Schraube herausgerissen.

Die nach oben und unten verdickten Nägel aus Eichenholz hatten folgende Gestalt. An der unteren Spitze wuchs der rechteckige Querschnitt bei 1 cm Länge von 3 auf 3,5 cm Seitenlänge, dann auf weiteren 6 cm Länge von 3,5 im Quadrat auf  $5 \times 4,8$  cm rechteckigen Querschnitt. Dieser blieb auf fernere 3 cm unverändert und nahm dann bei einer Länge von 23,5 cm gleichmäßig bis auf  $4,2 \times 4$  cm ab, um nach oben zu auf derselben Länge von 23,5 cm wieder auf  $5 \times 4,8$  cm anzuwachsen und diese Stärke auf den obersten 6 cm beizubehalten. Die ganze Länge der Nägel war also 63 cm. Der Durchmesser des Bohrloches betrug 4,5 cm. Die scharfen Kanten der Nägel sind ein wenig abgerundet. Zwei dieser Nägel, welche wie die Schrauben durch Schwelle und Bohlen in die Holme getrieben wurden, widerstanden nach gehörigem Aufquellen einem Zuge bis rund 4 t.

Bei der Bauausführung wurden die Spannbalken mit den Grundbalken durch den Bohlenbelag hindurch zwischen je zwei benachbarten Pfählen mittels zweier Spitzbolzen und zweier Holznägel verbunden, so daß der Gesamtwiderstand dieser Verbindung auf Zug  $15 + 4 = 19$  t betrug.

Die Befestigung der Belagsbohlen von 10 cm Stärke auf den einzelnen Grundbalken (Holmen) erfolgte durch je zwei eiserne Nägel und drei Holznägel. Die eisernen Nägel von quadratischem ( $0,9 \times 0,9$  cm) Querschnitt waren mit Spitze 20,5 cm lang, die Holznägel, ähnlich den vorigen gebildet, hatten 30 cm Länge,  $2,5 \times 2,5$  cm größten Querschnitt oben und unten und waren in der Mitte auf  $2 \times 2$  cm eingezogen. Das Loch für die Holznägel hatte 2,2 cm Durchmesser. Diese Verbindung gab bei 3,6 t Zug so viel nach, daß sich die Bohle um 3 cm vom Holm abhob. Nachdem die Belastung einige Minuten 4,3 t betragen hatte, rutschten zwei Holznägel durch die Bohle und der dritte Holznagel samt den beiden Eisennägeln aus dem Holm heraus.

Die Verbindung ausschließlich durch fünf eiserne Nägel obiger Abmessung war wesentlich schwächer. Bei 1,4 t Zug hob sich die Bohle bereits 5 mm vom Holm, bei 1,77 t 14 mm im Mittel und bei 2,85 t wurde die Bohle losgerissen, wobei einer der Nägel mit dem Kopf durch die Bohle gezogen, die anderen aus dem Holm gerissen wurden.

Zwischen zwei benachbarten Pfählen im Schleusenboden befanden sich ungefähr fünf Bohlen über den Grundbalken. Jede Bohle wurde auf den Grundbalken unmittelbar durch drei Holznägel und zwei Eisennägel befestigt. Die direkte Befestigung des Bohlenbelags, welcher auf einen Pfahl entfiel, konnte nach obigen Versuchen sonach  $3,5 \times 5 = 17$  t Zug aushalten. Die Schwellen oder Spannbalken, welche über den Bohlen lagen, konnten außerdem, wie oben berechnet, von Pfahl zu Pfahl 19 t Zug aufnehmen, ohne abgerissen zu werden, so daß die Verbindung der Bohlen mit den Grundbalken für jeden Pfahl  $17 + 19 = 36$  t Zugwiderstand leistete. Sie war also allem Anscheine nach fester, als die Verbindung zwischen Grundbalken und Pfahl und widerstandsfähiger als der Pfahl gegen Herausziehen aus dem Boden.

Zwischen den einzelnen Spannbalken pflegt stets eine Ausmauerung mit Backsteinen, am besten mit Klinkern angebracht zu werden. Diese soll weniger dem Boden eine gröfsere Dichtigkeit, als vielmehr gröfsere Schwere, Ebenheit und besonders Schutz für alles Holzwerk verleihen. Wenn der darunter befindliche Bohlenbelag nicht dicht sein sollte, so würden die hindurchtretenden Quellen sofort bei der Ausmauerung sich in dem frischen Mörtel ihren Weg suchen und diesen mit der Zeit unfehlbar vergröfsern. Der Schutz des Holzwerks, besonders des Bohlenbelags, gegen zufällige Angriffe von oben ist aber sehr nützlich. Bei den zum Spülen oder für Entwässerung eingerichteten Schleusen, wie z. B. der Papenburger Schleuse, welche etwa 12000 ha Land entwässert, auch mit Rücksicht auf das Austreten des durch Torschütze oder Umläufe tretenden Wassers ist eine ebene Oberfläche durchaus notwendig zur Erzielung eines ruhigen Abflusses. Etwaige Wirbel würden aufserdem das Holz noch stärker angreifen, als das glatt fliefsende Wasser es ohnehin tut. Um dasselbe möglichst unschädlich zu machen, ist es gut, die Ausmauerung um etwa 1 cm höher als die Oberkante des Spannbalkens vortreten zu lassen.

In vielen Fällen liegt über der Ausmauerung noch ein zweiter Bohlenbelag. Es ist diese Anordnung namentlich in Holland, wo die Schleusen sehr oft auch als Entwässerungsschleusen dienen, in Gebrauch. Sie erscheint jedoch für die Dichtigkeit des Bodens entbehrlich, weil es unmöglich sein wird, über Mauerwerk Holz dicht zum Anschlufs zu bringen und die Bohlen selbst, ohne sie in Felder zwischen Zangen einzuteilen, in der grofsen Fläche schwerlich dicht zu bekommen sind. Für die Bodenstärke würde eine entsprechende Erhöhung der Spannbalken weit wirksamer und billiger sein. Da aufserdem die Kosten der Bohlen selbst nicht unbedeutend sind und die Dicke derselben die Mafse des Mauerwerks vergröfsert, so kann ihr Nutzen nicht anerkannt werden.

Wo dagegen an einzelnen Stellen, in Vorschleusen u. s. w. nur ein Bohlenbelag ohne Spannbalken und Zwischenmauerung liegt, wird stets ein zweiter, die Fugen des ersteren überdeckender und der Haltbarkeit wegen aus Eichenholz bestehender Bohlenbelag anzubringen sein. So ist z. B. nach Abb. 7, Taf. I in der Vorschleuse der grofsen Papenburger Schleuse und ebenso nach Abb. 20, 22 u. 23, Taf. II in den Torkammern der dortigen kleinen Binnenkanal-Schleuse, sowie daneben ein doppelter Bohlenbelag hergestellt. — In dem letzteren Falle, wo die Sohle der Kammer fast in der Höhe des Unterdrempels liegt, erschien ein schräger Übergang aus der unteren Torkammer in den Kammerboden (Abb. 22) wegen Reinhaltung der ersteren, sowie auch aus baulichen Gründen günstiger als ein senkrechter Absatz des Bodens.

Drempel. Den wichtigsten und schwierigsten Teil des Holzbodens bildet endlich der Drempel. Es mufs zunächst von einer so unklaren Ausbildung wie bei der auf Taf. II, Abb. 9 dargestellten Weichselschleuse abgesehen werden. Es läfst sich unzweifelhaft für Schleusen von mäfsiger Gröfse ein Drempel in reinem Holzbau ebenso dauerhaft und dabei weit leichter wasserdicht herstellen, als auf Holzboden ein steinerner Drempel. Eine zweckmäfsige Bauweise ist in Abb. 7, 8, 9 u. 10, Taf. I dargestellt. Hier ist nun zunächst zu bemerken, dafs für die senkrechte Höhe des Drempels über dem Torkammerboden die bei der Besprechung der steinernen Böden erörterten Regeln (s. S. 67 u. 68) gelten. Bei Holzböden sucht man jedoch dies Mafs möglichst zu beschränken und da aufserdem diese nur bei Schleusen bis mittlerer Gröfse genommen werden sollten, so darf für Holzdrempel 40 cm als die gröfste Höhe angesehen werden. Es würde zu unverhältnismäfsig dicken und schwer zu beschaffenden Hölzern führen, wenn man die Spannbalken nur bis an die Drempel gehen lassen und

aufserdem die Drempehölzer unmittelbar auf den ersten Bohlenbelag legen wollte. Dies ist bei der Papenburger Schleuse dadurch umgangen, daß unter dem ganzen Drempele eine Lage von 17 cm starken Spannbohlen dichtschiessend gelegt ist, von denen aufserdem zwei etwas stärkere noch in den unteren Bohlenbelag eingreifen. Auf dieser, die Grundlage des Drempeles bildenden und durch starke Bolzen auf die betreffenden Grundbalken befestigten Holzschicht ruht der Drempele selbst. Seine immerhin noch reichlich 50 cm dicken Eichenhölzer liegen mit ihrer Unterkante um 17 cm tiefer als die Oberkante der nächsten Spannbalken, und sind gegen wagerechte Verschiebung dadurch geschützt, daß der Zwischenraum zwischen den Schlagschwellen und den Spannbalken durch 17 cm dicke, keilig eingetriebene Eichenstücke ausgefüllt ist. Ebenso sind auch, wie aus Abb. 2 zu ersehen, die Zwischenräume zwischen den Schlagschwellen und der Haupt- oder Mittelschwelle durch 50 cm hohe Holzklötze ausgefüllt. Auf diese Weise besteht der Drempele von dem Rostbelage ab aus 68 cm dickem Holze, welches völlig scharf behobelt und aufserdem in allen wagerechten Hauptfugen mit geteertem Fließpapier gedichtet ist. Wie aus Abb. 8 ersichtlich, greifen nicht allein die Enden der Mittelschwellen, sondern auch die der Schlagschwellen unter das Mauerwerk. Diese Hölzer sind durch starke Schraubenbolzen an den Enden und aufserdem durch geeignete Schienen unter sich und mit den in der Mittellinie der Schleuse liegenden „Königsstücken“ verbunden. Sodann sind etwa in 1,5 m Entfernung 5 cm dicke Spitzbolzen durch starke Schläge bis in die betreffenden Grundbalken getrieben und dadurch die Drempehölzer vor der etwaigen Gefahr des Aufhebens durch die Schleusentüren geschützt. — Dieser reine Holzbau war insofern von dem üblichen abweichend, als bei den meisten Holzdrempelele der Zwischenraum zwischen den Schwellen mit Mauerwerk ausgefüllt und dann mit etwa 7 cm dicken Bohlen, die in Falzen der Drempehölzer liegen, bedeckt ist. Es bedarf wohl keines Beweises, daß diese Ausfüllung nicht entfernt dieselbe Dichtigkeit gewährt, als jene durchweg aus Holz gebildete, da eine Lockerung und Zerstörung des gewöhnlichen Mörtelmauerwerks infolge der Erschütterungen, welche ein ungeschicktes Schließene der Tore verursacht, nicht ausbleiben kann. Wesentlich besser ist in dieser Beziehung die bei der Kesselschleuse des Ems-Jade-Kanals (s. § 2 und § 13 am Schlusse) angewandte Ausfüllung mit Asphaltbeton, da dieses Material eine gewisse Elastizität besitzt und infolge dessen den Stößen besser widersteht.

Endlich ist in Papenburg noch der bei älteren Holzböden gebrauchte und zum Tragen der Zapfenpfannen (§ 20) dienende „Pfannenbalken“ dadurch glücklich beseitigt, daß eine 17 cm dicke und 44 qcm große gusseiserne Zapfenplatte zwischen die vorhin erwähnten Futterhölzer auf die Spannbohlen gesetzt ist. Der Pfannenbalken gibt durch seine vielfachen Überschneidungen oft Veranlassung zu Undichtigkeiten und ist deshalb nicht zu empfehlen.

Da nach Vorstehendem die sämtlichen Holzteile eines Schleusenbodens mit der allergrößten Genauigkeit ausgeführt werden müssen, hierzu aber nur besonders zuverlässige Zimmerleute verwendbar sind, so ergibt sich eine verhältnismäßig lange Arbeitszeit. Sehr schwierig wird die Arbeit bei starkem Wasserandränge, namentlich wenn zeitweilig außergewöhnlich hohe Fluten, z. B. an der See eintreten. Wenn in solchen Fällen die Grundpfähle nicht genügende Tiefe in dem festen Boden erhalten haben, so ereignet sich bei noch unbelastetem, aber übrigens geschlossenem Boden wohl ein Auftreiben des ganzen Bodens. Dies soll z. B. bei der im Jahre 1848 erbauten, 22 m weiten Dockschleuse zu Bremerhaven während einer hohen Flut, wobei etwa 14 m Wasserunterschied vorhanden war, zum Teil bis zu 30 cm Höhe geschehen sein. Wegen

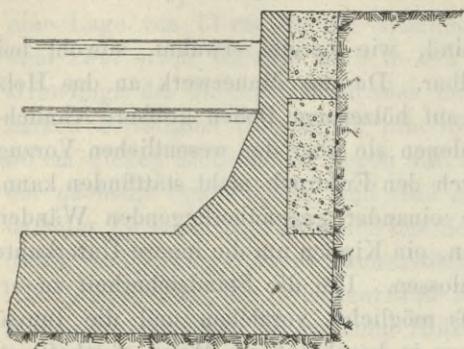
dieser Gefahren und der langen Dauer der Ausführung wird bei grossen Schleusen jetzt nur noch der Steinbau angewendet.

**§ 10. Steinerne Wände.** Dieselben sind, wie bereits erwähnt, sowohl bei hölzernen als auch bei steinernen Böden anwendbar. Da das Mauerwerk an das Holz nicht anbindet, so haben die steinernen Wände auf hölzernem Boden grössere Ähnlichkeit mit auf Rost gegründeten Kaimauern, vor denen sie aber den wesentlichen Vorzug haben, dafs ein Verschieben des Mauerfusses durch den Erddruck nicht stattfinden kann, weil der hölzerne Boden zwischen den beiden einander gegenüberliegenden Wänden dies verhindert. Dagegen ist ein Vornüberneigen, ein Kippen um die innere Unterkante bei ungenügender Standsicherheit nicht ausgeschlossen. Um die Standsicherheit zu erhöhen, wird man wie bei Futtermauern den Fufs möglichst vorziehen und die Innenfläche mit Anlauf versehen, wiewohl dies oft nur in beschränktem Mafse statthaft ist. Auch eine Verankerung der Mauer mit dem Rost an ihrer Rückseite (vergl. § 6) wirkt günstig auf die Standsicherheit. Die Wände von Schleusen mit steinernen Böden dagegen bilden mit diesen ein Ganzes und sind bei gleicher Form und Gröfse von Hause aus standsicherer, indem sie mit der Sohle durch den Mörtel verbunden sind, wenn man auch dem Mörtel keine sehr bedeutende Zugfestigkeit zutrauen will. Auch hier können an der Rückseite der Wand eiserne Anker, die bis zur Unterkante der Sohle reichen, mit Nutzen verwendet werden (vergl. § 13).

Es ist ferner ein Unterschied zu machen zwischen den Wänden der Torkammern und denjenigen der Schleusenkommer. Bei Verwendung der immer noch am meisten gebräuchlichen Stemmtore ist es für die Wände der Torkammern ein unbedingtes Erfordernis, dafs sie unbeweglich stehen, weil bei jeder Bewegung die Dichtigkeit der Tore leiden mufs, ja ihr ganzer Bestand in Frage gestellt werden kann. Da dies bei einflügeligen Drehtoren, noch mehr aber bei Klappstoren und Schiebetoren durchaus nicht in demselben Mafse der Fall ist, so ist hierin auch ein Grund zu sehen, weshalb die Ingenieure in neuerer Zeit ihr Augenmerk diesen Torarten wieder mehr zugewendet haben (s. § 17). Dazu sind die meisten Torformen derart, dafs sich die oben angegebenen Mittel zur Herstellung einer grösseren Standsicherheit (vorgezogener Fufs, Dossierung) bei ihnen für die Torkammerwände ganz oder teilweise verbieten, denn sowohl die Ausbildung aller um senkrechte Achsen drehbaren Tore, als auch der Gebrauch der in § 14 zu beschreibenden Dammfalze verlangen möglichst senkrechte Innenflächen der Mauern. Nur allein für Schiebetore und Pontons, aber nur für diese, sind dossierte Flächen und vorgezogener Mauerfufs kein Hindernis. Endlich unterscheiden sich die Mauern aller derjenigen Schleusenköpfe, welche nur nach einer Seite zu kehren haben — diesmal zu ihren Gunsten — von den Wänden der Schleusenkommer selbst noch dadurch, dafs sie, abgesehen von der Beanspruchung durch den Stemmdruck von Stemmtoren, eine gleichmäfsigere Beanspruchung erfahren, weil die Höhe des Wasserspiegels in solchen Köpfen sich wenig ändert.

Betrachtet man nun die Wände der Schleusenkommer, so folgt schon daraus, dafs sie mitunter ganz fehlen oder bei steinernen Köpfen aus Holz und bei hölzernen Wänden der Köpfe aus Busch hergestellt werden, dafs sie entschieden minderwertig sind. In der That würde eine geringe Bewegung dieser Wände, wofern dadurch die Dichtigkeit nicht leidet, auch ohne Belang sein. Desgleichen wird man ihnen mindestens unterhalb des Unterwasserspiegels eine Dossierung und an der Sohle einen vorgezogenen Fufs geben können; für beides wird nur Form und Gröfse der

Abb. 57.



durchzuschleusenden Schiffe maßgebend sein. Auch oberhalb des Unterwasserspiegels wird man nur dann nötig haben, die innere Wandfläche senkrecht zu gestalten, wenn Mangel an Wasser vorhanden ist. Um auch für diesen Fall den Schwerpunkt des Mauerquerschnitts möglichst nahe an die Rückseite zu verlegen und dadurch die Mauer möglichst standsicher zu erhalten, kann man die Mauer aus festem, aber verhältnismäßig leichtem Ziegelmauerwerke herstellen, mit Aussparungen an der Rückseite, die mit möglichst schwerem Sparbeton gefüllt werden (Abb. 57).

Die obere Dicke der Mauer kann nicht ausschließlich mit Rücksicht auf die Standsicherheit bestimmt werden, sie muß auch genügend groß sein, um den Stößen der Schiffe zu widerstehen, welche in der Schleuse verkehren. In Bezug hierauf hat die Erfahrung ergeben, daß die Dicke bei Binnenschleusen nicht unter 0,6 bis 1 m und bei Seeschleusen nicht unter 1 bis 2 m je nach der Schleusengröße zu nehmen ist, und zwar gilt dies gemeinsam für die Wände der Schleusenkammer und der Torkammern mit Ausnahme der Torsäulen für Stemmtore, deren Stärke nach dem Zuge der Verankerungen zu bemessen ist (vergl. § 20).

Hat man in dieser Weise unter möglichster Berücksichtigung aller Anforderungen die Profillinien für die Ansichtsflächen der Schleusenkammer einerseits und der Torkammern andererseits festgesetzt, wobei man namentlich für letztere oft zu Formen gelangt, die in Bezug auf billige Herstellung und Standsicherheit nicht sonderlich günstig sind, so wird man bei der Ausbildung der Rückseite von Mauern, welche auf steinernen Böden stehen und der Wahl der Hinterfüllungserde nicht minder verschiedene Umstände gegeneinander abwägen müssen. Hier ist es namentlich schwierig, die Forderungen der Standsicherheit nach § 6 mit der Bedingung zu vereinigen, daß dem Oberwasser der Zutritt zum Unterwasser längs der äußeren Wandflächen sicher und dauernd abgeschlossen werden soll. Für große Seeschleusen empfiehlt es sich daher, die Hinterfüllung der Wände an den Hauptern anders zu behandeln als diejenige der Wände längs der Schleusenkammer. Man ist hierzu auch vollkommen berechtigt, weil die Wände der Hauptern der am meisten gebräuchlichen Stemmtore ohnehin wegen der Verankerungen u. s. w. eine andere Behandlung verlangen. Es empfiehlt sich, diesen Mauern eine senkrechte oder noch besser eine von unten nach oben gleichmäßig dossierte Fläche (Abb. 8, Taf. II) zu geben und hier womöglich plastischen Ton oder wenigstens tonhaltigen Boden zur Hinterfüllung zu verwenden, der in dünnen Lagen fest eingestampft wird.

Die Mauern der Kammer dagegen hinterfüllt man besser mit reinem, möglichst abgeschliffenem, feinem Sande und kann ihre Form dann auch so gestalten, wie es die statischen Verhältnisse und die Stoffersparnis fordert. Dieser Wechsel im Hinterfüllungsboden bei demselben Bauwerke hat noch den Vorteil, daß, wenn zwischen dem Ton und der Wand des Außenhauptes eine Wasserader entstehen sollte, diese durch Nachstürzen des Sandes an der Kammerwand sich nicht weiter ausbilden kann. Übrigens ist diese Frage nur für große Kammer Schleusen, welche auf nachgiebigem Grunde stehen, beispielsweise für die Endschleusen von Seekanälen mit großen eisernen Toren, von Wichtigkeit.

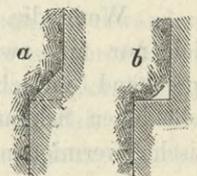
Für Schleusen im Binnenlande — große wie kleine — wird man meistens imstande sein, eine solche Baustelle zu ermitteln, welche ein sicheres Fundament herzustellen gestattet, das auch bei weniger günstiger Form genügende Standfähigkeit der Mauern erzielen läßt. Als letzte Zuflucht bleibt immer das nachträgliche Einspannen einer steinernen Sohle zwischen fertige Wände.

Steinerne Wände auf hölzernen Böden sind in dieser Beziehung unabhängiger. Wie schon in § 6 am Schlufs bemerkt wurde, ist die Verbindung solcher Wände mit dem Holzboden, selbst wenn an der Rückseite Verankerungen vorhanden wären, keine so innige, daß man Mauer und Boden statisch als ein Ganzes betrachten könnte. Damit fällt der Nutzen fort, welchen ein starker Erdschub gegen die Wand in Bezug auf das Biegemoment des Bodens in der Mitte bringen könnte. Für Schleusen dieser Bauart wird man daher plastischen Ton durchweg als bestes Hinterfüllungsmaterial empfehlen können. Selbstverständlich muß dann jede Unterschneidung der Wände unterbleiben. Je kleiner eine Schleuse ist, desto weniger fällt auch die Ersparnis, welche eine künstliche Gestaltung des Wandquerschnittes gegenüber der unbequemerer Ausführung mit sich bringt, ins Gewicht und desto geringer werden die statischen Vorteile. Letzteres bezieht sich sowohl auf die Sicherheit der Sohle, als auch auf diejenige der Tore, denn diese sind bei kleinen Schleusen fast ausnahmslos von Holz und solchen schadet die geringe Bewegung, welche die Mauern kleiner Schleusenhäupter allenfalls machen könnten, weit weniger als eisernen.

Es ist daher vollkommen berechtigt, daß man die Mauern der Kanalschleusen, deren Höhe 5 m selten überschreitet, möglichst einfach gestaltet und ihnen senkrechte Vorderflächen und ebensolche oder nach oben verjüngte Hinterflächen gibt. Statt der letzteren, die jedenfalls den Vorzug verdienen, wendet man der bequemeren und billigeren Herstellung wegen auch häufig Abtreppungen im oberen Teile an, während man den unteren Teil senkrecht läßt (vergl. z. B. Abb. 4, Taf. I; Abb. 13, Taf. II und Abb. 3, Taf. III).

Um die Abtreppungen hinsichtlich der Bildung von Wasseradern möglichst unschädlich zu machen, füllt man dieselben wohl nach Abb. 58 *a* aus. Denn es muß als wahrscheinlich gelten, daß die Hinterfüllungserde in der bei *b* gezeichneten Weise sich nicht dichtschließend in den rechtwinkeligen Raum an die Mauer legen, sondern eine gewisse Fuge offen lassen werde. Je größer dann der Wasserdruck und je löslicher die Hinterfüllungserde ist, desto leichter bilden sich dadurch, besonders in größerer Tiefe, Wasseradern hinter der Mauer aus. Solche Abschrägungen sind in Abb. 4, Taf. I zwar nicht gezeichnet, jedoch bei der Ausführung durchweg angebracht. Außer den Abschrägungen wendet man ferner die Vorsichtsmaßregel an, alle Abtreppungen in waagrechter Richtung mehrfach zu unterbrechen. Dies geschieht z. B. in sehr einfacher Weise dadurch, daß die sich hinter zwei verschiedenen, aber aneinander grenzenden Mauerfluchten befindenden Abtreppungen nicht in einer gleichen Höhe zusammentreffen, daß also die Abtreppungen des einen Mauerteils sich an dem anderen totlaufen. Wirksamer ist es jedoch, an gewissen Stellen außerdem völlig senkrechte Rücksprünge oder sogenannte Hinterpfeiler anzubringen, welche sämtliche Wasseradern, die sich an der übrigen Mauer etwa gebildet haben, gänzlich abschneiden. Solche Hinterpfeiler sind außerdem für die Verankerung der Torflügel geradezu unentbehrlich und werden deshalb zunächst hinter der Torsäule angebracht und von da aus in entsprechenden Entfernungen an anderen geeigneten Punkten wiederholt.

Abb. 58.



So sind z. B. in Abb. 2, Taf. I unter den in die Deichkrone zurückspringenden Deckplatten der Mauer auch solche senkrechte Pfeiler aufgemauert, wie aus Abb. 4 ebenfalls hervorgeht. Ebenso befinden sich am Binnenhaupt die in Abb. 6 ersichtlichen Hinterpfeiler hinter den Torsäulen. An der in Abb. 2 bis 4, Taf. II dargestellten Schleuse sind aufer hinter der Torsäule des Oberhauptes noch drei senkrechte Pfeiler hinter der Schleusenammer angebracht. Bei den an der Nordsee liegenden Schleusen des Amsterdamer Seekanals (Abb. 2, Taf. III) sind an der nördlichen Seite neben der Entwässerungsschleuse sogar aufer den Hinterpfeilern der Torsäulen noch zwei spundwandartige Mauern angewandt, weil hier auf einer kurzen Entfernung von etwa 20 m der ganze Wasserdruck von etwa 3 m bei Sturmflut wirksam ist. An der südlichen Seite wiederholen sich diese Mauern je einmal an dem Aufsenhaupt und Binnenhaupt der dort liegenden Kammerschleuse.

Wendenische. Von Einzelheiten ist noch die Herstellung der Wendenische zu besprechen. Die äußere Form derselben ergibt sich aus § 15. Für die Ausführung empfiehlt es sich, wie aus den verschiedenen Beispielen auf den Taf. I bis VI zu ersehen ist, grose in gutem Verbande liegende Quader von vorzüglicher Güte zu verwenden. Diese Quader müssen sämtlich vor dem Versetzen die dem Torrücken entsprechende Form erhalten, jedoch zweckmäßiger nur in vorläufiger Bearbeitung mit geeigneten Werkzeugen als bereits mit geschliffenen Flächen. Das Abschleifen geschieht am besten erst dann, wenn die ganze Nische aufgemauert und der untere Zapfen versetzt ist, der Halsring für den oberen Zapfen aber in richtiger Lage angepaßt werden kann (vergl. § 20). Alsdann wird die Drehaxe des geschlossenen Tores durch eine stramme Schnur genau lotrecht bestimmt und auf ihr eine um ein gewisses Maß schwächere Schablone in der ganzen Nische auf- und niedergeführt, um zunächst alle vortretenden Stellen erkennen und abarbeiten zu können. Danach kann, etwa mit einem den Torrücken genau darstellenden harten Holzstück von mäfsiger Länge oder mit sonst geeigneten Mitteln die Nische leicht ausgeschliffen werden. Die einzelnen Quader vor dem Versetzen zu schleifen führt fast zweifellos zu doppelter Arbeit. Wegen der Exzentrizität der Drehaxe (vergl. § 15) wird das geöffnete Tor in der so hergestellten Wendenische mit dem gewählten Spielraume liegen.<sup>33)</sup>

Statt der Quader sind in einzelnen Fällen mit Vorteil gusseiserne Platten zur Herstellung der Wendenischen angewandt, so z. B. bei der Schleuse zu Keokuk im Kanal des Moines in Nordamerika.<sup>34)</sup> Die einzelnen Stücke sind hinten achteckig, 0,076 m dick, 1,2 bis 1,8 m lang und haben einen Radius von 0,35 m. Die Befestigung der einzelnen Teile untereinander geschieht durch Lappen, mit dem Mauerwerk durch Bolzen. Die Wendesäulen der Holztore sind ebenfalls mit Gufseisen armiert (vergl. § 18). Auch beim Oder-Spree-Kanal ist jene Konstruktion versuchsweise ausgeführt. Abb. 58 a zeigt eine solche Gufseisenbekleidung im Schnitt.

Wenn die Wendesäule wie bei den Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals sich nur mit zwei Holzleisten an die Nische lehnt, so ist deren Bearbeitung entsprechend einfacher. Auch bei der neuen Schleuse in Charlottenburg und bei verschiedenen Schleusen des Oder-Spree-Kanals ist das Ausschleifen der ganzen Wendenische vermieden, indem der Stemmdruck der Tore durch einzelne Gufsstahlstücke

<sup>33)</sup> Vergl. auch Rechter und Arnold, Der Bau der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1891, S. 355.

<sup>34)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1877.

(Stützwinkel) auf die Nische übertragen wird, welche hier aber noch aus Stein besteht. Es brauchen in diesem Falle nur die Teile der Nische eingeschlif- fen zu werden, gegen welche diese Stahlstücke sich stützen, sowie die Anschlagfläche der die Dichtung bewirkenden Holz- teile.<sup>85)</sup>

Mit ähnlicher Sorgfalt wie die Nischen, wenn auch ohne Ausschleifung, sind die Damm- falze zu bearbeiten. Endlich muß als Regel gelten, daß alle Kanten, wie z. B. der Damm- falze, mit 3 cm Radius, die der

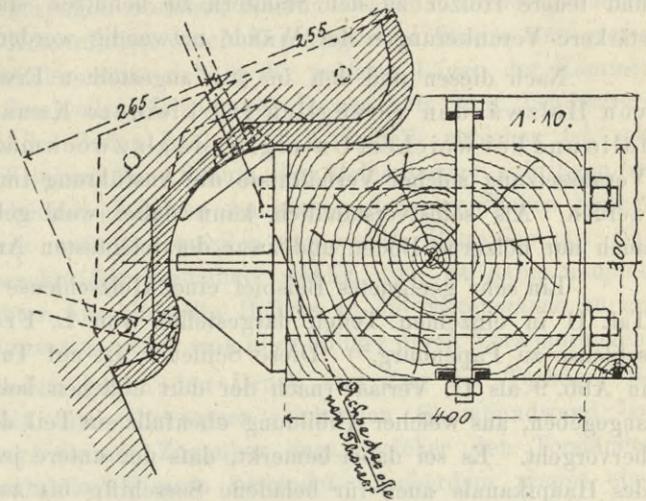
Vorschleusen und Einfahrten aber besser mit 0,1 bis 1 m Radius abgerundet werden. Bei großen Seeschleusen, z. B. der Geestemünder nach Abb. 10, Taf. III und denen des Nord-Ostsee-Kanals, Taf. VIII, Abb. 13 und Taf. IX, Abb. 1 bis 6, gebraucht man sogar die Vorsicht, die Ecken mit etwa 1 m abzurunden und außerdem etwa bis zum Niedrigwasser ganz mit Holz zu verkleiden, damit sowohl die Schleuse als auch die Schiffe möglichst geschützt werden. Über den Schutz durch sogenannte Fender s. §§ 14 u. 27.

Die Mauern müssen mit großen und starken Deckplatten abgedeckt werden, denen zum sicheren Betreten zweckmäßig an der abgerundeten Kante ein kleiner vortretender Wulst gegeben wird. Basaltlava ist für diese Deckplatten besonders geeignet, weil die Oberfläche dieses Gesteins sich nicht so glatt tritt, wie z. B. bei Granit.

Endlich sind in Kammerschleusen in geeigneter Höhe Ringsteine zum Festhalten und Fortbewegen kleinerer Schiffe anzubringen.

**§ 11. Hölzerne Wände.** Wie in § 5 bereits erwähnt, ist die Anwendung hölzerner Seitenwände zwar eine beschränkte, jedoch unter Umständen recht zweck- mäßige. Wenn auch wegen verhältnismäßig zu schwieriger Ausführung und zu ge- ringer Dauer größere und besonders wichtige Seeschleusen, oder wegen der zu geringen Dichtigkeit der Seitenwände fast alle frei im Flusse liegenden Schleusen von vornherein von der Ausführung in Holz ausgeschlossen bleiben, so werden namentlich Kanal- schleusen, deren Bedeutung für eine größere Zeit noch nicht feststeht, also z. B. die in Moorkanälen anzulegenden Schleusen, weit zweckmäßiger ganz in Holz hergestellt als ganz oder zum Teil in Stein. Dazu kommt, daß Moorkanalschleusen sehr oft auf weichem Untergrunde gebaut werden müssen. Eine Schleuse mit hölzernen Seitenwänden belastet aber den Untergrund in der Regel nicht mehr, als es früher der an ihrer Stelle belegene Boden tat. Bei weichem Untergrunde ist ein geringes Schleusen- oder Kanal- gefälle zweckmäßig; dies kommt den Holzwänden dadurch zu statten, daß die ab- wechselnd naß und trocken werdende, also dem Faulen besonders ausgesetzte Fläche kleiner wird und daß die Höhe der Wände überhaupt eine geringere bleibt. Denn es ist nicht zu leugnen, daß der Vorteil eines Holzbaues wesentlich abnimmt, wenn

Abb. 58 a. Wendenische mit Gufseisenbekleidung.



<sup>85)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 207.

die Höhe der Wände ein gewisses Maß, z. B. etwa 4 m, übersteigt, weil alsdann schwere und teure Hölzer zu den Ständern zu benutzen sind und namentlich auch sehr viel stärkere Verankerungen der Wände notwendig werden.

Nach diesen und den im § 5 angestellten Erwägungen darf die Anwendung von Holzwänden vorzüglich für kleinere Kanalschleusen mit geringem Gefälle und bei weichem Untergrunde als zweckmäßig gelten; deshalb soll nur unter Voraussetzung solcher Verhältnisse die Ausführung im Nachstehenden näher beschrieben werden. Als selbstverständlich kann dabei wohl gelten, daß bei hölzernen Wänden auch nur hölzerne Böden und zwar der leichtesten Art vorkommen.

Ein sehr geeignetes Beispiel einer Holzschleuse bietet die in den Abb. 20 bis 23, Taf. II in einzelnen Teilen dargestellte, von L. Franzius ausgeführte Binnenkanalschleuse zu Papenburg.<sup>36)</sup> Diese Schleuse ist auf Taf. XV des Kap. XV der 3. Aufl. in Abb. 9 als II. Verlaat (nach der dort üblichen holländisch-ostfriesischen Benennung) angegeben, aus welcher Abbildung ebenfalls ein Teil der ganzen Moorkanäle dieser Stadt hervorgeht. Es sei dabei bemerkt, daß der untere jenseits der Eisenbahn liegende Teil des Hauptkanals auch für beladene Seeschiffe bis zu etwa 3,6 m Tiefgang fahrbar ist und zu der auf Taf. I mitgeteilten Schleuse an der Ems führt.

Der Schleusenbau ist mit der größten Sparsamkeit durchgeführt worden, was wohl schon daraus hervorgeht, daß die ganze Schleuse mit allen Nebenarbeiten nur 18900 M. gekostet hat. Die Ausführung geschah ferner nach vorheriger Anfertigung der Tore, der Drempele und aller Verbindungsteile, wie Zapfen u. s. w. in weniger als 8 Wochen. Diese Eile war geboten, um den Schiffahrtsbetrieb, sowie auch den zu beiden Seiten der Schleuse stattfindenden Strafsenverkehr so wenig als möglich zu stören. Es ist ohne weiteres klar, daß eine derartig billige und rasche Bauweise nur bei Holzbau möglich ist. Sie darf auch in ähnlichen Fällen keineswegs als sehr vergänglich gelten; z. B. haben sich die älteren und nicht einmal so gut gebauten Papenburger Holzschleusen unter mehrfacher Erneuerung der Tore und des oberen Teils der Wände in ihrem größten Teile einige Menschenalter hindurch gehalten. Wie nämlich Abb. 20 u. 21 zeigen, liegt fast sämtliches Holz unter dem Oberwasser, das bei dem lebhaften Verkehr fast als dauernd angesehen werden kann. Daß das Oberwasser etwa 0,5 m unter der Oberkante der Seitenwände und Strafsen steht, erscheint auffallend, ist jedoch durch dessen geringe Schwankungen und das baldige Ansteigen der Ufer nach oben hin begründet. Um nämlich selbst bei starkem Wasserzufluß des Kanals von dem etwa 5000 ha großen Mooregebiet in den oberen Haltungen keine Anschwellung zu bekommen, sind die Tore der Schleusen nur bis zur Höhe des normalen Spiegels verkleidet und außerdem mit verhältnismäßig großen Schützen versehen. Auf diese Weise wird der Wasserstand teils selbstwirkend, teils mit etwas Nachhilfe durch die Schleusen geregelt, so daß nur fast unmerkliche Schwankungen eintreten. In der untersten Haltung allerdings kann bei hohem Aufsenwasser der Ems und großem Zufluß der gesamten Abwässerungsfläche eine zeitweilige Überschwemmung nicht verhindert werden.

Während das Holzwerk der Schleuse schon fast gänzlich von dem seine Erhaltung begünstigenden Moorwasser bedeckt ist, gibt ferner die Bauweise der Wände Gelegenheit, nach etwaigem Abfaulen der oberen, bis zum Unterwasser reichen-

<sup>36)</sup> L. Franzius, Die wasserbaulichen Anlagen der Stadt Papenburg. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. XII (1866).

den Teile durch Abschneiden der Ständer in dieser Höhe das untere gesund gebliebene Holz beizubehalten und nur etwa in 1,5 m Höhe eine Aufständering vorzunehmen. Dabei werden sogar dieselben Verankerungen bestehen bleiben können. Diese gewähren bei der vollständig geschlossenen Konstruktion durch Zugstange und Strebe eine große Sicherheit. Der Fufs der Wandständer stützt sich in der größten Länge der Kammer aufser mit dem Zapfen noch mit dem vollen Holze gegen die aus Abb. 22 u. 23 b hervorgehenden Spannbalken, mit denen der Boden hauptsächlich deshalb versehen ist, um dazwischen eine Rollschicht von Klinkern zum Schutz des Bohlenbelags anbringen zu können. Im Vergleich zu dieser höchst einfachen Anordnung der eigentlichen Seitenwände als aufgeständertes Bohlwerk mufs die zuweilen angewandte Bauweise mit eingerammten Wandpfählen als unzuweckmäfsig bezeichnet werden. Es ist dabei nämlich in keiner Weise ein so guter dichter Anschlufs des Bodens an die Seitenwände zu erreichen; die Standsicherheit der letzteren erzielt man aber billiger durch Verankerungen.

Die Sicherung des Torständers gegen den Druck und Zug der Torflügel ist wesentlich mit Hilfe der fast bis zum Oberwasser reichenden Querspundwand beschafft, auf der ein 5 cm starker eiserner Zuganker liegt, welcher den Torständer und den hinter der Spundwand stehenden Pfosten verbindet. Aufserdem nimmt eine gegen zwei hinter der Wand stehende Pfähle sich stützende Spreize den Druck der geschlossenen Flügel auf, und endlich wirken die in der Vorschleuse vor den Wandständern liegenden und mit dieser verkämmten Streben, sowie die oberen Wandholme, mit denen der Torständer ebenfalls fest verbunden ist, sowohl dem Zug als dem Druck entgegen (vergl. Abb. 20, 21 u. 23, Taf. II).

Die einzige Schwäche einer Schleuse mit Holzwänden liegt in der verhältnismäfsig geringen Dichtigkeit der Wandbekleidung. Man kann indessen durch sorgfältige Bearbeitung der Bekleidungsbohlen, die trocken angebracht nach der Füllung der Schleuse noch etwas quellen, sowie durch Hinterfüllung mit fettem Ton diesem Übelstande sehr wirksam entgegenzutreten, wobei der geringe Wasserdruck ebenfalls von Bedeutung ist. Die Anbringung von hohen Querspundwänden neben den Toren erscheint aber in dieser Hinsicht trotzdem unerläfslich.

Nach allem diesem dürfen Schleusen mit hölzernen Wänden unter den geeigneten Verhältnissen empfohlen werden, indem sie dasselbe leisten wie steinerne, kaum den fünften Teil der letzteren kosten, und bei etwa gesteigertem Bedürfnisse leicht beseitigt und durch gröfsere Schleusen ersetzt werden können.

**§ 12. Herstellungsweise der Schleusen.** In Nachstehendem soll keine ausführliche Beschreibung aller bei der Gründung von Schleusen vorkommenden Arbeiten gegeben werden, da diese sich vielfach von denjenigen bei den Gründungen im allgemeinen anzuwendenden, welche im ersten Bande dieses Handbuchs (3. Aufl.), Kap. VI u. VII behandelt sind, nicht unterscheiden. Es soll vielmehr nur das den Schleusenbauten bei den verschiedenen Gründungsarten Eigentümliche teils durch allgemeine Erörterung, teils durch Vorführung besonderer Ausführungen mitgeteilt werden.

Wie bei allen gröfsen Bauausführungen hat man sich in erster Linie durch Bodenuntersuchungen (Bohrungen oder Schürfungen) möglichst eingehende Kenntnis von den Verhältnissen des Baugrundes zu verschaffen. Bei den Bohrungen ist es zweckmäfsig, mindestens einen Teil mittels Ventilbohrern auszuführen, da man durch diese ein weit sichereres Bild von der Beschaffenheit der verschiedenen Bodenarten erhält, als durch ausschliefsliche Bohrung mit Wasserspülung. Dafs man die Bohrlöcher nicht in der

Baugrube selbst, sondern zu beiden Seiten derselben abteufen muß, ist wohl selbstverständlich, da Bohrlöcher in der Baugrube bei geeigneten Bodenverhältnissen künstliche Quellen erzeugen würden, die manche Bauausführung erschweren würden.

Was nun die verschiedenen Bauweisen betrifft, so ist über die Herstellung hölzerner Böden nichts zu sagen, was nicht bereits im „Grundbau“, sowie vorstehend in den §§ 9 und 11 mitgeteilt wäre; es handelt sich also hier nur noch um die verschiedenen Ausführungsarten steinerner Böden.

Unmittelbare Mauerung. Betonierung mit Wasserschöpfen. Die Herstellung des Bodens und Fundamentes durch unmittelbare Mauerung wird meist nur bei Felsboden oder hartem Tonboden angewendet, wiewohl diese Herstellung unter Umständen auch bei Sandboden ausführbar ist, wie wir weiter unten an dem Beispiele der Ostsee-Schleuse des Kaiser Wilhelm-Kanals sehen werden. Bei Felsboden würde außer der Bildung der Drempele u. s. w. überhaupt nur eine Ausgleichung der Unebenheiten nötig sein und es wäre namentlich darauf zu achten, daß alles Mauerwerk mit gutem Zement auf völlig reine und schlammfreie Flächen des natürlichen Bodens gelegt werde. Von Spundwänden ist alsdann völlig abzusehen. Weniger gut ist diese Art der Gründung bei Gerölle und grobem Kies, weil dabei ohne vorgängige Betonierung stets bedeutende Wasseradern bleiben und Spundwände meistens nicht angebracht werden können. Auf schwerem Ton kann dagegen unmittelbar gemauert werden; ist jedoch eine Zusammendrückung des Tons zu befürchten, so ist die Vorsicht zu gebrauchen, daß erst die Seitenwände bis zur vollen Höhe aufgeführt und danach die Sohlen dazwischen gespannt werden (vergl. § 6). Spundwände, wenn sie anzubringen sind, erscheinen nicht ganz überflüssig, weil sich zwischen Mauerwerk und Ton immerhin Wasseradern ausbilden und den Ton aufweichen können. Ein mehrfaches Eingreifen von herdartigen Quermauern unter dem Boden würde bei recht festem Ton den nur mangelhaft einzutreibenden Spundwänden vorzuziehen sein. Ist die Tonschicht, welche unter der Sohle des Bauwerks nach Herstellung des Aushubs für die Baugrube noch verbleibt, so schwach, daß ein Aufbrechen durch das Grundwasser einer darunter liegenden Sand- oder Kiesschicht zu befürchten ist, so kann man sich unter Umständen in der bei der erwähnten Ostsee-Schleuse des Kaiser Wilhelm-Kanals angewandten Weise helfen, deren Ausführung zunächst kurz beschrieben werden möge.

Die Bodenuntersuchungen für dies Bauwerk hatten ergeben, daß sehr wasserhaltige Sandschichten mit starken Mergelschichten abwechselten. Letzere sind mit vielen Findlingen untermischt, vollkommen wasserundurchlässig und geben bei genügender Stärke einen sehr guten Baugrund ab. Da in diesen Schichten vielfach Verwerfungen vorkommen, lag die Sohle des Bauwerks teilweise auf Mergel, teilweise auf wasserführenden Sandschichten. Das Wasser in den Bohrlöchern war Süßwasser und stieg höher als der Wasserspiegel der nahen Ostsee, es stammte also nicht aus dieser, floß aber, wie die verschiedenen hohen Wasserstände in den Bohrlöchern vermuten ließen, dahin ab. Aus dem ziemlich großen Unterschiede zwischen den Wasserspiegeln in den Bohrlöchern und dem Wasserspiegel der Kieler Förde konnte indessen geschlossen werden, daß der Abfluß behindert war, so daß man keinen bedeutenden Zufluß von Meerwasser zu einer trocken gelegten Baugrube zu befürchten hatte. Die Trockenlegung erschien also möglich, falls der Wasserzufluß zu den Sandschichten zu bewältigen war, ohne den sandigen Teil des Baugrundes zu lockern.

Um sich über die zu bewältigende Wassermenge ein Urteil zu verschaffen, wurde beschlossen, neben der Baugrube einen Pumpensumpf bis einige Meter unter die Sohle des zukünftigen Bauwerks hinabzuführen, in demselben eine Pumpe aufzustellen und zu beobachten, wie weit man imstande sei, mit dieser die Wasserspiegel in den Bohrlöchern, welche rund um die Baugrube angebracht waren, zu senken. Die Bauunternehmung, welche diese Arbeit übernommen hatte, versuchte zunächst den Sumpf in bekannter Weise als Schacht abzteufen, hatte aber damit, wie vorauszusehen war, keinen Erfolg, denn als man sich mit dem Abteufen der wasserführenden Schicht auf einige Meter näherte, brach die

Abb. 59 u. 60. Schleuse zu Holtenuau.

Abb. 59. Lageplan.

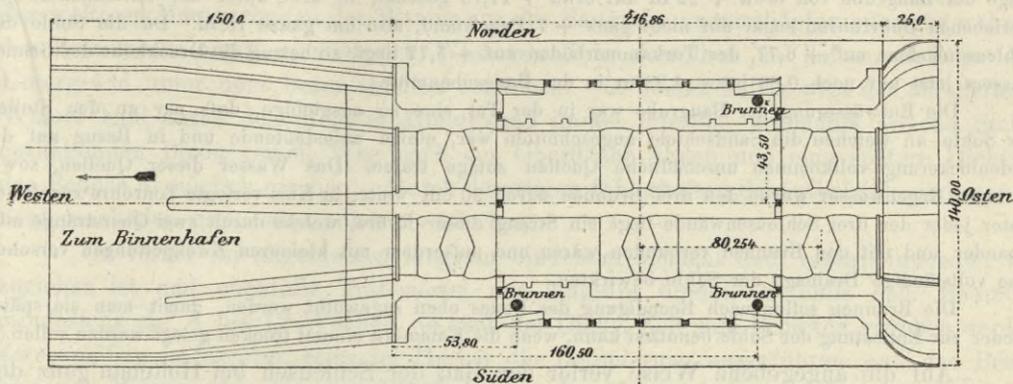
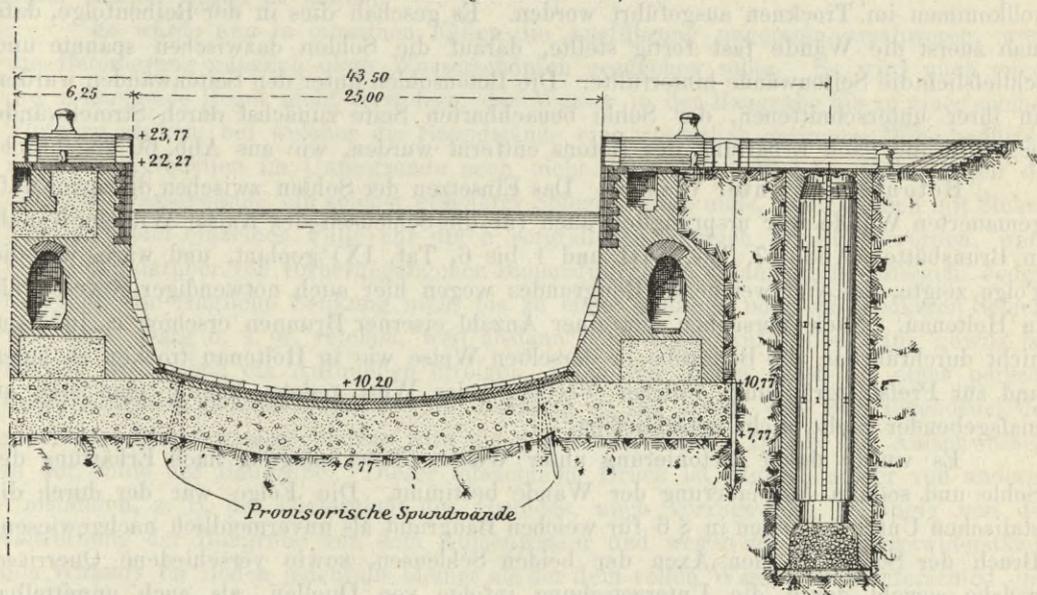


Abb. 60. Querschnitt. M. 0,0025.



Sohle infolge des hohen Wasserdrucks auf, so daß der Schacht voll Wasser lief und auf mehrere Meter Höhe mit Sand angefüllt wurde.

Wen schon eine weitere Vertiefung des Schachtes ausgeschlossen war, so gelang es doch durch andauerndes Pumpen aus dem Schachte die Wasserstände in den verschiedenen Bohrlöchern so weit zu senken, daß man die Überzeugung gewann, man werde durch eine genügende Anzahl von Brunnen rund um die Baugrube herum den Grundwasserstand so tief absenken können, daß ohne Gefahr des Aufbrechens der Mergelschichten in der Baugrube und ohne gefährliche Lockerung der sandigen Stellen das Bauwerk im Trocknen ausgeführt werden könne. Für diesen Zweck wurden vier Brunnen von rd. 5 m äußerem und 3,5 m innerem Durchmesser in Aussicht genommen, welche je zwei und zwei zu beiden Längsseiten der Baugrube außerhalb der Spundwand mit Hilfe von Prefsluft abgesenkt werden sollten.

Von diesen vier Brunnen kamen indessen nur die in Abb. 59 dargestellten drei zur Ausführung, da sich herausstellte, daß schon mit diesen der Zweck erreicht wurde. Die Schneide der Brunnen steht bei dem einen auf etwa  $-2,1$ , bei den beiden anderen auf etwa  $-0,45$  in der wasserführenden Schicht, wobei der für den Bau des Kaiser Wilhelm-Kanals gewählte Nullpunkt 20 m unter N. N. liegt.

Die Sohle der Brunnen wurde zum Schutze gegen das Aufquellen des Sandes der Reihe nach von unten nach oben gerechnet mit grobem Sand, Kies und Steinschlag bzw. Steinen angefüllt (Abb. 60).

Die Brunnen wurden mit Kreiselpumpen versehen, die im Januar 1891 in Betrieb gesetzt wurden. Nach etwa  $1\frac{1}{4}$  Jahren unausgesetzten Pumpens hatte sich der Wasserstand in den Bohrlöchern am Umfange der Baugrube von etwa + 22 m auf etwa + 11,75 gesenkt, in drei unter der Mittelmauer eingetriebenen Bohrrohren sogar auf nicht ganz + 7 Pegelstand, also um ganze 15 m. Da die Sohle des Schleusenbodens auf + 6,77, der Torkammerböden auf + 5,77 liegt, so betrug die Druckhöhe des Grundwassers jetzt nur noch 0,23 bzw. 1,23 m in der Baugrubenmitte.

Die Entwässerung der Baugrube war in der Tat eine so ausgiebige, dafs nur an den Stellen der Sohle, an welchen die Sandschicht angeschnitten war, einige unbedeutende und in Bezug auf die Bodenlockerung vollkommen unschädliche Quellen zutage traten. Das Wasser dieser Quellen, sowie etwaiges Regenwasser wurde den drei Brunnen durch 30 cm weite, in Kies verlegte Tonrohre zugeführt. Unter jeder der drei Schleusenwände liegt ein Strang dieser Rohre, welche durch zwei Querstränge miteinander und mit den Brunnen verbunden waren und ausserdem mit kleineren Zweigleitungen versehen eine vollständige Drainage der Sohle bewirkten.

Die Brunnen sollen nach Beendigung des Baus oben zugewölbt werden, damit man sie später wieder zur Entlastung der Sohle benutzen kann, wenn die Kammern einmal trocken gelegt werden sollen.<sup>37)</sup>

Auf die angegebene Weise verlor der Bau der Schleusen bei Holtenau ganz den sonst so gefürchteten Charakter eines Wasserbaues und konnte in der bequemsten Weise vollkkommen im Trocknen ausgeführt werden. Es geschah dies in der Reihenfolge, dafs man zuerst die Wände fast fertig stellte, darauf die Sohlen dazwischen spannte und schliesslich die Seitenwände hinterfüllte. Die Betonsohlen unter den Seitenwänden wurden an ihrer unterschrittenen, der Sohle benachbarten Seite zunächst durch Streichwände begrenzt, die nach Erhärtung des Betons entfernt wurden, wie aus Abb. 60 ersichtlich.

Betonierung unter Wasser. Das Einsetzen der Sohlen zwischen die zuvor aufgemauerten Wände war ursprünglich auch für die Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals in Brunsbüttel (Abb. 17, Taf. VIII und 1 bis 6, Taf. IX) geplant, und wäre, wie die Folge zeigte, des viel weicheren Baugrundes wegen hier auch notwendiger gewesen als in Holtenau. Nach Versuchen mit einer Anzahl eiserner Brunnen erschien es indessen nicht durchführbar, die Baugrube in derselben Weise wie in Holtenau trocken zu legen und zur Prefsluftgründung, welcher Verfasser das Wort redete, konnte man sich an mafsgebender Stelle nicht entschliessen.

Es wurde daher Betonierung unter Wasser, Trockenlegung nach Erhärtung der Sohle und sodann Aufmauerung der Wände bestimmt. Die Folge war der durch die statischen Untersuchungen in § 6 für weichen Baugrund als unvermeidlich nachgewiesene Bruch der Sohlen in den Axen der beiden Schleusen, sowie verschiedene Querrisse, welche sowohl durch die Unterwaschung infolge von Quellen, als auch unmittelbar durch das ungleiche Gewicht der einzelnen Mauerteile hervorgerufen wurden.<sup>38)</sup>

Hat man einen festen Baugrund, dessen Durchlässigkeit aber zu stark ist, um eine Trockenlegung nach Art der in Holtenau ausgeführten zu ermöglichen, so ist eine durchgehende Betonsohle um so mehr am Platze, je kleiner das Bauwerk ist, je leichter also eine genügende Standsicherheit auch bei dieser Ausführungsweise zu erzielen ist.

Einzelheiten des Betonierens. Indem hinsichtlich der Einzelheiten des Betonierens auf Band I dieses Handbuches (3. Aufl.), Kap. VI „Grundbau“ verwiesen werden mufs, erscheint es zweckmäfsig, die für Schleusen besonders zu beachtenden Regeln hier

<sup>37)</sup> Begleitschrift zu dem auf der Weltausstellung zu Chicago ausgestellten Modelle der Schleusen, und eigene Notizen des Verfassers.

<sup>38)</sup> Wie wünschenswert selbst bei wesentlich festerem Baugrunde das nachträgliche Einsetzen der Sohlenmitte ist, zeigte auch der Bau einer infolge der Herstellung des Kaiser Wilhelm-Kanals bei Rendsburg notwendig gewordenen neuen Schleuse. Auch diese hat nach Aufführung der Seitenwände auf der durchgehenden Sohle einen wenn auch unbedeutenden Längensrifs in der letzteren gezeigt.

hervorzuheben. Da die wichtigste Eigenschaft des Betonbodens seine Wasserdichtigkeit ist, so muß es unbedingt als unzulässig gelten, vor völliger Erhärtung des Betonbettes behufs der weiteren Mauerarbeiten das Wasser aus der Baugrube auszuschöpfen oder gar während des Betonierens einen so niedrigen Wasserstand in derselben zu halten, daß in dem Untergrund unter dem Beton Quellen entstehen. In beiden Fällen wird das aufquellende Wasser bald durch den nicht erhärteten und immer einzelne besonders weiche Stellen enthaltenden Beton seinen Weg nach der Oberfläche finden und eine spätere Dichtung des Bodens unmöglich machen. Durch derartigen fehlerhaften Schöpfbetrieb sind manche Schleusenböden ganz oder nahezu verdorben.

Da ferner im allgemeinen langsam bindender Zement dem rasch bindenden vorzuziehen ist und ebenfalls Trafmörtel nur langsam bindet, so muß dem Betonbett mindestens auf 8 bis 12 Wochen, je nach der Dicke, Zeit zum Erhärten gegeben werden. Zweckmäßig ist es also, etwa im Herbst die Betonierung auszuführen und das Betonbett den Winter über bis zum Wiederbeginn der Mauerarbeiten, völlig ohne Schöpfen, unter Wasser liegen zu lassen.

Es würde nun in einzelnen Fällen die Ausführung ungemein erschweren, wenn die Betonierung gänzlich ohne Wasserschöpfen geschehen sollte. Es wird auch gegen die vorstehende Regel nicht verstossen, das Wasser in der Baugrube bis zu einer solchen Tiefe zu senken, bei welcher die Spundwände eine wesentlich geringere Höhe bedürfen, aber ein Aufquellen im Untergrunde noch nicht stattfindet. Welche Höhe gegen die äusseren Wasserstände ein solcher gesenkter Spiegel haben muß, kann freilich mit Sicherheit in jedem einzelnen Falle nur durch sorgfältigen Versuch ermittelt werden, wenn nicht etwa darüber von vorhergegangenen Bauausführungen Erfahrungen vorliegen. Jedenfalls darf die fragliche Senkung nicht bis zu einer sandigen oder sehr lockeren Schicht von Moor, Darg u. s. w. reichen, weil alsdann ein starkes Aufquellen ganz gewiss ist. Ebenso wird schon ein Aufquellen erfolgen, wenn der Beton selbst in einer porösen wasserhaltenden Schicht liegt, und die Senkung so tief reicht, daß der Gegendruck des gesenkten Binnenwassers kleiner wird als der tatsächliche Druck des Aufsenwassers in der Sohle der Baugrube. Dieser tatsächliche Druck ist nämlich ausser von anderen Umständen, z. B. der Dichtigkeit des Grundes, auch vorzugsweise abhängig von der Entfernung der Baugrube von dem Aufsenwasser und wegen der Bewegungswiderstände des Wassers im Boden jedenfalls kleiner als der dem vollen Wasserstandsunterschied entsprechende Druck (vergl. § 6). Es wird also in vielen Fällen eine gewisse Senkung des Binnenwassers über der Baugrube geschehen dürfen. Solche Senkung gestattet geringere Höhe der das Betonbett umschliessenden Spundwände, niedrigere und bequemere Gerüste für das Betonieren, falls dieses nicht von schwimmenden Flößen geschieht. Es wird dann ferner in Erwägung zu ziehen sein, ob die Umschließungsspundwände allein die nötige Dichtigkeit und Steifigkeit besitzen, um nach Erhärtung und Trockenlegung des Betons das vom Rande der Baugrube eindringende Wasser oder feuchte Erdreich von dem Betonbette abzuhalten. Wenn dies voraussichtlich nicht der Fall ist, werden, wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse nach Abb. 10 bis 15, Taf. III und bei der Hamelner Schleuse (Abb. 14, Taf. II), seitliche Dämme von Beton aufgeführt, welche nachher ohne Schaden als ein Teil des Mauerwerks angesehen werden können, weil die Drucklinie der hinterfüllten Mauer sehr weit nach vorn liegt. Wenn jedoch Umlaufskanäle in dem hinteren Teil der Mauer liegen müssen, so kann es zweckmäßiger sein, die Betonwand wenigstens teilweise wegzulassen, um entweder die Mauer nicht zu sehr zu schwächen oder nicht eine zu grosse Breite des Betonbettes nötig zu haben. So sind

z. B. bei der Hamelner Schleuse Betondämme neben den Seitenspundwänden nur streckenweise angewandt.

Die Versenkung des Betons geschieht bei großen Baugruben in der Regel mittels Kästen von schwimmenden Gerüsten, wiewohl im allgemeinen die Betonierung mit Hilfe von Trichtern empfehlenswerter ist, weil der Beton dabei nicht in so kleinen Partien eingebracht und daher weniger vom Wasser umspült wird. Der Schlamm, welcher sich bei der Betonierung bildet — und zwar bei dem zähen Trafsbeton weniger, als bei dem loseren Zementbeton — muß unten durch Pumpen vorsichtig vor der fortschreitenden Schüttung abgesogen werden, damit er die fertige Lage nicht überflute und das Anbinden der nächsten verhindere.

Abb. 62 u. 63.

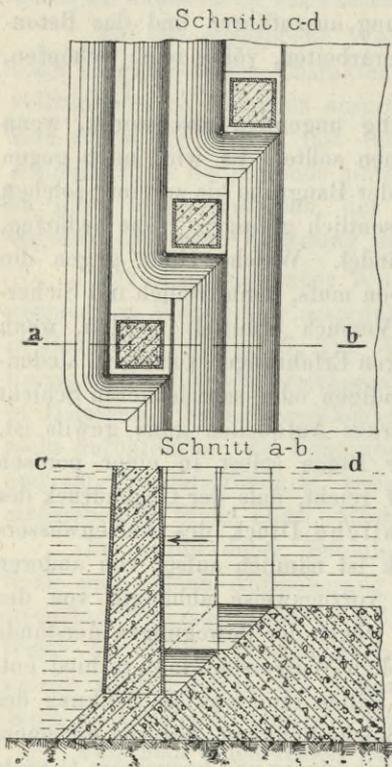
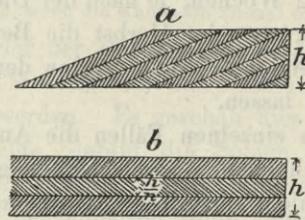


Abb. 61.



Am festesten und gegen Biegen am widerstandsfähigsten wird die Betonsole, wenn man sie von einem Ende der Baugrube beginnend und in schrägen Lagen schüttend sogleich in der vollen Stärke ausführt, wie Abb. 61 *a* andeutet, nicht aber mehrere wagerechte Lagen übereinanderlegt, wie es meistens geschieht (Abb. 61 *b*). Dies läßt sich in der Weise erreichen, daß man mehrere Trichter von verschiedener Länge auf einem fahrbaren Gerüst unmittelbar hinter- und nebeneinander quer durch die Baugrube bewegt, wie Abb. 62 u. 63 zeigen. Die Verschiebung des Gerüsts in der Richtung des Pfeiles nach Beendigung einer Querlage darf dann nur etwa eine Trichterbreite betragen. Mit Betonkästen ist die Schüttung in schrägen Lagen schwieriger, aber immerhin möglich.

Bei dieser Schüttungsweise wird das Betonbett offenbar viel zusammenhängender, als bei wagerechten Lagen übereinander, von denen erst die eine ganz fertig gestellt wird, bevor man mit der nächsten beginnt, weil sowohl wegen der Schlammablagerungen als auch wegen des ungleichen Erhärtungszustandes eine feste Verbindung zwischen denselben nicht stattfinden wird. Die Festigkeit eines Betonbettes von der Höhe  $h$  aus schrägen Lagen nach Abb. 61 *a* verhält sich näherungsweise zur Festigkeit eines solchen aus  $n$  wagerechten Lagen von gleicher Gesamthöhe, wie diejenige eines Balkens von der Höhe  $h$  zu derjenigen von  $n$  Balken der Höhe  $\frac{h}{n}$ , also wie  $h^2 : \left(\frac{h}{n}\right)^2 n$  oder wie  $h^2 : \frac{h^2}{n}$ .<sup>39)</sup> — Auf alle Fälle hüte man sich, während der Betonierung längere Pausen eintreten zu lassen, da man dann gewärtigen muß, an der Unterbrechungsstelle starke Quellen zu bekommen.<sup>40)</sup>

<sup>39)</sup> L. Brennecke, Herstellung großer Betonbetten unter Wasser. Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 5.

<sup>40)</sup> Wegen der Dichtung solcher im Betonbett sich zeigenden Quellen wird auf folgende Mitteilungen in der Fachliteratur verwiesen: Engineering 1882, Febr., S. 183, auszüglich auch in der Zeitschr. d. Arch.- u.

Gründung auf Brunnen. Eine eigentümliche Gründungsweise ist bei einigen Schleusen zu Bordeaux angewendet worden. Wie aus Abb. 4 bis 6, Taf. III ersichtlich, liegen unter den beiden Seitenmauern, der Mittelmauer und unter den äußeren und inneren Begrenzungen der Vorschleusen dicht nebeneinander riesige Blöcke oder Senkbrunnen, welche ein Rechteck von 205 m Länge und etwa 57 m Breite umschließen. Die Brunnen haben unter den Seitenmauern im Durchschnitt 6 m Breite und 16 bis 35 m Länge, unter der Mittelmauer 9 m Breite und etwa 15 m Länge. Dabei reichen sie nach ihrer Versenkung bis zu durchschnittlich 14 m unter das natürliche Gelände oder etwa 13 m unter das höchstbekannte Hochwasser, bis auf den in dieser Tiefe vorhandenen groben Sand. Der Grund für die Versenkung so umfangreicher Brunnen war, daß zu beiden Seiten neben den zu erbauenden Schleusen in großer Nähe Häuser standen und zwar auf einem sehr nachgiebigen Boden von weichem Ton. Man befürchtete daher bei einer offenen Aushebung der Baugrube bis zu der notwendigen Tiefe des festen Sandes das Einrutschen der Ufer und Einstürzen der Häuser. Durch das allmähliche Einsenken der großen Brunnen und das dementsprechend fortschreitende Ausheben der von ihnen umschlossenen Grube erwartete man dagegen zwar eine mächtige Austrocknung und Senkung des umliegenden Geländes, aber eine von ernstlichen Unfällen sichere Bauausführung. Dies hat sich soweit bekannt auch bestätigt.

Diese Bauweise bietet zwar den Vorteil, daß die Sohle nachträglich zwischen die fertigen Seitenwände eingebaut wird, daß mithin nach § 6 die Standsicherheit der Sohle leichter erreicht werden kann. Die aus einzelnen, wenn auch nachträglich verbundenen Blöcken zusammengesetzten Mauern dürfen aber ebenso wenig als muster-giltig empfohlen werden, wie die dort angewendete, den Baugrund lockernde Wasserhaltung.<sup>41)</sup>

Prefsluftgründung. Die Gründung mittels Prefsluft ist bei Schleusen und Dockbauten im Auslande bereits vielfach, in Deutschland aber bei den für die Kaiserliche Werft in Kiel vom Verfasser entworfenen neuen Docks zum erstenmale in Anwendung gekommen. Diese Bauweise erscheint namentlich dann, wenn sie wie bei uns überhaupt noch wenig im Gebrauch ist, bei der Veranschlagung vielleicht teurer als irgend eine andere; sie hat aber jedenfalls den großen Vorzug, daß sie in den schwierigsten Verhältnissen schnell und sicher zum Ziele führt und keine Anschlag-überschreitungen befürchten läßt, was von den offenen Gründungen gerade bei Schleusen nicht immer behauptet werden kann. Sie empfiehlt sich daher besonders für sehr schwierigen Baugrund von geringer Festigkeit und ist aus diesem Grunde auch in Wilhelmshaven vom Verfasser für die drei neuen großen Trockendocks und für die beiden neuen Seeschleusen in Aussicht genommen. Man hat dabei zwei verschiedene Wege eingeschlagen. Bei dem früher ausschließlich benutzten wurde ein eiserner Senkkasten, dessen Grundfläche gleich derjenigen der ganzen Schleuse oder des Trockendocks war und der über der Decke wasserdichte Wände mit Aussteifungen erhielt, auf der vorher meist durch Baggern schon genügend vertieften Baustelle schwimmend versenkt, indem man über der Decke der Arbeitskammer das Sohlenmauerwerk und die Seitenmauern aufführte. Hatte der Senkkasten den Grund erreicht, so wurde er mit Prefsluft

Ing.-Ver. zu Hannover 1882, S. 593. — Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 444. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 371 u. 524. — Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 24.

<sup>41)</sup> Näheres über diesen Bau siehe in „Friedmann, Offizieller Bericht über das Marinewesen auf der Weltausstellung 1873 zu Wien“, 1874, und in den Notices sur les dessins et modèles exposées à Vienne 1873, relatifs aux travaux des ponts et chaussées, réunis par les soins du ministère des travaux publics. Paris 1873.

gefüllt und von Arbeitern bestiegen, welche den Boden ebneten und schliesslich den Senkkasten mit Beton anfüllten.

Die ersten Bauwerke, welche in dieser Weise zur Ausführung kamen, waren zwei Trockendocks zu Toulon von 144 m Länge und 41 m äusserer Breite. Es ergab sich hierbei, dafs es auferordentlich schwierig war, den grosen schwimmenden Senkkasten durch das Mauerwerk gleichmäfsig zu belasten, so dafs sich bedeutende Verbiegungen zeigten. Jede Verbiegung aber war gleichbedeutend mit einem Rifs in dem über der Decke aufgeführten Mauerwerke, dessen Festigkeit und Dichtigkeit auf diese Weise schwer gewahrt werden konnten. Dies mag auch wohl die Ursache gewesen sein, weshalb bei der zweiten derartigen Ausführung, dem Trockendock in Saigon, statt des einen zwei halb so grosen Senkkasten möglichst nahe aneinander versenkt wurden, über deren jedem das halbe Dock fertiggestellt wurde. Nach Entfernung der trennenden eisernen Querwände über den beiden fertig versenkten Senkkasten wurden alsdann die beiden Dockhälften durch Beton zu einem Ganzen verbunden.

Beide Ausführungen haben nur noch geschichtlichen Wert; es möge daher auf die Quellen: Engineering 1879, April, S. 287, 331 u. 376 oder Ann. industr. 1878, Juni, S. 777, Juli, S. 18 u. 38, für das zuletzt genannte Dock auf: Ann. des travaux publics 1885, S. 1383 verwiesen werden.

Je kleiner die eisernen Senkkasten sind, desto leichter wird man das Mauerwerk vor Rissen bewahren können. Es würde daher ganz gerechtfertigt sein, wenn man bei grosen Kammerschleusen nur die beiden Häupter auf je einem Senkkasten von mäfsiger Gröfse gründete, die Schleusenkammer dagegen je nach den vorliegenden Baugrundverhältnissen, sei es mit oder ohne Prefsluft, getrennt ausführte. Aus dem angegebenen Grunde erscheint die Prefsluftgründung mit verloren gehendem, eisernen Senkkasten namentlich dann berechtigt, wenn es sich um die Herstellung einer einfachen Dockschleuse handelt, wie bei dem Halbtide-Becken zu Dieppe.<sup>42)</sup>

Besondere Schwierigkeiten bietet stets die Ausfüllung der Senkkasten und zwar wegen der wagerechten Decke. In Dieppe stopfte man den Beton mit langen vorn zugeschärften Stäben unter die Decke und glaubte den Zweck vollkommen erreicht zu haben, weil nach dem Auslassen der Prefsluft trotz des Überdruckes von 10 m nur in zwei Schachtrohren das Wasser aufstieg. Es dürfte dies aber nur beweisen, dafs die Decke unmittelbar neben den 10 dichten Schachtrohren gut unterfüllt war, und dafs die 10 Schachtrohre selbst in ihrem unteren Teile gut ausgefüllt wurden. Einen Schlufs auf die Dichtigkeit unter der ganzen Decke daraus ziehen zu wollen, ist entschieden unzulässig.<sup>43)</sup>

Wenn schon bei der zuletzt erwähnten Ausführung der an den beiden ersten gerügte Nachteil des Reifens der Mauerkörper möglichst vermindert ist, so haben alle drei doch den einen gemeinsamen und niemals zu vermeidenden Mangel, dafs das ganze Mauerwerk und namentlich dasjenige der Sohle von Eisenteilen durchsetzt, letzteres sogar durch die Blechdecke des eigentlichen Senkkastens in zwei voneinander getrennte Mauerblöcke zerlegt ist.

Da es sehr schwer, wenn nicht unmöglich ist, die Ecken der einzelnen Winkel-eisen und der Abteilungen des Senkkastens namentlich unter der Decke mit Beton oder Mauerwerk vollkommen dicht auszufüllen, so wird das Eisen voraussichtlich mit der

<sup>42)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1887, II. S. 535.

<sup>43)</sup> Auch für Verlängerung bereits fertiger Docks oder Schleusen läfst sich das eben beschriebene Verfahren mittels eiserner Senkkasten verwenden (vergl. Engineering 1893, 12. Juli, S. 92).

Zeit durch Rost zerstört werden und es ist nicht ausgeschlossen, daß sich Wasseradern bilden, welche die Sohle durchziehen, soweit die eisernen Träger reichen.

Diese und ähnliche Erwägungen haben dazu geführt, die Prefsluft in einer Weise zur Ausführung von Docks und Schleusen zu verwenden, welche einen ganz gleichmäßigen Beton- oder Mauerkörper zu liefern imstande ist. Der eiserne Senkkasten, welcher an schwimmenden Gerüsten hängt oder auch als ein selbständig schwimmender Körper eingerichtet ist, wird bei diesem Verfahren genau wie eine Taucherglocke benutzt, unter der das Mauerwerk stückweise, aber in unmittelbarem Zusammenhange der einzelnen Teile untereinander hergestellt wird.

Auf die Einzelheiten dieser Herstellungsweise, sowie der Taucherglocken, Luftschleusen und der Prefsluftgründung überhaupt hier näher einzugehen, würde zu weit führen. Es muß dieserhalb auf Kap. VII des ersten Bandes dieses Handbuches (3. Aufl.) „Druckluftgründungen“ und auf Kap. XII des vierten Bandes (1. Aufl.) dieses Handbuches, sowie auf folgende Quellen verwiesen werden:

Luftdruckgründung mit Wiedergewinnung des Senkkastens vom Verfasser. Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 207 u. 231. Original: Ann. des ponts et chaussées 1884, II. S. 272.

L. Brennecke, Anwendung der Prefsluftgründung beim Molenbau. Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 260.

Revue industr. 1879, S. 133.

Der „Grundbau“ von L. Brennecke. Handbuch der Baukunde, Abt. III, Heft 1.

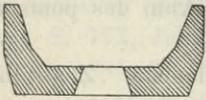
Bei Anwendung der fraglichen Bauweise wird man die Schleuse, soweit es angeht, nur im Rohbau unter der Taucherglocke fertigstellen, die Verblendung aber nachträglich in freier Luft anbringen. Lag das Bauwerk während der Prefsluftgründung im offenen Wasser, so schließt man den Rohbau an beiden Häuptern durch einen später wieder fortzubrechenden Betonfangdamm, oder auch nur durch einen Holz- oder Eisenbau wasserdicht ab und pumpt das Innere zur Vornahme der Verblendung und zum Aufstellen der Tore trocken. Liegt das Bauwerk dagegen von Spundwänden umgeben in einer geschlossenen Baugrube, so kann man diese jetzt, nachdem die Sohle undurchlässig geworden ist und sobald nach Bedarf auch noch die Böschungen der Längsseiten durch Hinterfüllung der Schleusenwände mit undurchlässigerem Boden dicht gemacht sind, leicht trocken legen.

Verfasser ist der Ansicht, daß es zweckmäßiger ist, den ganzen Rohbau aus Beton herzustellen, als denselben zu mauern. Einesteils ist das Einbauen des Betons unter der Taucherglocke bequemer als das Mauern, es ist also wahrscheinlich schon aus diesem Grunde die Güte des Betons größer als die des Mauerwerks. Noch mehr wird dies aber deswegen der Fall sein, weil beim Beton die Dichtigkeit weit mehr vom seinem Mischen abhängt als vom Einbauen, beim Mauerwerk dagegen fast ausschließlich vom Maurer, weniger dagegen von der Mischung des Mörtels. Das Mischen des Betons und Mörtels aber geschieht außerhalb der Prefsluft und kann deshalb sehr sorgfältig überwacht werden.

Wenn Zschokke im VII. Kapitel des ersten Bandes dieses Handbuches diese von mir auch in meinem Grundbau vertretene Ansicht in längerer Ausführung bekämpft, so überlasse ich das Urteil den Fachgenossen. Die vielen Arbeitseinstellungen der Maurer, welche jetzt an der Tagesordnung sind, scheinen mir immer mehr zu möglichst vielseitiger Anwendung von Beton zu drängen, weil man für diesen wenig oder gar keine Maurer nötig hat.

Hat man einen ausreichend festen Baugrund, so führt man zuerst die Sohle in ganzer Ausdehnung aus und verwendet hierfür am zweckmäßigsten eine große Taucherglocke von beliebiger Breite, aber einer Länge, welche der Breite der Schleusensohle entspricht. Für neue auf Felsen gegründete und von Zschokke ausgeführte Trockendocks in Genua hatte z. B. die für die Betonierung der Sohlen verwendete Glocke eine Länge von 36 m und eine Breite von 32 m. Für die Seitenwände dagegen ist es bequemer, je nach der Zeit, welche man auf deren Herstellung verwenden will, mehrere kleinere, an schwimmenden Rüstungen hängende Senkkasten von beliebiger Länge, aber einer Breite, die durch die Stärke der Seitenwände im Rohbau bestimmt wird, zu verwenden. Bei den genannten Docks waren diese kleinen Glocken 20 m lang bei etwa 6 $\frac{1}{2}$  m Breite. Dieselbe Größe hatten die Glocken, mit denen in der Bai von Talcahuana (Chile) die Wände eines 200 m langen Docks hergestellt wurden, dessen Sohle, da der Baugrund genügend dicht und fest war, nachträglich im Trocknen eingefügt wurde. Die Seitenwände bestanden hier aus Mauerwerk (nicht aus Beton).<sup>44)</sup>

Abb. 64. M. 1:1500.

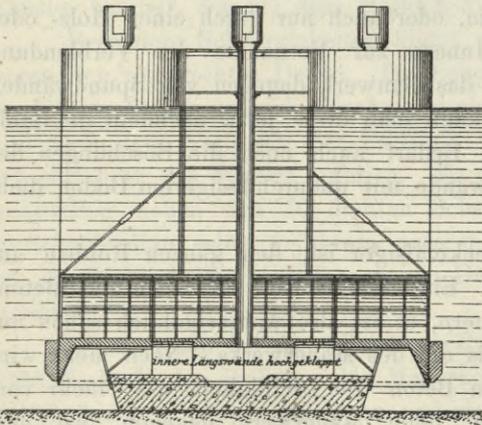


Ist der Baugrund nicht widerstandsfähig genug, so führt man den mittleren Teil der Sohle zunächst nicht aus, sondern nur diejenigen, auf denen die Seitenwände stehen und unterschneidet sie an ihrer der Schleusenaxe zugewandten Begrenzungsfläche. Auf diesen Sohlenteilen werden dann zunächst die Seitenwände im Rohbau fertiggestellt, so daß alsdann das Bauwerk den durch Abb. 64 dargestellten Querschnitt hat.

Soll der ganze Rohbau der Einheitlichkeit halber aus Beton hergestellt werden, so müssen künstliche Begrenzungen der Seitenflächen angebracht werden, die man am

Abb. 65. Vorrichtung bei Prefsluftgründungen.

M. 1:400.



besten gegen die Decke der Glocke verstrebt. Abb. 65 zeigt eine Taucherglocke während der Herstellung der beiden seitlichen Sohlenteile unter den Seitenwänden.

Der bei der Herstellung des ganzen Rohbaues aus Beton zu verwendende Mörtel darf nicht zu langsam abbinden, damit die Seitenbegrenzungen bald gelöst und die Taucherglocke versetzt werden kann. Reiner Trafsbeton wird daher für die Außenflächen nicht gut verwendbar sein.

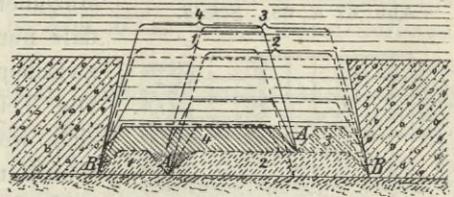
Es bleibt nun noch übrig, den mittleren Teil der Sohle (vergl. Abb. 64) ebenfalls unter Wasser mit Hilfe von Prefsluft einzusetzen. Hierfür gibt es verschiedene

Wege, von denen die beiden gangbarsten mitgeteilt werden mögen. Der nächstliegende Gedanke ist wohl der, eine Taucherglocke zu benutzen, deren Wände die gleiche oder eine etwas stärkere Neigung zeigen, als die Wände des Sohlenschlitzes, welche in den Sohlenschlitz hinabgesenkt und hart an die Wände desselben herangesetzt werden kann. In dem Querschnitt des Schlitzes (Abb. 66) sind durch verschiedenartig ausgezogene Linien und eingeschriebene Ziffern die nacheinander folgenden Stellungen gezeigt, welche diese Taucherglocke während der Ausfüllung einzunehmen hat. Die Betonmassen,

<sup>44)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 462.

welche bei den einzelnen Stellungen der Glocke darunter eingebracht werden, zeigen dieselben Ziffern und sind durch verschieden geartete Schraffur voneinander unterschieden. Man sieht, daß die Glocke, die an Gerüsten hängend zu denken ist, sehr oft versetzt werden muß, daß also die Füllung des Schlitzes aus vielen einzelnen Teilen besteht. Es bleiben ferner bei dieser Ausführungsweise nach jeder Stellung der Glocke unter den Rändern derselben Gräben liegen von der Tiefe der einzelnen Schicht. Diese sind in Abb. 66 durch engere Schraffierung kenntlich gemacht; sie können erst ausgefüllt werden, wenn die Glocke gehoben ist und liegen dann tiefer als der Glockenrand und bleiben voll Wasser. Die Gräben *A* in der Mitte des Schlitzes kann man allerdings mittels eines von Zschokke geübten Verfahrens trocken legen<sup>45)</sup>, nicht aber die Gräben *B* an der Schlitzwand. Diese bleiben stets voll Wasser, weil dieses nicht nur von beiden Enden in den Graben dringt, sondern auch von oben durch die Fuge zwischen Schlitzwand und Schneide der Taucherglocke, der Anschluß des frischen Betons an die Schlitzwände müßte also unter Wasser ausgeführt werden. Trotzdem wird ein in dieser Weise hergestellter Beton immer noch viel besser werden, als ein mit Kasten oder Trichtern bei großer Tiefe unter Wasser geschütteter, weil die Grabentiefe nur eine unbedeutende ist.

Abb. 66. M. 1:300.



Diese Ausführungsweise erfordert verhältnismäßig kleine Prefslufteinrichtungen und empfiehlt sich infolge dessen zur Ausfüllung von Sohlenschlitzten bei Bauwerken, die im übrigen Teile ohne Hilfe von Prefsluft ausgeführt wurden. Hätte man z. B. die Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals zu Brunsbüttel in derselben Reihenfolge ausführen wollen, wie die zu Holtenau, aber unter Vermeidung des Wasserschöpfens vor erfolgter Betonierung, so würde man zuerst die Sohlenteile unter den drei Längswänden durch Betonierung unter Wasser hergestellt haben, während über den Schleusenmitten der Boden noch liegen blieb. Darauf hätte man die getrennten drei Baugruben trocken gelegt und die drei Längswände aufgemauert, die sich jetzt ohne Schädigung der Sohle hätten setzen können. Nachdem die Wände fast fertig waren, hätte man die schrägen Spundwände, welche zur Begrenzung der Sohlenschlitze erforderlich gewesen wären, entfernt und den Boden im Sohlenschlitz ausgebaggert, um keine Unterspülungen der Seitenwände zu bekommen. Alsdann wären die beiden Sohlenschlitze in der oben geschilderten Weise mit Hilfe von Prefsluft auszufüllen gewesen. Da die Baugrube während dieser letzten Arbeit voll Wasser war, hätte nach § 6 zu dieser Zeit nahezu der für die Sohle des wasserleeren Bauwerks ungünstigste Belastungszustand geherrscht, so daß nach Erhärtung des Betons im Schlitz ein Reißen der Sohle ausgeschlossen gewesen wäre.

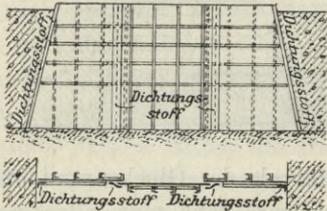
Wird das ganze Bauwerk mit Hilfe von Prefsluft ausgeführt, so wird man ohnehin große Prefslufteinrichtungen haben und es ist für diesen Fall das folgende Verfahren, welches eine breite Taucherglocke voraussetzt, mehr zu empfehlen. Es wird ein Teil des Schlitzes durch zwei provisorische, später wieder zu beseitigende Wände, die wir Schilde nennen wollen, von dem Ganzen abgetrennt, über diesen abgetrennten Teil eine Taucherglocke gestülpt; die Fugen zwischen dem unteren Rande der Glocke, dem fertigen Beton und dem Schilde, sowie die Fugen zwischen dem Schilde und den

<sup>45)</sup> Vergl. Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 113.

Wänden des Schlitzes werden soweit tunlich luftdicht geschlossen und es wird der nun allseitig abgeschlossene Schlitzteil mit Hilfe von Prefsluft trocken gelegt.

Die Schilde (Abb. 67 u. 68) werden je nach der Breite des Schlitzes aus zwei oder drei Teilen hergestellt, die mit ihren Rändern übereinandergreifen (Abb. 68). Die einzelnen Teile sind in sich luft- und wasserdicht, so daß nur die Fugen zwischen den einzelnen Teilen und zwischen diesen und der Schlitzwand zu dichten bleiben. Die Teilung des Schildes in mehrere Teile empfiehlt sich, weil diese ermöglicht, den Schild gut an die unterschrittenen Wände des Schlitzes, mit deren Unregelmäßigkeiten man rechnen muß, heranzubringen, sodann aber auch, damit der Schild unter der Glocke bequemer gehandhabt werden kann. Aus letzterem Grunde wird es vielleicht besser sein, die Schilde nicht, wie Abb. 68 zeigt, ganz aus Eisen, sondern aus Eisen und Holz herzustellen, so daß ihr Gewicht dem des verdrängten Wassers möglichst gleich ist.

Abb. 67 u. 68. Schild.

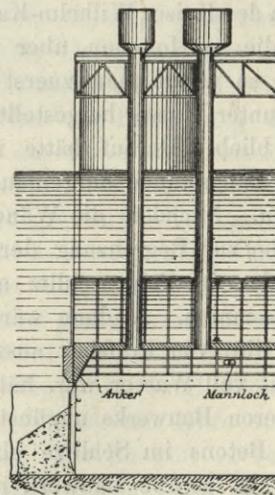
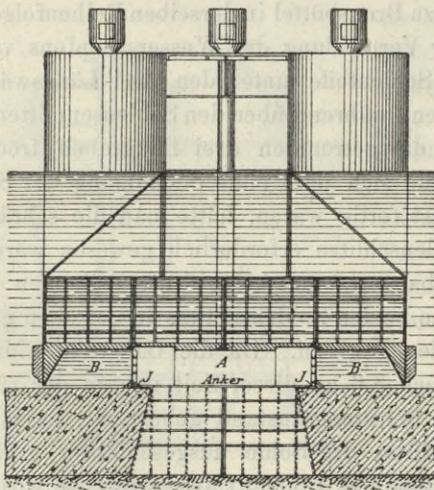


Bei Sohlenschlitzten von so bedeutender Breite und Tiefe wie der in Abb. 67 dargestellte bietet die ausreichende Belastung der Glocke einigermaßen Schwierigkeiten. Das Gewicht des Eisens der Glocke und des Ballastes muß namentlich nach Abzug des vom Eisen und Ballast verdrängten Wassergewichtes noch mindestens gleich dem Gewicht des ganzen durch die Prefsluft ersetzten Wassers sein.

Abb. 69 u. 70. Vorrichtung bei Prefsluftgründungen. M. 1 : 400.

Abb. 69. Querschnitt.

Abb. 70. Teil des Längenschnitts.



Um diese bedeutende Belastung zu erhalten, ist die verhältnismäßig breite Glocke, welche Abb. 65 bei der Herstellung der seitlichen Sohlenteile im Querschnitt zeigt, durch zwei innere Längswände in drei Teile zu zerlegen, von denen während der Ausfüllung des Sohlenschlitzes nur der innere A (Abb. 69) mit Prefsluft, die beiden äußeren dagegen mit Wasser gefüllt sind, während bei der Benutzungsweise nach Abb. 65 die ganze Arbeitskammer voll Prefsluft ist. Bei der Füllung des Sohlenschlitzes kommt also der Ballast der ganzen Glocke ausschließlich dem Teile A zu Gute, und man kann

das Gewicht der Glocke noch dadurch vermehren, daß man auch die vier runden Türme auf den Ecken voll Wasser pumpt.

Die Längswände zur Trennung der Arbeitskammer in drei Teile sind mit Gelenkbändern an der Decke befestigt und liegen bei der Arbeitsweise Abb. 65 aufgeklappt in Nischen, welche in der Decke ausgespart sind, und in denen auch die eisernen Anker, welche die unteren Ränder der beiden Wände in Abb. 69 u. 70 verbinden, aufbewahrt werden.

Die heruntergeklappten Wände sind luftdicht (Gummidichtung) mit Decke und Querwänden der Glocke, sowie mit dem fertigen Beton unter ihnen (Mörteldichtung) verbunden. Nicht minder wird der eingesetzte Schild oben an die Glockenwand und seitlich an die Schlitzwände dicht angeschlossen, während eine Schotterschüttung (Abb. 70) die Verschiebung desselben durch den Luftüberdruck hindert.

Eine genaue Schilderung des ganzen Vorganges der Schlitzausfüllung mit der beschriebenen Glocke, sowie einige andere für diesen Zweck geeignete Taucherglocken findet man mitgeteilt in der Zeitschr. f. Bauw. 1893, S. 641 und Génie civil 1894.

Brunnen- mit Prefsluftgründung vereinigt. Bei der Gründung der Schleuse für das dritte Dockhafenbecken zu Rochefort hat man die Schleusenmauern auf 57 Brunnen gestellt, welche so eingerichtet waren, daß man jederzeit zur Prefsluftgründung übergehen konnte, indem der untere Teil derselben in eine Arbeitskammer verwandelt und Einsteigeschacht und Luftschleusen aufgesetzt wurden.

Fast bei der Hälfte der Brunnen erwies sich der Übergang zur Prefsluftgründung als notwendig. Die Schleuse steht auf 4 Reihen rechteckiger Brunnen, der Länge und der Quere nach durch Gewölbe verbunden. Der Kammer- wie der Torkammerquerschnitt sind rechteckig. Ein Tunnel für 2 Wasserleitungsrohre ist unter der Sohle der Schleuse hindurchgeführt (aus Ann. des ponts et chaussées 1884 mitgeteilt in der Deutschen Bauz. 1886, S. 562, vergl. auch Zentralbl. d. Bauverw. 1884, No. 23).

Näheres über die Ausführung derartiger Brunnen, welche den Übergang zur Prefsluftgründung ermöglichen, findet man im „Grundbau“ des Verfassers, S. 328 bis 330.

**§ 13. Besondere Bauweisen von Böden und Wänden.** Da bei den Kammer-schleusen die eigentliche Kammer in der Regel mehr als die Hälfte der Länge des ganzen Bauwerks einnimmt und, wengleich in den Einzelheiten einfacher gebildet als die Häupter, doch einen sehr bedeutenden Teil der Gesamtkosten bedingt, so ist es stets zu erwägen, ob nicht dieser Teil der Schleuse in billigerer Weise hergestellt werden kann. Wenn jedoch erst einmal die Anordnung eines dichtschließenden steinernen Bodens und standfähiger Seitenmauern angenommen ist, so läßt sich ohne Beeinträchtigung dieser beiden Hauptteile der Kammer eine erhebliche Ersparung an Material gegen die in den §§ 8, 10 u. 12 aufgestellten Regeln nicht mehr vornehmen.

Es fragt sich jedoch, ob denn beide Teile für die Wirksamkeit der Schleuse unbedingt erforderlich sind. Dies kann in manchen Fällen verneint werden und zwar bald nur für einen, bald für beide Teile. Wenn die beiden Häupter an ihrer Grenze mit der Kammer durch Querspundwände im Boden genügenden Abschluß erhalten, so hat der Kammerboden selbst eine große Bedeutung nicht mehr, so lange er nur tief genug und ohne jedes Hindernis für die Schiffe ist. Falls sogar auf dem Umwege um die Häupter herum durch den natürlichen Erdboden sich kleine Wasseradern ausbilden und in dem ungedichteten Kammerboden aufquellen, so würde erst dann ihr Vorhandensein nachteilig werden, wenn entweder in der Schleusenammer der Wasser-

spiegel nicht nach Belieben niedrig oder hoch zu halten wäre, durch das Aufquellen lästige Ablagerungen entstünden, oder wenn endlich die Wasseradern den Bestand der seitlichen Erdmassen neben der Schleuse in Gefahr brächten. Schon aus dem Bestehen zahlreicher Dock- und Schutzschleusen, welche nur ein einziges Haupt haben, und wobei der ungedeckte Boden davor oder dahinter sich genau so verhält, wie der ungedeckte Kammerboden einer Kammerschleuse, ist aber erwiesen, dafs diese Gefahren, bei übrigens zweckmäfsiger Anlage, wenig zu fürchten sind.

Ähnlich verhält es sich mit den Seitenmauern hinsichtlich der Sicherheit der ganzen Anlage. Wenn sie fehlen, so bestehen gewissermafsen zwei selbständige Häupter hintereinander, welche sowohl abwechselnd den vollen und gröfsten Wasserdruck zu ertragen haben, als auch zeitweilig sich durch Verteilung des gröfsten Unterschiedes der Wasserhöhen gegenseitig unterstützen können. Dies ist z. B. der Fall bei Kammerschleusen, bei denen nur bis zu einer gewissen Höhe des Aufsenwassers durchgeschleust, bei einer gröfseren Höhe aber in der Kammer ein mittlerer Stand gehalten wird.

Das Vorhandensein von steilen Kammerwänden kann jedoch erwünscht und notwendig sein, um die zum Durchschleusen erforderliche Wassermenge tunlichst zu beschränken, somit auch an Zeit für das Durchschleusen zu sparen. Der erstere Fall kann nur bei Kanalschleusen wasserarmer Haltungen oder bei solchen Schleusen in Frage kommen, die gegen höheres Aufsenwasser ein möglichst niedrig zu haltendes Binnenwasser abschliessen. Die andere Absicht läfst sich in gewissem Mafse auch durch Vergröfserung der zum Füllen und Leeren der Kammer dienenden Öffnungen erreichen. Wo aber diese beiden Umstände nicht einmal in Frage kommen, darf unbedenklich auch die Kammer ohne steile Mauern hergestellt werden. Bei den Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals in Holtenau z. B., die auferdem nach der ursprünglichen Absicht nur wenige Tage des Jahres in Wirksamkeit treten sollten, würden Kammern ohne Seitenmauern und massive Sohlen nach Ansicht des Verfassers auch genügt haben.

Selbstverständlich kann noch bei Weglassung eines festen dichten Bodens die Anordnung von Seitenmauern zweckmäfsig sein, während wohl umgekehrt ein fester Boden ohne solche Seitenwände keinen Sinn haben würde. Es kommen deshalb sowohl Kammern vor, welche nur künstlich gebildete Seitenwände, Mauer oder Holzwand, dagegen keinen entsprechenden Boden haben, als auch solche, welchen beide Teile fehlen und wobei statt derselben nur in sehr einfacher Weise eine Sicherung gegen die Angriffe des bei dem Füllen und Leeren oder durch Wind bewegten Wassers gegeben ist.

Aufser diesen durch einige Beispiele zu erläuternden Fällen mögen dann noch solche erwähnt werden, bei denen Böden und Seitenwände zwar angewandt sind, wobei jedoch die Bauweisen von den gewöhnlichen erheblich abweichen.

Als Beispiel einer Kammer ohne festen Boden und Seitenwände diene zunächst die auf Taf. I dargestellte und bereits in §§ 2 u. 3 besprochene Papenburger Hauptschleuse. Die verfügbaren Geldmittel zwangen zur gröfsten Sparsamkeit. Dazu kam, dafs nach dem Binnenhaupte hin der Untergrund etwa 4 bis 5 m tief unter der nötigen Sohlentiefe aus völlig weichem Moorschlamm bestand, dafs also massive Seitenwände eine sehr teure Fundierung veranlafst haben würden. Es wurde deshalb nur die Anbringung kräftiger, oben etwa 2,5 m, unten reichlich 3,5 m starker, nach der Kammer hin nur etwa wie 1:1/2 geböschter Buschwände angeordnet, deren einzelne Schichten zur Vermeidung eines Rutschens nach hinten geneigt und zur Dichtung gegen Auspülung mit guter Klaierde ausgestampft wurden. Diese Wände beschweren den Boden am wenigsten und stützen die hinterliegende Erde wirksam. Bei etwaigem Nachsinken

bedürfen sie nur einer Aufhöhung. Ihre wagerechte Oberfläche ist mit gestampften Backsteinbrocken geebnet und bequem gangbar gemacht. Über der Höhe der gewöhnlichen Flut liegt eine einfache Rasenböschung.

Der Boden der Schleuse bedurfte zur Verhütung von Auskolkungen durch die zeitweilig starke Abwässerung von 12000 ha, sowie wegen der Wirkung der Torschützen einer Abdeckung. Hierzu schien bei der Weichheit des Untergrundes in der Nähe des Binnenhauptes eine 0,3 bis 0,6 m dicke Buschschicht mit darauf gelegten roh bearbeiteten, 0,3 m dicken Sandsteinstücken am vorteilhaftesten, zumal solche Sandsteine sehr billig von der oberen Ems her zu beziehen waren. Die Sohle der Kammer erhielt dabei eine kleine Wölbung. Der Vorhafen ist in ähnlicher Weise mit Busch eingefasst und bis auf etwa 15 m von der Schleuse ab gedeckt. Alle diese sehr billigen Ausführungsweisen haben sich lange Zeit hindurch gut erhalten.

Bei der auf Taf. III dargestellten Nordsee-Schleuse des Amsterdamer Kanals mußten offenbar die große Kammerschleuse und die nördlich daneben liegende Abwässerungsschleuse gemauerte Seitenwände haben, dagegen hat man trotz der verhältnismäßig unbedeutenden Ersparung es nicht verschmäht, an der Landseite der kleinen Kammerschleuse die Kammermauer fortzulassen und sie durch ein auf einer Klaischicht ruhendes Basaltpflaster aus rechteckig behauenen Stücken zu ersetzen. In gleicher Weise sind auch, wie Abb. 2, Taf. III zeigt, die Böschungen in der Nähe der Schleusen außen und innen bis etwas über gewöhnlicher Fluthöhe gedeckt, während sie oberhalb dieser Höhe nur eine fette Klaischicht auf dem natürlichen Sandboden erhalten haben. Die Böden der Schleusen sind, aufser in den Häuptern und in der Abwässerungsschleuse, ebenso wie die Kanalsohle in etwa 12 m Abstand von allen Schleusenmauern, zunächst mit einer Buschlage, darauf mit kleineren Steinbrocken und endlich mit einem dichtschießenden Basaltpflaster versehen. So zweckmäßig im allgemeinen diese Anordnungen, so dürfte wohl das rechteckige Behauen der Basaltstücke einiges Bedenken erregen. Bei der neuen großen Kammerschleuse zu Ymuiden verwendete man für die Kammerböden Betonblöcke auf einer schwachen Bettung von grobem Kies (vergl. Fortschritte d. Ingenieurwissenschaft. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 23). — Ähnlich wie die vorhin erwähnte kleine Kammerschleuse ist auch die schon in § 3 besprochene Kammerschleuse bei Emden (Abb. 7, 8 u. 21, Taf. III) mit einer geböschten Kammer erbaut, wobei das roh bearbeitete Steinpflaster der Sohle und der Böschungen auf einer etwa 0,5 m dicken Unterlage von Beton versetzt ist. Die Böschungen stützen sich dabei gegen schwache Pfahlreihen.

Eine sehr vorteilhafte Bauart zeigen die in Abb. 16 bis 19, Taf. II dargestellten Schleusen aus dem mittleren Emsgebiet.<sup>46)</sup> Während die Häupter in gewöhnlicher Weise massiv gebaut sind, wurden die Kammern in möglichst billiger Weise ausgeführt. Die Sohle ist auch hier mit Steinpflaster auf Buschunterlage gedeckt, von welcher letzterer die Stackpfähle in Abb. 18 sichtbar sind. Nur im Anschluß an die Häupter ist ein 3 m breiter Streifen der Sohle mit Beton oder Klinkerpflaster in 1½ Stein Stärke versehen. Der unter dem Steinpflaster sichtbare Querbalken ist ein Rundholz, welches jeden zweiten eingerammten Seitenpfahl mit dem ihm gegenüberliegenden abspreizt. Diese auch in Abb. 17 erkennbaren, mit einem starken, aus Abb. 19 ersichtlichen Holm versehenen und um 1/10 geneigten Pfähle bilden in Verbindung mit der dahinterstehenden, 13 cm starken Spundwand den unteren, unter dem Unterwasser liegenden hölzernen Teil der

<sup>46)</sup> Kerner, Die Schleusen der Schifffahrtskanäle im mittleren Emsgebiet. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, Mai.

Seitenwände, wogegen der obere Teil aus gußeisernen Ständern mit dazwischen gemauerten flachen,  $\frac{1}{2}$  Stein starken Gewölbkappen (Klinker in Zement) besteht. Die Spundwand stützt sich unten mittels Längshölzern und Knaggen gegen die Seitenpfähle. Die 0,914 m von Mitte zu Mitte entfernten eisernen Ständer sind 0,1 m in der Vorderfläche breit und von dieser bis zur Hinterfläche stark, während die aus dem Querschnitt ersichtlichen Wandungen 0,02 m dick sind. Sie sind je nach der Lage der Schleuse 2 bis 3 m hoch, in einem Drittel der Höhe von unten mit einer Verstärkungsrippe und in zwei Drittel der Höhe mit einer 0,2 m hohen kräftigen Verstärkung versehen, an welcher die obere Verankerungsstange angreift. Indem nur jeder zweite Ständer so verankert ist, geht in gleichen Abständen eine untere Ankerstange durch den Holm. Beide Anker vereinigen sich an einem aus zwei Pfählen gebildeten Bock. Die Verbindung der unten mit einem hohlen Halbzyylinder versehenen Ständer und der Holme wird durch gußeiserne Schuhe vermittelt, welche den Holm mit zwei senkrechten Lappen umfassen (der vordere ist eingelassen) und oben zur Aufnahme des runden Ständerfußes entsprechend hohl sind. Der obere Teil des Schuhs ist jedoch nach hinten offen bis zum niedrigsten Punkte der Höhlung. Die an ihren Köpfen mit Querrippen versehenen Ständer werden unter sich durch eine mit diesen Rippen verschraubte, wulstförmige gußeiserne Deckplatte und außerdem noch durch ein hinter ihnen liegendes T-förmiges Walzeisen verbunden. Außerdem befinden sich auf jeder Kammerwand an fünf Stellen gußeiserne Köpfe oder Poller, welche durch einige der Holme gehen und in einem angegossenen Wulst des betreffenden Ständers befestigt sind. Ferner tragen einige der Ständerköpfe an Ketten oder Drahtseilen hängende, 7 m lange und 0,2 m starke Rundhölzer oder Schwimmbäume, welche bei jedem Wasserspiegel die Schiffe von den Wänden abhalten. Die Wände sind endlich in 2 m Breite mit regelmäßigen Torfstücken, die bei Aushebung der Schleusengrube gewonnen sind, hintermauert. — Die Kosten einer solchen Schleuse von 33 m nutzbarer Kammerlänge, 6,5 m Weite im Tore und 2,1 m Tiefe über den Drempeeln haben rd. 107000 M. betragen. Durch die in Abb. 16 u. 17 dargestellte und in § 26 besprochene Unterführung eines Baches, sowie für Überbrückung des Unterhauptes sind die Kosten bei einigen Schleusen auf 153000 M. gewachsen.

Nachstehendes Beispiel der in den Abb. 71 bis 75 zum Teil dargestellten Schleuse bei Evry ist aus Lagrené's „Cours de navigation intérieure“ entnommen. Diese im Jahre 1860/61 entstandene Schleuse ist ein Vorbild der auf der kanalisierten oberen Seine gebauten Schleusen. Man hat hier zwischen Kammer und Fluß nur einen Damm hergestellt. Derselbe hat nach Abb. 72 einen bis etwa 2 m tief in den festen Boden eingelassenen Tonkern, welcher zu beiden Seiten mit gewöhnlichem Boden bedeckt ist. Zum Schutz gegen das bewegte Wasser ist der ganze Körper sodann mit gestampfter Kreide bedeckt und diese Schicht mit trockenen Steinen abgepflastert. Nach der Schleuse hin stützt sich diese Decke gegen einen Streifen Beton mit einer Spundwand (vergl. Abb. 72), nach dem Flusse hin dagegen nur gegen eine Steinpackung nebst Spundwand. Das trockene Pflaster auf ebenfalls trockener Kreide hat sich jedoch nicht gehalten, sondern ist durch den häufigen Wechsel des Wassers ausgewaschen und versackt. Lagrené ist daher der Ansicht, daß statt der Kreide und statt der äußeren Steinpackung ebenso wie unten an der Innenseite hätte Beton verwandt und daß das Pflaster in hydraulischen Mörtel hätte gelegt werden sollen. Dieser Ansicht ist gewiß beizutreten, zumal für den an beiden Seiten im Angriff liegenden Zwischendamm, welcher eine ungleich höhere Bedeutung hat als die in gleicher Weise gedeckte Böschung der Kammer an der Landseite, von welcher in Abb. 72 ein Schnitt durch die kleine, neben den

Abb. 71 bis 75. Schleuse in der oberen Seine bei Evry.

Abb. 71. Grundriss nebst Wehranschlufs. M. 0,0005.

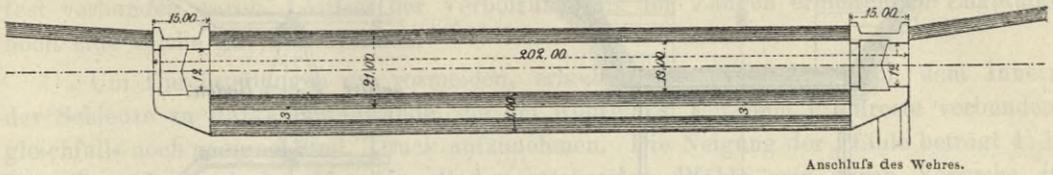


Abb. 72. Schnitt durch die Kammer. Maßstab zu Abb. 72 bis 75 = 0,006.

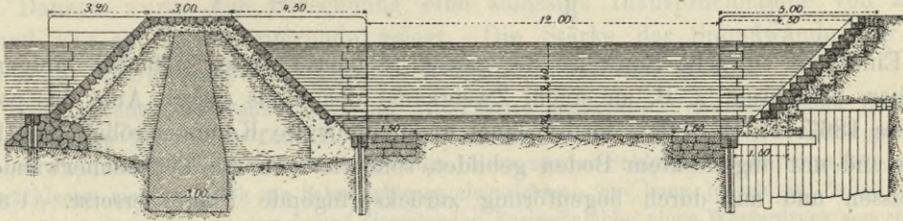


Abb. 73 u. 74.

Längenschnitt des Oberhauptes. Schnitt durch die Umläufe.

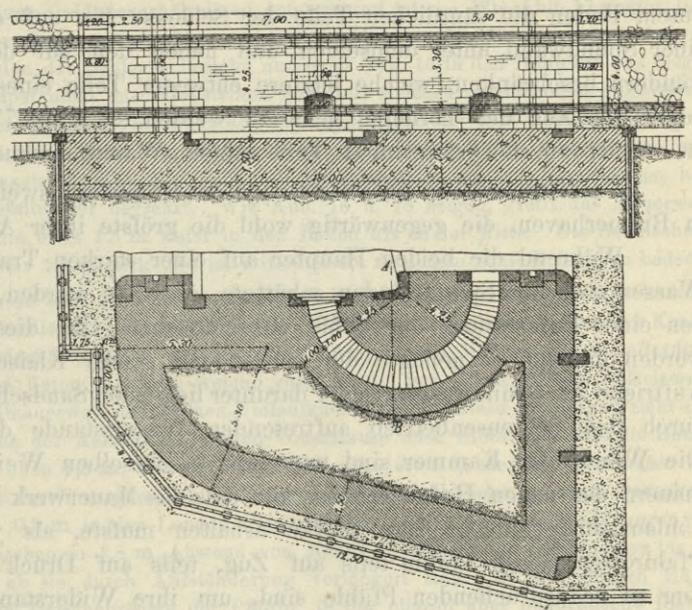
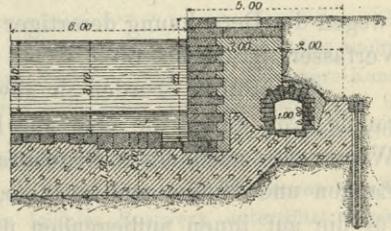


Abb. 75. Schnitt A B.



Hauptern liegende Treppe gezeichnet ist. Die Kammer-  
sohle dieser Schleuse ist völ-  
lig unbedeckt geblieben. Bei  
dem guten Untergrund der  
dortigen Schleusen und dem  
billigen Mauerwerk jener  
Gegend ist die gewählte Bau-  
weise nicht als ganz zweck-  
mäfsig anzuerkennen.

Eine sehr leichte und für  
kleine Schleusen unter Um-  
ständen nachahmungswerte  
Bauart findet man bei der  
Schleuse bei Mauloy in dem  
kanalisierten Ourcq-Flusse.  
Während die Häupter der  
Schleusen auf einem gewöhn-  
lichen, durch den sehr schlech-  
ten Untergrund bedingten  
Pfahlroste ruhen, welcher  
freilich unzuweckmäfsigerweise in den Böden mit einer  
etwa 0,5 m dicken Mauerschicht bedeckt ist, besitzt  
die Kammer nach Abb. 76 (S. 102) geneigte Wände  
aus einer hochkantigen Schicht Backsteine, welche  
sich gegen zwei Reihen 4 m von Mitte zu Mitte ent-  
fernter und verholmter Pfähle stützen, die durch Spreizen  
gegenseitig abgesteift sind. Der Boden ist durch quer-  
gelegte, auf jene Holme genagelte Bohlen bedeckt.

Abb. 76.

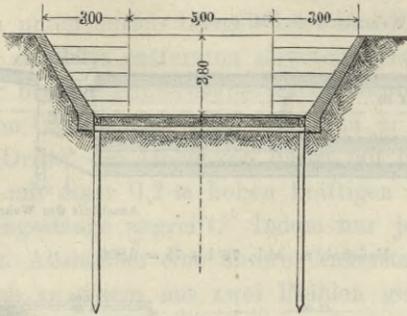
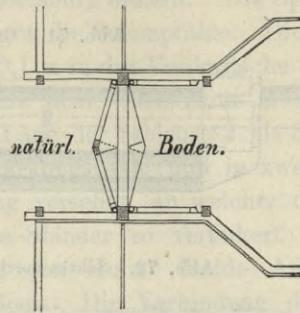


Abb. 77.



Eine sehr einfache Bauweise der ganzen Schleuse findet sich bei einigen holländischen Schleusen, z. B. an einem Zweigkanal der Maas (vergl. Ann. des ponts et chaussées 1867, II. S. 309). Es ist dabei nicht allein die Kammer völlig aus Buschwänden und mit ungedecktem Boden gebildet, sondern auch die Torkammerwände sind weggelassen und nur durch bogenförmig zurückspringende Flügel ersetzt. Um den Schleusentüren eine Stütze bei geöffnetem Zustande zu geben, sind statt der Tornischen nur Dükdalben angebracht.

Man kann endlich bei sehr kleinen Kanalschleusen für leichte Kähne und bei gutem Boden die sämtlichen Teile der Schleuse bis auf einen hölzernen Drempe mit einer Spundwand unter demselben und neben den auf dem Drempe stehenden Torständern beschränken, welche letztere entweder Teile eines Bohlwerks sind oder sonst gegen den Zug der Torflügel gehalten werden (s. Abb. 77). Eine solche Vorrichtung ist von Storm-Buysing im II. Teile seiner „Waterbouwkunde“ (Taf. XXXI) angegeben.

Verhältnismäßig einfach ist auch die Herstellungsweise der neuen Kammerschleuse in Bremerhaven, die gegenwärtig wohl die größte ihrer Art ist (s. Abb. 2, Taf. V).

Während die beiden Häupter auf einer starken Trafsbetonschicht, die man unter Wasser zwischen Spundwänden schüttete, errichtet wurden, konnte man in der Kammer von einer Befestigung der Sohle ganz absehen. Da diese niemals leer gepumpt zu werden braucht, so genügte die vorhandene starke Klaischicht vollkommen, um dem Auftriebe des Grundwassers in der darunter liegenden Sandschicht auch bei dem niedrigsten, durch den Schleusenbetrieb auftretenden Wasserstande das Gleichgewicht zu halten. Die Wände der Kammer sind nun ganz in derselben Weise hergestellt, wie die Kai-mauern des neuen Hafenbeckens, nur das das Mauerwerk wegen der darin anzulegenden Umlaufkanäle eine größere Stärke erhalten mußte, als jene. Sie stehen auf hohen Pfahlrosten, deren Pfähle teils auf Zug, teils auf Druck beansprucht sind. Die auf Zug zu beanspruchenden Pfähle sind, um ihre Widerstandsfähigkeit gegen diese Beanspruchung zu verstärken, schräg nach der Schleusenkammer zu geneigt, während die auf Druck zu beanspruchenden aus demselben Grunde umgekehrte Neigung erhielten (wegen der Berechnung derartiger Anordnungen vergl. Ergänzungen zum „Grundbau“ vom Verfasser, S. 54 bis 60).

Die Pfähle wurden in abwechselnden, je 0,6 m entfernt stehenden Reihen gerammt, von denen die eine nur Druckpfähle, die andere außer den Zuggpählen an der Wasserseite noch einen Druckpfahl enthielt. Die Verbindung der Pfähle erfolgte durch Zangen und Holme und zwar so, daß die Druck aufnehmenden Pfahlreihen als Stütze für die auf ihnen aufliegenden und mit ihnen verbolzten, in der Mauerichtung laufenden

Holme dienten. An diese wurden wiederum mit starken Bolzen die querlaufenden Zangen befestigt, die ihrerseits zu je zweien den Zugpfahlreihen als Aufhängepunkte dienten, mit deren einzelnen Pfählen sie durch Einlassen in dieselben und durch Verbolzung fest verbunden waren. Aufser der Verbolzung mit den Zangen erhielten die Zugpfähle noch eine solche mit den Holmen.

Um Durchspülungen zu vermeiden, erhielten die Pfahlroste nach dem Innern der Schleuse zu starke Spundwände, die am Kopfe fest mit dem Pfahlroste verbunden, gleichfalls noch geeignet sind, Druck aufzunehmen. Die Neigung der Pfähle beträgt 4:1. Der Zugwiderstand der 15 m im Boden steckenden Pfähle war durch Versuche zu 23 bis 30 t ermittelt bei einer Pfahlstärke von 33 cm im Mittel.

Danach wurde der Berechnung eine zulässige Inanspruchnahme von 20 t auf Zug und 30 t auf Druck zugrunde gelegt. Die Stärke der Spundwände war 25 cm. Die mit der Ausführungsweise gemachten Erfahrungen sind gute.

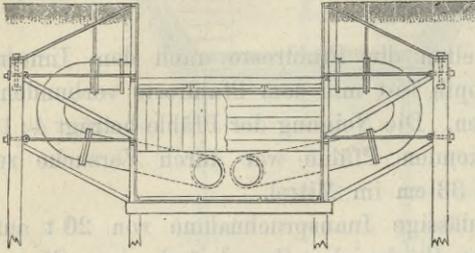
Eine eigentümliche Bauart zeigt das der Themse zugekehrte Unterhaupt einer Schleuse der Viktoria-Docks in London (s. Taf. III, Abb. 16 bis 20). Diese Schleuse besitzt etwas größere Abmessungen als die auf derselben Tafel dargestellte Geestemünder Schleuse, ist übrigens nur als Dockkammerschleuse, nicht zugleich als Schutzschleuse eingerichtet. Sie kann jedoch zu Zeiten nach dem Einlassen einer Springflut bei der darauf eintretenden Springflutebbe einen Wasserdruck von etwa 5,5 m zu ertragen haben, während in Geestemünde ein solcher Wasserdruck nicht eintreten kann, da in dem Hafenbecken nahezu die Höhe des gewöhnlichen Hochwassers gehalten wird. Trotzdem ist der ersten Schleuse eine sehr viel leichtere Anordnung gegeben, die zum großen Teil aus Sparsamkeitsrücksichten, zum Teil dagegen aus sehr günstigen Geländeverhältnissen entsprungen ist. — Wie Abb. 17 angibt, liegt die Sohle des Betons schon in dem fast wasserdichten und dabei völlig tragfähigen Tonboden, dem sogenannten London Clay. Der Boden der Schleuse besteht nun nach Abb. 16 in den Häuptern aus Ziegelmauerwerk, wobei sogar die Drempele nicht aus Werksteinen gebildet, sondern nur mit einer gußeisernen Kante verkleidet sind. Das Mauerwerk des Unterhauptes ruht unmittelbar auf dem London Clay, wogegen unter dem des Oberhauptes noch eine Betonschicht liegt. Der Drempele des Oberhauptes liegt nämlich 1,35 m höher und wird nach der Kammer hin durch eine ebenfalls nur aus Backsteinen hergestellte, übrigens abgetreppte Abfallmauer begrenzt. Wie Abb. 16 u. 18 zeigen, greift das Mauerwerk des Unterhauptes an den Seiten um etwa 1,5 m tiefer in den Boden als in der Mitte. Die Betonschicht in der 24 m weiten Kammer ist nur 1,2 m dick und ist mit einer 0,6 m dicken Schicht von Ton bedeckt.

Ebenso leicht wie der Boden sind die Wände, namentlich in der Kammer. Die in der Torkammer und den nächsten Vorsprüngen aus Ziegeln aufgemauerten, mit Klinkern verblendeten und an den Kanten und Wendenischen mit Quadern eingefassten, in der Mitte nur 2,8 m dicken Mauern werden allerdings noch durch eine Hinterfüllung von Beton verstärkt, welche zugleich die aus 1,5 m weiten, gußeisernen Röhren gebildeten und mit Ziegelmauerwerk umgebenen Umlaufkanäle trägt. Diese Betonwand zieht sich nun nach der Kammer, sowie nach der Aufsen- und Innen-Verschleuse oder Einfahrt hin als die Hauptwand fort, welche bei  $\frac{1}{6}$  Anlauf oben 1,5 m, unten 2,7 m Dicke, also etwa  $\frac{1}{5}$  der Höhe, erhalten hat. Sie wird indessen etwas verstärkt durch vorgeschlagene, nach hinten jedoch sehr schwach verankerte eiserne Pfähle, welche noch etwa 0,3 m in den London Clay reichen, aber sich namentlich gegen die Betonsohle stützen. Die Pfähle stehen in 1,8 m Abstand von Mauer zu Mauer und reichen etwa bis zur halben Höhe der Wand, von wo ab sie durch Aufständering verlängert sind. In der unteren Hälfte füllen gußeiserne Spundbohlen die Zwischenräume der Pfähle, in der oberen aber quadratische Platten die der Ständer aus. Hinter der Betonwand liegt eine etwa 1 m starke Tonhinterfüllung. Während des Baues sollen erhebliche Ausweichungen der Wände vorgekommen sein, doch stehen sie seitdem soweit bekannt unversehrt.

Es sei hier ferner die ausschließliche Verwendung von gußeisernen Platten zu Böden und zu Seitenwänden erwähnt, welche schon im 18. Jahrhundert durch Telford auf dem Ellesmere-Kanale stattfand. Die Skizze Abb. 78 zeigt einen Schnitt unterhalb des Oberhauptes, so dafs man gegen den Abfallboden sieht. Dieser ist zum Schutz gegen das Anstofsen der Schiffe zum Teil mit doppelten Holzbohlen verkleidet, während im übrigen sämtliche Boden- und Seitenflächen aus gußeisernen Platten mit den nötigen Rippen bestehen. Die ganze 4,5 m betragende Weite der Schleuse ist von etwas längeren und 1,5 m breiten Bodenplatten überspannt, welche durch ein leichtes Rostwerk unterstützt werden.

Die Seitenplatten sind ebenfalls 4,5 m lang, reichlich 1,5 m hoch, liegen mit verwechselten Stößen und stützen sich unten gegen die Rippe der Bodenplatten. Indem sie untereinander zu einem Ganzen verschraubt sind, wird die durch sie gebildete Wand in sehr geschickter Weise nach hinten verankert.

Abb. 78.



Tornischen, Wendenischen und Dammfalze sind durch entsprechende Krümmungen in den gegossenen Platten und die Drempl durch Einlegung von Holzschwellen zwischen entsprechende Rippen gebildet. Die Umläufe bestehen aus krummen gufiseisernen Röhren, die an passenden Stellen der betreffenden Platten angeschraubt sind. Der ganze Aufbau ist in seiner Art vollendet zu nennen; auch wird eine solche Schleuse selbst in dem schlechtesten Grunde mit Leichtigkeit die nötige Unterstützung finden. Aber dieser Vorteil ist bei einer Holzschleuse in noch höherem Maße zu

erreichen und die Vorzüge des Gufiseisens vor dem Holze stehen bei Berücksichtigung seiner Schwächen nicht in dem richtigen Verhältnisse zu den sehr viel größeren Kosten.

Noch sind einige Vorschläge zu erwähnen, welche bezwecken, die steinernen Schleusen durch Ausführungen in gemischter Bauweise zu ersetzen, wobei namentlich durch Anwendung des Eisens Ersparnisse zu erzielen sein würden.

So schlug Löhmann im Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 299 vor, die Schleusen und Torkammern aus eisernen Rippen zu bilden, gegen welche sich die Bohlen, die den dichten Abschluss im Boden und in den Wänden bilden, stützen. Die Zwischenräume zwischen den eisernen Spanten in der Sohle und teilweise auch an den Wänden wollte er der besseren Erhaltung des Eisens (und wohl auch der Belastung) wegen mit billigem Beton ausfüllen. Als Tore empfahl er anstatt der Stemmtoore eiserne aus gewelltem Bleche hergestellte Hebetore, welche — durch Gegengewichte ausbalanciert — an zwei auf den Wänden der Häupter aufgestellten eisernen Säulen in die Höhe gezogen werden, bis ihre Unterkante 4,5 m über Wasser liegt. Die Kosten einer solchen Schleuse gab er auf Grund eingehender Veranschlagung nur halb so hoch an, als diejenigen einer gleich leistungsfähigen Steinschleuse.

Auch hier würde — abgesehen von den Toren — ein reiner Holzbau mindestens für alle stets unter Wasser liegenden Teile vorzuziehen sein. Wenn man einen solchen auf Rostpfähle stellt, läßt er sich gegen bedeutenden Auftrieb sichern, gegen welchen bei der Löhmann'schen Bauweise nur ein geringes Gewicht wirksam ist.

Ferner empfiehlt Scheck im Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 489 die Ausführung der Mauer und Sohle von Schleusen aus Beton mit Eiseneinlagen nach der Monier-Bauweise und berechnet, daß die Kosten einer solchen Schleuse nur  $\frac{2}{3}$  der Kosten einer ganz aus Beton hergestellten betragen.

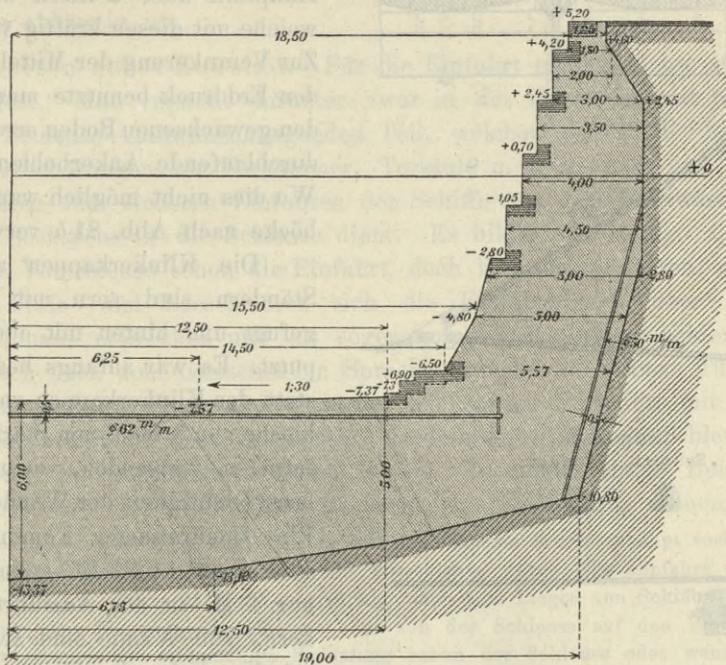
Für eine Schleuse von 9,6 m Weite und 6,85 m Höhe der Wände berechnet er bei einer Sohlenstärke von 1 m und einem Auftriebe gegen die Sohle von 7,85 m Druckhöhe für ein Längenmeter der Sohle eine Eiseneinlage von 67 qcm oder 13 Rundeisen von 26 mm Durchmesser, welche möglichst nahe der Oberfläche zur Aufnahme der Zugspannungen einzulegen wäre. Die Seitenwände bildet er aus 0,6 m starken, 5 m von Mitte zu Mitte entfernten 2,4 m tiefen Pfeilern, welche in Höhe von 2,55 und 5,05 m über der Sohle durch Monier-Kappen miteinander verbunden werden. Die durch die Kappen und die Pfeiler gebildeten Hohlräume werden nach der Schleusenkammer zu durch eine 0,6 m starke Betonwand abgeschlossen und dann mit Boden angefüllt.

Die Schleusen- und Docktiefen und Weiten sind inzwischen mit den Schiffen so gewachsen, daß die Beton- und Mauerwerk-Ausführungen ohne Eiseneinlagen zu kostspielig werden. Außerdem hat auch das Vertrauen zu der Bauweise in Beton mit Eiseneinlagen infolge der guten Erfahrungen, welche im Hochbau und Brückenbau gemacht wurden, beträchtlich zugenommen, so daß zweifellos die nächste Zukunft auch bedeutende Ausführungen dieser Art im Wasserbau bringen wird. So ist bereits die Sohle des neuen großen Docks in Bremerhaven durch Eiseneinlagen verstärkt worden. Auch bei den noch im Bau befindlichen Docks in Kiel, welche ursprünglich mit nachträglich zu füllenden Sohlenschlitzen ausgeführt werden sollten, hat man sich entschlossen, die Sohlen durchgehend zu betonieren und etwa 0,5 m unter der Oberfläche Eiseneinlagen anzubringen.

Eine besondere Berechnung hat man dabei nicht angestellt. Die Einlagen bestehen aus verschiedenem vorhandenem Material, auch alten Eisenbahnschienen. Zur Verbindung der einzelnen Längen miteinander sind die Enden derselben einfach umgebogen und ineinander gehakt.

Diese Verbindungsweise hat das Bedenken, daß in den eingehakten Stellen etwas Spielraum bleiben kann, wenn die Arbeit nicht sorgfältig ausgeführt wird. Wenn dann Spannung in einen solchen Zuganker kommt, kann an den Stößen ein Nachgeben stattfinden. Zweckmäßiger dürfte es sein, die Eiseneinlagen aus mehreren schwächeren Stangen herzustellen, die an den Stößen einfach auf etwa 30 cm Länge nebeneinander gelegt werden, wie beim Monier-System üblich ist. Die Verbindung an den Stößen erfolgt dann einfach durch Vermittelung des die Stangenenden umgebenden und an ihnen haftenden Mörtels.

Abb. 79.



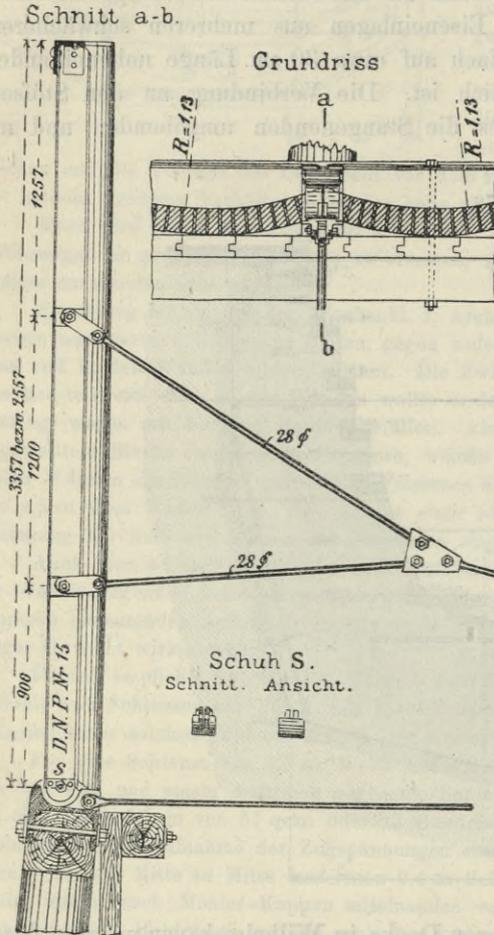
Auch die Wände und Sohlen der 3 neuen Docks in Wilhelmshaven werden durch Eiseneinlagen verstärkt, deren Stöße verschraubt werden. Ob eine ähnliche Bauweise auch für die 2 Schleusen Anwendung finden wird, ist noch unbestimmt. Für die Docks, ist die Lage der Eisen aus Abb. 79 ersichtlich. Die Eiseneinlagen sind nach der Theorie von Ritter (Schweiz. Bauz. 1899, S. 41) berechnet. Es erfordert danach die Sohlenmitte für das laufende Meter eine Eiseneinlage von zusammen 30 qcm. Nach den Seiten zu kann die Eisenstärke abnehmen. Wo der für die Sohle günstige Erddruck gegen die Seitenwände fehlt, also bei den Pontonkammern und vorn an der Einfahrt, wo die Kaimauern anschließen, werden die Einlagen verstärkt. Für das laufende Meter der Seitenwände sind an Eiseneinlagen 19 qcm erforderlich. Die Eiseneinlagen der Seitenwände werden in Längen von 2 m (der Höhe der Taucherglocken) gestossen werden müssen, wenn man sie nicht etwa erst nachträglich in offen gelassenen Schlitzten mit Hilfe von Tauchern einlegen und die Schlitzte dann mit Beton füllen will. Durch die Einlagen wird erheblich an Beton gespart.

Eine beachtenswerte neuere Ausführung, bei welcher Eisen und Stein verwendet sind, zeigen die Wände der in § 2 erwähnten Kesselschleuse im Ems-Jade-Kanale (s. Abb. 80 bis 81 b.) Dieselben bestehen aus eisernen, verankerten Ständern mit

Abb. 80 bis 81 b.

Wände einer Kesselschleuse (Ems-Jade-Kanal).

Abb. 80.



zwischenangespannten Klinkerkappen, haben also Verwandtschaft mit den oben besprochenen Wänden der Emskanal-Schleuse (Taf. II, Abb. 16 bis 19). Anstatt der ursprünglich vorgesehenen, mit den Flanschen zusammengenieteten alten Eisenbahnschienen entschloß man sich, der günstigeren Beanspruchung wegen, für die Mittelständer I-Eisen, für die Endständer an den massiven Häuptern aber U-Eisen zu verwenden, welche mit diesen kräftig verankert sind. Zur Verankerung der Mittelständer gegen den Erddruck benutzte man, soweit man den gewachsenen Boden erreichen konnte, durchlaufende Ankerbohlen (Abb. 81 a). Wo dies nicht möglich war, sind Ankerböcke nach Abb. 81 b verwendet.

Die Klinkerkappen zwischen den Ständern sind vorn mit Zementmörtel gefugt und hinten mit ebensolchem geputzt. Es war anfangs beabsichtigt, anstatt der Klinkerkappen verzinkte Eisenbleche von 5 bis 6 mm Stärke in Kappenform zu verwenden, wodurch eine größere Dichtigkeit der Wände erzielt wäre. Ein Quadratmeter Kammerwand hätte aber dann 11,50 M. gekostet, dagegen nur 4 M. in der Ausführung mit Klinkern. Die Wände sind zwar nicht vollständig dicht, bewähren sich aber bis jetzt sehr gut.

Die Dichtung der Sohle in den Schleusenammern der Kesselschleuse und der anschließenden Kammerschleuse (s. § 2) ist durch Einbringen einer starken, von Spundwänden eingeschlossenen Klaischicht erfolgt.<sup>47)</sup>

Dieselbe Bauweise zeigt auch die Wand der Kammer der Schleuse im Verbindungskanale zwischen dem Dortmund-Ems- und Ems-Jade-Kanale (s. Abb. 40).

Abb. 81 a.

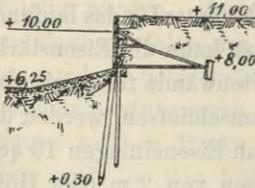
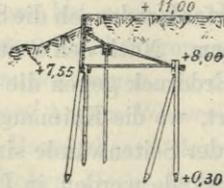


Abb. 81 b.



<sup>47)</sup> Deutsche Techniker-Zeitung 1893, S. 192.

Je länger die Schleusen werden, desto mehr sucht man an Kosten durch Vereinfachung der Wände der Schleusen-kammer zu sparen. So haben die Kammern der Schlepplugschleusen des Dortmund-Ems-Kanals geböschte Wände erhalten, an denen der ganzen Länge nach, zur Führung und zum Verholen der Schiffe, hölzerne Stege von 1 m Breite auf Pfählen angeordnet sind (Zeitschr. f. Bauw. 1901). Dieselbe Ausführung ist auch für die demnächst im Ems-Jade-Kanale bei Mariensiel unweit Wilhelmshaven zu erbauende Schleuse vorgesehen, welche als Ersatz der alten, bei Wilhelmshaven liegenden Schleuse dieses Kanals dienen soll, die den Hafenerweiterungen weichen muß.

**§ 14. Einfahrten nebst Zubehör. Flügel. Dammfalze. Treppen.** Mit den Einfahrten der Schleusen stehen verschiedene kleinere bauliche Anlagen (Leitwerke, Spills, Poller, Trossenrollen u. dergl.) in Verbindung, welche demnach im Zusammenhange mit jenen zu besprechen sind. Beigefügt sind einige Beobachtungen über den Zeitverbrauch beim Einfahren, weil derselbe in erster Linie von einigen der oben genannten Teile abhängig ist.

**Einfahrten nebst Zubehör.** Für die Einfahrt einer Schleuse steht der Begriff nicht völlig fest. Man versteht darunter zwar in der Regel den mit einem Ende der eigentlichen Schleuse zusammenhängenden Teil, welcher aufserhalb des letzten Tores und dessen Zubehörungen als Torkammer, Torsäule u. s. w. liegt und wesentlich nur zum bequemeren oder sicheren Einfahren der Schiffe aus dem Fahrwasser des Kanals, Flusses oder Seehafens in die Schleuse dient. Es bildet nun häufig, z. B. bei Kanalschleusen, die Vorschleuse schon die Einfahrt, doch kann bei größeren, schwieriger einzufahrenden Flufs- und Seeschleusen sich die Einfahrt weit über die eigentliche Vorschleuse hinaus erstrecken und als sogenannter Vorhafen erscheinen. In solchem Falle ist jedoch nach dem herrschenden Sprachgebrauch die Grenze für die Einfahrt nicht genau zu ziehen. Die weiteste würde den ganzen Vorhafen mit umfassen, die engste dagegen schon bei der Vorschleuse, als dem unbedingt zur Schleuse gehörenden und baulich mit ihr verbundenen Teile, liegen. Es mögen einige Beispiele aus den in den Tafeln I u. s. w. dargestellten Schleusen zur Erläuterung dienen.

Nur die nach den Abb. 2 u. 3, Taf. I eng mit dem übrigen Schleusen-haupt verbundene, zwischen den schräg zusammenlaufenden Mauern liegende Vorschleuse würde eine Einfahrt in engerem Sinne genannt werden können. Denn da der Vorhafen hier auch zum Liegen von Schiffen, welche entweder nicht sogleich von dem Flusse in die Schleuse oder von der Schleuse auf den Flufs fahren können, dienen soll, also eine gewisse selbständige Bedeutung neben der Schleuse oder wenigstens neben der Einfahrt besitzt, so würde es zu weit gerechnet sein, ihn ebenfalls Einfahrt zu benennen. Fast dasselbe gilt von der in Abb. 10, Taf. II dargestellten Weserschleuse, indem der obere Vorhafen für sechs Segelschiffe von 35 bis 47 m Länge und 6 bis 7,5 m Breite, sowie für ein Dampfschiff von 52 m Länge und 10,8 m Breite, der untere Vorhafen für ein Dampfschiff und zwei Segelschiffe Raum bietet. Es sind also beide Vorhäfen unter Umständen sogar als Zufluchtshäfen zu benutzen und daher gewissermaßen selbständige Bauwerke. Trotzdem ist ihr gewöhnlicher Zweck, das bequeme Einfahren vom Flufs in die Schleuse, zu erleichtern. Ferner wird bei den in Abb. 13, Taf. I dargestellten Schleusen zu Harburg aus denselben Gründen der Raum zwischen der Elbe und den schräg zusammenlaufenden Mauern vor den Schleusen als Vorhafen, dagegen der trichterförmige Raum zwischen diesen Mauern als Einfahrt zu bezeichnen sein.

Bei der in Abb. 2, Taf. II und bei der in Abb. 71 bis 75 auf S. 101 dargestellten Schleuse ist aufser den möglichst kurz gehaltenen Vorschleusen keine weitere Einfahrt vorhanden, als in dem ersteren Falle eine von der Kanalseite her erfolgende Zusammenziehung der Kanalufer, während im zweiten Falle die Schiffe aufserhalb der schmalen Vorböden sich sofort im offenen Wasser befinden.

Seeschleusen haben nicht selten aufser der eigentlichen in der Nähe der Schleuse meist trichterförmig zulaufenden Einfahrt noch einen Vorhafen für mindestens ein größtes Schiff. Beispiele bieten

die Kammerschleuse in Geestemünde (Abb. 15, Taf. III), die Kammerschleuse und die beiden Dockschleusen in Bremerhaven, die Kammerschleusen in Wilhelmshaven und andere (vergl. S. 12 u. 13). Aufser örtlichen Gründen, wie z. B. in Geestemünde die Lage der Schleuse zu dem engen Geeste-Flusse, werden in der Regel das Vorhandensein einer starken Strömung oder die Heftigkeit des Wellenschlages die Anbringung eines Vorhafens bedingen. Wo dieses nicht der Fall ist oder wo statt des Vorhafens ein Halbtidebecken sich befindet, oder endlich wo der Platz zu einem Vorhafen gefehlt hat, wird nur eine kurze Einfahrt aufser der Vorschleuse gegeben.

Aus den vorstehenden Beispielen geht zunächst hervor, wie mannigfaltig die Bedingungen für die Anlage einer Einfahrt unter Berücksichtigung der verschiedenen Örtlichkeiten sind. Da bei den getroffenen Anordnungen aber auch das persönliche Ermessen der verschiedenen Erbauer einen sehr wesentlichen und keineswegs gleichmäßigen Einfluß geübt hat, so mögen unter Bezugnahme auf die Erwägungen im § 4 nachstehende allgemeine Regeln zur Beurteilung neuer Fälle dienen.

Bei reinen Kanalschleusen, wo das Wasser als ganz ruhig angesehen werden kann und man die Schiffe völlig in der Gewalt hat, ist aufser einer Abrundung der äußeren Mauerteile keine besondere Einfahrt nötig. Man läßt zwar in der Regel die Ufer des Kanals dicht vor der Schleuse schräg zusammenlaufen. Doch geschieht dies mehr, um auf dem Lande einen bequemen und kurzen Weg von dem Kanalufer nach den Schleusenmauern zu gewinnen und um die Länge der Schleusenflügel tunlichst einzuschränken, als um dadurch den Schiffen das Einfahren zu erleichtern. Bei rechtwinkeligen Schleusenflügeln (s. weiter unten) und bei den Kanälen mit geraden Erdböschungen ist es unter Umständen nützlich, in den Hypotenusen der beiderseitigen rechten Winkel verholzte oder vergurtete Pfahlreihen anzubringen, welche eine trichterförmige Einfahrt zur Schleuse bilden.

Bei Flufsschleusen würde jene schräge Führung der Uferlinien unter Umständen schon notwendiger sein, namentlich dann, wenn die Schleuse nicht, wie z. B. in Abb. 71, S. 101, dicht an einem der Ufer, sodann etwa wie z. B. in Hameln zwischen zwei Wehren liegt. In solchen Fällen also, wo die Strömung des Flusses das Schiff in Gefahr bringen kann, die Schleuse selbst zu verfehlen, muß dieser eine trichterförmige Einfahrt, jedoch nur an dem oberen Haupte, gegeben werden. Es wird dabei gewifs stets genügen, wenn die Mündung der Einfahrt die doppelte Schleusenweite bekommt und die Länge der Einfahrt etwa gleich der größten Weite ist. Diese Länge erscheint nötig, damit die wenn auch langsam sich bewegenden Schiffe doch nicht schädlich gegen die Mauern der Einfahrt stoßen, sondern sanft in die Richtung der Schleusenaxe geleitet werden. Wenn aber, wie in Hameln, ein besonderer Vorhafen zur Schleuse führt, so gilt der Vorhafen wie ein Kanal mit stillstehendem Wasser und es bedarf dann die Schleuse nicht noch einer besonderen Einfahrt.

Bei allen Seeschiffschleusen dagegen, welche nicht in einem völlig geschützten Kanale liegen, erscheint wenigstens an der Aufsenseite, wo fast stets der Wind und der Wellenschlag noch auf das Schiff einwirken und wo unter Umständen sogar eine quer zur Schleusenrichtung gehende Strömung das Schiff gegen eine Seite zu treiben sucht, die Anbringung einer trichterförmigen Einfahrt notwendig. Denn schon ein mäßiges Seeschiff von etwa 500 t ist wegen seiner Masse und wegen seiner viel größeren dem Winde ausgesetzten Fläche ohne Benutzung von Segeln oder Dampf ungleich schwieriger in eine bestimmte Richtung zu bringen als ein Flufs- oder Kanalschiff, bei welchem jene Umstände selten zusammentreffen. Vollends aber erfordern die großen Schiffe von einigen Tausend Tonnen sehr viel größere Anstrengung und deshalb eine besonders vorteilhafte Form und Richtung der Schleuseneinfahrt.

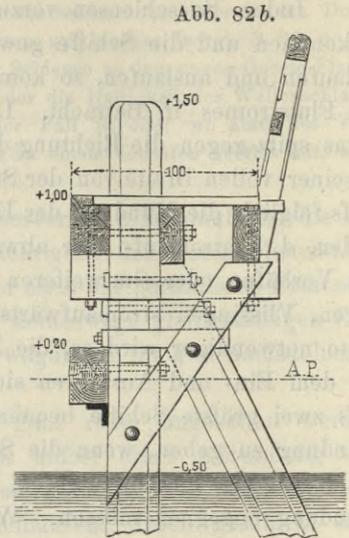
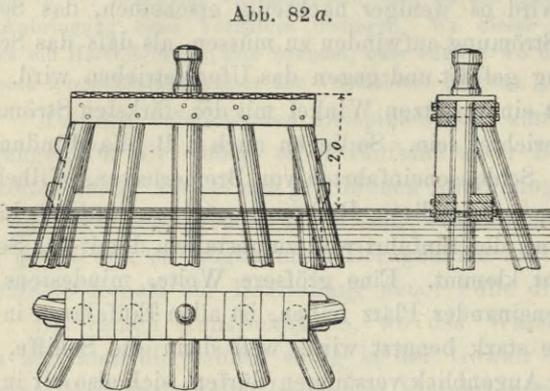
Indem Seeschleusen vorzugsweise nur in Ebbe und Flut haltenden Gewässern vorkommen und die Schiffe gewöhnlich kurz vor dem Hochwasser, also noch bei Flut einlaufen und auslaufen, so kommt ganz vorzüglich die Lage der Einfahrt zur Richtung des Flutstromes in Betracht. Dabei wird es weniger nachteilig erscheinen, das Schiff etwas spitz gegen die Richtung dieser Strömung aufwinden zu müssen, als dafs das Schiff in seiner vollen Breite von der Strömung gefafst und gegen das Ufer getrieben wird. Es mufs folglich die Mündung der Einfahrt einen spitzen Winkel mit der stärksten Strömung bilden, d. h. stromauf- oder abwärts gerichtet sein. So liegen auch z. B. die Mündungen der Vorhäfen oder (im weiteren Sinne) Schleuseneinfahrten von Bremerhaven, Wilhelmshaven, Vlissingen stromaufwärts. Je weniger diese Richtung gegeben werden kann, desto notwendiger wird es, die Mündung der Einfahrt weit zu gestalten, damit das Schiff bei dem Ein- und Ausfahren sich nicht klemmt. Eine gröfsere Weite, mindestens so, dafs zwei gröfste Schiffe bequem nebeneinander Platz haben, ist allen Einfahrten in der Mündung zu geben, wenn die Schleuse stark benutzt wird, weil dann die Schiffe, um rechtzeitig ein- und auszulaufen, keinen Augenblick versäumen dürfen, sich also oft in der Mündung begegnen müssen. Wo nun Schiffe unter der Wirkung der Ströme ein- und auslaufen, wird ein Anstofsen gegen die Ufer der Einfahrt nicht immer zu vermeiden sein. Es ist deshalb unbedingt notwendig, dafs aufser möglichst geraden Linien nur sanft abgerundete Ecken vorkommen. Dabei werden aufserdem diese Ecken oft noch mit Holz zu verkleiden oder wenigstens mit sogenannten Reibhölzern zu versehen sein, weil die Berührung des Schiffes mit der Steinwand besonders dem ersteren nachteilig sein würde. So ist z. B. die ganze Einfahrt zur Geestemünder Schleuse, wie zum Teil aus Abb. 10, Taf. III zu ersehen, mit Reibhölzern ausgestattet; ebenso die Einfahrten von Bremerhaven. In englischen Häfen sieht man aufserdem sehr oft hölzerne verholmte und mit Bohlenbelag bedeckte Pfahlwerke (Leitwerke) neben den Schleuseneinfahrten. Sie sind jedoch meistens später entstanden, nachdem sich die Einfahrt als zu kurz herausgestellt hatte; indessen sind sie wegen ihrer Elastizität für die Schiffe sehr vorteilhaft.

Bei den Schleusen des Amsterdamer Kanals<sup>48)</sup> (Abb. 2, Taf. III) sind erst nachträglich die zur sicheren Einfahrt nötigen Holzgerüste angebracht. Dieselben bestehen bei den Nordsee-Schleusen, welche aufsen und innen nur von dem Spiegel des Kanals begrenzt werden, nur aus Dükdalben von der in Abb. 82a dargestellten Form, welche in etwa 100 m Abstand voneinander angebracht sind. Sie dienen also auch wie die gewöhnlichen Dükdalben und sind zum bequemen Anbinden der Schiffe mit einer kleinen Plattform versehen. Von den Zuidersee-Schleusen jedoch, wo zu beiden Seiten ausgedehnte Wasserflächen sich finden, mufsten in der Verlängerung der beiden äufsersten Mauern zusammenhängende Leitwerke von etwa 150 m Länge und in etwas geschweiften Form und selbst bei den zwei dazwischenliegenden Mauern der grofsen (mittleren) Schleuse kürzere gerade Werke bis 80 m Länge angelegt werden. Die äufseren sind zum Begehen eingerichtet, um den Schiffen frühzeitig helfen zu können und haben den in Abb. 82b dargestellten Querschnitt.

Diese verholmten und bekleideten Pfahlwerke dienen nach Bedarf, wenn sie von den Schiffen angefahren werden, auch zum Hemmen der Fahrt.

Die Endschleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals haben — abgesehen von der möglichst günstigen Richtung zum Ebbe- und Flutstrom und zum Wellenschlag an der Elbseite — an beiden Mündungen bedeutende Vorhäfen erhalten. In Brunsbüttel hat dieser Vorkanal von der Spitze der Westmolen bis zu den Schleusen 700 m Länge bei 100 m Breite (vergl. Abb. 7, Taf. IX), in der Kieler Bucht von der Spitze der Nordmole bis zu den Schleusen 700 m Länge bei 120 m Breite. Aufserdem sind die Einfahrten unmittelbar an den Schleusenhäuptern sowohl binnen- als aufsenwärts noch durch lange hölzerne möglichst elastische Leitwerke gesichert. Die an die Mittelpfeiler sich anschliessenden bilden lang sich vorstreckende Zungen aus Pfahlwerk, das ganz mit Bohlenbelag abgedeckt ist; an den Aufsenwänden geschieht die Einweisung der Schiffe durch Dükdalben, vor denen schwimmende Fender liegen.

<sup>48)</sup> W. Kuntze, Der Amsterdamer Seekanal. Zeitschr. f. Bauw. 1881, S. 353.



Für große Seeschiffe wird das Ansteuern des Schleusenhauptes sehr erleichtert, wenn sich zu beiden Seiten des in der Mitte der Einfahrt fahrenden Schiffes gleich breite Wassermengen befinden, weil dann das vom Schiffskörper nach den Seiten verdrängte Wasser gleichen Druck von beiden Seiten ausübt. Da diese Wirkung aber nur dann eintritt, wenn die Begrenzungsflächen der Einfahrten dichte Wände bilden, also aus Stein, Bohlwänden oder Erdböschungen bestehen, so dienen Reihen von Dükdalben als Leitwerke weniger dazu, das Ansteuern zu erleichtern, als die Schiffe, welche wegen des schweren Ansteuerns gefährdet sind, vor Beschädigungen zu schützen. Dasselbe gilt von Bohlwerken, die nicht dicht sind und bis auf die Sohle reichen.

Als ein notwendiges Zubehör jeder Einfahrt einer Seeschleuse sind kräftige stehende Winden oder Gangspills anzusehen, welche mindestens an dem vordersten Punkte der Einfahrt, sodann aber auch in mehrfacher Wiederholung an der ganzen Schleuse entlang stehen müssen. Die ein- oder auslaufenden Schiffe werfen Tauen ans Ufer, welche dann von der Schleusenmannschaft sofort um die Winden gelegt werden. Auf diese Weise werden die Schiffe nicht allein kräftig vorwärts gezogen oder bei umgekehrtem Bedürfnisse in der Fahrt gehemmt (gestoppt), sondern auch nach Erfordern seitlich abgelenkt und vor dem Anstossen gegen Mauern oder andere Schiffe geschützt.

Bei Schleusen, deren Tore und Schützen durch Maschinen bewegt werden, pflegt man auch die Spills für diesen Betrieb einzurichten, gleichzeitig aber die Anordnung so zu treffen, daß, falls die Maschinenkraft versagen sollte, auch Handbetrieb möglich ist. Die Stellung der Spills wählt man so, daß, falls die Bewegungsvorrichtung der Tore versagt, Schließen und Öffnen derselben auch durch die Spills bewirkt werden kann.

In oben beschriebener Weise sind die Spills auf den Schleusenmauern des Nord-Ostsee-Kanals eingerichtet, deren Lage für die Schleuse zu Brunsbüttel aus Abb. 13, Taf. VIII ersichtlich ist. Die Kraftübertragung erfolgt durch Transmissionswellen und Zahnräder von der Kraftquelle aus (hydraulische Dreizylindermaschinen), welche gleichzeitig die Tore und Schützen bewegen. Weit häufiger findet man aber unmittelbar in oder unter den Spills kleine Dreizylindermaschinen angebracht, welche ausschließlich zu deren Bewegung dienen (vergl. weiter unten Abb. 84), eine Anordnung, die bei größeren Entfernungen der Billigkeit wegen jedenfalls vorzuziehen ist.

Um die Stärke der Maschinen für die Spills zu bestimmen, welche imstande sein sollen, Schiffe von bestimmten Abmessungen in einer bestimmten Zeit in die Schleuse zu winden, würde es allerdings notwendig sein, daß man den Widerstand kennte, der für eine bestimmte Geschwindigkeit durch das Schiff verursacht wird. Über diesen Gegenstand haben Fontaine und Desmur Untersuchungen angestellt, welche in den *Annales des ponts et chaussées* 1881, Aug., S. 139 bis 161 mitgeteilt und in der *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1882, S. 297 von Eichhorn kurz wiedergegeben sind. Im Jahrgange 1885, II. S. 727 der genannten französischen Zeitschrift weist aber Barbet nach, daß diese Formeln unzuverlässig sind, weil sie verschiedene wichtige Verhältnisse, die den Kraftbedarf beeinflussen, unberücksichtigt gelassen haben. Barbet sucht die Formeln durch eine Funktion der Wasserhöhe zu vervollkommen und bringt sie mit eigenen Versuchen dadurch in Übereinstimmung. Diese Formeln sind aber so kompliziert, daß es nicht angezeigt erscheint, sie wiederzugeben. Das wichtigste Ergebnis der Untersuchungen von Barbet, der zweckmäßigste Abstand zwischen Schiffsboden und Drempel ist bereits in § 4 mitgeteilt worden (s. auch den Literaturnachweis am Schlusse dieses Bandes).

Für die großen Seeschleusen in England wendet man in der Regel Spills von verschiedener Zugkraft an und setzt die stärksten, welche je 11 bis 12 t Zug entwickeln können, auf die Außenhäupter, da hier die Schiffe des unruhigeren Wassers wegen am meisten Widerstand leisten. Diese Spills werden bis jetzt meistens durch Druckwasser getrieben. Die zwei oder vier Spills auf dem Binnen- oder Mittelhaupte haben gewöhnlich je 5 t Zugkraft und werden selbst in solchen Fällen, in denen eine Prefswasseranlage vorhanden ist, nicht selten durch eingesteckte Bäume bewegt. Die Spills stehen in der Regel 1,5 bis 2 m von der Mauerkante entfernt. An der Mauerkante sind gewöhnlich Reihen wagerechter Führungsrollen für die Trossen, und weiter vom Rande entfernt stehen starke Haltepfähle oder Poller (Abb. 83 a) mit verstärkten Köpfen.<sup>49)</sup>

Bei der schnell zunehmenden Größe der Seeschiffe werden auch die Zugkräfte der Spills gesteigert werden müssen (15 t bzw. 6 bis 7 t), wenn man es nicht den Schiffen überlassen will, sich mit ihren eigenen Windevorrichtungen zu verholen, was schon jetzt von den Kapitänen vielfach vorgezogen wird.

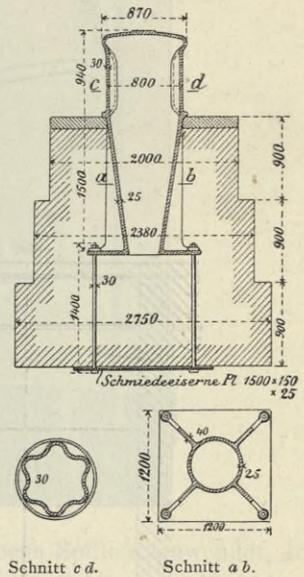
Wenn im allgemeinen die Spills nur bei großen Seeschleusen üblich sind, während bei Flufs- und Kanalschleusen die Schiffer selbst mit ihrer Mannschaft das Einfahren besorgen müssen, so ist man doch imstande, durch maschinellen Betrieb nicht nur der Tore und Schützen, sondern auch des Ein- und Ausfahrens der Schiffe die Schleusungsdauer wesentlich zu verkürzen und dadurch die Leistungsfähigkeit der Schleuse zu erhöhen. Man findet daher neuerdings auch Flufs- und Kanalschleusen, die einen großen Verkehr zu bewältigen haben, nicht nur mit mechanischen Bewegungsvorrichtungen für Tore und Schützen, sondern auch für Spills versehen. Namentlich eignen sich hierfür solche Schleusen, die so vieles Wasser haben, daß man das Gefälle gleich zur Erzeugung der Maschinenkraft durch Turbinen oder Wasserräder benutzen kann.

So dient zur Erleichterung des Einfahrens der sehr voll gebauten Schiffe in die zwischen Buffalo und New-York liegenden fünf Schleusen des Erie-Kanals, wobei wegen des großen Widerstandes früher 2 bis 3 Pferde aufs höchste angestrengt werden mußten,

Abb. 83 a. Poller.

M. 1:80.

Vertikalschnitt.

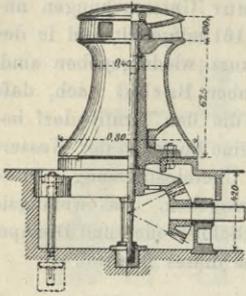


Schnitt c d.

Schnitt a b.

<sup>49)</sup> Vergl. auch *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1888, S. 435.

Abb. 83 b.  
Cabstan (Spill). M. 1:40.  
Ansicht. Schnitt.



um ein Schiff in 20 bis 30 Minuten in die Schleuse zu bringen, jetzt die Kraft kleiner Turbinen von 61 cm Durchmesser, welche mittels des 3,47 m hohen Schleusengefälles an jeder Schleuse eine Windtrommel treiben, von der aus ein Seil an das einzuholende Schiff befestigt wird (s. Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 115).

Abb. 83 b zeigt ein hydraulisches Spill von der Schleuse zu Bougival an der Seine, welches sich bei dem dortigen sehr lebhaften Betriebe gut bewährt hat. Neben dem Spill befindet sich eine hydraulische Dreizylindermaschine, welche die in der Abbildung angedeutete wagerechte Welle antreibt.

Näheres über diese Anlage findet sich in der Zeitschr. f. Bauw. 1884, S. 33.

Auch die neue Schleuse am Mühlendamm in Berlin hat Druckwasserspille erhalten, welche in der Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 58 beschrieben und dargestellt sind.

Abb. 84 a

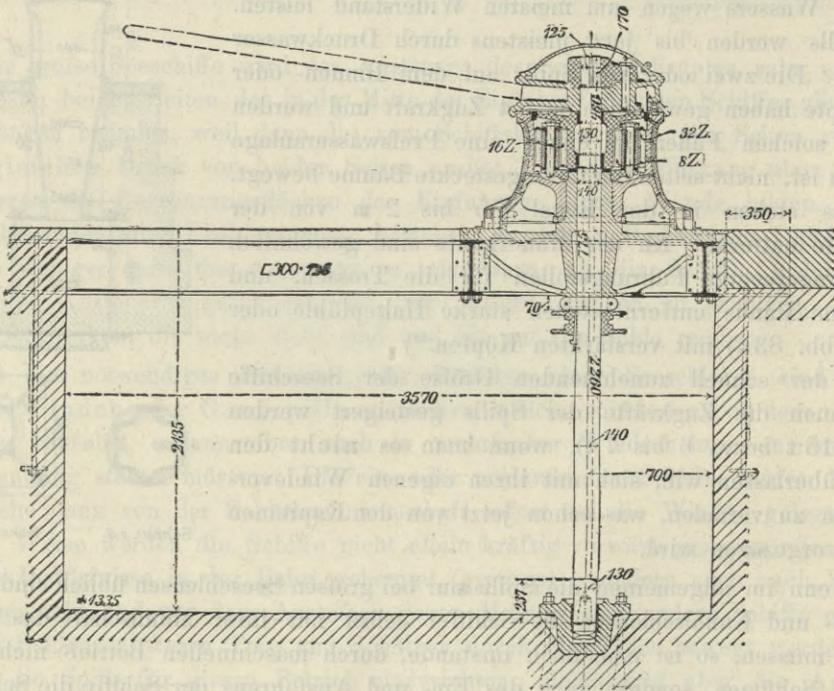


Abb. 84 b.

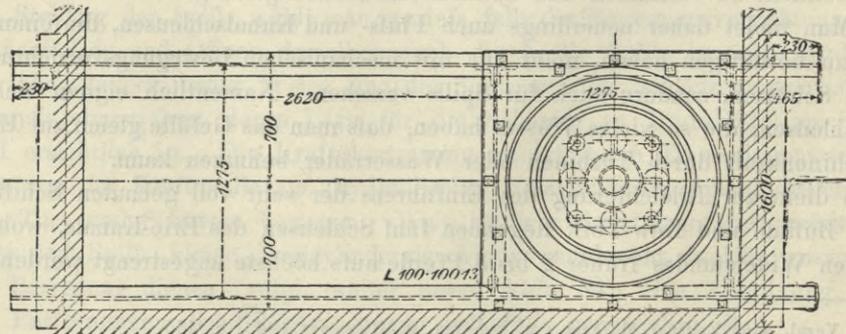
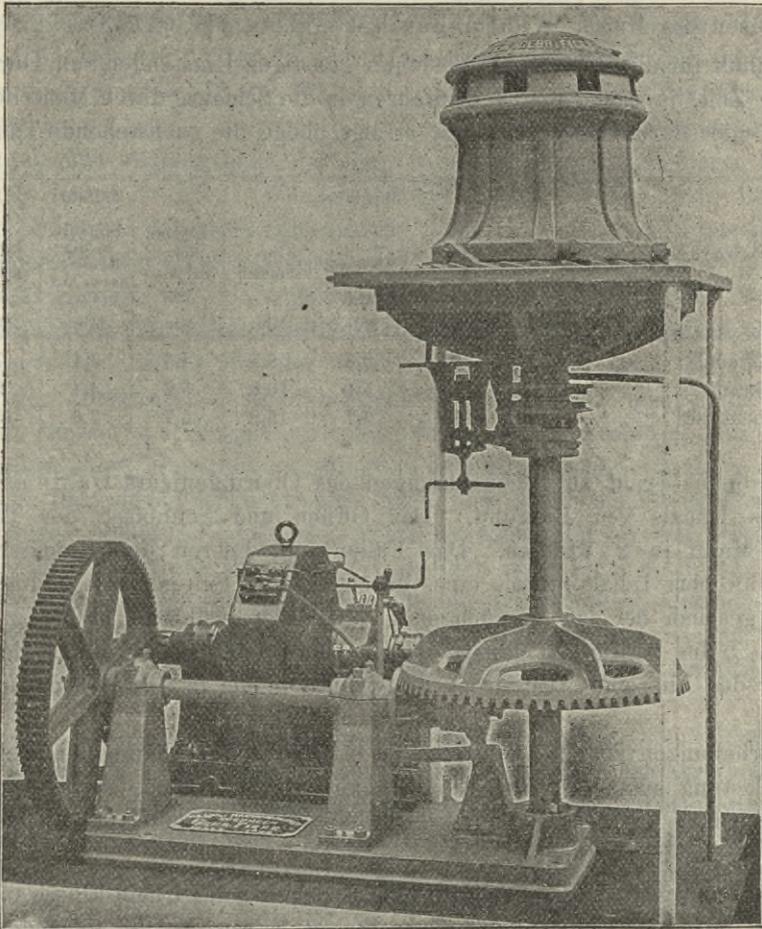


Abb. 84c.



In neuerer Zeit werden auch vielfach elektrisch betriebene Spille angewendet, so bei den neuen Docks in Kiel und Wilhelmshaven und bei der neuen Schleuse in Ymuiden. Desgleichen sind solche für die dritte Hafeneinfahrt in Wilhelmshaven in Aussicht genommen.

Die Spills in Ymuiden (auch für Handbetrieb mit Speichen verwendbar) sind in Abb. 84 a, b u. c dargestellt. Sie bestehen aus dem hohlen Körper des Spills in bekannter Form, in dem sich ein sogenanntes Planetengetriebe befindet, so daß man die Trommel unmittelbar mit der senkrechten Achse oder auch mittelbar mittels Zahnradern drehen kann. Bei unmittelbarem Antriebe beträgt die Geschwindigkeit am Umfange der Trommel 20 cm/Sek., die Zugkraft 5000 kg, bei Übersetzung durch das Planetengetriebe die Geschwindigkeit nur 10 cm/Sek., die Zugkraft dagegen 10000 kg.

Zwei solche Spills werden je von einem 21 pferdigen Motor mit 270 Minutenumdrehungen mittels doppelter Räderübersetzung angetrieben, wie aus Abb. 84 c zu ersehen ist. Auf der Achse des Spills sitzt ein abkuppelbares Kettenrad, das mittels geschränkt geführter Kette sowohl den Wagen für die Torbewegung (s. S. 249) antreiben, als auch im Notfall für die Bewegung der Schützen (vergl. S. 280) nutzbar gemacht werden kann.

Die auf diese Weise für die Bewegung der Tore und Schützen geschaffene Reserve ist viel einfacher und billiger als bei der Druckwasser-Bewegungsvorrichtung für die Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals (vergl. S. 177 u. 243).

Als Anhalt für die Berechnung der unter günstigen Umständen zum Durchschleusen erforderlichen Zeit, je nachdem das Einfahren in die Schleuse durch Menschenkraft oder durch Pferde oder durch Maschinenkraft erfolgt, möge die nachstehende Tabelle dienen.

| Schiffsbeförderung         | Bergfahrt              |                                      |          | Talfahrt               |                                      |          | Mittlere Dauer der ganzen Durchschleusung |
|----------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------|------------------------|--------------------------------------|----------|---|
|                            | Eigentliche Schleusung | Einfahrt in die Kammer bzw. Ausfahrt | Zusammen | Eigentliche Schleusung | Einfahrt in die Kammer bzw. Ausfahrt | Zusammen |   |
|                            | Min.                   | Min.                                 | Min.     | Min.                   | Min.                                 | Min.     |   |
| Durch Dampfkraft . . . . . | 4,7                    | 3,8                                  | 8,5      | 4,5                    | 3,4                                  | 7,9      | 8,2                                       |
| „ Pferdekraft . . . . .    | 5,5                    | 5,1                                  | 10,6     | 5,2                    | 4,4                                  | 9,6      | 10,1                                      |
| „ Menschenkraft . . . . .  | 6,2                    | 9,7                                  | 15,9     | 5,7                    | 7,6                                  | 13,3     | 14,6                                      |

Die Tabelle beruht auf Beobachtungen des Oberingenieurs Bazin an zahlreichen Schleusen des Kanals von Burgund. Das Öffnen und Schließen der Tore geschah durch einen Mann in 2 Minuten. Das Füllen und Leeren der Kammer von 2,6 m Gefälle und 600 cbm Inhalt mittels eines durchgehenden Seitenkanals und abzweigenden Stichkanälen geschah bei den Versuchen in 3 Minuten, während es bei gewöhnlichem Betriebe etwa 5 bis 6 Minuten dauern wird. Dieser Seitenkanal diente gleichzeitig zur Erleichterung des Ein- und Ausfahrens der Schiffe in der in § 24 näher klarzustellenden Weise.<sup>50)</sup>

Die Erhebungen sind an Schiffen von 1,3 bis 1,4 m Eintauchungstiefe und 200 bis 220 t Belastung gemacht. Die Eintauchungstiefe der Dampfschiffe war sehr verschieden und betrug oft 1,5 bis 1,6 m. Die Wasserspiegel der Haltungen lagen in der Regel 1,8 m über den Drempehn.

In der Denkschrift „Die wirtschaftliche Bedeutung des Rhein-Elbe-Kanals“ (Berlin, Siemenroth & Troschel, 1899) nimmt Geh. Baurat Sympher die folgenden Zeiten für die Beförderung eines Einzelschiffes an:

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Einfahrt . . . . .           | 4 Min.  |
| Untertor-Schließen . . . . . | 1 „     |
| Schleusenfüllen . . . . .    | 5 „     |
| Obertor-Öffnen . . . . .     | 1 „     |
| Ausfahrt . . . . .           | 3 „     |
| Unregelmäßigkeiten . . . . . | 2 „     |
|                              | 16 Min. |

(s. Anhang 3 zu Anlage 12).

In solchen Einfahrten oder richtiger Vorhäfen, in denen die Schiffe unter Umständen eine Zeit lang liegen müssen und wo übrigens keine hohen und festen Mauern zum Anbinden (Vertauen) der Schiffe vorhanden sind, müssen Dükdalben oder Anbindepfähle im Wasser, Prellpfähle vor den niedrigen oder schrägen Ufern und außerdem Landfesten oder Landpfosten (Poller) auf dem Ufer angebracht sein. Diese Einrichtungen sind bis auf die letztgenannten z. B. in Abb. 1 u. 2, Taf. I enthalten.

<sup>50)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1885, März, S. 450 bis 463. — Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 272.

Flügel. Nach der Besprechung der Einfahrten wird es leicht sein, das Erforderliche hinsichtlich der Flügel einer Schleuse zu sagen. Die Flügel stellen den Übergang von den eigentlichen Schleusenmauern nach den Ufern des betreffenden Gewässers dar. Wenn diese Ufer selbst mit Mauern oder Holzwänden bekleidet sind, so ist der Übergang oft ein unbegrenzter und die Flügel besitzen dann je nach der Anschauung eine große oder geringe Länge. Wo aber die Ufer nur aus Erdböschungen bestehen oder auch mit Busch oder Steinen bekleidet sind, wird der Flügel nach dieser Richtung hin eine bestimmte Länge erhalten. Von der Schleuse aus rechnet man die nicht etwa noch zur Vorschleuse gehörenden, aber mit der Schleuse übrigens in festem Zusammenhange stehenden Wände zu den Flügeln, obgleich dabei eine scharfe und zweifellose Trennung nicht gegeben ist. So würde in Abb. 2, Taf. I binnen die Mauer von der obersten Treppenstufe ab, also einschließlic der Treppe, als Flügel zu gelten haben, aufsen dagegen die Mauer von der untersten Stufe oder einer die beiden Mauerfluchten an der abgerundeten Ecke schneidenden Linie ab, also ohne die Treppe; aufsen gehört die mit der Treppe bedeckte Mauer zur Vorschleuse, binnen der wagenrecht abgedeckte obere Mauerteil unbedingt zu dem Hinterboden. In der Ansicht werden binnen die von der runden Ecke ab sich nach dem Ufer hin erstreckenden Flächen als zu den Flügeln gehörig bezeichnet. Wenn dagegen keine eigentliche mit der Hauptschleuse einheitlich fundierte Vorschleuse vorhanden ist, wie z. B. in Abb. 13, Taf. I, so werden die dort ähnlich wie im vorigen Beispiele liegenden Seitenmauern schon gewöhnlich zu den Flügeln gerechnet. Es ist also eine Trennung zwischen Vorschleusen- und Flügelwänden stets eine etwas willkürliche. Vergleiche auch die übrigen Beispiele auf Taf. II u. III.

Die Flügel haben nun unter gewissen Umständen aufser der Vermittelung des Anschlusses an die Ufer und der Gewährung einer bequemen Einfahrt noch wesentlich zu der Sicherung des ganzen Schleusenkörpers gegen das Hindurchziehen von Wasseradern aus dem höheren nach dem niedrigen Wasser hin beizutragen. Sie wirken dann in diesem Sinne wie starke Flügelpundwände hinter den Mauern, liegen zu diesem Zwecke am besten senkrecht zur Schleusenachse und sind im Fundament unbedingt mit dichten Spundwänden zu versehen.

Dammfalze. Die Dammfalze dienen zur Abdämmung der Hauptteile der Schleuse, namentlich der Torkammer und der Kammer bei etwaigen Ausbesserungen an Toren, Drempeln u. s. w. Sie liegen zu diesen Zwecken meistens in den Mauern der Vorschleusen (vergl. § 8), bei langen Kammern jedoch auch wohl in diesen, um nach Bedürfnis nur einen kleinen Teil der Schleuse trocken halten zu müssen. Diese Anordnung hat jedoch wenig Sinn, denn sobald der eine Teil der Schleuse abgesperrt ist, wird bei derselben Gelegenheit auch der übrige Teil mit Nutzen nachzusehen sein. Das Ausschöpfen verursacht bei der Dichtigkeit des Ganzen in der Regel keine Schwierigkeiten. Selbstverständlich wird dies anders, wenn die Schleuse, wie z. B. die Papenburger (Abb. 6, Taf. I), aus zwei getrennt liegenden Häuptern mit dazwischen liegender Kammer aus Busch oder Steinpflaster u. s. w. besteht. Alsdann ist eine Trockenlegung der einzelnen Häupter meistens vorzuziehen.

Die Dammfalze werden nun je nach der Weite der Schleusen und der Höhe des während der Abdämmung zu erwartenden Wasserdrucks einfach oder doppelt gemacht. Im ersteren Falle müssen die in den Falz gesenkten Dammbalken im wesentlichen allein die nötige Dichtung und Stärke abgeben, während im zweiten Falle die zwischen den zwei Balkenwänden eingestampfte fette Erde u. s. w. nicht allein die Dichtung, sondern

auch die Festigkeit der Abdämmung befördert. Wenn die Schleuse weiter als etwa 12 m ist und die Abdämmung einen höheren Druck als etwa 2 m zu ertragen hat, sollten die Dammfalze doppelt sein, weil es sonst zu schwierig ist, die nötige Dichtigkeit zu erreichen. Man kann zwar von der Außenseite durch vorgeschüttete Erde die Dichtung der einfachen Balken vermehren, doch wird bei der dann eintretenden starken Durchbiegung eine Dichtung immer mangelhaft bleiben. — Eine in Holland mitunter vorkommende, raumersparende Anordnung doppelter Dammfalze zeigt Abb. 20, Taf. IV der 3. Aufl.

In hohem Mafse kann man jedoch eine einfache Abdämmung durch Anbringung einiger Sprengwerke verstärken, welche wagerecht liegend sich gegen die inneren Mauertheile stemmen. Um ihre Wirkung auf alle Dammbalken zu verteilen, sind zwischen diese und die Sprengwerke senkrechte Ständer zu stellen. Bei hohem Wasserdrucke, z. B. wenn während einer Abdämmung eine Sturmflut eintritt, wird es aber auch für doppelte Dammbalken notwendig, eine Verstärkung anzubringen. Dies geschieht für einfache und für doppelte Dammbalken dadurch am leichtesten, daß man in der Mitte der Schleusenweite oder etwa gar an mehreren Punkten einen senkrechten Ständer mit einer nach innen gerichteten Strebe anbringt. Es müssen jedoch für diese die entsprechenden Schuhe aus Quaderstücken oder von Gufseisen u. s. w. im Boden vorhanden sein (s. Abb. 15, Taf. III).

Bei kleinen Kanalschleusen sind diese Verstärkungen nicht notwendig; hier genügen meistens Balken von etwa 20 bis 25 cm Dicke. Für mittlere Seeschleusen reichen unter Anwendung jener Verstärkungen meistens Balken von 30 cm Dicke aus. Die Tiefe der Falze muß mindestens gleich der Dicke der Balken sein. Dabei müssen die Kanten der Falze sorgfältig abgerundet sein, weil sonst auch bei dem besten Stein ein Abspringen erfolgen würde. Endlich muß als Regel gelten, die Dammfalze nur in gutem Werkstein herzustellen und darauf zu sehen, daß die Steine infolge der Falze nicht brechen. Eine in den übereinanderliegenden Schichten bald an der einen, bald an der anderen Seite des Falzes liegende Stofsfuge läßt unter Umständen mit Vorteil vermeiden, daß die Quader in ihrer Länge einen vollen Falz erhalten.

Bei den neuesten großen Seeschleusen werden Dammbalken mit senkrechten Ständern, wie sie oben beschrieben sind, überhaupt nicht mehr zur Trockenlegung der Schleuse ausreichen. Man wird hier vielmehr eiserne Pontons vorsehen oder ganz auf eine Trockenlegung verzichten und Ausbesserungen durch Taucher oder mit Hilfe von Taucherglocken vornehmen müssen.

Sehr zweckmäfsig ist daher bei diesen Schleusen größter Art die Verwendung von Schiebetoren, die auch als Schwimmpontons vor die Häupter gelegt werden können, wenn die ganze Schleuse trockengelegt werden soll, oder deren unterer Teil als Taucherglocke ausgebildet ist (vergl. § 21), so daß man mit Hilfe derselben auch einzelne Stellen des Schleusenbodens nachsehen kann.

Neuerdings hat man anstatt der Dammbalkenverschlüsse mehrfach mit Vorteil Nadelwehre als Notverschluss angewendet. Soviel bekannt geschah dies zuerst bei dem Notverschlusse der Sperrschleuse am Haneken im Dortmund-Ems-Kanale (Abb. 85), wo es sich darum handelte, die 10 m weite Öffnung gegen die Ems abzuschließen.

Der Verschluss, der zugleich als Sicherheitstor für die unterhalb anschließende lange Kanalstrecke zu dienen hat, soll einestheils bei entleerter unterer Haltung Schutz gegen das höchste Hochwasser der Ems bieten, andernteils für die Speisung der Haltung als Freiarche dienen. Die Nadeln stützen sich gegen einen eisernen Schwimmträger,

der so tief gelegt ist, daß die beiden größten, entgegengesetzt gerichteten Biegemomente in den Nadeln nahezu gleich groß ausfallen.

Da hölzerne Nadeln mit dem zum Versenken erforderlichen Eisenballast zu unhandlich geworden wären, hat man runde Eisenrohre von 102 mm äußerem Durchmesser und 2 mm Wandstärke verwendet. Bei kleineren Wehren wird man natürlich hölzerne Nadeln verwenden. Näheres über die Anlage teilt Lieckfeldt in dem Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 302 mit.

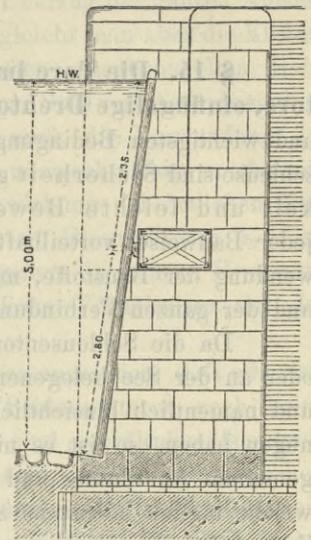
Bei Schleusen mit Umläufen ist es notwendig, auch die Schütze oder Ventile in denselben nachsehen zu können. Wo daher — was immer vorzuziehen ist — diese nicht so eingerichtet sind, daß alle irgendwie leichter zu beschädigenden Teile herausgenommen und nachgesehen werden können, müssen auch in den Umläufen vor und hinter den Verschlüssen Dammfalze zum Abdämmen und Trockenlegen dieser Teile vorgesehen werden.

Treppen sind an allen solchen Stellen der Schleusen nötig, wo die Wände von einer größeren Höhe auf eine geringere heruntergehen, denn es ist durchaus notwendig, daß nicht allein die Bedienungsmannschaft der Schleuse, sondern auch die Schiffsmannschaften oder das an der Schleuse verkehrende Publikum ohne Gefahr jederzeit an den beiden Ufern entlang gehen kann. Die namentlich bei großen Schleusen den Schiffen mit größter Geschwindigkeit zu gewährenden Hilfeleistungen machen besonders bequeme und breite Treppen nötig. Da übrigens steinerne Seitenwände ohnehin stets mit guten Deckplatten abgedeckt werden müssen, so verursacht die Herstellung von Steintreppen wenig besondere Kosten, indem einfach statt der schrägliegenden Deckplatten Stufen angebracht werden. Abb. 1, 2 u. 5, Taf. I; Abb. 2 u. 4, Taf. II; Abb. 2, Taf. III; Abb. 13, Taf. VIII und Abb. 1 bis 5, Taf. IX geben verschiedene Beispiele hierzu. Ist der Treppenlauf gerade und in der Flucht der Hauptmauer, so erscheinen Wangen unnötig, im anderen Falle jedoch erwünscht. Dagegen ist es, wie an der ganzen Schleuse, Regel, keine Geländer anzubringen, weil hierdurch der Dienst zu sehr erschwert werden würde.

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

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

Abb. 85.



### C. Die Tore.

(143 Textabbildungen.)

**§ 15. Die Tore im allgemeinen, verschiedene Arten: Stemmtore, Fächertore, einflügelige Drehtore, Klapptore, Schiebetore, Pontons.** Die eigentümlichen und wichtigsten Bedingungen für die Verschlussvorrichtungen oder die Tore einer Schiffschleuse sind Sicherheit gegen den stärksten Wasserdruck, genügende Dichtigkeit und leichte Beweglichkeit. Dafs außerdem die allgemeinen Bedingungen jeder Bauweise, vorteilhafte Beanspruchung der verschiedenen Teile oder sparsame Verwendung der Baustoffe, möglichst grofse und gleichmäfsige Dauer der einzelnen Teile und der ganzen Verbindung, erfüllt sein müssen, dürfte wohl als selbstverständlich gelten.

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

Einen nicht geringeren Einflufs hat sodann die Höhe und die Beständigkeit des Wasserdrucks. Es gibt Schleusen, die nur einen nach Zentimetern zu messenden Spiegelunterschied zu halten oder eine der Schifffahrt kaum hinderliche Strömung abzuschneiden haben. In solchen Fällen genügt nicht allein eine sehr einfache Anordnung des Verschlusses, sondern auch die leichteste Bauweise. Dahingegen sind bei starkem Flutwechsel manche Seeschleusen, sowohl Schutzschleusen als Dockschleusen, einem Wasserdruck von 6 m ausgesetzt. Von der Festigkeit ihrer Tore hängt in dem einen Falle die Sicherheit einer reichen Stadt oder Landschaft, in dem anderen die einer Flotte beladener Schiffe ab. Es ist alsdann neben einer genügend leichten Beweglichkeit die Festigkeit der Tore auf das höchste Mafs zu bringen.

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

Endlich wird der zu wählende Baustoff in geringem Mafse von den örtlichen Preisen, in höherem aber von seinen Eigenschaften und seiner Dauer in dem betreffenden Wasser abhängen, wie dieses namentlich für das vom Bohrwurm heimgesuchte Seewasser von Bedeutung ist. Seit der neueren Ausbildung des Eisenbaues mufs es geradezu als ein Fehler gelten, wenn man noch die Tore grofser Seehafenschleusen aus Holz herstellt. Die Schwierigkeit, mit der sich zahlreiche Hölzer zu einem den verschiedenen Angriffen widerstehenden grofsen Schleusentore zusammensetzen lassen, bedingt einestheils eine unnütze Anhäufung von Holz und daneben übermäfsige Beanspruchung anderer Teile. Man kann unbedingt behaupten, dafs je gröfser das Tor ist, desto weniger der Holzbau noch geeignet bleibt, während umgekehrt bei kleinen Toren das Holz wohl stets in erster Linie Beachtung verdient. Um so weniger werden grofse Holztore dann aber angebracht sein, wenn sie auch der Gefahr ausgesetzt sind, vom Seewurm angegriffen

zu werden. Man kann allerdings durch kostspielige Mittel einen zwar notdürftigen, aber nicht völlig sicheren Schutz gewähren, namentlich durch den Überzug der ganzen Außenfläche des Holzes mit eisernen, sehr breitköpfigen Nägeln. Vergleicht man aber die Kosten, die Dauer, das Gewicht und die Schwerfälligkeit eines großen eisenbenagelten Holztores und eines gleich großen, aus dünnen Eisenblechen ohne Stoffverschwendung hergestellten, schwimmenden und leicht beweglichen Tores, so muß die Verwendung des Holzes in solchem Falle als fast nach allen Richtungen hin unzweckmäßig erscheinen. Es kommen aber begreiflicher Weise Fälle vor, wo unter Einwirkung der örtlichen Verhältnisse, als Preise der Baustoffe, Entfernung von geeigneten Eisenfabriken u. s. w. der Holzbau ausnahmsweise den Vorzug verdient oder wenigstens in nähere Erwägung zu ziehen ist, während an anderen Orten für gleiche bauliche Verhältnisse nur das Eisen in Frage kommen dürfte.

Es ist nun allerdings als ein Mangel unserer Kenntnisse anzusehen, daß wir über die Dauer des Eisens, insbesondere des Eisenbleches, bei Schleusentoren noch keine ausreichende Erfahrung besitzen. Die schmiedeisernen Tore sind verhältnismäßig noch so jung, daß kaum die ältesten von ihnen völlig abgenutzt sind. Es kann aber schon jetzt als zweifellos gelten, daß bei guter Ausführung, Wartung und Unterhaltung ein schmiedeisernes Tor, dessen dünnste Bleche etwa 6 mm sind, mindestens 30 Jahre, wahrscheinlich aber viel länger, vielleicht 60 Jahre hält. Es haben z. B. die stets unter salzigem Wasser liegenden Bleche der seit dem Jahre 1848 bestehenden alten Bremerhavener Dockschleuse bei einer im Jahre 1893 vorgenommenen Untersuchung an der stark geteernten Außenseite gar keine, im Innern der Tore eine nur geringe Verminderung ihrer Stärke gezeigt. Eine Dauer von 60 Jahren ist aber im Vergleich zur Dauer des Holzes so bedeutend, daß selbst mehr als die doppelten Herstellungskosten das eiserne Tor noch vorteilhafter erscheinen lassen. Denn einem aus gutem Eichenholz hergestellten Holztor kann im Durchschnitt nicht viel mehr als eine 15 jährige Dauer zugesprochen werden, wobei die jährlichen Unterhaltungskosten im Durchschnitt etwa 2 v. H. der Baukosten betragen. Gute Unterhaltung durch regelmäßigen Teeranstrich ist aber bei eisernen Toren unbedingtes Erfordernis, da sonst in schlickhaltigem Wasser die Zerstörung sehr schnell fortschreitet.

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

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

Die Stemmtore haben vor den übrigen Torarten den Vorzug, daß sie die freie Länge auf nur wenig mehr als die Hälfte einschränken und infolgedessen einen geringeren Stoffverbrauch erfordern und auch leichter zu bewegen sind, als manche der einflügeligen Tore. Dagegen haben sie den Nachteil, daß ihre statische Beanspruchung, sobald sie nicht nur stemmen, sondern auch am Dremmel anliegen, eine sehr unklare wird (vergl. § 16 u. 17), daß sie bei unruhigem Wasser durch Zusammenschlagen beider Flügel leicht beschädigt werden (vergl. den Schlufs dieses Paragraphen), und daß sie,

wenn sie ihrer Gröfse wegen durch Maschinen bewegt werden müssen, die doppelte Anzahl von maschinellen Einrichtungen erfordern. Da aber Betriebsstörungen hauptsächlich durch Verletzung dieser Teile, sowie der Zapfen und Halsbänder eintreten, sind Stemmtore mit Maschinenbetrieb Betriebsstörungen doppelt so leicht ausgesetzt als einflügelige Tore. Ferner macht der Ersatz alter Stemmtore durch neue weit mehr Schwierigkeiten, als bei den aus einem Stück bestehenden Toren, weil das Einpassen der Stemmtore viel gröfsere Genauigkeit erfordert und ohne Trockenlegung des Schleusenhauptes nur sehr mangelhaft ausfallen mufs. Auch ist die Anordnung des Drempels bei den Stemmtoren viel umständlicher als bei jenen anderen. Endlich sind die Stemmtore viel empfindlicher gegen geringe Bewegungen der Mauern und werden dadurch leicht in ihrem Bestande gefährdet, während bei Schiebetoren und Pontons selbst ein starkes Neigen der Mauern weder die Festigkeit noch die Dichtigkeit beeinträchtigt und auch Klapptore und einflügelige Drehtore nur dann dadurch Schaden nehmen können, wenn man ihnen zu wenig Spielraum gegeben hat. Dieses sind die Gründe, deretwegen man in neuerer Zeit nicht selten von den Stemmtoren absieht.

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

Das Stemmtor eignet sich nach dem Obigen und nach den eingehenden Untersuchungen der folgenden Paragraphen besonders für alle mittleren und kleineren Schleusen, bei denen die Verschlüsse aus Holz hergestellt werden sollen, welche mit jedem Haupte nur nach einer Richtung zu kehren haben, und bei denen Bewegungen der Wände nicht zu fürchten sind. In Eisen ausgeführt eignet es sich aber bei diesen Verhältnissen auch noch für grofse Weiten, wenn nur den Eigentümlichkeiten dieses Stoffes gehörig Rechnung getragen wird (vergl. § 16 u. 17). Das Stemmtor ist namentlich dann geeignet, wenn wegen beschränkten Betriebes die Bewegung der Tore von Hand geschehen kann, so dafs die kostspieligen zahlreichen Bewegungsvorrichtungen fortfallen.

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

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

Das einflügelige, um eine senkrechte Achse drehbare Tor fand früher nur bei kleinen Kanalschleusen von 4 bis 5 m Weite und etwa 2 m Wasserdruck namentlich in England Verwendung, ist aber neuerdings außer bei großen Dockschleusen in der Form von Drehpontons auch bei großen Kanalschleusen bis zu 16 m Weite in Frankreich angewandt (vergl. § 21). Dies verdankt es ausschließlich den oben allgemein als Vorzüge aller Tore mit nur einem Flügel den Stemmtoren gegenüber nachgewiesenen Eigenschaften, trotzdem es auch eine Eigenschaft besitzt, durch welche es sowohl den Stemmtoren als auch einigen anderen einteiligen Toren gegenüber im Nachteile ist. Es ist dies die größere freie Länge, welche nicht nur den oben erwähnten größeren Stoffaufwand bedingt, sondern auch, falls das Tor nach der Schleusenammer hin aufschlägt (als Untertor), deren nutzbare Länge beeinträchtigt; ferner bedingt es durch diese Vergrößerung der Kammer einen größeren Wasserverbrauch.

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

Von den sogenannten Klapptoren (Tore mit wagerechter Drehachse) ist bisher nur in geringem Maße Gebrauch gemacht, jedoch beginnt man in neuerer Zeit ihnen mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ihre Anwendung beschränkt sich zweckmäßigerweise auf die Oberhäupter der Schleusen von mäßiger Weite, welche nur nach einer Seite kehren und möglichst gleichbleibenden Wasserdruck haben. Für die Unterhäupter eignen sie sich deswegen weniger, weil sie, nach der Kammer zu aufschlagend, wie die einflügeligen Drehtore, die nutzbare Länge derselben beeinträchtigen. Bei großen Schleusenweiten würden sie auch, um genügend widerstandsfähig zu werden, eine bedeutende Stärke erlangen. Dies bedingt aber eine entsprechend tiefe Höhlung in der Sohle, in der das geöffnete Tor Platz findet; das ist ohne tiefere Fundierung nur im Oberhaupte bequem herzustellen. Stark wechselnde Wasserstände aber werden dadurch unbequem, dass die Klappen für gewöhnliche Stände aus dem Wasser hervorragen und dadurch schwerer beweglich werden; diesen Übelstand könnte man zwar beseitigen, aber nur auf Kosten einfacher Gestaltung.

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

Die Vorzüge des Schiebetores sind:

1. Seine klare Beanspruchungsweise, die es mit den anderen einflügeligen Toren teilt;
2. seine Fähigkeit, nach beiden Seiten kehren zu können;
3. die günstige Ausnutzung der Kammerlänge, die es bietet;
4. die bequeme Verbindung über die Schleuse für Fuhrwerk und selbst für Eisenbahnen, welche es ermöglicht;

5. die große Betriebssicherheit, die es namentlich in der Form als Gleitponton bietet, indem keine beweglichen, leicht zerstörbaren Teile unter Wasser liegen;
6. die Eigenschaft, daß man es auch bei durchgehender Strömung schliessen, sowie öffnen kann, bevor die vollkommene Ausspiegelung erfolgte<sup>51)</sup>, endlich
7. seine Unempfindlichkeit gegen etwaige Kippbewegungen der Schleusenwände bei schlechtem Baugrunde, da solche weder die Dichtigkeit des Tores beeinträchtigen, noch Beschädigungen desselben herbeiführen können.

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

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

Die sämtlichen Tore beider Schleusenanlagen einschließlicj je eines Reservetores von jeder Sorte enthalten rd. 4966 t Eisen und Stahl und kosten mit den Ausrüstungsgegenständen und dem Holzwerk rd. 1985000 M. Anstatt der 5 Fluttore, 5 Ebbetore und 5 Sperrtore für jede Schleusenanlage, zu welchen insgesamt 30 Torflügel gehören, wären nur 4 Schiebetore für den regelmäßigen Betrieb und ein Reservetor nötig gewesen. Für Brunsbüttel und Holtenu zusammen also 10. Die Kosten dieser 10 Tore würden, nach den beim Kaiser Wilhelm-Kanale gezahlten Preisen veranschlagt, für rd. 3000 t Eisen und Stahl, 11 t Bronze und das erforderliche Holzwerk höchstens 1100000 M. betragen haben, so daß an den Toren allein 885000 M. gespart wären. Die Ersparnis an den Bewegungsvorrichtungen aber, die für beide Anlagen einschließlicj der Umlaufschützen und Spills jetzt etwa 2660000 M. kosten, würde fast doppelt so groß als obige Summe gewesen sein, so daß sich die gesamte Minderausgabe auf mindestens 2 bis 2¼ Millionen Mark berechnet. Der Hauptgewinn aber würde in der Vereinfachung und der damit verbundenen Erhöhung der Betriebssicherheit der Schleusen gelegen haben. Denn anstatt der jetzt in jeder Anlage vorhandenen 24 einzelnen Bewegungsvorrichtungen würde man dann nur 4, und zwar viel einfachere, ganz über Wasser liegende erhalten haben, die Wahrscheinlichkeit einer Betriebsstörung wäre also sechsmal geringer gewesen. Außerdem hätten die beiden Tore jeder Schleuse in Bezug auf die Sicherheit des Schlusses bei durchgehender Strömung einander als Reserve gedient, während gegenwärtig, falls eins der betreffenden Sperrtore versagt, sofort auch das Schliessen der zugehörigen Flut- oder Ebbetore gefährlich, wenn nicht unmöglich wird (vergl. auch den Schluss des § 21).

Für die Endschleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals und ganz besonders für diejenigen in Brunsbüttel, bei denen des schlechten Baugrundes wegen eine nachträgliche Bewegung der Wände nicht ausgeschlossen war, hätten daher Schiebetore nach Ansicht des Verfassers erhebliche Vorteile gehabt.<sup>52)</sup>

Schließlicj sind die freischwimmenden Pontons (Torschiffe) zu nennen, deren Anwendung namentlich bei hohen Wasserdrücken vorteilhaft ist. Bei Trockendocks werden sie häufig verwendet, als Verschlüsse von Schiffsschleusen sind sie erst in ver-

<sup>51)</sup> Nach einer Mitteilung von Barkhausen in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 436 hat sich ein Schiebetor von Kinipple bereits seit nahezu 20 Jahren vorzüglich bewährt und hat die Bewegung desselben nicht nur beim heftigsten Seegange, sondern sogar bei einem einseitigen Überdrucke von 1,83 m keinerlei Schwierigkeiten gemacht. Beim Öffnen unter einseitigem Überdrucke hat man bei Schiebetoren eben nur die Reibung, die nötigenfalls in rollende verwandelt werden kann, zu überwinden, bei Stemmtoren aber den Wasserdruck selbst. Schiebetore gestatten also eine wesentliche Abkürzung der für die Ausspiegelung erforderlichen Zeit.

<sup>52)</sup> Die große Kammerschleuse für Bremerhaven erhielt im Binnenhaupt ein Schiebetor, für das Außenhaupt hat man aber Stemmtoren den Vorzug gegeben. Vergl. Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 73 und Hannov. Zeitschr. 1900, S. 684. Die großen neuen, vom Verfasser entworfenen Schleusen in Wilhelmshaven, welche demnächst gebaut werden sollen, erhalten in beiden Häuptern Schiebetore.

einzelten Fällen, z. B. bei dem inneren Verschluss der neuen Hafeneinfahrt zu Wilhelms-haven und bei der Einfahrt des Duisburger Hafens angewandt; bei lebhaftem Verkehr erfordert das Ein- und Ausbringen zu viel Zeit (man vergl. übrigens § 21).

Nach der vorstehenden Übersicht über die verschiedenen Torarten ist es am Platze, die Form und die allgemeinen konstruktiven Verhältnisse der zweiflügeligen Stemmtore, als der am häufigsten vorkommenden, etwas näher zu erörtern, während die theoretische Untersuchung dieser Tore im § 16 und die eingehende Beschreibung der Bauweise in den §§ 18 u. 19 erfolgt.

Die zylindrische Form würde ohne Zweifel in theoretischer Hinsicht für die zweiflügeligen Tore die vollkommenste sein, weil die aus dem Wasserdruck hervorgehenden Kräfte alsdann sämtlich nur auf das Zusammendrücken der zylindrischen Fläche wirksam, dabei genau zu berechnen sind und demgemäß auch auf die vollständigste und einfachste Weise von den einzelnen Bauteilen aufgenommen werden. Nichtsdestoweniger muß aus konstruktiven Gründen für fast alle hölzernen Tore von dieser Form abgesehen und die geradlinige Form in Anwendung gebracht werden. Denn es kann nicht erwartet werden, für größere Torflügel der beabsichtigten Form entsprechende, krummgewachsene Hölzer in genügender Zahl zu erhalten. Das sogenannte „Über den Span schneiden“ würde aber ganz unzuverlässige Hölzer geben und das etwa in feuchtem Zustande erfolgende Krümmen der Hölzer muß für diesen Zweck als unzulässig gelten, weil die dabei eintretende Dehnung und Stauchung der Fasern die Stärke gegen Druck in der Längenrichtung zu sehr beeinträchtigen würde. Es darf die Zulässigkeit und Notwendigkeit des Biegens der Schiffsplanken nicht entfernt auf die etwaige Biegung der hauptsächlichsten Torhölzer übertragen werden, weil die ersteren Hölzer im wesentlichen nur eine wasserdichte Bekleidung abgeben sollen, aber nicht annähernd in ihrer Längenrichtung so wie die letzteren beansprucht werden. Die mehrfach bei älteren hölzernen Schleusentoren angewandte Zusammensetzung der in ihrer Längenrichtung gedrückten Hölzer aus verschiedenen einzelnen Stücken, um dadurch eine gekrümmte Form herzustellen, muß aber mit Rücksicht auf die verschiedenartigen kleinen Bewegungen der einzelnen Hölzer bei dem Öffnen und Schließen der Tore, bei ihrem Freihängen und dem Stemmen gegen den vollen Wasserdruck u. s. w. als durchaus fehlerhaft bezeichnet werden, weil sich die einmal eingetretenen kleinsten Verschiebungen mit jedesmaligem Wechsel der Lage wiederholen und vergrößern werden.

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

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

Bei den größeren eisernen Toren dagegen wird die gekrümmte oder eine aus gebrochenen Linien gebildete Form, wenigstens an der Außenseite, nicht nur keine Schwierigkeiten bieten, sondern auch wesentliche Vorteile in der Stoffverwendung gewähren. Es sei dabei daran erinnert, daß die Notwendigkeit einer über das gewöhnliche und leicht zu verarbeitende Maß der Bleche hinausgehenden Stärke dahin führt, die großen Tore wenigstens in ihrem unteren Teile aus zwei Blechwänden herzu-

stellen und den eingeschlossenen Luftraum als Mittel zu benutzen, die Tore im Wasser schwimmen zu lassen. Es ist ohne weiteres klar, dafs man dadurch die Befestigungsvorrichtungen vereinfacht und die Beweglichkeit der Tore bei gleichem Kraftaufwande erheblich vergrößert.

Wie die Verhältnisse der geradlinigen und gekrümmten Tore in ihrem wagerechten Schnitte am zweckmäfsigsten zu wählen sind, möge im § 16 erörtert werden.

Die Benennung der einzelnen Teile eines Torflügels ist bei den eisernen Toren fast gänzlich von den älteren hölzernen Toren übernommen worden; es fehlen allerdings meistens gewisse Stücke der Holztore den eisernen Toren, so wie umgekehrt einzelne Teile, z. B. Dichtungleisten, nur bei den letzteren vorkommen.

Das wichtigste Stück ist die Wendesäule oder derjenige Teil, der die senkrechte Drehaxe des Tores enthält und an dem alle anderen Teile des Tores sich hängend oder stützend ansetzen. Sie lehnt sich gegen einen entsprechend gebildeten Teil der Seitenmauer, die Wendensche, und ist wegen der Drehung des Tores um nahezu einen rechten Winkel auf ihrer der Mauer zugekehrten Seite in der Regel halbzylindrisch abgerundet. Es mag schon hier kurz erwähnt werden, dafs man diesen Rücken der Wendesäule auch wohl durch einzelne kurze Stückchen eines Zylinders ersetzt und den Hauptteil der Wendesäule, der das ganze übrige Tor trägt, nur als prismatischen Körper herstellt. Die Wendesäule trägt stets oben den sogenannten Halszapfen oder den Hals und unten eine abwärts gekehrte Spurpfanne, durch deren übereinanderliegende Mittelpunkte die genau senkrechte Drehaxe des Torflügels geht. Auf die Lage dieser Axe zu der Rundung der Wendesäule wird weiter unten zurückgekommen.

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

Die Riegel, welche bei doppelhäutigen Toren verdeckt und namentlich bei eisernen Schwimmtoren in ihrer Bedeutung etwas verringert werden, haben bei den meisten übrigen Toren die Aufgabe, den durch das gegenseitige Stemmen in der Torfläche entstehenden Horizontaldruck aufzunehmen, die Bekleidung zu festigen und auch, wenigstens bei allen geraden Toren, den von der Bekleidung auf sie kommenden Wasserdruck unschädlich zu machen. Sie sind deshalb zwischen Wendesäule und Schlagsäule wagerecht eingespannt und geben mit der Bekleidung zusammen das Mafs für die Dicke des Tores, nicht aber auch für die Tiefe der Tornische. Da Ober- und Untertrahmstücke auch gewissermafen als Riegel gelten können, so werden die übrigen wohl die Zwischenriegel genannt.

Bei eisernen Toren von mäfsiger Höhe und bedeutender Länge hat man in neuerer Zeit angefangen, den Stemmdruck nur oben durch einen sehr starken Riegel zu übertragen, während die Aussteifung der Haut im übrigen durch Ständer geschieht, welche oben an dem Riegel und unten am Dempel ihre Stütze finden. Diese Stem-

tore mögen im Gegensatze zu den mit einer größeren Anzahl sich stemmender Riegel versehenen und als Riegel-Stemmtore zu bezeichnenden, Ständer- oder Pfosten-Stemmtore benannt werden (vergl. Taf. IX, Abb. 8 bis 16).

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

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

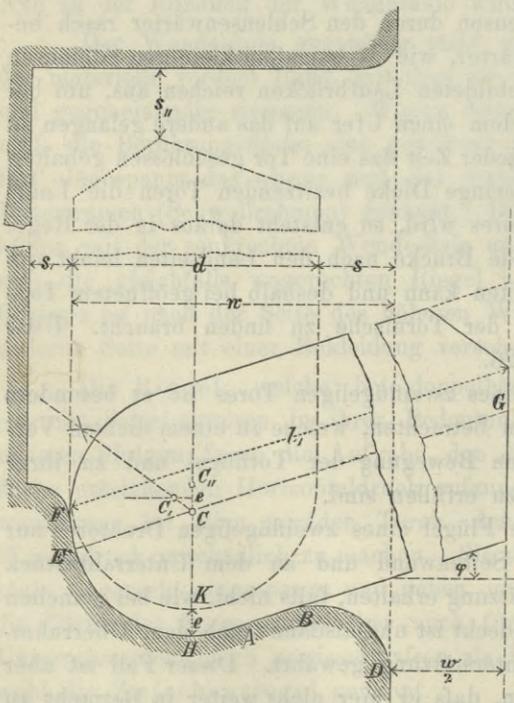
Endlich sei noch die Laufbrücke erwähnt, welche zur Hälfte auf jedem Torflügel liegt und daher nur bei einem geschlossenen Tore benutzt werden kann. Ihre Anordnung hängt durchaus von der des Tores ab, ihr Zweck ist aber bei allen Schleusen der nämliche, die Herstellung eines Fußwegs über die Schleuse. Dies ist notwendig, damit die in Kanälen liegenden Kammerschleusen durch den Schleusenwärter rasch bedient werden können, namentlich wenn der Wärter, wie es bei allen kleineren Schleusen der Fall ist, keinen Gehilfen hat. Die so gebildeten Laufbrücken reichen aus, um bei jedem Stande des Durchschleusens rasch von dem einen Ufer auf das andere gelangen zu können, weil in diesen Kammerschleusen zu jeder Zeit das eine Tor geschlossen gehalten wird. Wenn bei kleineren und daher nur geringe Dicke besitzenden Toren die Laufbrücke erheblich breiter als die Dicke des Tores wird, so entsteht daraus in der Regel keine Schwierigkeit, weil die hoch zu legende Brücke nach den Landseiten leicht um ein kleines Maß über die Seitenwände vortreten kann und deshalb bei geöffnetem Tore nicht auch wie der Torflügel selbst Platz in der Tornische zu finden braucht. Über selbständige Brücken neben den Toren s. § 26.

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

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

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

Abb. 86.



bändern u. s. w. die gleiche Dicke zu geben, genau um diese Dicke die Tiefe der ganzen Tornische über das für den eigentlichen Torflügel erforderliche Maß zu vergrößern und nur für alle nicht innerhalb jener Dicke zu haltenden Vorsprünge, wie Schützen, Schützstangen u. s. w. besondere kleinere Nischen auszubilden. Es wird dann der Torflügel bei etwaigem Stofs sich an vielen Punkten gegen die Wand stützen und am wenigsten zu leiden haben. Bei großen Toren bringt man auch, um ein gleichmäßiges Anlehnen des offenen Flügels gegen die Nischenwand leichter zu erzielen, in verschiedenen Höhenlagen geeignete Futterleisten von Holz an (Abb. 17, Taf. VIII; Abb. 10 u. 14, Taf. IX).

Nummehr ist bei bekannter Weite der Schleuse und bei gegebenem Vorsprünge des Dremfels über seine Grundlinie die Breite des Torflügels genau zu

bestimmen. Er muß nach Abb. 86 zunächst in geöffneter Lage gezeichnet werden; aus seiner Dicke  $d$ , der Größe des vorderen Spielraums  $s$  und dem Winkel  $\varphi$ , wobei  $\tan \varphi$  gleich dem Verhältnis des Dremfelvorsprungs zur halben Schleusenweite ist, ergibt sich dann durch Rechnung oder Zeichnung sofort die größte Breite des Torflügels  $l$ ,

von dem äußersten Stützpunkt  $F$  bis zu dem in derselben Parallelen liegenden Schnittpunkt mit der Mittellinie des Schleusenhauptes als

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

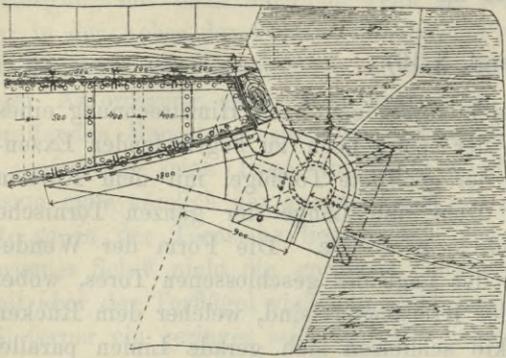
Aus der Breite des Torflügels ergibt sich ferner erst nach Hinzurechnung eines Spielraums  $s$ , von etwa 15 bis 20 cm, sowie der später noch zu begründenden Exzentrizität  $e$ , d. h. des Mafses, um welches sich der geöffnete Torflügel mit dem Rücken der Wendensäule aus der Wendenische frei dreht, die Länge der ganzen Tornische also zu  $s$ , +  $l$ , +  $e$ . Ihre Tiefe ist gleich  $s$ , +  $d$  +  $s$ . Die Form der Wendenische im Grundrisse ergibt sich endlich aus der Lage des geschlossenen Tores, wobei die Punkte  $A$  und  $F$  die Tangentenpunkte des Kreisbogens sind, welcher dem Rücken der Wendensäule entspricht. An diese Punkte schliessen sich gerade Linien parallel zur Schleusenachse bzw. zur Schlagschwelle an. Oft wird jedoch bei  $F$  eine dem Bogen  $AEF$  sich anschließende, aber entgegengesetzte kleine Abrundung und stets bei  $B$  eine stärkere von etwa 5 bis 10 cm Halbmesser je nach der Gröfse der Schleuse gegeben. Der erstere Bogen ist ziemlich unwesentlich, der letztere dagegen sehr wichtig, damit nicht bei raschem Schlufs der Torflügel ein heftiger Stofs auf die spitzwinkelige Ecke komme, welcher selbst bei harten Quadern leicht ein Abspringen zur Folge haben würde.

Für gekrümmte Schleusentore würden sich leicht mit kleinen Änderungen der vorstehenden Abbildung die erforderlichen wagerechten Abmessungen in ähnlicher Weise ermitteln lassen.

Es erübrigt indessen noch, die vorhin erwähnte, nach erfolgter Öffnung des Tores eintretende Exzentrizität des Torrückens gegen die Rundung der Wendenische zu besprechen. Diese Exzentrizität wird angewandt, um bei dem Öffnen und Schliessen der Tore möglichst wenig Reibung und Abnutzung der Wendensäule und Wendenische zu erhalten. Man legt dazu die Drehachse  $C$ , des Torflügels ebenfalls nach Abb. 86 exzentrisch zu der Mittellinie oder Achse  $C$  der Wendenische, alsdann wird sich beim ersten Beginn des Öffnens sofort der Rücken der Wendensäule von der Wendenische entfernen. Die Lage der Drehachse des Torflügels wird gefunden, wenn die vorläufig angenommene Exzentrizität der Mittelpunkte der Wendenische und der Wendensäule des geöffneten Torflügels  $e$  in der Richtung der Mittellinie des geöffneten Flügels von  $C$  nach  $C$ , aufgetragen und halbiert wird, wenn ferner auf dem Halbierungspunkt eine Senkrechte gegen jene Mittellinie gezogen und endlich aus dem Mittelpunkte der Wendenische  $C$  eine Halbierungslinie durch den Winkel  $ECC$ ,, gezogen wird. Wo diese Linie jene Senkrechte schneidet, liegt die Drehaxe für den Torflügel. Denn der Winkel  $CC, C$ ,, ist gleich dem Drehungswinkel des Tores oder gleich  $GCC$ ,, und es wird sich also durch die Drehung der Punkt  $C$  nach  $C$ ,, begeben oder der Rücken der Wendensäule von  $E$  nach  $K$ . Es wird sich also auch kein Punkt der Wendensäule in der Wendenische reiben können. Es genügt, wenn man die Exzentrizität  $e$  gleich 2 cm nimmt. Würde man sie gröfser nehmen, so wäre die Anbringung der Zapfen unbequem und auferdem würde um so leichter ein schwimmender Körper bei geöffnetem Tore in die Wendenische treiben und das Schliessen nicht allein erschweren, sondern auch für die Verankerung des Halszapfens gefährlich werden.

Es sei hier eine Ausführung erwähnt, bei der die Drehachse des Tores 0,88 m von der Anschlagfläche des Drepfels entfernt liegt. Hierdurch bekommen die Tore anstatt einer Wendensäule eine Anschlagssäule gegen die Mauer, wodurch eine gröfsere

Abb. 86 a.



Dichtigkeit erzielt wird. Die Bewegung des Tores wird auf diese Weise von jeder Reibung an der Mauer befreit und dadurch wird auch leichter die Abnutzung des Tores an der Mauer vermieden. Abb. 86 a zeigt diese Anordnung im Grundriss. Weiteres siehe in der Quelle: Bericht von P. Laurell für den IX. Schiffahrtskongress zu Abteilung I, Frage 1.

Bei eisernen Toren lassen sich im übrigen Anordnungen treffen, welche die Exzentrizität entbehrlich machen (vergl. § 17, S. 153).

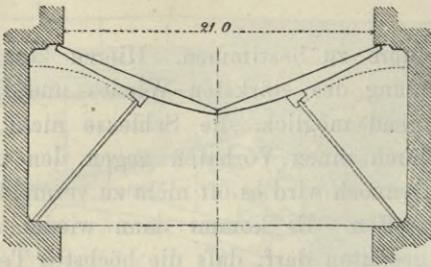
Die Höhe der zweiflügeligen Tore bestimmt sich sehr viel einfacher. Nach §§ 8 u. 9 (bei Beschreibung des Drempels) ist die nötige Höhe des sogenannten Toranschlages je nach der Gröfse des Tores und des Wasserdrucks zwischen 10 und 20 cm bestimmt. Diese Höhe genügt, um den auf die Unterkante des Torflügels kommenden Druck in einer für das Tor wie für den Drempel unschädlichen Weise auf den letzteren zu übertragen. Wie hoch die Tore nach oben hin zu reichen haben, muß sich aus dem Zweck der Schleuse und der Belegenheit ergeben. Bei Kanalschleusen, wo in der oberen Haltung meistens nur ein Wasserstand von bestimmter Höhe vorkommen darf, würde eben dieser Spiegel die gröfste Höhe der Tore bestimmen. In einzelnen Fällen, wie z. B. in dem Papenburger Kanal (s. Taf. II, Abb. 20 bis 23), sind die Tore absichtlich so niedrig gehalten, dafs selbst bei einer nur geringen Anschwellung der oberen Haltungen sofort ein Überlauf über die Tore erfolgt, der wenigstens eine merklich höhere Anschwellung verhindert und auferdem dem Wärter sofort anzeigt, dafs auch die Torschützen zur Erleichterung des Abflusses zu ziehen sind. Aus einer unnötigen Höhe der Tore kann dagegen für eine obere Haltung, die zeitweilig starken Zuflufs besitzt, leicht eine schädliche Anschwellung entstehen. Bei Flufschleusen wird sich die Höhe der Tore danach richten, ob die Schleuse bei Hochwasser überströmt werden soll oder nicht. Ist ersteres der Fall, wie z. B. bei den Schleusen der kanalisiertem Saar, so brauchen die Tore nicht höher zu sein als der höchste Wasserstand, bei welchem noch die Schifffahrt ausgeübt werden soll. Denn sobald dieser überschritten ist, hat auch die Schleuse für die Schifffahrt keine Bedeutung mehr. Man wird jedoch nur in solchen Fällen die Schleusen überströmen lassen, wenn einerseits kein wesentlicher Schaden für diese daraus zu erwarten ist und wenn andererseits die Höhe des höchsten Hochwassers die des höchsten schiffbaren Wassers erheblich übersteigt und auferdem die Schleuse in oder unmittelbar neben dem eigentlichen Flufsbette belegen ist, so dafs nur durch unverhältnismäßige Mehrkosten die Schleuse selbst wasserfrei gemacht werden könnte. Wo dagegen die Schleuse in einem Seitenkanal oder so geschützt liegt, dafs sie leicht der Überströmung entzogen werden kann und wenn auferdem der Unterschied zwischen höchstem Wasser und höchstem schiffbaren Wasser nur gering ist, wird jedenfalls die Überströmung als ein sicheres Übel vermieden werden müssen. Denn es ist unvermeidlich, dafs gewisse Ablagerungen in der Schleusenkammer stattfinden und es müssen ferner alle über die Schleusenmauer und die Oberkante der Tore vortretenden Teile rechtzeitig vor der Überströmung abgenommen werden, weil sonst ihre Beschädigung fast unausbleiblich ist. Eine Höhe von etwa 20 cm über dem noch abzuhaltenen

Wasser wird aber genügen, wenn man nicht bei hölzernen Toren vorzieht, den Obertramen wasserfrei zu legen.

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

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

Eine eigentümliche, in deutschen Seehäfen nirgends vorkommende Anordnung ist die im § 2 bereits erwähnte Anbringung von Gegentoren (franz. *valets*) gegen die Tore einer Dockschleuse (s. Abb. 5c, S. 5). Dies kann dort notwendig werden, wo einfache Dockschleusentore von starken äußeren Wellen getroffen und dadurch stofsweise bald geöffnet, bald zugeschlagen werden. Wo bei starkem Sturm die äußeren Flut- oder Sturmtore geschlossen werden, kann ein solcher Fall nicht eintreten. Da nun in französischen Häfen, namentlich am Kanale, die Sturmfluten nur wenig höher sind als die gewöhnlichen, fehlen dort in der Regel die Sturmtore, andererseits sind die Gegentore häufiger. Sie schlagen in die entsprechend tiefere Tornische, bestehen aus einem meist trapezförmigen, unbedeckten Rahmen mit kurzer Schlagsäule und einigen unten meist schräg liegenden Riegeln. Die Schlagsäule stützt sich gegen

Abb. 87. *Gegentor.*

Knaggen, welche in der Höhe der Riegel des Haupttores liegen (Abb. 87 und Taf. IV, Abb. 12). Durch Zusammenbinden der Gegentore während des Sturmes wird eine Verschiebung unmöglich gemacht. In Deutschland pflegt man wohl die Schlagsäulen der Sturmtore zusammenzubinden, wenn dieselben bei nur geringem Überdruck ebenfalls schlagen sollten.

Endlich ist hier kurz zu erwähnen, daß man den Toren auch zuweilen eine größere Höhe als den Seitenwänden gibt, und zwar fast stets nur, um sie mehr gegen Versackung zu schützen oder ihre Bewegung zu erleichtern. Der obere Teil ist alsdann nicht selten unbedeckt (s. Abb. 20, Taf. II und Abb. 150 im Texte). — Über die etwaige Unterstüzung der Tore während der Öffnung mittels Laufrollen für die Zeit der Bewegung und mittels Hebelapparaten für die Zeit der Ruhe ist in den §§ 18 und 19 und in § 20 gelegentlich die Rede, während die Verankerungen und Zapfen im § 20 und die Bewegungsvorrichtungen im § 22 ausführlich behandelt sind.

Das vorstehend über die Höhe von Stemmtoren Gesagte gilt ohne weiteres auch für die Höhe der einflügeligen Drehtore, der Klappstore, Schiebetore und Pontons. Die Länge dieser Torarten wird wesentlich von der Art der Druckübertragung auf die Seitenwände der Häupter abhängig sein und ist so einzurichten, daß der Auflagerdruck der Torkanten an keiner Stelle übermäßsig wird. Wird der Wasserdruck unten durch den Drempl aufgenommen und oben durch einen einzigen starken, wagerechten Balken auf die Seitenwände übertragen, so muß man für diesen geeignete Auflagersteine ähnlich denjenigen von Brückenträgern anordnen.

**§ 16. Theoretisches über Schleusentore.** In Nachstehendem sollen nur die wichtigsten der Anordnung der Schleusentore eigentümlichen Anhaltspunkte für die Berechnung gegeben werden. Die für die Berechnung der Einzelheiten erforderlichen Kenntnisse müssen als bekannt vorausgesetzt werden. Ferner wird auf das 3. Heft der zweiten Gruppe der Fortschritte der Ingenieurwissenschaften von Professor Th. Landsberg: „Die eisernen Stemmtore der Schiffsschleusen“ (Leipzig 1894) verwiesen.

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

1. die Stemmtore mit den Unterabteilungen,
  - a) die geraden oder nur zum Oberwasser hin schwach gekrümmten,
  - b) die nach einem zusammenhängenden Kreisbogen gekrümmten Tore,
2. diejenigen Tore, welche die Schleusenöffnung durch einen einzigen Torkörper überdecken, also die einflügeligen Drehtore, die Klappstore, Schiebetore und Pontons.

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

#### 1. Stemmtore.

Bei der Berechnung der Abmessungen eines Stemmtores sind zwei verschiedene Zustände desselben zu unterscheiden, nämlich die des ge-

geschlossenen und des geöffneten Tores. Für beide Zustände sind gewisse Annahmen zu machen, welche sowohl in zulässiger Weise die Rechnung vereinfachen, als auch genügende Sicherheit gegen besonders ungünstige Umstände bieten.

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

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

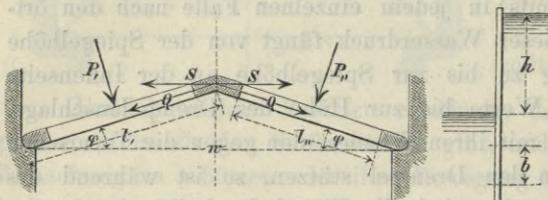
Wegen praktischer Schwierigkeiten sieht man davon ab, dem Torflügel im senkrechten Querschnitt eine dem Wasserdruck entsprechende äußere Begrenzung zu geben, man nimmt vielmehr im allgemeinen an, daß diese Begrenzung ein Rechteck oder daß die Dicke des Tores oben und unten gleich sei. Die Folge dieser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

Unter Bezugnahme auf die in den §§ 18 u. 19 besprochene Anordnung eines mit einer größeren Zahl gerader hölzerner oder eiserner Riegel versehenen Tores von mäßigen Abmessungen mögen für diese Bauart noch folgende Annahmen gemacht werden: Die Bekleidung, gleichviel ob mit Bohlen oder Blechen, wird lediglich als auf den Riegeln und den Umfangstücken aufliegend und von diesen unterstützt angesehen, wogegen ihr Widerstand gegen den in der Längenrichtung der Riegel erfolgenden Angriff vernachlässigt wird. Es wird ferner von der Übertragung der Kräfte von einem Riegel auf den benachbarten, also von einer gegenseitigen Unterstützung derselben durch die Stärke der Wende- und Schlagsäule abgesehen, vielmehr jeder Riegel als für einen bestimmten wagerechten Streifen des Torflügels wirkend betrachtet. Diese Streifen können mit hinreichender Genauigkeit als durch die Mitten der zwischen benachbarten Riegeln liegenden Abstände begrenzt angesehen werden und mögen Riegelfelder heißen. Es ist danach noch in jeder Beziehung günstig für die Sicherheit, aber ungünstig für

den Stoffaufwand gerechnet, wenn jedes Riegelfeld als für sich bestehend betrachtet und wenn nach Maßgabe seines Wasserdrucks zunächst die Stärken der Riegel unter Annahme der Entfernungen bestimmt werden.

Gerade Tore. Nach Abb. 88 ist der Wasserdruck eines unter Wasser liegenden Riegelfeldes für die ganze Breite  $l$ , eines Torflügels gleich  $P, = l, b h . \gamma$  und für die freie Riegellänge  $P,, = l,, b h . \gamma$ ,

Abb. 88.



wenn  $\gamma$  das Einheitsgewicht des Wassers. Beide Drücke sind in wagerechter Richtung gleichmäßig über die Längen  $l$ , und  $l,,$  verteilt. Der erstere Druck ist maßgebend für den von dem ganzen Torflügel oder einem wagerechten Streifen desselben aufgenommenen und auf den

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

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

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

Bezeichnet sodann  $F$  den Querschnitt eines Riegels und  $K$ , die Beanspruchung des Holzes oder Eisens, so muß letztere sein:

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

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

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

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

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

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

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

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

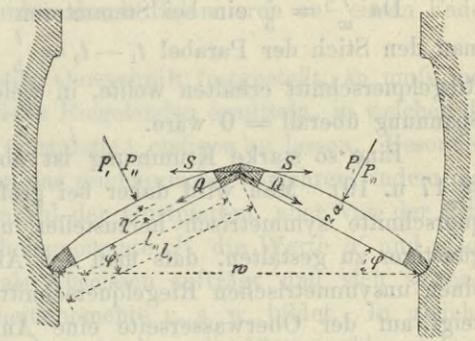
woraus entweder bei bekanntem Wert von  $K, l, l,, b, h, \varphi$  und unter vorläufiger Annahme einer Abmessung, z. B.  $y$  die andere  $x$  oder aber, wenn  $x$  und  $y$  angenommen sind, die Breite des Riegelfeldes  $b$  zu berechnen ist.

Für beiderseits gerade eiserne Riegel ist ein bestimmtes Profil, also sowohl  $F$ , als auch  $J$  und  $a$  zunächst anzunehmen und danach  $b$  zu berechnen, wobei übrigens versuchsweise verschiedene Profile zu wählen sind. Für den unteren Teil des Tores, der bei einem bestimmten Unterwasserstande durchweg dem gleichen Wasserdruck ausgesetzt ist, bekommen die einzelnen Riegel für gleiche Abstände auch dieselben Profile. Wenn jedoch die Schützen eine größere Höhe als jene Riegelentfernungen haben müssen,

so ist für das betreffende Riegelfeld das Profil der benachbarten Riegel stärker zu nehmen. Es empfiehlt sich, eine vorläufige Bestimmung der Zahl und der Lage der Riegel in folgender Weise zu bewerkstelligen. Man ermittelt nach obigem näherungsweise die Riegelfeldbreite  $b$ , schneidet durch Horizontallinien von der Druckfigur (s. S. 143) unten ein Rechteck von der Höhe  $\frac{b}{2}$ , oben ein flächengleiches oder nahezu flächengleiches Dreieck ab und zerlegt den übrig bleibenden Teil der Druckfigur in Rechtecke von der Höhe  $b$ , darüber in flächengleiche Trapeze, nötigenfalls unter Änderung jener Höhe. Aus der Anzahl der Rechtecke und Trapeze ergibt sich die Zahl, aus der Lage ihrer Schwerpunkte eine vorläufige Lage der Riegel. Praktische Rücksichten bringen es jedoch mit sich, daß diese Lage der Riegel bei der Ausführung namentlich bei Holztoeren wesentliche Änderungen erfährt (vergl. § 18).

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

Abb. 89.



$$\frac{P_n l_n}{8} - Q\eta = \frac{l_n P_n}{8} - \frac{P\eta}{2 \tan \varphi}, \quad 14.$$

worin wieder  $P_n$  den Druck auf die freie Riegellänge  $l_n$ , dagegen  $P$  den Druck auf die ganze Riegellänge  $l$ , und  $\eta$  den Abstand der Angriffslinie des Druckes  $Q$  von der Schwerachse des Riegels in der Mitte bezeichnet.

Setzt man für  $P$ , den Wert  $l, b h \gamma$  und für  $P_n$ , den Wert  $l_n, b h \gamma$  ein und läßt die vorhin gebrauchten Bezeichnungen wieder gelten, so ist die größte vorhandene Beanspruchung, welche die zulässige des Materials nicht übersteigen darf,  $K = K_1 + K_2$ :

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

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

Für eiserne Tore mit gekrümmter Oberwasserseite ist der Abstand  $\eta$  von besonderer Wichtigkeit, da man diesen beim Eisenbau in bedeutenden Grenzen vergrößern kann. Setzt man in Formel 14 für eiserne Riegel  $l_n = l = l$ , indem unter  $l$  ihre Baulänge verstanden wird, ferner als Folge hiervon  $P_n = P = P$ , so lautet das Moment in der Mitte:

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

Die daraus sich ergebende Biegungsspannung im Riegel ist:

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

und zwar wird die Zugspannung (+) an der Unterwasserseite, die Druckspannung (-) an der Oberwasserseite, also an der gekrümmten Seite des bisher nach Abb. 90 symmetrisch angenommenen  $\left(a = \frac{t_1}{2}\right)$  Riegelquerschnittes vorhanden sein. Wenn man nun

dem Riegel eine solche Form geben würde, daß das Moment in der Mitte (Gl. 16) nicht nur, sondern an jeder Stelle = 0 wäre, so daß der Riegel nur noch die einfache

Abb. 90.

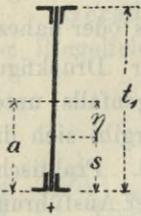
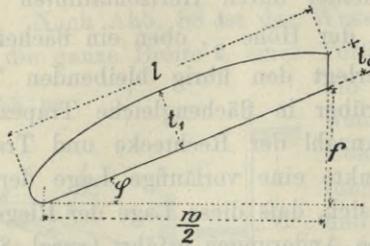


Abb. 91.



Druckbeanspruchung infolge des Stemmens, welche sich gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt, auszuhalten hätte, so würde dies offenbar die günstigste Gestalt sein. Nach der oben angeführten Arbeit von Landsberg (s. S. 130) tritt dieser Fall ein, wenn man dem Riegel die sogenannte halbparsabolische Gestalt und der Parabel die

Pfeilhöhe  $t_1 - t_0 = \frac{l \cdot f}{w}$  gibt (Abb. 91), worin  $f$  der Pfeil des Drempels und  $w$  die theoretische Weite der Tore ist, also  $\frac{2f}{w} = \tan \varphi$ .

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

Eine so starke Krümmung ist aber aus mancherlei Gründen unbequem (vergl. §§ 17 u. 19). Man wird daher bei großen Toren meistens davon absehen, die Riegelquerschnitte symmetrisch herzustellen und es vorziehen, die Beanspruchung dadurch günstiger zu gestalten, daß man den Abstand  $\eta$  (in Abb. 90) vergrößert, indem man einen unsymmetrischen Riegelquerschnitt anwendet (s. Abb. 92 a). Dieser Querschnitt zeigt auf der Oberwasserseite eine Anzahl starker Gurtplatten, welche den Schwerpunkt desselben nach dieser Seite hinübrücken, so daß  $\eta$  den größeren Wert  $\eta'$  annimmt. Die Abstände der am stärksten beanspruchten Fasern werden für die Druckspannung  $a''$  und für die Zugspannung  $a'$  und zwar ist  $a'' < a'$ . Das Trägheitsmoment sei  $J'$ . Die Druckspannung aus dem Biegemomente allein wird nun:

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

Diese ist wesentlich geringer, als im symmetrischen Querschnitte von gleichem Trägheitsmomente und gleicher Höhe, denn es ist sowohl  $a'' < a$  als das  $a$  in Gl. 17, als auch  $\eta' > \eta$ . Die größte Zugspannung an der Unterwasserseite dagegen bewertet sich zu

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

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

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

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

werden und die größte Zugspannung an der Unterwasserseite:

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

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

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

in welcher  $a''$ ,  $a'$  und  $\eta'$  zwar veränderlich, aber voneinander abhängig sind. Es ist nämlich nach Abb. 92b  $a' + a'' = t$  und  $\eta' = a' - s$ . Den mittleren Riegelquerschnitt, welcher dieser Bedingung entspricht, muß man durch Versuchsrechnung zu finden suchen, oder auch, indem man verschiedene Querschnitte aus gleichmäßig

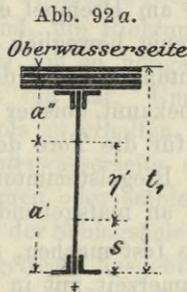


Abb. 92a.

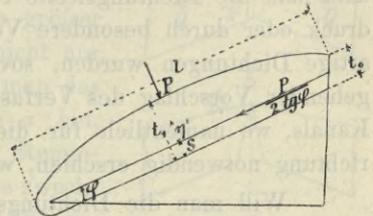


Abb. 92b.

starkem Karton ausschneidet und die Schwerpunkte durch Balancieren auf einem Faden ermittelt.

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

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

Die Verteilung des Stemmdruckes auf die oberen, stemmenden Riegel wird eine ungleichmäßige, im allgemeinen nach oben hin zunehmende sein, so daß, wie erwähnt, schliesslich die obersten Riegel so viel Stemmdruck erhalten können, daß das ganze

Biegemoment negativ wird und die Durchbiegung gegen das Oberwasser zustande kommt.

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

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

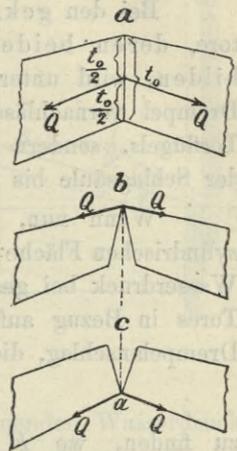
Wenn beim Eisenbau der aus praktischen Gründen erforderliche Querschnitt schon überhaupt dem theoretischen desto näher gebracht werden kann, je größer er ist, so ist dies nach obigem für eiserne Riegel von StammtoIen noch in erhöhtem Maße der Fall. Man wird daher desto sparsamer entwerfen können; je größer die Tore an sich sind und je weniger Riegel man anordnet. Bei gewöhnlichen eisernen Riegelstammtoren ist es also zweckmäßig, große Riegelentfernungen zu wählen und zur Versteifung der Haut senkrechte und nötigenfalls zwischen diesen wieder wagerechte Zwischenversteifungen anzuordnen. Dadurch erreicht man auch den Vorteil, daß die einzelnen Abteilungen eines großen Tores zwischen je zwei benachbarten Riegeln bequem zu begehen und nachzusehen sind. Übrigens ist auch durch die im folgenden Paragraphen mitgeteilten Versuche von Guillemain nachgewiesen, daß wenige, aber starke Riegel für ein Tor günstiger sind als eine größere Anzahl schwächerer. Theorie und Praxis stimmen also in diesem Falle sehr gut überein.

Die Größe des Biegemomentes in Gl. 14 hängt, wie schon früher hervorgehoben wurde, wesentlich von der Größe  $\eta$ , d. i. von dem Abstände zwischen der Richtung der Stammkraft  $Q = \frac{P}{2 \tan \varphi}$  und dem Schwerpunkt des Riegelquerschnittes ab (s. Abb. 89). Um diesen Abstand zu vergrößern, war oben versucht, den Schwerpunkt des Querschnitts durch einseitig aufgelegte Gurtplatten (Abb. 92 a) möglichst von der Richtung von  $Q$  zu entfernen. Dabei war angenommen, daß  $Q$  durch die Mitte der Berührungsfläche der beiden geschlossenen Riegelköpfe ging, daß also  $Q$  stets die in Abb. 93 a dargestellte Lage habe.

Da aber, wie oben bereits bemerkt, große eiserne Riegel einer merklichen Längenveränderung durch den Temperaturwechsel unterworfen sind, so ist die Lage von  $Q$  veränderlich und kann — je nachdem die Temperatur niedriger oder höher wird, als sie zur Zeit des Aufstellens der Tore war — zwischen den in Abb. 93 b und 93 c dar-

gestellten Grenzfällen schwanken. Der Wert von  $\eta$  kann also zu verschiedenen Jahreszeiten für denselben Querschnitt in nächster Nähe der Schlagsäule um  $t_0 \cdot \cos \varphi$  in der Riegelmitte noch um etwa  $\frac{t_0 \cdot \cos \varphi}{2}$  voneinander abweichen. Um diese Unsicherheit in der Beanspruchung zu beseitigen, ist es zweckmässig, den Riegelköpfen in geringen Grenzen bewegliche Stemmlager zu geben, welche imstande sind, die Richtung von  $Q$  zu sichern (vergl. § 19). Es wird dies um so nötiger, je gröfser die Kräfte sind, mit denen man zu tun hat. Um  $\eta$  nicht nur konstant, sondern auch möglichst grofs zu erhalten, legt man das Stemmlager möglichst nahe zur Unterwasserseite (nach  $a$  hin, Abb. 93 c). Entsprechend den eisernen oder stählernen Stemmkörpern an den Köpfen der Riegel in der Schlagsäule ist es zweckmässig, auch an der Wendesäule regelrecht ausgebildete Stemmlager vorzusehen, wie dies bereits bei dem Tore in Ablon (Taf. IV, Abb. 13) und Charenton (Abb. 129 im Texte) geschehen ist. Man erhöht dadurch nicht nur die Klarheit der statischen Verhältnisse, sondern erleichtert auch wesentlich das Aufstellen.

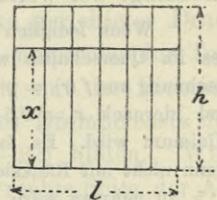
Abb. 93.



Es ist schon erwähnt, dafs die ungleichmässigen Querschnitte (Abb. 92 a) desto wirksamer ausgebildet werden können, je gröfser sie sind, je gröfser also auch die durch einen Riegel zu übertragenden Kräfte sind. Man findet daher den unsymmetrischen Querschnitt, sowie eine ausgebildete Stemmlageranordnung vorzugsweise an den Ständer- oder Pfostenstemmtoren, welche den ganzen Stemmdruck rechnermässig durch den oberen Riegel auf das Mauerwerk der Wendesche übertragen und über die im folgenden Paragraphen, sowie in § 19 Näheres gesagt werden wird.

Der Hauptvorzug der Ständerstemmtore vor den Riegelstemmtoren besteht in der viel gröfseren statischen Klarheit, welche eine weit sparsamere Stoffverwendung möglich macht. Nach den Untersuchungen von Th. Landsberg in dem oben erwähnten 3. Hefte der „Fortschritte“ ist theoretisch die Ständeranordnung in Bezug auf Stoffverbrauch günstiger als die Riegelanordnung, so lange (Abb. 94)  $l > 1,225 h$  ist. Wegen der gröfseren statischen Klarheit und des gröfseren Riegelquerschnittes darf man aber annehmen, dafs Ständertore in der Praxis bis zu  $l = h$  vorteilhafter sind.

Abb. 94.



Ist die Höhe des Tores nur um weniges gröfser als die Länge, so dürfte es sich aus denselben Gründen auch noch empfehlen, einen einzigen Riegel beizubehalten, den man aber nicht ganz an der oberen Kante des Tores anordnet, sondern in einer Höhe über dem Drempe, welche gleich oder etwas kleiner als die Flügellänge ist (Abb. 94,  $x \leq l$ ). Der obere Teil des Tores würde dann durch konsolartige Verlängerungen der Ständer zu versteifen sein. Ist die Torhöhe  $h$  sehr viel gröfser als die Länge  $l$ , so würde den erwähnten Versuchen von Guillemain und den obigen theoretischen Betrachtungen am meisten die Anordnung von nur zwei starken, einem oberen und einem mittleren, Riegeln entsprechen, deren Köpfe an der Schlagsäule so ausgebildet sind, dafs durch sie allein der Stemmdruck übertragen wird. Zwischen diesen beiden Riegeln und dem Drempe würden als Aussteifungen der Haut Ständer anzubringen sein, die man der Vorsicht halber als an beiden Enden frei aufliegend berechnen kann. Die weitere Aussteifung würde wieder durch wagerechte Glieder geschehen können,

welche sich auf die Ständer stützen und die man als kontinuierliche Träger berechnen kann, wenn man sie so legt, daß sie zwischen den Gurtungen der Ständer und der Haut von der Schlag- zur Wendesäule durchlaufen.

Bei den gekrümmten Schleusentoren der zweiten Unterabteilung der Stemm-tore, deren beide Flügel in geschlossenem Zustande eine Zylinderfläche bilden, wird unter der Annahme, daß das Torgewicht und der Anschlag an dem Drempe vernachlässigt werde, der Druck des äußeren Wassers keine Biegung des Torflügels, sondern nur einen Tangentialdruck in demselben bewirken, welcher von der Schlagsäule bis zur Wendesäule sich völlig gleichbleibt.

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

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

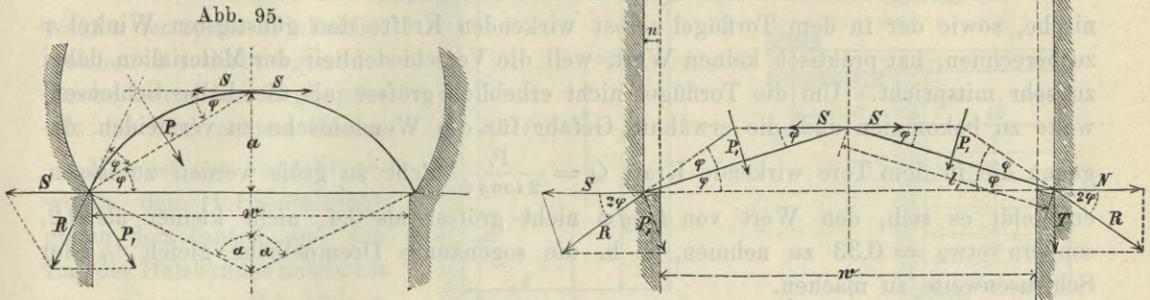
zu finden, wo  $F$  die wirksame Querschnittsgröße eines bestimmten horizontalen Streifens bedeutet.

Da die Größe des Tangentialdruckes, abgesehen von der gegebenen Größe  $p$ , nur vom Halbmesser  $r$  abhängt, so liefse sich bei diesen gekrümmten Toren weit einfacher als bei geraden durch theoretische Betrachtung die zweckmäßigste Form des Tores oder Drempe bestimmen, wenn nicht hier wieder die Rücksichten auf die praktische Durchführung vorzugsweise maßgebend wären. Es wird offenbar der Druck im Tore bei einer Halbkreisform am kleinsten; doch würde bei einem Halbmesser gleich der halben Schleusenweite und der halben Tordicke die Länge jedes Flügels am größten, die Herstellung am schwierigsten und die Form der Tornische und des Torkammerbodens am ungünstigsten, so daß dadurch der Gewinn an Querschnittsgröße unbedingt bei weitem aufgewogen werden würde.

Wenn lediglich der Stoffverbrauch des Tores in Betracht gezogen und dieser als eine Funktion des im Querschnitte wirkenden Druckes und der Flügellänge angesehen wird, so ergibt sich durch Rechnung aus  $f(r) = p \cdot r \cdot r \cdot \alpha$ , wo  $\alpha$  (Abb. 95) den halben Zentriwinkel bedeutet, der Winkel  $\alpha = 66^\circ 47'$  und hiernach  $r = 0,544 \cdot w$  als derjenige Wert von  $r$ , wobei der Stoffverbrauch im Tore zu einem Minimum wird. Es folgt hieraus weiter, daß dann  $a:w = 0,3296$  oder etwa wie 1:3 sein müßte, wenn nicht mit Rücksicht auf die vorhin genannten Umstände diese Pfeilhöhe weit kleiner, etwa gleich 1:5, zu nehmen wäre. Will man in einem bestimmten Falle das zweckmäßigste Verhältnis ermitteln, so läßt sich für verschiedene Werte von  $r$  das Verhältnis der verschiedenen Tangentialdrücke, sowie der danach zu wählenden Querschnitte und der Stoffverbrauch in Zahlen berechnen und mit den überschlägig ermittelten Kosten der verschiedenen Anordnungen der Seitenwände und des Torkammerbodens vergleichen. Es gibt z. B. die Anwendung eines Drempeverhältnisses 1:5 gegen einen Drempe 1:4 einen Stoffaufwand im Tore wie 408:345, wenn von der schwierigeren Aussteifung des stärker gekrümmten Tores abgesehen wird. Zur Vermeidung von Verbiegungen des geöffneten Tores pflegt die innere Fläche eines aus zwei Blechhäuten gebildeten Schwimmtores nicht parallel zur äußeren, sondern etwas weniger gekrümmt gemacht zu werden.

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

Abb. 96.



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

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

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

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

das heißt: die auf die Wendenische wirkende Resultante ist gleich dem rechtwinkelig zur Schleusenaxe wirkenden Torschub  $S$ . Es kommt also wegen der Mitwirkung der Kraft  $P$  nicht die ganze Kraft  $S$  als rechtwinkelig zur Schleusenaxe gerichteter Druck auf die Seitenwand, sondern nur ein der Größe des Winkels  $\varphi$  entsprechender Teil. Denn (s. Abb. 96, links) die Kraft  $R$  muß, wenn sie gleich  $S$  ist, mit der Richtung des Torflügels ebenfalls wie die Kraft  $S$  den Winkel  $\varphi$  und mit der Drempelbasis den Winkel  $2\varphi$  und endlich mit der Schleusenaxe den Winkel  $90 - 2\varphi$  bilden. Wird dann  $R$  rechtwinkelig und parallel zur Schleusenaxe zerlegt (s. die rechte Seite der Abbildung), so ist  $R = S = \frac{P_1}{2 \sin \varphi} = \frac{(\frac{w}{2} + n)}{\cos \varphi} \cdot \frac{p}{2 \sin \varphi} = \frac{(\frac{w}{2} + n) p}{\sin 2\varphi}$ ,

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

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

Wird der Winkel  $\varphi = 45^\circ$ , so wird  $R$  und  $S$  ein Minimum und  $N = 0$ . Dagegen werden aber die auf den Torflügel selbst wirkenden Kräfte mit der Vergrößerung seiner Länge sehr groß. Wird der Winkel  $\varphi = 22,5^\circ$  oder  $2\varphi = 45^\circ$ , so wird  $N = T$ , oder so lange  $\varphi < 22,5^\circ$ , ist auch  $T < N$ , wird  $\varphi > 22,5^\circ$ , so wird auch  $T > N$ .

Wenn nun auch in den meisten Fällen, namentlich bei massiven Seitenwänden,  $N$  und  $T$  mit reichlicher Sicherheit aufgenommen werden, so ist bei einem großen Winkel  $\varphi$  die gegen den vortretenden Teil der Wendenische gerichtete Kraft  $P_1$  noch

besonders zu berücksichtigen. Offenbar wird diese für das Abspringen jenes Teiles der Wendensche, namentlich bei heftigem Zuschlagen der Torflügel, um so gefährlicher, je größer  $\varphi$  ist.

Aus den Gesamtverhältnissen der auf die Seitenwände einschliesslich der Wendensche, sowie der in dem Torflügel selbst wirkenden Kräfte den günstigsten Winkel  $\varphi$  zu berechnen, hat praktisch keinen Wert, weil die Verschiedenheit der Materialien dabei zu sehr mitspricht. Um die Torflügel nicht erheblich größer als die halbe Schleusenweite zu bekommen und die erwähnte Gefahr für die Wendensche zu vermeiden, dagegen die in dem Tore wirkende Kraft  $Q = \frac{P_1}{2 \tan \varphi}$  nicht zu groß werden zu lassen, empfiehlt es sich, den Wert von  $\tan \varphi$  nicht größer als 0,4, nicht kleiner als 0,2, sondern etwa = 0,33 zu nehmen, d. h. die sogenannte Drempehöhe gleich  $\frac{1}{6}$  der Schleusenweite zu machen.

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

Für gekrümmte Tore mit einheitlicher Zylinderfläche ergibt sich nach Abb. 95, S. 139 und der obigen Betrachtung über die im Tore wirkenden Kräfte, für die Resultante  $R$  oder den Gesamtdruck auf die Wendensche dasselbe Verhältnis zu der Kraft  $S$  und den Druck auf einen Torflügel  $P_1$ , welcher hinsichtlich des Druckes in der Wendensche in Rechnung zu ziehen ist. Es ist dies offenbar nur der rechtwinkelig zur Sehne des Bogens eines Torflügels oder der auf die in dieser Richtung genommene Projektion kommende Druck, welcher völlig gleich ist dem Drucke auf einen geraden in der Richtung dieser Sehne liegenden Torflügel. Es ist also der resultierende Druck  $R$  oder der Tangentialdruck  $S$  bei dem gekrümmten Tore völlig gleich den gleichnamigen Größen bei einem geradlinigen Tore, dessen Flügel die Sehnen des gekrümmten Tores bilden. Der Tangentialdruck  $R$  an der Wendensäule bildet, da er gleich dem Tangentialdruck  $S$  an der Schlagsäule ist, mit der Sehne des Bogens eines Flügels denselben Winkel  $\varphi$ , welchen auch diese Sehne mit der Sehne des ganzen Torbogens bildet oder welchen bei dem geradlinigen Tore die beiden Drempeflächen mit der Drempebasis bilden würden.

Verhalten des geöffneten Tores. Es ist nunmehr zu untersuchen, wie das Verhalten des geöffneten Tores dessen Anordnung und die Befestigung an den Wänden und dem Boden der Schleuse beeinflusst.

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

$$V = G - A, \dots \dots \dots 27.$$

der Zug, den das Halsband aufzunehmen hat, aber:

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

Ebenso groß wie der Zug des Halsbandes ist der wagerechte Druck, welchen der Zapfen aufzunehmen hat.  $V$  und  $Z$  erreichen ihren größten Wert für  $A = 0$ , d. h. für den Fall, dass das Tor in der trocken gelegten Schleuse aufgehängt ist. Bei

hölzernen Toren muß die Strebe oder das Zugband das Gewicht  $G$  nach dem Zapfen oder Halsband übertragen, diese Teile erhalten infolge dessen die Beanspruchung

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

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

Man ist nun bestrebt gewesen, den Horizontalschub gegen den Zapfen und den Zug des Halsbandes möglichst zu verringern. Bei kleinen Toren geschieht dies am

einfachsten dadurch, daß man einen Drehbaum anordnet und diesen an seinem Ende so stark belastet, daß der Gesamtschwerpunkt von Tor und Gegengewicht in die Drehaxe fällt. Dann ist also  $Z = 0$ .

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

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

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

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

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

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

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

Bei den Toren des Unterhauptes, welche gedreht werden, wenn sie den Auftrieb des niedrigen Unterwassers erfahren, wird man am einfachsten einen auf die ganze Länge  $l$  des Tores durchgehenden Luftkasten anordnen, wie Abb. 99a für ein Ständer-  
tor und Abb. 99b für ein Riegel-  
tor in der schraffierten Gesamtfläche zeigt. Der Auf-

Abb. 97.

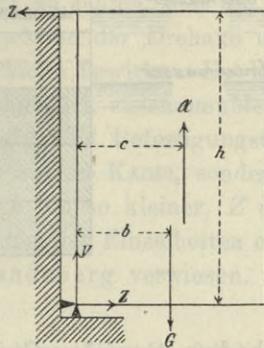


Abb. 98.

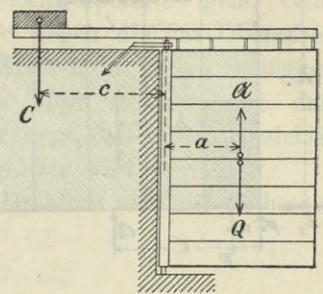


Abb. 99 a.<sup>53)</sup>

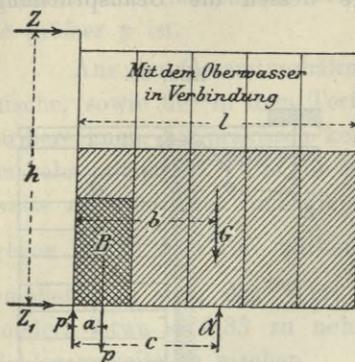
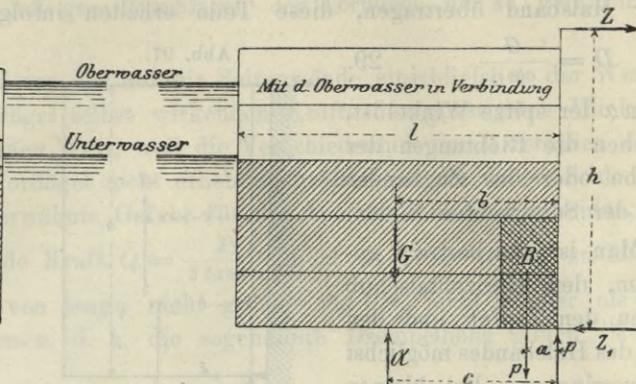
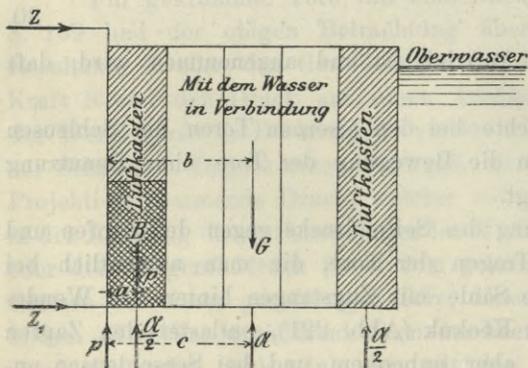


Abb. 99 b.



trieb  $\mathcal{A}$  des ganzen Kastens ist gleich dem Gewichte  $G$  des Tores während der Eintauchung in das Unterwasser. Unmittelbar an der Wendesäule trennt man einen Teil  $B$  im Luftkasten wasserdicht ab, in welchen man soviel Wasserballast einläßt, als man zur dauernden Belastung des Zapfens für wünschenswert hält. Ist  $p$  das Gewicht dieses

Abb. 99 c.



Wasserballastes, so wird der Zug, welchen das Halsband bei regelrechtem Betriebe erleidet:

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

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

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

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

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

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

Wenschon in dieser Weise die Beanspruchungen des Halslagers und der Seitendruck gegen den Zapfen sehr herabgemindert werden, empfiehlt es sich dennoch, bei der Bemessung der Stärken dieser Teile auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß durch Zufälle die Entlastungen ganz oder teilweise fortfallen können. Bei der Berechnung für

<sup>53)</sup> Die Pfeilrichtung für  $Z$  ist in Abb. 99 a u. 99 c entgegengesetzt der Zeichnung zu nehmen.

diesen Ausnahmefall können die Baustoffe aber stärker in Anspruch genommen werden, da es sich nur darum handelt, eine Zerstörung zu vermeiden (näheres hierüber s. § 20).

Bei gekrümmten Toren liegt der Schwerpunkt ausserhalb des Torkörpers. Bei diesen Toren ist deshalb darauf zu achten, dass die Horizontalkraft  $Z$ , welche im Grundrisse des Tores durch die Projektion der Drehaxe und des Schwerpunktes geht, keine Verbiegung der krummen Torfläche bewirkt. Es muss also gegen die das Oberrahmstück streckende, das Unterrahmstück zusammenbiegende Kraft  $Z$  die nötige Steifigkeit gegeben werden. Endlich werden die Befestigungsteile des Tores in dem Falle, dass der obere Zapfen nicht in der oberen Kante, sondern tiefer liegt, besonders vorsichtig zu berechnen sein, weil dabei  $h$  um so kleiner,  $Z$  um so grösser wird.

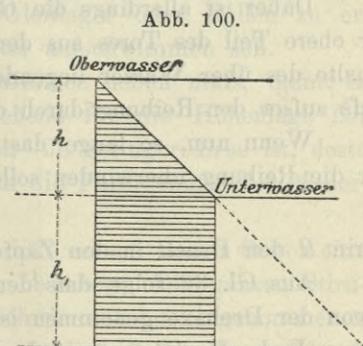
In Betreff der Berechnung der Einzelheiten eiserner Drehtore wird auf die bereits angeführte Arbeit von Th. Landsberg verwiesen.

## 2. Einflügelige Drehtore. Klappstore. Schiebetore. Hubtore. Pontons.

Die zweite Hauptgruppe der Schleusentore umfasst die Drehtore mit einem Flügel, die Klappstore, die Schiebetore, die Hubtore und die Pontons. Alle diese Arten sind in gleicher Weise beansprucht und das Bild, welches sie bieten, ist ein viel klareres als dasjenige der Stemmtore.

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

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



Die Drehtore mit nur einem Flügel bieten, wenn sie aus Holz hergestellt werden, wenig Bemerkenswertes. Sie verlangen dieselben Verstreibungen und Verankerungen, wie ein Flügel eines Stemmtores, jedoch werden diese, der grösseren Länge des Tores wegen, entsprechend stärker ausfallen müssen, um Versackungen vorzubeugen.

Aus demselben Grunde wird man grofse eiserne, einflügelige Drehtore nach den oben gegebenen Anweisungen durch zweckmäfsig angeordnete Luftkasten tunlichst zu entlasten haben.

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

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

Auch für eiserne Klappstore ist die eben beschriebene Anordnung die nächstliegende, nur wird es bei sehr grofsen Toren meistens zweckmäfsiger sein, das Gewicht durch die Anbringung von Luftkasten auszugleichen; wenn diese Luftkasten auch dann, wenn das Tor aufgerichtet ist, richtig wirken sollen, müssen sie unterhalb des Wasserspiegels liegen, welcher während des Schliessens vorhanden ist. In Bezug auf die Gröfse und Lage des Luftkastens ist folgendes hervorzuheben. Soll der Luftkasten so grofs sein, dafs von dem Bewegungsmechanismus nur die Reibung in den Lagern der Wendesäule zu überwinden ist, aber kein Teil des Torgewichtes mehr gehoben werden mufs, so mufs nach

Abb. 101.

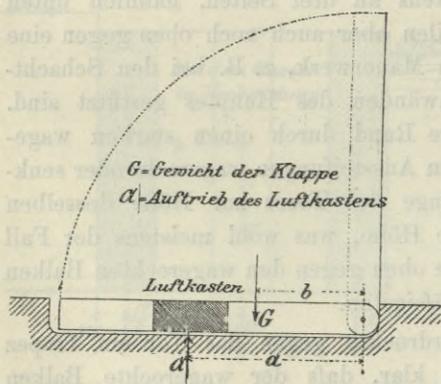


Abb. 101 die Gleichung stattfinden:

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

oder der Auftrieb  $A$  müfste gleich sein:

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

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

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

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

worin  $R$  den Druck in den Zapfenlagern bedeutet.

Aus Gl. 32 folgt, dafs der Auftrieb  $A$  desto kleiner wird, je gröfser der Abstand  $a$  von der Drehachse genommen ist. Das Anbringen des Luftkastens möglichst nahe dem oberen Ende der Klappe würde also gestatten, diesen kleiner zu machen und damit Eisen zu sparen. Aus den Gleichungen 32 u. 33 ergibt sich aber für den Zapfendruck  $R$  der Wert:

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

und daraus folgt, dafs  $R$  desto gröfser wird, je gröfser man  $a$  nimmt. Mit wachsendem Zapfendrucke nimmt aber auch die Zapfenreibung, d. i. der Widerstand zu, der von

dem Bewegungsmechanismus überwunden werden muß, selbst wenn das Tor ganz unter Wasser liegt. Da die leichte Beweglichkeit des Tores meistens wichtiger sein wird, als eine etwas gröfsere Gewichtsersparnis, so dürfte es sich im allgemeinen empfehlen, den Luftkasten so zu legen, dafs seine Mitte bei wagerechter Lage des Tores unter dem Schwerpunkte desselben liegt, dafs also  $a = b$  ist.

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

Ob bei der besprochenen Lage des Kastens dieser selbst zugleich als ein Träger auszubilden ist, welcher den Wasserdruck auf die Seitenwände des Hauptes überträgt und gegen welchen der oberhalb liegende Teil des Tores durch senkrechte Konsolen abgesteift ist, oder ob man den Luftkasten nur als solchen berechnet und den wagerechten Hauptträger der Klappe an deren oberem Rande beläfst, ist nicht allgemein zu entscheiden. Die letztere Anordnung ist allerdings in mancher Beziehung unbequem, weil die Ständer den Luftkasten durchdringen müssen. Benutzt man aber den Luftkasten bei dieser tiefen Lage zugleich als wagerechten Balken, so muß dieser fast den ganzen Wasserdruck auf die Seitenwände übertragen, wird also sehr schwer.

Von den Schiebetoren weisen besonders diejenigen einige Eigentümlichkeiten auf, welche grofs, in Eisen ausgeführt und seitlich offen sind, mögen sie nun unten einfach gleiten oder wie die von Kinipple auf Rollen laufen. Für solche Tore ist offenbar eine möglichst grofse Standsicherheit erforderlich, die man dadurch erreicht, dafs man ihnen eine bedeutende Breite gibt, und dafs man den Schwimmkasten möglichst hoch oben anordnet, damit der Schwerpunkt des Auftriebes über dem Schwerpunkte des Torgewichtes liegt.

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

Die Höhe, um welche das Tor sich beim Aufschwimmen heben muß, damit es aus dem Haupte herausgezogen werden kann, ist maßgebend für die Höhenlage der Oberkante des Schwimmkastens unter dem Wasserspiegel. Je geringer diese ist, desto leichter wird das Tor, daher ist die Hebungshöhe durch die Formgebung des Mauerwerks möglichst zu vermindern.

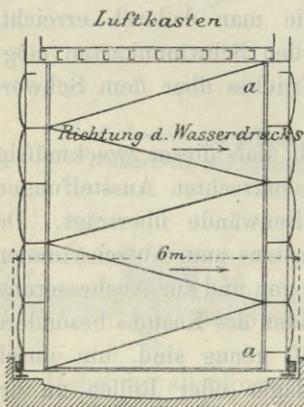
Soll das Tor nach beiden Seiten hin kehren, so erhält es auf beiden Seiten eine Haut und Anschlagleisten, die am einfachsten aus Holz bestehen. Die ganzen Stirnwände des Tores dagegen sind mit Ausnahme des vom Schwimmkasten eingenommenen Teiles zweckmäfsigerweise offen, damit das in der Torkammer befindliche Wasser durch das Tor selbst unter und über den Schwimmkasten hinweg abfliefsen kann, wenn das Tor in die Kammer gezogen wird. Um diesen Abflufs, sowie das Zuströmen des Wassers in die Kammer beim Schliefsen des Tores tunlichst zu erleichtern und dadurch die Bewegungswiderstände zu vermindern, sind die Schrägverbände der Ständer so einzurichten, dafs sie dem durchfliefsenden Wasser möglichst kleine Flächen darbieten.

Da die senkrechten Ständer bei geschlossenem Tore sich unten gegen den Dremmel legen, so ist hier nur ein leichter wagerechter Verband erforderlich. Wenn trotzdem statt dessen ein durchgehender, wagerechter Blechträger angeordnet wird, so geschieht dies, um durch die Blechwand ein bequemes Lager für etwaigen Ballast aus Beton oder Roheisen zu erhalten, den man anbringt, sei es um die Standfähigkeit zu vergrößern, sei es, um das Gewicht, welches die Grundfläche während des gewöhnlichen Betriebes belasten soll, bequemer regeln zu können.

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

Soll das Tor nur nach einer Seite hin kehren, so ist es nicht erforderlich, durchweg eine doppelte Haut anzubringen. Man findet aber auch für diesen Fall — soviel bekannt — bei allen bisher vorliegenden Ausführungen von Schiebetoren die Haut auf

Abb. 102.



beiden Seiten voll durchgeführt. Für die Haut hat man bei den zweiteiligen kleinen Schiebetoren in Hamburg (s. § 21) Holz, sonst nur ebene Bleche verwendet. Falls der Schwimmkasten zugleich als wagerechter Träger dient, ist es auch zweckmäßig, für ihn ebene Bleche zu verwenden, da diese nicht nur von dem unmittelbar auf sie wirkenden Wasserdruck, sondern auch als Teile des Trägers in geeigneter Weise beansprucht werden. Für den übrigen Teil der Haut trifft dies aber nicht zu. Man kann durch Verwendung von Wellblech oder Tonnen- und Buckelblechen<sup>54)</sup> ganz bedeutend an Eisen sparen, ohne der Sicherheit Eintrag zu tun.

Wendet man Tonnenbleche in der durch die Abb. 102 angedeuteten Lage an, so ist die Beanspruchung der Gurtungsteile *a* der senkrechten Ständer, welche hier aus Gitterwerk gebildet sind und die ganze Pontonbreite als Trägerhöhe ausnutzen, besonders günstig. Bei der durch Pfeile angedeuteten Richtung des Wasserdrucks ist diese Gurtung nämlich die gezogene des Ständers. Die an derselben befestigten Tonnenbleche erzeugen aber Druckspannungen, welche einen Teil der Hauptspannung aufheben.

Dafs bei dieser Lage die zylindrische Form der Tonnenbleche oberhalb des Unterwasserspiegels nicht genau den statischen Forderungen entspricht, welche der nach oben abnehmende Wasserdruck stellt, erscheint um so mehr unbedenklich, als man die Bleche aus praktischen Gründen nach oben ohnehin viel stärker macht, als die Rechnung verlangt; die geringste Stärke sollte 5 mm sein.

Die Berechnung der an den Querseiten geschlossenen Schiebetore und der freischwimmenden Pontons wird sich am einfachsten auch wieder auf

<sup>54)</sup> Für die Schiebetore der unter Leitung des Verfassers entworfenen neuen Docks in Kiel und Wilhelmshaven sind Buckelbleche verwendet.

die vorhandenen wasserdichten Decks, welche als wagerechte Träger aufzufassen sind, stützen. Will man indessen das ganze Ponton als großen Träger auffassen, dessen beide Gurtungen durch die beiden Häute gebildet werden, so muß die Spannung, welche die Bleche der Haut aus dem unmittelbar auf sie wirkenden Wasserdrucke erhalten, an den verschiedensten Stellen ermittelt werden; diese Spannungen müssen zu denen gleichen Vorzeichens, welche die Hauptbleche als Gurtungen des großen Trägers erhalten, hinzugefügt werden, um die größte vorkommende Spannung zu ermitteln.

**§ 17. Die Entwicklung der Schleusentore.** Nachdem in §§ 15 u. 16 die Bauweise der Schleusentore im allgemeinen und das Wichtigste aus ihrer Theorie besprochen ist, möge vor einer eingehenden Beschreibung einzelner Ausführungen einiges über die allmähliche Entwicklung der Schleusentore gesagt werden.

Ebenso wie das Sprengwerk und der Bogen im Hochbau und im Brückenbau sich dem einfachen Balken gegenüber als Erfindungen späterer Zeit darstellen, die ein höheres technisches Verständnis voraussetzen, ist das Stemmtor mit zwei Flügeln gegenüber dem einflügeligen Verschlusse sicher die jüngere Form. Die ältesten Abschlüsse gegen einen höheren Wasserstand (vergl. die Besprechung der Flößerei-Anlagen im X. Kapitel der 3. Aufl.) waren Schützen, im wesentlichen also Schiebetore, dann folgten wahrscheinlich, ebenfalls für Zwecke der Flößerei, einflügelige Drehtore mit senkrechter Axe (sogenannte Schlagtore) und verwandte Anordnungen in mannigfaltiger Gestaltung. Stemmtore sind wohl zuerst bei den in Deichen angelegten Schutzschleusen zur Anwendung gekommen. Die Form des doppelflügeligen Stemmtores hat sich aber schnell eingebürgert und die einflügeligen Tore bei den Schiffahrtsschleusen fast vollkommen verdrängt; noch jetzt behauptet sie, wenn auch nicht überall mit vollem Rechte, das Feld.

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

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

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

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

1. Die Ausdehnung des Holzes bei einem Temperaturwechsel, wie er bei Schleusentoren vorkommt, ist so unbedeutend, daß er stets vernachlässigt werden kann. Ein großer eiserner Torflügel dagegen, der im Hochsommer aufgestellt ist, wird im Winter eine Zusammenziehung erleiden, die bei

Stemmtore eine erhebliche Änderung der Beanspruchung herbeiführen muß, wenn beim Entwurf nicht darauf Rücksicht genommen wurde.

2. Holz gestattet nur etwa den zehnten Teil der Beanspruchung des Eisens für die Flächeneinheit des Querschnittes und ist
3. infolge der größeren Weichheit weit leichter zu bearbeiten als das Eisen.
4. Beim Eisenbau läßt sich der Querschnitt weit genauer den statischen Bedürfnissen anpassen, als beim Holzbau und zwar um so genauer, je größer die erforderlichen Querschnitte sind.
5. Bei Holz ist aber ein sehr genaues Anpassen an die statischen Verhältnisse auch weniger notwendig, weil Holz billiger als Eisen ist.

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

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

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

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

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

Ähnlich sind die in Abb. 103 dargestellten, etwas später gebauten zweiflügeligen Tore des Montgomery-Kanals ausgeführt. Auch hier ist die Schleusenweite nur 2,1 m und jeder Torflügel besteht aus einem einzigen Gußstück. Die geschlossenen Flügel bilden eine zylindrische Fläche von etwa 2,4 m Sehne und 0,4 m Pfeilhöhe. Außer den an der oberen Seite liegenden Verstärkungsrippen besitzt das Tor noch eine besonders breite Rippe für den Toranschlag und zur Aufnahme der Zapfenpfanne, während mit der obersten Rippe zugleich der Hals für die Verankerung verbunden ist, an welchen sich mittels Flanschen der konisch gestaltete Drehbaum zur Bewegung des Tores ansetzt. Dadurch, daß die Hauptfläche des Tores nach unten liegt, werden die Wendesäule und Wendenische ebenfalls sehr vereinfacht.

Telford wandte später auch das Gußeisen zu größeren Schleusen, z. B. zuerst für den Kaledonischen Kanal (s. Kap. XV unter „Seekanäle“) an, wobei die 12 m weiten Schleusen etwa 6,6 m breite Torflügel mit nur 0,15 m Pfeilhöhe besitzen. In Abb. 104 ist der wagerechte Schnitt eines solchen Tores und der in der Nähe der Schlagsäule genommene, aber die Wendesäule zeigende senkrechte Schnitt skizziert. Es ist dabei die Anordnung eines selbständigen Gerippes mit einer besonderen Bekleidung aus Holzbohlen wieder aufgenommen. Wegen Mangels jeder Art von Verstrebung ist an den Rippen

in der Nähe der Schlagsäule eine Laufrolle angebracht. Die Wendesäule ist ein hohler Halbzyylinder von 0,45 m Durchmesser mit oben und unten angegossenen zylindrischen Zapfen. Die gerade Querwand, an welche sich, wie bei der ebenfalls geraden Schlagsäule, die Riegel mit Lappen und vier Schrauben ansetzen, ist durchbrochen. Das Unterrahmstück und die Schlagsäule haben Holzleisten zum dichterem Anschluß erhalten, die 7 cm starken eichenen Bekleidungsbohlen laufen vertikal und sind durch Schraubenbolzen mit den senkrechten Rippen der Riegel verbunden. Trotzdem die alten Tore noch im Jahre 1874 keine Mängel erkennen ließen, waren doch bei einigen Schleusen dieses Kanals neue Holzture mit Riegeln von ähnlicher Krümmung wie die alten gusseisernen angebracht, angeblich, weil die letzteren durch anstofsende Schiffe zersprungen sein sollten.

Obgleich nun in England selbst große Seeschleusen, z. B. in Woolwich, von 24 m Weite, mit gusseisernen Toren erbaut sind, so muß doch heutzutage die Verwendung von Gufseisen als veraltet erscheinen.

Denn es bleibt außer der zweifelhaften Haltbarkeit des Gufseisens im Seewasser für einzelne Fälle noch allgemein der Fehler des Gufseisens bestehen, daß es zu spröde gegen Stöße und namentlich in der Kälte sehr unzuverlässig ist. Es kann zu kleinen, eine geschlossene Form besitzenden Stücken mit Vorteil verwendet werden, wo durch die ganze Masse und deren Abmessungen jede Gefahr eines Zerspringens ausgeschlossen scheint (vergl. § 20), doch nie zu ausgedehnten Bauteilen, wie Riegeln, Wendesäulen u. s. w.

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

Zu den ersten derartigen Bauten gehört der von Poirée schon im Jahre 1853 bei der Schleuse de la Monnaie in Paris ausgeführte und im Bd. XV der Zeitschr. f. Bauw. beschriebene.<sup>55)</sup> Es gehen dabei nach der Skizze des senkrechten Schnittes (Abb. 105) die Rippen und die Bekleidungsbleche ineinander über, indem die wagerecht liegenden Bleche so gebogen sind, daß sie im Querschnitt überhöhte Halbkreise bilden, deren geradlinig verlängerte Schenkel mit denen der benachbarten Bleche unter Ein-

Abb. 103.  
Torflügel aus Gufseisen.

Ansicht,  
Grundriffs und Schnitt JK.

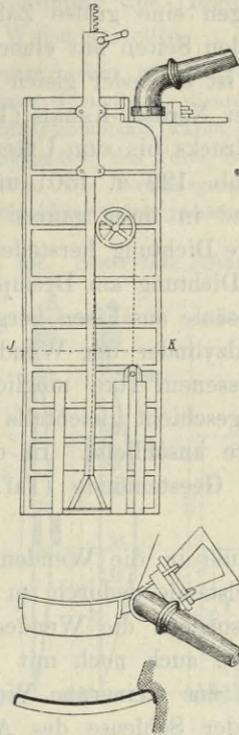


Abb. 104.

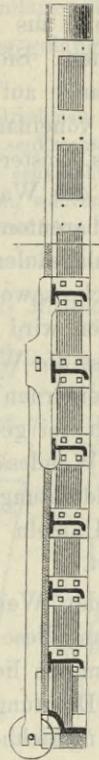
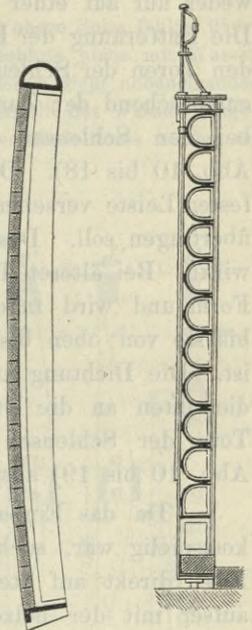


Abb. 105.



<sup>55)</sup> Über noch ältere Tore von Eisenblech für den Rhone-Rhein-Kanal vergl. Allg. Bauz. 1850, Bl. 343.

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

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

Da das Einpassen der Wendesäule in die Wendensische sehr zeitraubend und kostspielig war, suchte man diese Übelstände dadurch zu vermeiden, daß man nicht Eisen direkt auf Stein stemmen ließ, sondern die Wendesäule in ihrer ganzen Höhe außer mit der hölzernen Dichtungsleiste auch noch mit einer hölzernen Stemmliste versah, welche sich den Ungleichheiten der steinernen Wendensische leichter anpassen ließ. In dieser Weise ist das Tor der Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals (Taf. VI, Abb. 7 bis 9) ausgeführt, auch die Fluttore der Endschleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals (Taf. VIII, Abb. 14 bis 17).

Bei Seeschleusen werden diese Holzleisten durch den Bohrwurm unter Umständen schnell zerstört, so daß es wünschenswert ist, das ganze Tor samt Dichtungs- und Stemmlisten aus Eisen herzustellen. Eine derartige Ausführung wurde für die zweite Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven geplant<sup>56)</sup>, aber in Bezug auf die eiserne Stemmliste an der Wendesäule an der damals maßgebenden Stelle der Kaiserlichen Marine nicht genehmigt, so daß die ganze Wendesäule zum Stemmen gebracht werden mußte.

Noch einen Schritt weiter ging man bei den Toren der Schleuse zu Charenton, indem man den ganzen Stemmdruck nur an vier Punkten der Wendesäule durch besondere Gufsstücke übertrug, die sich mit verhältnismäßig kleinen Flächen gegen andere Gufskörper stemmen, welche in die nicht mehr zylindrische Wendensische eingelassen sind. Dadurch ist das Einpassen des Tores sehr erleichtert.

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

<sup>56)</sup> Vergl. E. Rechter und H. Arnold, Der Bau der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1891, S. 352.

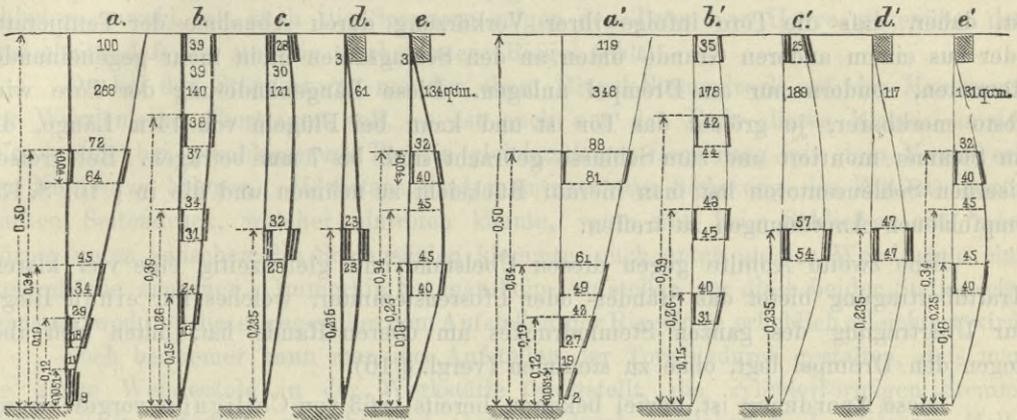
für die mit doppelter Haut versehenen Tore das Nachsehen der einzelnen Abteilungen sehr beschwerlich wird.

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

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

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

Abb. 106. Senkrechte Schnitte des Modelltores.



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

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

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

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

Auf Grund dieser Versuche sind die Tore der Schleuse zu Ablon<sup>57)</sup> (Taf. IV, Abb. 13 bis 15) entworfen, worüber in § 19 das Nähere angeführt ist.

Bei den Toren der Schleuse zu Ablon findet man demnach nur noch drei Riegel und jeder Riegel endigt an der Wendensäule in einem gußeisernen Stemmlager, welches sich wie beim Tore zu Charenton gegen einen in die Wendensische eingelassenen gegossenen Stemmkörper stützt, wenn das Tor geschlossen ist.

Außer dem Fortschritte, welchen die klarere Beanspruchung bedingt, zeigt dies Tor noch eine andere theoretisch richtige Anordnung, deren Notwendigkeit für große eiserne Tore nicht aus den obigen Versuchen, sondern aus den Beobachtungen von M. Galliot<sup>58)</sup> zu folgern ist. Diese Anordnung besteht darin, daß das Tor unten nicht stemmt; sie ist in Ablon übrigens nur getroffen, um der Kette für die Schleppschiffahrt Platz zu machen, und nicht auf Grund theoretischer Erwägungen.

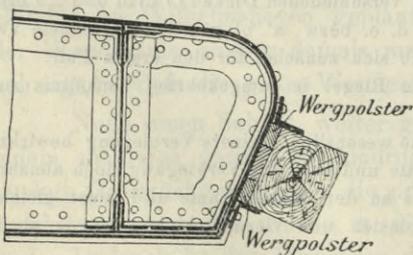
Die erwähnten Beobachtungen von Galliot an verschiedenen eisernen Toren französischer Schleusen haben nun ergeben, daß sich die obersten Riegel derselben teilweise nach dem Oberwasser zu durchbogen. Dies kommt, wie in § 16 nachgewiesen ist, daher, daß die Tore infolge ihrer Verkürzung durch Abnahme der Temperatur oder aus einem anderen Grunde unten an den Schlagsäulen nicht mehr gegeneinander stemmten, sondern nur am Drempel anlagen. Diese Längenänderung der Tore wird desto merkbarer, je größer das Tor ist und kann bei Flügeln von 14 m Länge, die im Sommer montiert und zum Schlusse gebracht sind, bis 7 mm betragen. Bei großen eisernen Schleusentoren hat man hierauf Rücksicht zu nehmen und die in § 16, S. 137 empfohlenen Anordnungen zu treffen.

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

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

Nach demselben Grundsatz sind dann die neuen eisernen Tore der Schleuse in Havre gebaut<sup>58a)</sup>, sowie die Sperrtore und die Ebbetore der Endschleusen des Kaiser

Abb. 107.



Wilhelm-Kanals. Die Tore in Havre zeigen aber merkwürdigerweise auch unten einen sehr starken Riegel, trotzdem in der angeführten Quelle ausdrücklich gesagt ist, daß dieser nur dazu dienen soll, die senkrechten Ständer kräftig miteinander zu verbinden, und trotzdem er nicht, wie der obere an der Schlagsäule einen Stemmkörper von Gußstahl hat; die hölzerne, an der Schlagsäule befindliche Dichtungsleiste

<sup>57)</sup> Les portes de l'écluse d'Ablon. Ann. des ponts et chaussées 1882.

<sup>58)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1887, I. S. 724 und L. Brennecke, Die Entwicklung der Schleusentore in der Neuzeit. Deutsche Bauz. 1891, S. 446.

<sup>58a)</sup> Mémoire sur les nouvelles portes en tôle de l'écluse des transatlantiques. Ann. des ponts et chaussées 1887, I. S. 411.

läuft über ihn hinweg. Wegen der geringen Festigkeit des Holzes im Vergleich zu der des Gußstahles wird der Druck, welcher auf den unteren Riegel kommen kann, nur gering werden. Will man ihn noch mehr vermindern, so muß man zwischen die Dichtungsleiste und die Schlagsäule elastische Körper — am einfachsten ein Wergpolster (Abb. 107) — einlegen, welche noch weniger Druck zu übertragen vermögen als die Holzleiste. Eine solche Anordnung beabsichtigte Verfasser für die Sperr- und Ebbetore der Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals; sie ist jedoch nicht ausgeführt worden.

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

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

Noch bequemer kann man das Aufstellen der Tore dadurch gestalten, daß man die ganze Wendensäule in der Werkstätte fertigstellt, die zylinderförmigen Stemmkörper daran befestigt, abdreht und ebenfalls durch Abdrehen nach gleichem Halbmesser genau passende zylinderförmige Hohlkörper aus Gußstahl herstellt, welche mit angegossenen Rippen in die Stemsteine der Wendensche eingelassen und mit Zement hintergossen werden, nachdem die Wendensäule genau senkrecht aufgestellt ist. Derartig hergestellte stählerne Lagerschalen braucht man dann nicht exzentrisch zur Wendensäulenaxe in der Nische zu befestigen, sondern man kann sie wie die Lager einer stehenden Welle behandeln, so daß sie auch beim Drehen des Tores stets mit den Lagerteilen am Tore in Berührung bleiben. Dadurch wird der Vorteil erreicht, daß ein Einklemmen von Gegenständen zwischen die Lagerkörper ausgeschlossen ist.

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

Die Darstellungen auf Taf. I, Abb. 12; Taf. III, Abb. 15 u. 19, sowie Taf. VI, Abb. 10 bis 19 zeigen, daß, wie bereits in § 15 erwähnt wurde, derartige Tore namentlich aus Eisen angefertigt sind.

Dieselben Gründe, welche bei den geraden Stemmtoren den Übergang vom Holze zum Eisen veranlaßten, sind in noch höherem Maße bei der Bogenform maßgebend gewesen. Es ist aber die Bogenform bei den eisernen Toren nicht viel in Gebrauch

gekommen, trotz der theoretisch sehr bedeutenden und auch praktisch noch immer in beachtenswertem Mafse erreichbaren Eisenersparnis gegenüber den geraden Toren. Ein Hindernis bildete die unbequeme Gestaltung des Dremfels, die grofse Tiefe der Tor-nischen und die ungünstige Lage des Schwerpunktes des Tores auferhalb des Tor-körpers selbst. Neuerdings sind aber beim Oder-Spree-Kanale Tore mit gleichmäfsig gekrümmter Aufsenhaut zur Anwendung gekommen, welche einen beachtenswerten Fortschritt zeigen (Taf. VII, Abb. 4 bis 19). Bei denselben ist ein so grofser Krümmungshalbmesser angewendet, dafs die Begrenzung des unteren Rahmens am Dremfel und damit dieser selbst gerade genommen werden konnte. Dazu ist die Haut dieses Tores aus gekrümmtem Wellblech hergestellt, so dafs sie an und für sich eine sehr grofse Steifigkeit erhält und keiner besonderen Aussteifungen bedarf. Dadurch wird trotz des grofsen Krümmungshalbmessers ein sehr geringes Gewicht des Tores erzielt. Die nähere Beschreibung dieser Tore folgt in § 19.

Auch bei den Toren mit gleichmäfsig gekrümmter Aufsenhaut ist es für eine rechnungsmäfsige Beanspruchung notwendig, dafs die Schlagsäulen auf ihrer ganzen Höhe wirklich stemmen. Es empfiehlt sich also auch hier, auf das Stützen am Dremfel zu verzichten und bewegliche Dichtungen anzuwenden. Es ist nun allerdings richtig, dafs bisher aus dem Anliegen von Bogen- und Riegelstemmtoren am Dremfel und der dadurch erfolgten Behinderung des Stemmens der Schlagsäulen unmittelbare Zerstörungen von Torflügeln noch nicht beobachtet sind und mögen infolge dessen auch die beweglichen Dichtungsleisten manchem Praktiker überflüssig erscheinen. Aber die oben mitgetheilten Beobachtungen von Galliot lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, dafs das Anliegen am Dremfel ohne ein Stemmen für die Tore nachteilig werden mufs und möglichst zu vermeiden ist.

Vergleich der einflügeligen Tore und verwandter Arten mit den Stemmtoren. Die beregten konstruktiven und theoretischen Unbequemlichkeiten haben es zuwege gebracht, dafs man in neuerer Zeit sich mehr von den Stemmtoren ab und wieder den einflügeligen Toren zugewandt hat, sei es in der Gestalt von Drehtoren oder von Klapptoren, Schiebetoren und Schwimmpontons.

Namentlich Schiebetore sind für Seeschleusen neben Schwimmpontons vielfach ausgeführt und für die Schleusen grofser Schiffahrtskanäle, wie den Panama- und Nicaragua-Kanal, in Aussicht genommen worden.

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

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

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

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

**§ 18. Ausführung der hölzernen Stemmtore.** Unter Bezugnahme auf die Paragraphen 15 bis 17 sind nunmehr die Bauweisen der hölzernen Stemmtore zu beschreiben. Dabei müssen Anordnungen, welche entweder ganz allgemein oder wenigstens mit Rücksicht auf die vorteilhaftere Ausführung in Eisen als unzweckmäßig gelten können, nur kurz behandelt werden.

In den Abb. 108 bis 112 und 120 bis 124 sind verschiedene Beispiele einfacher und zweckmäßiger Holzbauweisen gegeben. Es darf hier, wie bereits in § 15 ausgeführt ist, nochmals daran erinnert werden, daß ein Holztor in allen Verbindungsteilen stets möglichst einfach angeordnet werden muß, wenn das Tor eine recht lange Dauer haben soll. Je künstlicher die Verbindungen z. B. der Verzapfungen der Riegel u. s. w. sind, desto eher wird das einem Wechsel von Nässe und Trockenheit, von Anspannung und Ruhe und zufälligen anderen Angriffen ausgesetzte Tor eine Abnutzung durch Faulen und Zerreiben der Verbindungsteile erleiden. Dazu kommt, daß man — in Deutschland wenigstens — gezwungen ist, fast ausschließlich Eichenholz, als das in größeren Massen zu beschaffende härteste und dauerhafteste Holz, zu verwenden, daß aber gerade das Eichenholz weniger geradfaserig gewachsen zu sein pflegt und daher im großen wie im kleinen leicht überspänig geschnitten wird. Also auch aus diesem Grunde ist unbedingt von allen dünnen und schwachen Zapfen, namentlich auch den früher sehr üblichen sogenannten Schlitzzapfen abzuraten. Die geschlitzten, aus zwei gleichen Blättern bestehenden Zapfen haben gegen den einfachen etwa doppelt so dicken Zapfen noch den großen Nachteil, daß zwar der Zapfen selbst genau gearbeitet werden kann, daß aber die schmalen und dabei etwa drei- bis viermal so tiefen Zapfenlöcher kaum mit Sicherheit genau der Dicke des Zapfens entsprechend ausgestemmt werden können. Sie werden fast stets nach dem Grunde des Loches hin etwas weiter und geben dadurch sowohl zur rascheren Fäulnis als zu baldigen Bewegungen Anlaß.

Man mache daher, wie es z. B. durchweg bei der Papenburger Schleuse geschehen ist, die Zapfenlöcher einfach, kräftig und kurz, allenfalls mit einem sogenannten Brustzapfen, und um ein Aufspalten der Hölzer, insbesondere der auf Biegung beanspruchten Riegel an der Basis des Zapfens zu vermeiden, etwas keilförmig, wenn man nicht gar,

Abb. 108 bis 112. *Flügel des Fluttores der Schleuse bei Papenburg.* M. 0,01.

Abb. 108. Ansicht der Binnenseite.

Abb. 109. Schnitt A B.

Abb. 110. Ansicht der Außenseite.

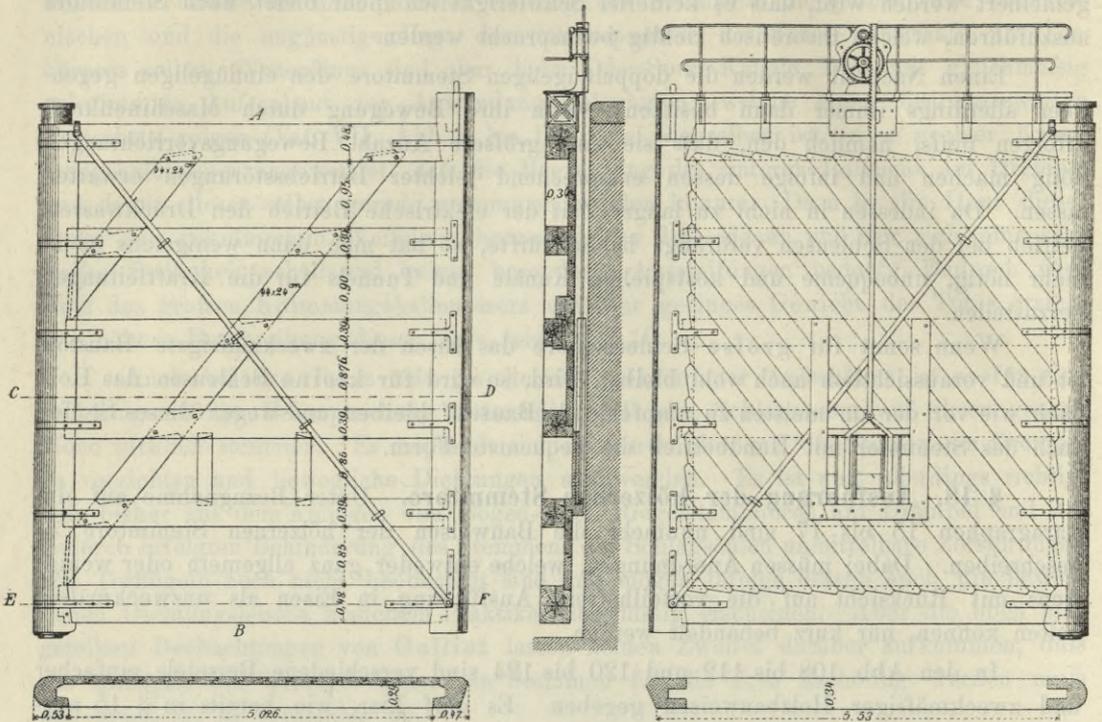


Abb. 111. Schnitt C D.

Abb. 112. Schnitt E F.

wie bei der Schleuse des Kanals von St. Quentin (Abb. 121) die Zapfen fast ganz vermeidet und dafür Verbindungen mit eisernen Knien oder Knaggen vorzieht. Neuerdings wird diese Anordnung nicht mehr gewählt, weil die Knie leicht Anlaß geben zum Stocken des Holzes.

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

**Riegel.** Es möge nun die Beschreibung der gewöhnlichen Anordnung eines Holztores mit Bezug auf Abb. 108 bis 112 u. andere folgen. Zunächst ist die Anzahl der Riegel gemäß § 16 ermittelt. Dabei ist ihre Entfernung unterhalb des Binnenwassers als am kleinsten angenommen oder aus der angenommenen Stärke berechnet, und es würden die oberen Riegel nach oben hin zunehmend eine größere Entfernung erhalten können. Indem jedoch die etwa in der Mitte der Torhöhe liegenden Riegel gewöhnlich mit der Strebe überschritten werden und außerdem die oberen Riegel weit mehr als die stets unter Wasser liegenden von den Einflüssen der Fäulnis, von Stößen durch Schiffe, Eis u. s. w. zu leiden haben, so erscheint es notwendig, die

Entfernung der oberen Riegel nicht lediglich wie die der unteren nach dem Wasserdruck zu bestimmen, sie also jenen Angriffen entsprechend verhältnismäßig kleiner zu nehmen. Es ist aber auch zu beachten, daß durch die Bohlen ein erheblicher Teil des Wasserdrucks auf den Untertramen (oder, falls größere Schützöffnungen vorhanden sind, auf den untersten Riegel) übertragen wird. Hieraus ergibt sich, daß die berechnete Entfernung der unter dem Binnenwasser bzw. dem Unterwasser liegenden Riegel unbedenklich vergrößert werden kann, und für alle Tore mit starker Bohlenbekleidung ist das Gesamtergebnis eine von einer gleichmäßigen nicht weit abweichende Verteilung der Riegel. Mitunter wird die Verteilung sogar ganz gleichmäßig gemacht. Bei Toren mit großen Schützöffnungen bedarf der unterste Riegel selbstverständlich einer durch Rechnung zu ermittelnden Verstärkung.

Mit Rücksicht auf die Biegung der Riegel durch den auf sie wirkenden Wasserdruck würde es jedenfalls für sie allein günstiger sein, wenn ihre Breite größer als ihre Höhe wäre. Da indessen bei geraden Toren zur Riegelbreite noch die Bohlenstärke hinzukommt, um die Dicke von Wendesäule, Schlagsäule und Rahmhölzern zu geben, und diese Hölzer durch übermäßige Breite leicht sehr dick und teuer werden, so scheint es in vielen Fällen vorteilhafter, die Riegel quadratisch oder gar hochkantig zu nehmen. Denn jene Hölzer müssen schon wegen der Verzapfungen, der Beschläge, der Abrundung und Abschragung an Wende- und Schlagsäule eine

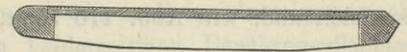


Abb. 113.

größere Breite als Dicke erhalten. Man kann freilich eine übermäßige Dicke dieser teuren Hölzer dadurch vermeiden, daß man nach Abb. 113 die Riegel nach ihren Enden hin verjüngt. Dies läßt sich jedoch wegen der Anbringung der auf der oberen Seite liegenden Bekleidungsbohlen in der Regel nur auf der unteren Seite des Tores tun. Daß übrigens diese Anordnung für die Anbringung eines Zugbandes, der Beschläge u. s. w. manche Nachteile hat, wird sich bei deren Beschreibung ergeben.

Streben und Bebohlung. Sind nun nach vorstehenden praktischen und den im § 16 gegebenen theoretischen Erwägungen die Abmessungen der Haupthölzer des Torgerippes bestimmt, so erübrigt noch, die Stärke und Lage der Streben und der Bohlen festzustellen. Die Strebe darf, um wirksam zu sein, nicht viel steiler als unter 30 Grad zu der Wendesäule stehen, zudem kann bei einem starken Oberrahmholz dessen freitragende Länge bis zur Schlagsäule als hinreichend sicher gegen Verbiegung angesehen werden. Der Strebe eine große Dicke zu geben, hat keinen Wert, weil sie um so stärker mit den Riegeln überschritten werden müßte und dies für die Riegel sehr nachteilig sein würde. Man nimmt sie deshalb höchstens doppelt so dick als die Bohlen und schneidet aus Strebe und Riegel je gleichviel aus. Die Strebe erhält oben und unten einen Versatz und außerdem kurze Zapfen. Die Versätze sind bei den Riegeln in geringem Maße zu wiederholen. Die Breite der Strebe muß recht groß genommen werden, weil sie ohnehin nicht viel wirksamen Querschnitt behält. Bei breiten Toren werden zur Vermehrung der Wirkung wohl zwei Streben nebeneinander angebracht (Abb. 108) oder man sucht durch zwischengesetzte Stücke die Dicke der Strebe zu vermehren (s. Abb. 114 u. 115). Es wird dabei den einzelnen Stücken außer dem Versatz noch eine etwas schräge Stützfläche gegen die Riegel gegeben, um durch Anziehen der die

Abb. 114. Horizontal-schnitt.

Abb. 115. Schnitt durch die Streben.

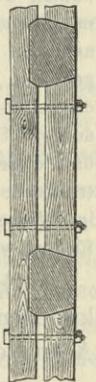
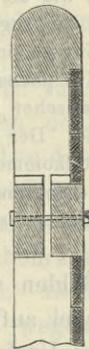


Abb. 114. Horizontal-schnitt. Abb. 115. Schnitt durch die Streben.

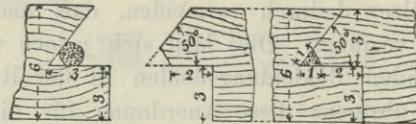
beiden Strebenhälften verbindenden Schraubenbolzen eine um so kräftigere Wirkung der einzelnen Stücke zu erzielen und dauernd erhalten zu können. Diese Anordnung kann jedoch schon wegen der vielen Bolzenlöcher und Verbindungen nicht empfohlen werden. Man darf auch den Bohlen namentlich, wenn sie wie üblich in gleicher Richtung mit der Strebe aufgebracht werden, und dem später zu erwähnenden Zugbande wohl zutrauen, daß sie die Strebe genügend unterstützen, um eine Versackung des Torflügels zu verhindern.

Die nebst der Strebe mit ihren Außenflächen bündig mit den Außenflächen der Umfangshölzer liegenden Bohlen erhalten an ihren Enden, wie die Strebe, einen Versatz in den Umfangshölzern und müssen tunlichst dichtschiefsend aufgebracht werden, um nicht allein dicht zu halten, sondern um auch an dem gegenseitigen Stemmen der beiden Torflügel zur Entlastung der Riegel teilzunehmen. Sie müssen mindestens so dick sein, daß sie bei ihrer schrägen Lage den größten Wasserdruck ertragen können, wobei eine Mehrstärke die Durchbiegung der Riegel etwas vermindert. Die Bohlen müssen aber auch für die Dichtigkeit, sowie mit Rücksicht auf Faulen u. s. w. eine gewisse Dicke von mindestens 5 cm erhalten, während sie selbst bei dem stärksten Wasserdruck wohl nie mehr als etwa 7 bis 8 cm stark zu sein brauchen. Um die Dichtigkeit zu erhöhen und dauernd erhalten zu können, kann man sie mit halbem Falz spunden und, wie Abb. 116 zeigt, mit keilförmiger Fuge kalfatern.

Abb. 116.



Abb. 117.



Um zu verhindern, daß der zum Kalfatern benutzte Werg bei starkem Zusammentrocknen der Bohlen herausfallen könne, hat Kromrey bei dem Neubau der Tore der Berliner Stadtschleuse die in Abb. 117 dargestellte, etwas abweichende Kalfaternung angewendet.<sup>59)</sup> Die 6 cm starken Bekleidungsbohlen wurden, wie die Abbildung zeigt, unter einem Winkel von etwa 50° bis zur halben Bohlenstärke mit Spund und Nut zugerichtet. In die Nut wurde ein etwa 2 cm starker Strang von Dichtungswerg, nachdem die Nut gehörig mit heißem Teer gestrichen war, eingelegt. Der Spund der nächsten Bohle, genau in die Nut passend, wurde auf 1 cm abgefast, so daß beim Zusammentreiben der Bohlen ein dreiseitig-prismatischer Zwischenraum blieb, der von dem zusammengepreßten Strange Dichtungswerg ausgefüllt wurde. Der Vorteil der in beschriebener Weise ausgeführten Bekleidung soll darin bestehen, daß dieselbe vollkommen wasserdicht ist und es auch bleibt, selbst wenn die einzelnen Bohlen zusammentrocknen. Der Dichtungswerg kann nämlich nicht herausquellen, und die Unreinlichkeiten, welche sich im Wasser vorfinden, setzen sich darin fest, wodurch die Dichthaltung der Bekleidung dauernd gefördert wird.

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

Umfangshölzer. Aus der notwendigen Dicke der Riegel an ihren Enden und der Dicke der Bohlen ergibt sich, wie mehrfach erwähnt worden, die Dicke der Umfangshölzer, welche zweckmäßigerweise für alle gleich genommen wird. Es kommt zwar vor, daß die Schlagsäule dünner als die Wendesäule gemacht wird, doch hat dieses bei der gleichen Anstrengung der Riegel an beiden Enden wenig Sinn, weil alsdann

<sup>59)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 179.

auch diese Enden verschieden dick sein müßten. Es ist ferner bereits erwähnt, daß die Umfangshölzer wegen der verschiedenen Zapfen u. s. w. breiter als dick zu nehmen seien und mag dafür im allgemeinen ein Verhältnis wie 5:4, bei der Wendesäule besser wie  $5\frac{1}{2}$  bis 6:4 gelten. Die Verbindung zwischen den Rahmhölzern mit der Wendes- und Schlagsäule erfolgt mit Rücksicht auf die Wirkung der Strebe und des Zugbandes, sowie der sonstigen Eisenbeschläge am besten so, wie die Abb. 110 u. 112 zeigen, also mit Versatz und geeckelten Zapfen, wobei aber die Versätze der Torfläche zu- gekehrt sein müssen. Die Tiefe der Versätze beträgt etwa  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Breite der Umfangshölzer.

Die Schlagsäulen müssen etwas länger sein, als das Tor hoch ist. Auch bei der Wendesäule ist dies oben zur Sicherung der Verzapfung zu empfehlen, unter Umständen des Halszapfens wegen sogar nötig (s. § 20), während unten keine Mehrlänge erforderlich ist, diese im Gegenteile nur die Ausbildung der Pfanne und des Schuhs erschweren würde. Die Schlagsäule wird dagegen an beiden Enden eine gewisse Verlängerung besitzen müssen, weil sonst die Verbindung mit den Rahmstücken mangelhaft ausfallen würde, wenn man nicht etwa auch hier einen eisernen Schuh anbrächte. Die Verlängerung am oberen Ende dient mitunter auch zur Befestigung der Bewegungsvorrichtung.

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

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

Gegen jene Versackung haben nun besonders die Zugstangen zu wirken. Ihre Berechnung erfolgt nach § 16 mit reichlicher Sicherheit, wenn man den ganzen Torflügel sich denkt, als ob er von der Wendesäule absacken wollte. Die dabei berechnete Stärke wird selbst bei großen Toren für die Stangen noch sehr mäßige Abmessungen ergeben. Es würde nun theoretisch das Richtige sein, die Zugstange in die Schwer- ebene des Torflügels zu legen. Hierzu ist aber eine schräge Durchbohrung aller Riegel, außerdem eine unbequeme Verbindung oben und unten erforderlich. Es ist daher diese zuweilen gebrauchte Anordnung nicht zu empfehlen, schon allein wegen der in den Bohrlöchern der Riegel sich einschleichenden Fäulnis. Die Zugstange nur auf eine Seite zu legen, ist unzweckmäßig, weil an den Befestigungsstellen die Zugkräfte mit etwa der halben Tordicke gleichen Hebelarmen auf Verbiegung der Bolzen wirken. Es bleibt daher die zweckmäßigste Lösung, daß die Zugstange doppelt und zu beiden Seiten des Tores angebracht wird, so daß die Schwerebene des Tores zwischen beiden liegt. Die Verbindung an der Wendesäule muß möglichst hoch liegen und ist nach Abb. 149, § 20 durch zwei sich rechtwinkelig kreuzende Bügel geschehen, die jede Bewegung des Aufhängepunktes ausschließen. Ist der obere Torzapfen aus einer gußeisernen

Haube gebildet, so kann die Zugstange hieran gehängt werden. Der untere Punkt muß an der Schlagsäule durch Vermittelung eines anderen Beschlagteiles befestigt sein, damit ein Spalten der Schlagsäule vermieden wird. Verwerflich ist es, die Zugstange oben ohne weiteres nur mit der Wendesäule zu verbolzen, weil dadurch das Spalten der letzteren fast unvermeidlich wird. Obgleich eine runde Stange gegen Zug etwas haltbarer als eine platte sein dürfte, so ist es wegen des Vortretens vor den Torflächen zweckmäßiger, eine platte zu nehmen, deren Augen an den Enden unbedingt etwas stärker sein müssen als der unverarbeitete Querschnitt. Dafs die Bolzen diesem Querschnitt mindestens gleichkommen müssen, sofern sie nicht zweiseitig sind, ist selbstverständlich. Die Zugstange durch Bolzen an den einzelnen Riegeln zu befestigen, ist nicht zu empfehlen und bei genügender Befestigung des oberen und unteren Punktes mindestens unnütz. Dagegen ist es gut, ihre etwaige Durchbiegung durch Stöße von Schiffen mittels kleiner Krampen zu verhindern (s. Abb. 108 u. 110, S. 156).

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

Abb. 118.

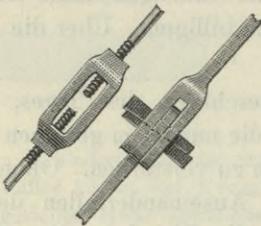
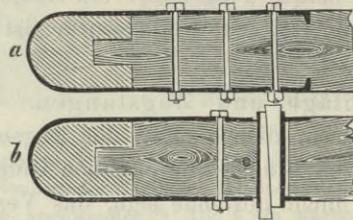


Abb. 119.



Sodann sind starke eiserne Bügel zunächst um den Rücken der Wendesäule bis soweit auf die Riegel und Rahmhölzer reichend notwendig, daß mindestens zwei Bolzen durch die horizontalen Hölzer gezogen werden können. Diese zwei Bolzen müssen wieder dem Querschnitt der Bügel entsprechen. Außerdem kann man, wie bei Abb. 108, S. 156 nach Abb. 119a geschehen, den Bügeln vorn rechtwinkelig gebogene Nasen geben, die nach dem Einlassen und Auftreiben der Bügel zuerst eingeschlagen werden und durch geringe Schräge der Nasen den Bügel stark anziehen. Diese Anordnung ist einfacher als die Anbringung von Keilen durch den ganzen Riegel hindurch (Abb. 119b). Die Bügel der Rahmhölzer sind stärker als die der Riegel. Um die Schlagsäule durchweg Bügel zu legen, würde zu unbequem sein. In Abb. 108 ist nur oben ein solcher angewandt, unten dagegen mit Rücksicht auf die Zugstange eine Winkelschiene; für die einzelnen Riegel aber sind sogenannte Krückeisen oder T-förmige Schienen angebracht und zwar ebenfalls mit Nasen. Diese Schienen haben nicht so viel zu halten wie die Bügel an den Wendesäulen, sind indessen bei gleicher Schwere auch nicht so wirksam wie jene. Es ist fehlerhaft, in dem Riegel nur einen Bolzen, in der Schlagsäule dagegen zwei oder drei anzubringen, da augenscheinlich auf beiden Seiten der Holzfuge gleicher Widerstand gegen Trennung sein muß. Bei allen diesen Beschlagteilen ist endlich auf sparsame, aber gleichmäßige Verwendung des Materials zu

sehen, so daß nicht irgendwo ein unnützes Übermaß, vorzüglich aber keine zu schwache Stelle vorkommt. An allen Schweißstellen muß eine gewisse Verstärkung wegen etwaiger nicht zu entdeckender Arbeitsfehler gegeben werden. Der Beschlag Abb. 125, S. 162 ist bei dichtliegenden Riegeln sehr zweckmäßig, und bei guter Schmiedearbeit ist auch die in diesem Falle gewählte Form der Schienen an den Bolzenlöchern zu empfehlen, weil keine Schwächung der Schiene eintritt.

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

Abb. 120 bis 122.

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

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

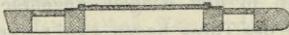
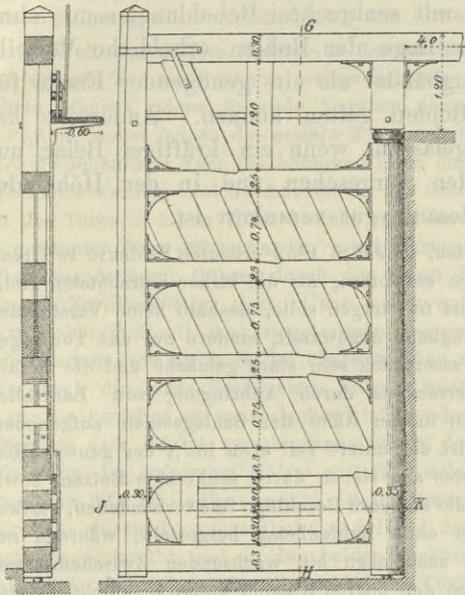
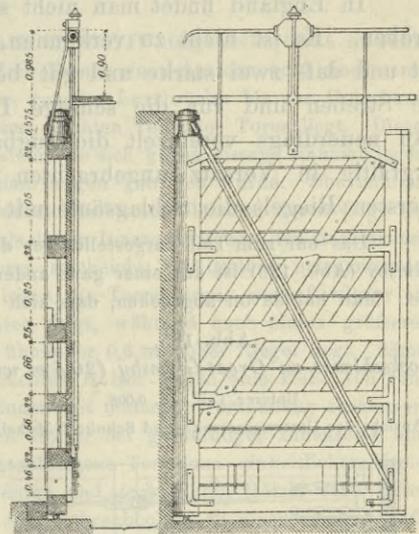


Abb. 122. Schnitt J K.

Abb. 123 u. 124.

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

Abb. 123. Vertikalschnitt.      Abb. 124. Ansicht der Unterwasserseite.



Abweichende Bauweisen. Einige von der gewöhnlichen Art der Holztorre abweichende Bauweisen mögen noch kurz besprochen werden. Auf die Befestigung der Riegel nach Abb. 121 ist bereits aufmerksam gemacht; dieselbe sucht die unvermeidlichen Nachteile der Zapfen zu umgehen. Für breite Tore und starken Wasserdruk würde jedoch statt der Anbringung zweier Knie ein Schuh für das Riegelende vorzuziehen sein, weil die Knie eine geringe Bewegung des Riegels an seinen Enden nicht verhindern können. Die Überhöhung dieses Tores ist nur zur Anbringung eines Drehbaumes geschehen. Es kommt etwas ähnliches jedoch auch dann vor, wenn ein

Tor wegen des zu haltenden Wassers eine geringere Höhe zu besitzen braucht, als die Seitenwände an der betreffenden Stelle haben. Alsdann gibt man dem Gerippe des Tores die dem Mauerwerk entsprechende Höhe, läßt die Bekleidung jedoch nur bis zur notwendigen Wasserhöhe reichen.

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

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

In England findet man nicht selten Tore mit senkrechter Behohlung, somit ohne Streben. Es ist nicht zu verkennen, daß diese Lage der Bohlen erhebliche Vorteile hat und daß zwei starke und gut befestigte Zugbänder als ein genügender Ersatz für die Streben und für die schräge Lage der Bohlen gelten können. Andererseits hat man neuerdings vereinzelt die Zugbänder fortgelassen, wenn ein kräftiger Belag aus sorgfältig in Versatz angebrachten Schrägbohlen vorgesehen und in der Höhe des obersten Riegels die Schlagsäule mit der Wendesäule gut verankert ist.

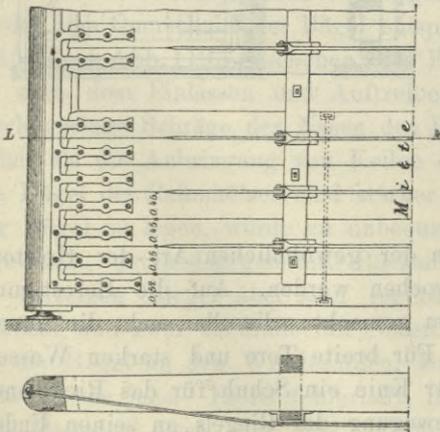
Das nur zum Teil dargestellte Tor der 21 m weiten, im Jahre 1853 erbauten Schleuse zu Great-Grimsby (Abb. 125) ist auf einer ganz anderen Grundlage entworfen, als die bisher betrachteten Holztore. Man hat davon abgesehen, daß sich das Tor selbst frei tragen solle, deshalb keine Verstrebung

Abb. 125.

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

Unterer Teil. M. 0,008.

Ansicht der Unterwasserseite und Schnitt LM (halb).



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

Weniger einfach ist das in Abb. 10, Taf. IV in einem wagerechten Schnitt gezeichnete Tor einer Schleuse zu Antwerpen (siehe Zeitschr. d. Arch.- u. Ingenieur-Vereins zu Hannover, Band IX). Es sind

hier wegen Mangels einer genügenden Steifigkeit gegen Versacken ebenfalls Laufrollen angebracht, außerdem jedoch auch ein an der unteren Seite liegendes Zugband. Trotzdem die Drempe geradlinig,

sind die Torflügel nach oben hin gekrümmt, um die Riegeldicke in der Mitte zu verstärken. Diese Riegel bestehen aus zwei durch Schrauben verbundenen Hölzern von *yellow pine*, die aufer durch die Wende- und Schlagsäule durch vier Paare senkrechter Stiele untereinander verbunden werden. An der oberen Seite liegen die senkrechten Bekleidungsbohlen, welche hier aus Kiefernholz genommen sind.<sup>60)</sup>

Die in Abb. 221, § 22 dargestellten eichenen Tore der Schleuse im Kanal des Moines am Mississippi bei Keokuk<sup>61)</sup> sind im wesentlichen aus Riegeln zusammengesetzt, welche die Form eines Laves'schen Balkens haben, indem drei senkrechte Zwischenständer die Riegelhälften auseinander halten und durch Schraubbolzen mit diesen verbunden sind. Außerdem liegt zwischen je zwei Riegeln eine in der Ansicht nicht gezeichnete, geknickte wagerechte Spannstange, wovon jede Hälfte ein Schloß zum Nachziehen hat. Diese Stangen sind am einen Ende an der aus einem starken Holze hergestellten Schlagsäule, am anderen Ende aber an der gußeisernen Wendensäule befestigt, welche die Riegelenden in ihrer Höhlung umfaßt. Gegen das Versacken ist jeder Torflügel durch zwei in der Mittelebene des Flügels liegende Zugstangen geschützt, welche ihre obere Befestigung aber nicht an der Wendensäule, sondern an einer hinter der Wendenscheit stehenden gußeisernen Säule haben, die wieder durch vier nach verschiedenen Richtungen gehende und am Mauerwerk verankerte Zugstangen gesichert ist. Vermöge dieser Stangen wird das Halsband des oberen Torzapfens, sowie auch der untere Torzapfen wesentlich entlastet (vergl. § 20). Die im senkrechten Schnitt der Abb. 221 unten sichtbaren Rollen sind keine Laufrollen, sondern Leitrollen, welche zu der im § 22 beschriebenen Druckwasser-Bewegungs- vorrichtung gehören. Bedenklich erscheint die Verwendung einer annähernd halbzylindrischen gußeisernen Wendensäule, welche bei jedem Riegel zwar mit zwei Schraubbolzen an ihren Kanten zusammengehalten wird, aber bei zufälligen Erschütterungen des ganzen Flügels oder einer Verbiegung desselben schwerlich genügend widerstandsfähig sein dürfte.

Wohl das größte Holztor ist das im Grundrisse in Abb. 12, Taf. IV dargestellte, etwa im Jahre 1866 erbaute Tor einer 30,5 m weiten Schleuse in Havre. Zum Ersatz einer Ansicht oder eines senkrechten Schnitts mögen folgende Angaben dienen. Die Höhe von der Laufbrücke bis zur Unterkante ist 11,8 m, wobei jedoch die erstere 2 m hoch über dem festen, dichten Teile des Tores liegt. Dieser obere Zwischenraum kann bei höheren Fluten durch leichte Tafeln, die sich gegen eiserne Rahmen legen, abgedichtet werden, welche Anordnung der Gewichtsverhältnisse wegen getroffen wurde. Der unterste Teil des Tores in 5,4 m Höhe besteht ganz aus dicht aneinanderschließenden Hölzern, deren Lage aus der genannten Figur erkennbar ist, wenn hinzugefügt wird, daß die im Innern zwischen den riegelartigen Teilen angedeuteten Hölzer durch die ganze Höhe des Tores reichende, unmittelbar nebeneinander stehende Vertikalständer sind. Über jenem unteren Teile liegen die Torschützen, worauf wieder ein 0,9 m hoher Teil mit drei riegelartigen wagerechten Schichten folgt, während nach einem größeren Zwischenraum von 4,9 m in der obersten Höhe nur noch ein ähnlicher 0,6 m hoher Riegel liegt. Sämtliche durch die ganze Breite eines Flügels reichenden wagerechten Hölzer haben eine Höhe von rund 0,3 m; sie bestehen aus ostseeischer Kiefer und sind an den Enden mit einfacher Verzahnung zusammengefügt, so daß infolge verschiedener Stärke der senkrechten Hölzer bei geradliniger Innenseite eine Krümmung der äußersten Hölzer entsteht, welche für das geschlossene Tor einen einheitlichen Kreisbogen von 32,6 m Radius ergibt. Diese sämtlichen wagerechten und senkrechten Hölzer sind durch zahlreiche, durch die ganze Dicke und Höhe des Tores reichende Schraubbolzen zu einer einzigen Tafel zusammengeschraubt und an den beiden senkrechten Enden mit einer starken eichenen Wende- bzw. Schlagsäule verbunden. Das Gewicht jedes Torflügels kann durch zwei breite und 0,45 m Durchmesser haltende Laufrollen aufgehoben werden, welche unmittelbar auf den Torkammerboden laufen. Die eine Rolle liegt auf der halben Länge des Flügels, die andere an der Schlagsäule. Die Rollen werden nach Belieben von der Laufbrücke durch Schrauben gehoben oder gesenkt. Endlich besitzen diese Tore noch die bei französischen Dockschleusen nicht selten angebrachten Gegentore, welche bei stürmischem Wetter und annähernd gleichem Außen- und Innenwasserstande das Auf- und Zuschlagen der Haupttore verhindern (s. § 15, S. 130). Ein einziger Flügel des beschriebenen Tores hat gekostet an Holz 51 000 M., an Eisen, Bronze und sonstiger Metallarbeit der Hauptverbindungen 62 000 M., an Maschinen zum Bewegen,

<sup>60)</sup> Über große hölzerne Tore, sowie über hölzerne Tore mit Riegeln, die durch Eisen verstärkt sind, siehe ferner: *Nouv. ann. de la constr.* 1874, Bl. 23 u. 57; daselbst 1875, Bl. 45. — *Zeitschr. f. Bauw.* 1877, Bl. 62. — *Ann. des ponts et chaussées* 1878, Bl. 2 u. 4 und *Engineer* 1873, Febr. u. März; desgl. *Deutsche Bauz.* 1890, S. 542 (Tore der Schleusen des Manchester-Seekanals).

<sup>61)</sup> *Zeitschr. f. Bauw.* 1877.

Anstrich, Kalfatern und Benageln der Aufsenseite gegen Seewurm u. s. w. 24000 M., für Bearbeitung und Aufstellung jedes Flügels etwa 23000 M., zusammen rund 160000 M. Dazu kommt noch für jeden Flügel eines Gegentores 12000 M. Bei der Vergänglichkeit des verwendeten Holzes und diesen bedeutenden Kosten muß eine ähnliche Bauweise, und zwar namentlich im Vergleich zu den weiter unten zu beschreibenden Ausführungen in Eisen, als unzuweckmäsig bezeichnet werden. Näheres siehe Engineer 1873, Febr.

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

Eine abweichende, sehr einfache Bauweise zeigen vielfach die Schleusentore der Binnenschiffahrtskanäle in Norwegen, die aber nur Anwendung finden kann, wo das Holz so wenig Wert wie dort hat. Dort macht man die Tore häufig ohne Wende- und Schlagsäule aus wagrecht übereinander geschichteten Stämmen nur wenig bearbeiteter Rundhölzer, deren Stärke dem größeren Wasserdruck entsprechend nach unten zunimmt. Zusammengehalten werden sie durch darüber senkrecht verbolzte Halbhölzer und eiserne Zuganker, die von unten nach oben bezw. diagonal durchgehen. Die Wendensche dieser Tore besteht, auch wenn die Schleusen in Fels eingehauen sind, aus Holz und ist zylindrisch, ebenso der Drempe.<sup>62)</sup>

Nach demselben Grundsatz, wenn auch mit etwas mehr Rücksicht auf Holzersparnis, ist das Untertor der Schleuse bei Dam und am Great Kanawha in Amerika hergestellt (Abb. 125 a). Auch hier fehlen Wende- und Schlagsäule und an deren Stelle sind zwischen den als verübelte Balken hergestellten Riegeln kürzere Langhölzer mit den Riegeln verübelt und mittels von oben bis unten durchgehender Anker verbolzt.<sup>63)</sup>

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

Einhängen und Gangbarmachen der Holztore. Schließlich möge noch das Verfahren des Einhängens und Gangbarmachens der Holztore kurz beschrieben werden. Die einzelnen Torflügel müssen frühzeitig neben der Ausführung des eigentlichen Schleusenkörpers in Angriff genommen werden, damit sie mit aller Sorgfalt bearbeitet und sofort nach genügender Aufführung der Seitenwände eingehängt werden können. Es ist daher meistens notwendig, sie auf einem besonderen Platze neben der Baugrube zu bearbeiten und endlich auf einer geeigneten Bahn mittels Walzen oder auf

<sup>62)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 276.

<sup>63)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1895, Ergänzungsheft S. 19 u. Taf. VIII, Abb. 68. Ähnliche Ausführungsweise ist auch für Erweiterung des Erie-Kanals in Aussicht genommen (vergl. Report on the Barge Canal from the Hudson River to the Great Lakes, erstattet vom Staatsingenieur Edward A. Bond. Albany 1901).



der Flügel um den ganzen Drehwinkel genau eingestellt sind, wird das Tor geschlossen. Die Breite der Schlagsäulen ist absichtlich etwas zu groß gelassen, um jedenfalls einen sicheren Schluß zu erreichen. Es werden nun mit Vorsicht die Berührungsflächen derselben nachgearbeitet und zwar endlich meistens mit Hilfe eines feinen, von oben nach unten geführten Sägenschnittes zwischen den beiden fest zusammengehaltenen Flügeln. Man darf erwarten, daß ein so zusammengedichtetes Tor vollständig dicht schließt.

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

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

Um bei hohen Wasserständen den Auftrieb der Schwimmtore nicht zu groß werden zu lassen, kann man entweder die Anordnung treffen, daß man zwar die Tore durchweg mit doppelter Haut versieht, aber nur einen unter dem niedrigsten Wasserstande liegenden Teil dauernd vom Wasser abschließt und als Schwimmkasten benutzt, während in den übrigen Teil des Tores das Wasser durch Öffnungen in der Haut der einen Seite frei ein- und austreten kann, oder daß man nur dem Schwimmkasten doppelte, dem übrigen Torkörper nur einfache Haut gibt. Erstere Anordnung hat den Vorteil, daß das Wasser, wenn die Öffnungen in der Haut geschlossen sind, aus dem ganzen Tor entfernt und dieses bei höheren Wasserständen selbständig schwimmend bequem fortbewegt werden kann. Die Anordnung nur einer Haut für den oberen Teil dagegen erleichtert die Zugänglichkeit aller Teile und ist auch billiger.

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

rasch oxydieren, das Eisen in hohem Grade vor Rosten schützen. Eichenholz soll durch seine Gerbsäure das Eisen angreifen, während Teak- und Greenheartholz wegen ihres öligen Saftes dies nicht tun.

Nach Mitteilungen von Rudloff hat man in Bremerhaven beobachtet, daß alle vorstehenden Eisenkanten, auf denen sich Schlick ablagern kann, somit namentlich die oberen Teile der Nietköpfe, besonders vom Roste zu leiden haben. Es ist daher bei Toren in schlickreichem Wasser zweckmäßig, die wagerechten Blechnähte möglichst so anzuordnen, daß das obere Blech das darunter liegende überdeckt, wie Abb. 127 zeigt. Um die Beschädigung der Nietköpfe zu vermeiden, kann man diese versenken, so daß die Außenfläche der Tore wie bei den Schiffen ganz glatt wird.

In Frankreich hat man in neuerer Zeit vielfach die Eisenteile der Tore zum Schutze gegen Rost mit Zink überzogen. Beim Bau der Tore für die Schleuse der transatlantischen Schifffahrt zu Havre wurde hierfür an Ort und Stelle eine besondere Anstalt eingerichtet, welche imstande war, Stücke bis zu 11 m Länge zu verzinken.<sup>64)</sup> Die Niete, welche die einzelnen Teile miteinander verbinden, können nun zwar nicht verzinkt werden, man hat aber in Havre die Beobachtung gemacht, daß sich ihre Köpfe in kurzer Zeit infolge galvanischer Einflüsse auf Kosten der benachbarten verzinkten Teile mit einer Zinkhaut überziehen, so daß die Verzinkung eine vollständige wird. Der Vorsicht halber hat man dort die Haut des Tores über der Verzinkung noch mit einem zweimaligen Anstrich von Zinkfarbe versehen.

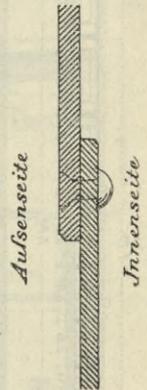
Es mögen nun die einzelnen Bauweisen an geeigneten Beispielen näher betrachtet werden.

Gerade Tore mit einfacher Haut. In den Abb. 128 bis 130 (S. 168) ist ein Torflügel der Schleuse zu Charenton im Kanal St. Maurice dargestellt, welche im Jahre 1863/64 gebaut ist.<sup>65)</sup> Nach diesem Vorbilde sind in Frankreich, Belgien und Deutschland eiserne Tore ausgeführt, die nur wenig von den hier dargestellten abweichen. Der Torflügel ist in ähnlicher Weise wie der eines Holztores aus dem Umfangsrahmen und Zwischenriegeln zusammengesetzt und mit senkrechten Blechen nur an der oberen Seite bekleidet. Die senkrechten und wagerechten Rahmenstücke, sowie die Riegel besitzen sämtlich die I-Form.

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

Die Vorzüge jener Eisenform bestehen sowohl in der großen Widerstandsfähigkeit gegen Biegung, als auch in dem günstigen Querschnitt bei Zug und Druck in der Längenrichtung des Balkens, sowie nicht minder in der Bequemlichkeit für jede Art von Verbindung untereinander und mit anderen Eisenteilen. Indem sich bei den

Abb. 127.



<sup>64)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1887 II, S. 411 u. f.

<sup>65)</sup> Siehe hierüber Ann. des ponts et chaussées 1865 u. 1866, sowie dieselben Mitteilungen auszugsweise in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1867, S. 404.



Platten fortfallen, wie die Abb. 136 (Riegelverbindung an den Ihle-Kanal-Schleusen) zeigt. Bei den letzteren Toren ist außerdem jeder Riegel mit seinen aufrechtstehenden Schenkeln etwas in die abwärts gehenden Schenkel der Wende- und Schlagsäule eingelassen, wodurch eine grössere Sicherheit gegen Versackung entsteht. Trotzdem ist diesen Toren noch eine Zugstange zugefügt, welche die Mittelstege der Riegel durchdringt und oben und unten befestigt ist. Es erscheint jedoch bei Kanal-Schleusentoren von grosser Höhe und geringer Breite wegen der grossen Steifigkeit, welche die Blechbekleidung ihnen verleiht, diese Zugstange entbehrlich.

Bei der Schleuse zu Charenton, wie nicht minder bei den nach ihrem Muster später erbauten Schleusen, unter anderen auch am Ihle-Kanal, ist zur Verstärkung der Steifigkeit des ganzen Flügels und namentlich der Wendesäule und der Schlagsäule neben den letzteren und an der unteren Seite je eine 0,4 m breite Blechplatte von der doppelten Stärke der 4 mm starken Blechbekleidung angebracht (s. Abb. 132 u. 133). Endlich dient ein in der Mitte der Riegel an derselben Seite des Tores befestigtes Winkelisen noch zur Verbindung der Riegel untereinander.

Während die Entfernung der Riegel voneinander der Zunahme des Wasserdrucks ziemlich genau entspricht und nur der unterste wegen der Schützenöffnungen eine grössere Entfernung von dem Unterrahmstück zeigt, auch demgemäss stärker ist, sind zur Übertragung des Tordrucks auf die Wendensche aufser den mit dem oberen Zapfen und der unteren Pfanne verbundenen Stützwinkeln nur noch zwei zwischenliegende nach Abb. 134 angebracht, welche sich mit ihrem abgerundeten Teile genau in die Mittellinie des Torflügels gegen eine etwas hohl gekrümmte Stützplatte (Abb. 135) in der Nische stemmen. Mit Ausnahme des am oberen Zapfen befindlichen Stützwinkels sind alle übrigen, sowie die Stützplatten, aus Gusseisen gebildet und, wie die Abbildungen zeigen, durch Schrauben mit der Wendesäule bzw. der sehr vereinfachten Wendensche verbunden. Indem die Schleusentore zu Zeiten etwa 4 m Wasserdruck zu ertragen haben, erscheint diese sparsame Anbringung von Stützpunkten etwas dürftig,

Abb. 131 bis 135. Schleuse bei Charenton. Einzelheiten. M. 0,04.

Abb. 131 u. 132. Halszapfen.

Abb. 133 u. 134. Spurzapfen und Pfanne.

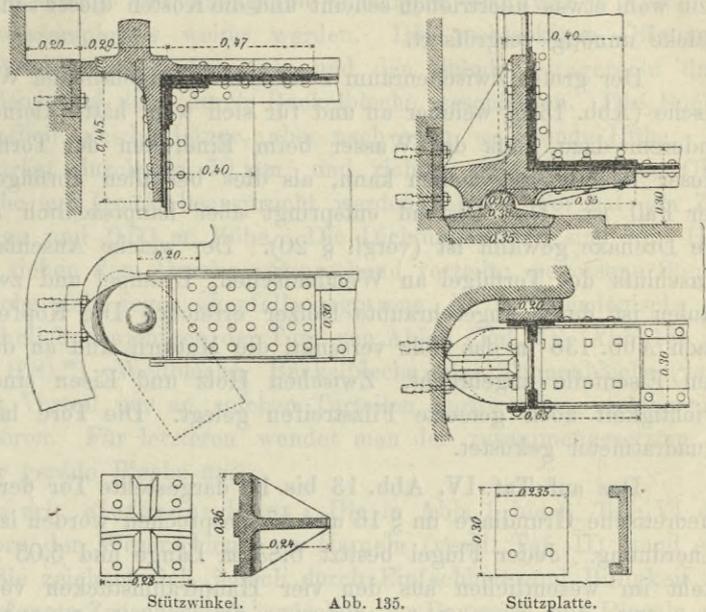
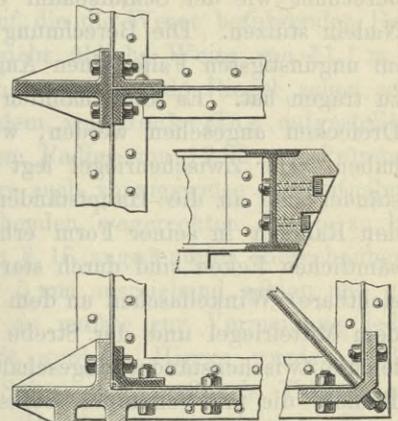


Abb. 136.



sowohl in bezug auf die Festigkeit der Eisenteile, als auf die gegen das Mauerwerk hinter den Stützplatten gerichteten Stöße bei dem Schließen der Tore, wodurch ein Losrütteln der Platten nicht unmöglich sein dürfte. Im Gegensatz dazu sind bei den Schleusen des Ihle-Kanals hinter jedem der zum großen Teile nur 0,63 m voneinander entfernten Riegel solche Stützwinkel und Platten angebracht, was hinsichtlich der Sicherheit wohl etwas übertrieben scheint und die Kosten dieser sehr sorgfältig anzubringenden Stücke unnötig vergrößert.

Der große Zwischenraum zwischen der eigentlichen Wendesäule und der Wendensche (Abb. 132), welcher an und für sich wohl hätte kleiner sein können, dient unter anderem dazu, daß das Wasser beim Eindrehen der Torflügel in die Tornische aus dieser leichter entweichen kann, als dies bei allen Torflügeln mit voller Wendesäule der Fall ist. Der Abstand entspringt aber hauptsächlich aus der Lage, welche für die Drehaxe gewählt ist (vergl. § 20). Der weiche Anschlag, sowie der wasserdichte Anschluß der Torflügel an Wendensichen, Drempele und zwischen den beiden Schlagsäulen ist durch angeschraubte Hölzer erreicht. Die Köpfe der Schraubenbolzen sind nach Abb. 136 in das Holz versenkt, die Muttern sind an der Innenseite der betreffenden Eisenteile angebracht. Zwischen Holz und Eisen sind außerdem zur größeren Dichtigkeit noch geteerte Filzstreifen gelegt. Die Tore haben rund 144 M. für das Quadratmeter gekostet.

Das auf Taf. IV, Abb. 13 bis 15 dargestellte Tor der Schleuse zu Ablon, dessen theoretische Grundlage im § 16 und 17 besprochen worden ist, bietet eine eigentümliche Anordnung. Jeder Flügel besitzt 6,83 m Länge und 5,05 m Höhe. Das Gerippe besteht im wesentlichen aus den vier Haupttrahmstücken von I-förmigem Querschnitt, einem Mittelständer und einem einzigen Mittelriegel. Das obere Rahmstück ist zunächst berechnet wie der Schlufsbaum eines Nadelwehres, gegen welches sich die einzelnen Nadeln stützen. Die Berechnung für den mittleren Zwischenständer ergibt, daß dieser im ungünstigsten Falle einen Angriff von derselben Größe wie das obere Rahmstück zu tragen hat. Es kann nämlich die Mitte dieses Ständers als der Stützpunkt von vier Dreiecken angesehen werden, welche je ihre Basis an den vier Haupttrahmstücken haben. Der Zwischenriegel legt sich demgemäß in zwei Teilen je an den Zwischenständer und an die Hauptständer. Die Strebe und das doppelte Zugband sollen nur den Rahmen in seiner Form erhalten, namentlich während seines Freihängens. Die sämtlichen Ecken sind durch starke Bleche verbunden, ferner sind (in der Figur nicht sichtbare) Winkellaschen an dem mittleren Knotenpunkt zwischen dem Zwischenständer, dem Mittelriegel und der Strebe angebracht. Für die Schützenöffnungen sind ferner leichte Zwischenständer eingeschaltet. Die Bekleidung besteht aus 0,1 m starken eichenen Bohlen, die mit Schrauben befestigt sind und leicht nach Bedürfnis erneuert werden können. Die Schlagsäule, die Wendesäule und das untere Rahmstück, sowie die inneren Seiten der Schützenöffnungen haben hölzerne Futter erhalten, welche jedoch an den unteren Enden der beiden Schlagsäulen wegfallen, so daß im geschlossenen Zustande des Tores für die hindurchgehende Kette ein schmaler Schlitz verbleibt. Die Kosten eines ganzen Tores haben 5600 M. betragen oder rund 160 M. für 1 qm. Die an dem Verbindungskanal zwischen der Aisne und Marne nach demselben Grundsatz, aber in kleineren Abmessungen von 3,04 m Länge und 5,04 m Höhe ausgeführten Tore haben nur 107,2 M. für 1 qm gekostet (s. Ann. des ponts et chaussées 1882, Les portes de l'écluse d'Ablon).

Um die Bleche der Haut schwächer machen zu können, hat man in Frankreich bei den Toren des Unterhauptes einer Schleuse im Canal du centre, welche ein Gefälle von rund 5 m aufweist, Buckelbleche verwendet. Die Tore von 8,018 m Höhe und rund 3 m Länge bestehen aus einem starken eisernen Rahmen mit einem starken Ständer in der Mitte zwischen Schlag- und Wendesäule. Außerdem sind acht kräftige horizontale Riegel zwischen Wende- und Schlagsäule vorhanden, und zwar in Abständen, die oberhalb des Unterwasserspiegels weiter werden. Die rechteckigen Öffnungen, welche senkrecht durch Wendesäule, Schlagsäule und den Ständer, wagerecht durch die Riegel begrenzt werden, sind dann durch Buckelbleche geschlossen. Die Buckelbleche haben danach sämtlich gleiche Länge, aber nach oben wachsende Höhe. Die Wölbung der Bleche beträgt durchweg 70 mm und richtet sich gegen das Oberwasser, so daß die Bleche auf Druck beansprucht werden. Jedes Tor hat ein Zugschütz von 1,434 m Länge und 0,60 m Höhe. Die Dichtungsleisten sind von Holz. An der Wendesäule sind sieben dem Drucke entsprechend verteilte gegossene Stemmkörper (Stützwinkel), welche sich gegen ebenfalls gegossene, in die Wendenische eingelassene Platten legen, ähnlich denjenigen der Tore von Ablon (Taf. IV, Abb. 13) und Charenton (Abb. 129, S. 168).<sup>66)</sup> Wellbleche, Buckelbleche oder Tonnenbleche (vergl. S. 146) sind übrigens mit Vorteil nur an solchen Torteilen anzuwenden, welche nicht zu einem Luftkasten gehören. Für letzteren wendet man der zusammengesetzten Beanspruchung wegen besser gerade Bleche an.

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

Es würde hiermit das Tor gegen den größten Wasserdruck und selbst gegen etwaige Stöße u. s. w. gesichert erscheinen; nur erforderte die Sicherheit gegen die aus dem Eigengewicht und der Form des Tores hervorgehenden Angriffe noch eine weitere Verstärkung. Wie in § 16 auf S. 143 erwähnt ist, liegt der Schwerpunkt *S* jedes Flügels außerhalb der Blechwand; es liegen folglich auch die auf den oberen und

<sup>66)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1892 II.

unteren Zapfen wirkenden Kräfte  $Z = \frac{G b - \mathcal{A} c}{h}$  (§ 16, Formel 28) in der durch den Schwerpunkt und die Zapfenmittelpunkte bestimmten Ebene, so daß der durch die Blechwand gebildete Bogen oben auseinandergezogen, unten aber zusammengedrückt wird. Hiergegen ist er durch segmentförmige wagerechte Bleche (s. Abb. 2 bis 5) oben und unten, sowie außerdem nochmals in der halben Höhe versteift. Die oberen Bleche dienen aber auch zur Laufbrücke und die unteren zur Anbringung eines Holzfutters für den auf diese Weise geradlinig gewordenen Drempe. Das mittlere Segment gewinnt hauptsächlich seine Bedeutung durch die Verbindung mit zwei senkrechten Blechständen, welche zur Steifigkeit gegen Verbiegung in senkrechtem Sinne hinzugefügt wurden. Ein starkes Zugband ist endlich erst nach der Aufstellung der Tore angebracht worden, nachdem sich herausgestellt hatte, daß sie gegen das Versacken doch nicht steif genug waren und daß eine merkliche Formveränderung stattfand. Diese Zugbänder haben ihren Zweck vollständig erfüllt. Die größeren Untertorflügel wiegen etwa je 6000 kg. Nur in diesen sind, wie aus Abb. 3 u. 5 ersichtlich, je zwei Schützenöffnungen zum Entleeren der Schleusenkammer angebracht, während das Füllen der Kammer durch entsprechende Umläufe geschieht. Mit allen Nebenkosten hat 1 qm der Torflügel durchschnittlich nur 132 M. gekostet, also 12 M. weniger als bei den sehr viel kleineren Toren der Schleuse zu Charenton, welche ihrerseits die bis dahin ausgeführten eisernen Schleusentore an Billigkeit weit übertrafen.

Als eine neuere Ausführung von Torflügeln, welche beide nach durchgehendem Kreisbogen gekrümmt, nur mit einfacher glatter Haut versehen sind, sei diejenige der Schleuse am Mühlendamm in Berlin erwähnt (Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 51, Taf. 12).

Bei einer nutzbaren Breite der Schleuse von 9,6 m beträgt der Halbmesser für die Krümmung der 8 mm starken Haut 9,45 m. Diese nimmt den Wasserdruck auf und stützt sich gegen Wende- und Schlagsäule.

Zur Aussteifung im geschlossenen Zustande dienen dem Tore Schiffswinkeleisen in Abständen von etwa 520 mm. Für das Öffnen hat das Tor einen festen Rahmen, bestehend aus Wende- und Schlagsäule, einen oberen und unteren wagerechten Träger und 2 Diagonalen aus Winkeleisen erhalten.

Schlag- und Wendesäule sind offen und so gestaltet, daß sie gut nachgesehen und gestrichen werden können.

Die Wendesäule ist mit fünf Stützknaggen versehen, die Dichtung geschieht durch Holzleisten. Jeder Torflügel hat ein Drehschütz. Näheres in der Quelle, die viele Einzelheiten bringt.

Bei dem von Mohr geleiteten Bau des Oder-Spree-Kanals sind die Untertore der Schleusen im Anschlusse an ein Patent von Offermann teilweise aus schmiedeisernen Rahmen mit Wellblechüberkleidung hergestellt. Die gekrümmten Wellblechtafeln sind in den schmiedeisernen Rahmen eingeschoben. Gegen Verbiegungen des Rahmens durch die im Wellblech bei Wasserdruck eintretende Spannung sind Stahlanker (Spannstangen) zwischen den die Wende- und Schlagsäule bildenden eisernen Ständern eingezogen. Zur Herstellung eines wasserdichten Schlusses sind die an Werkstein anschlagenden Torflächen mit Holz bekleidet. Die auf diese Weise ausgeführten Torflügel der Schleuse zu Wernsdorf sind in den Zeichnungen Taf. VII, Abb. 4 bis 14 dargestellt. Die in Abb. 4 abgebrochen gezeichneten  $\square$ -Eisen tragen Gegengewichte (vergl. § 16). Die Wendesäulen sind Kastenträger, welche sich mit aufgeschraubten

stählernen Stützwinkeln bei geschlossenem Tore gegen die Nische stemmen, ähnlich wie bei den Toren der Charlottenburger Schleuse<sup>67)</sup> und anderen.

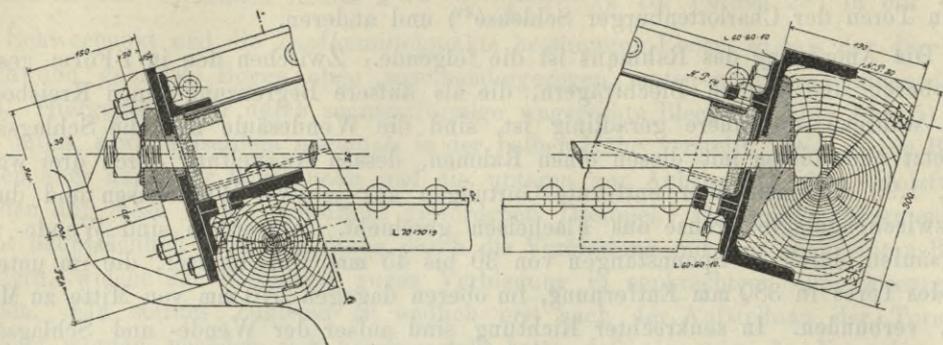
Die Anordnung des Rahmens ist die folgende. Zwischen den in I-Form gestalteten oberen und unteren Blechträgern, die als äußere Begrenzung einen Kreisbogen haben, während die innere geradlinig ist, sind die Wendesäule und die Schlagsäule eingesetzt und bilden mit diesen einen Rahmen, dessen Aussteifung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

Wegen der weiteren Anordnung des Tores kann auf die bildliche Darstellung verwiesen werden, es erübrigt indessen noch, die Befestigung und das Einbringen des die Deckung des Tores bildenden Wellblechs näher zu erläutern. Die einzelnen Wellblechtafeln, die nur in einer Höhe von 0,58 m hergestellt werden konnten, sind durch über die Stöße gelegte und wasserdicht genietet Deckplatten in Form des unteren Teils der Welle zu einem Ganzen verbunden und mit den unteren und oberen Enden der dadurch hergestellten Gesamtplatte an den Unter- und Obertramen angenietet, wie dies Abb. 14, Taf. VI für den Untertramen zeigt. Die Dichtung und die gleichmäßige Druckübertragung der Wellenenden auf die Schlag- und Wendesäule ist in folgender Weise bewirkt. Es wurden zunächst nach der Form des Wellblechs in wagerechter Richtung ausgeschnittene Stahlgußstücke in ungleichschenkeliger Winkeleisenform gegossen, die Bleche hierauf eingepaßt und zwischen sie und diese Gußstücke Dichtungsstoffe, nämlich in Mennige getränkte Hanfeinlage, eingeschoben. Um die erforderliche Anpressung des Wellblechs in den einzelnen Wellen an diese Gußstücke und dadurch die erforderliche Dichtigkeit herzustellen, sind passende Gußstahlstücke von oben auf die Wellen aufgepaßt und mit dem unteren Hauptgußstück durch eingezogene Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen fest verbunden. Hierdurch war also ein in seinem senkrechten Teile vollständig glatter Rahmen, der mit dem Wellblech wasserdicht verbunden ist (vergl. u. a. Abb. 8 u. 14), geschaffen, der seinerseits nur noch wasserdicht in den eigentlichen Torrahmen eingesetzt zu werden brauchte. Dies geschah dadurch, daß man in die Flacheisen bzw. U-Eisen an der Wende- und Schlagsäule, in welche obige Begrenzungsrahmen eingreifen, vor deren Einbringung eine in Mennige getränkte, über die ganze innere Weite dieser Eisen reichende Hanfflechte einlegte (vergl. Abb. 9 u. 11, Taf. VI). In dieser Weise ist ein vollkommen dichter Anschluß erzielt. Die Befestigung der Spannstangen an der Wendesäule und der Schlagsäule zeigen die Abb. 8, 10 u. 13. Bei der Kanalisierung der oberen Oder ist diese Bauweise der Schleusentore in größerer Ausdehnung angewendet worden, wobei durch Vereinfachung manche Einzelheiten vervollkommen sind.

So sind die Wendesäulen nicht als geschlossene Kastenträger hergestellt, sondern haben U-förmigen Querschnitt erhalten, um sie besser im Anstrich erhalten zu können (Abb. 137).

<sup>67)</sup> Vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1886, Charlottenburger Stauanlage.

Abb. 137.



Ferner erhielten die Tore hier je zwei Schützklappen mit wagerechter Axe und dementsprechend nur eine senkrechte Versteifung in der Mitte zwischen den beiden Klappen (Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 475).

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

Bei einer Dockschleuse zu Willemsoord<sup>68)</sup> am Helder (Abb. 16 bis 19, Taf. IV) zeigen die Tore im wagerechten Schnitt die Form eines sogenannten Halbparabelträgers; sie sind namentlich hinsichtlich der Lage der Blechtafeln auf den beiden Seiten beachtenswert. Während nämlich die nach ihrer Lage verschieden starken Bleche auf der Innenseite in ihrer Längsrichtung wagerecht liegen, so daß sie mit ihren Breiten von 0,96 m bei jeder 0,75 m voneinander entfernten Horizontalrippe abwechselnd um etwa 0,2 m sich überdecken, gehen auf der Außenseite die Bleche in ihrer Längsrichtung aufwärts und zwar über 4 bis 5 Horizontalrippen hinüber. An der Wendesäule und Schlagsäule liegen die Bleche stumpf gegeneinander und sind nur mit den Schenkeln der innen liegenden Winkeleisen vernietet. Die bei anderen Toren üblichen äußeren Laschen fallen also hier überall fort. Über dem unteren Torzapfen befindet sich eine bis an den oberen Zapfen reichende senkrechte Querwand, welche in der Drehaxe noch durch zwei Winkeleisen verstärkt ist. Der obere Zapfen liegt mit seinem Halse unter der obersten Fläche des Tores und reicht unterhalb seines Bundes noch durch vier wagerechte Wände, welche übrigens nur durch Mannlöcher und durch die Pumpen u. s. w. durchbrochen sind. Der unterste, vier Abteilungen umfassende Raum ist nicht mit Luft, sondern zum Teil mit Wasser gefüllt, während der ganze darüber befindliche Raum in der Regel Luft enthält. Für beide Räume dienen zur etwa nötigen Entleerung von Wasser zwei verschiedene Pumpen, wogegen ebenfalls beide Räume zum Füllen Ventile besitzen, die wie auch die Pumpen von der Laufbrücke aus bedient werden können. An der Schlagsäule befindet sich eine Feststellvorrichtung. Der Anschlag ist an den Kanten der Innenseite von Holz hergestellt. An einer anderen Schleuse zu Willemsoord ist dieser Anschlag noch mit Leder bedeckt.

Der in Abb. 7 bis 9, Taf. VI dargestellte Fluttorflügel der großen Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals ist der Mitteilung von Wiebe, Zeitschr. f. Bauw. 1872 entnommen, die Zeichnung macht hinsichtlich einiger Einzelheiten, z. B. der Zapfen oben und unten, keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Auch hier ist die äußere Krümmung nach einem flachen Kreisbogen gebildet, welcher aber nicht für beide Torflügel gleichmäßig durchläuft. Wie die zum Teil als senkrechter Schnitt, zum Teil als äußere Ansicht dienende Abb. 7, sowie der Schnitt in Abb. 9 zeigen, wird jeder Flügel durch eine in der Höhe des normalen Kanalwassers liegende wagerechte Wand in zwei Teile getrennt, wovon nur der untere als Schwimmtor gebildet ist, während der obere Teil keinen abgeschlossenen Luftraum besitzt, sondern an seiner Innenseite anstatt einer vollen Blechwand nur das aus Abb. 7 ersichtliche Gitterwerk hat. Statt der bei den vorher beschriebenen Schwimmtoren vorkommenden vollen wagerechten Bleche sind hier nur an

<sup>68)</sup> Dokwerken te Willemsoord, in Verhandelingen van het kon. Inst. van Ingenieurs 1866—67.

den Stößen der Außenbleche schmale Blechstreifen und an den inneren sechs senkrechten Versteifungen einzelne kurze wagerechte Blechstücke eingelegt, welche letztere nur an den Enden des Flügels oder in der Wende- und Schlagsäule voll durchgehen. Die senkrechten Versteifungen, mit Ausnahme an den Enden, wo ebenfalls volle Bleche sich befinden, bestehen nur aus Winkeleisen und Eckstücken. Außerdem liegt noch an den Enden des Flügels in seiner Mittellinie je eine starke senkrechte Rippe. Die Außenbleche sind an den Stößen innen durch Winkeleisen, außen durch breite Laschen zusammengehalten. Der Rücken der Wendesäule wird in ähnlicher Weise wie die Schlagsäule durch ein Holzstück gebildet. Außerdem liegen zum wasserdichten und weicheren Anschlag der Wendesäule und des Unterrahmstückes noch eine senkrechte und eine wagerechte Holzleiste an der inneren Seite des Tores. Die Wendensche ist nur in der Höhe der riegelartigen wagerechten Rippen des Tores durch vorspringende Quader gebildet. Zur Unterstützung des geöffneten Tores dienen an den freien Enden senkrechte, durch die ganze Torhöhe hindurchgehende Schraubenspindeln, welche von oben mit einem Vorlege gedreht werden können. Jeder Flügel besitzt zur Füllung und Leerung der Kammer zwei Schützen, während Umläufe in den Mauern nicht vorhanden sind.

Von der 23,35 m weiten Hafenschleuse zu Geestemünde, welche in den Jahren 1859 bis 1861 erbaut wurde, ist der Flügel eines Ebbtores in Abb. 10 bis 19, Taf. VI dargestellt.<sup>69)</sup> Die maßgebenden Wasserverhältnisse gehen aus Abb. 10 bis 15, Taf. III und aus dem im § 5 über diese Schleuse Gesagten hervor. Jeder Torflügel ist innen und außen mit seinen beiden zylindrischen Flächen nach gleichen Radien von 17,4 m gebildet, wobei die Außenfläche beider Flügel eine einheitliche wird, während die innere Fläche jedes Flügels auf je 2,4 m von den Enden gerade gelassen ist. Die Mittellinie des horizontal durchschnittenen Tores, welche durch die Mitte der Wende- und Schlagsäule geht, ist mit einem etwas kleineren Radius beschrieben. Die Tore sind dabei im Innern in der Mitte 0,802 m, an den Enden 0,634 m weit.

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

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

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

<sup>69)</sup> Näheres s. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865.

trägers eingetreten. Es dürfte daher zweckmäßig sein, auch bei großen Seeschleusen eine ähnliche Anordnung der Wendesäule anzuwenden, wie bei der Schleuse Abb. 129, S. 168. Wie oben erwähnt, wird dabei auch eine leichtere Bewegung in der Nähe der Tornische gewonnen.

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

Das Gewicht eines Fluttoreflügels ist 80655 kg und mit Einschluß der festen Nebenteile 85000 kg, das eines Ebbetorflügels bezw. 60445 und 65000 kg. Bei gewöhnlicher Flut findet dagegen ein Auftrieb von 91105 kg statt, dessen senkrechte Mittellinie 6,5 m von der Drehaxe liegt, während der Schwerpunkt des Torgewichts nur 5,8 m davon entfernt ist, so dafs also die Tore stets einen Seitendruck auf den Unterzapfen ausüben. Um die Tore gerade schwimmen zu lassen, müßten bei gewöhnlicher Fluthöhe die Fluttore 0,44 m und die Ebbetore 2,17 m hoch mit Wasser gefüllt sein. Man hat jedoch vorgezogen, erstere leer zu lassen und letztere nur 1,74 m hoch zu füllen, so dafs schon vor Eintritt der Fluthöhe ein Schwimmen der Tore beginnt. Die geeigneten Wasserstände in denselben werden durch kleine Pumpen erhalten, selbst dann, wenn die Tore etwas leck sein sollten. Eine dieser Pumpen ist in Abb. 10 links angedeutet.

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

Wie im § 20 eingehender besprochen wird, muß der obere Zapfen zu Zeiten einen starken Auftrieb ertragen. Zu seiner Unterstützung sind bei den Flutoren Feststellvorrichtungen angebracht und zwar sowohl gegen Druck nach unten als nach oben. Die Ebbetore besitzen nur Feststellvorrichtungen gegen abwärts gerichteten Druck. Diese Vorrichtungen bestehen alle aus einer schmiedeisernen Schraubenanordnung, die auf entsprechend starke schmiedeiserner Hebel wirkt. Die Schrauben sind auf  $\frac{3}{4}$  der Torlänge in dem seitlichen Mauerwerk angebracht und fest verankert. Dafs Rollen zur Unterstützung nicht notwendig, ist nach dem obigen klar. Über die Bewegung der Tore s. § 22.

Zu allen sechs Torflügeln waren rund 403000 kg fertige Schmiedearbeit erforderlich, wozu 407500 kg Eisen verbraucht sind. Die sämtlichen Nebenteile, Zapfen, Schützen, Pumpen, Winden, Rollenkasten, Feststellvorrichtungen und Geländer wiegen 116250 kg. Da die ganzen Tore mit allen Nebenteilen 243000 M. gekostet haben und eine Fläche von 827 qm ausmachen, so kommt auf 1 qm Torfläche einschließlich der Nebenteile rund 300 M.

Auch die aus Abb. 12, Taf. I im wagerechten Schnitt erkennbaren eisernen Schwimmtore der neuen Schleuse zu Harburg haben gleichmäßig gekrümmte Wände. Die äußeren Fluttore sind mit 15 m mittlerem Radius und 0,8 m Abstand, die inneren, sowie sämtliche Ebbetore dagegen mit nur 0,65 m Abstand der Wände gebildet. Erstere haben 10,5 m, letztere 8,5 m Gesamthöhe bei nur 6 m Höhe sämtlicher Schwimmkörper, während die übrige Höhe über der inneren 10 mm starken Wand nur aus Gitterwerk, außen dagegen aus einer einfachen Blechwand gebildet ist, wobei jedoch die wagerechten Rippen aus 10 mm starken vollen Blechen mit vier Saumwinkeln ebenso wie im unteren Schwimmkörper vorhanden sind. Die Rippen liegen unten in 1,25, oben in 1,5 m Abstand und werden in jedem Torflügel durch 9 durchbrochene senkrechte Wände ausgesteift. Die Außenwand ist unten 13 mm, oben nur wie die Innenwand 10 mm stark. Die Mannlöcher in den wagerechten Rippen sind nicht senkrecht untereinander, sondern versetzt angeordnet. Sämtliche Stöße der Blechhäute sind mit 0,16 m breiten Laschen verdeckt, die wagerechten Stöße der Bleche liegen auf den wagerechten Rippen, die senkrechten Stöße dagegen immer zwischen den senkrechten Rippen. Alle Winkeleisen sind 72/72 mm, die Nieten 20 mm stark und letztere da, wo es nur auf Festigkeit der Bauteile ankam, wie bei den senkrechten Rippen, in 0,1 m, wo es aber, wie bei allen Verbindungen der Außenhaut, auch auf Wasserdichtigkeit ankommt, in 0,06 m Abstand angebracht. Jeder Torflügel enthält zwei Schütze von je 0,5 qm Querschnitt, welche jedoch nur als Reserve für die 1,5 m hohen und 1 m weiten Umläufe dienen. An den beiden Enden sind alle Torflügel mit sanfter Krümmung der Ecken übrigens geradlinig abgeschlossen und im Innern

in der Mittellinie mit je einem in ganzer Höhe durchlaufenden, 0,3 m breiten und 13 mm dicken senkrechten Blech abgesteift, welches an dem Ende der Wendesäule die beiden mit einer besonderen dicken schmiedeeisernen Platte an der obersten und untersten wagerechten Rippe befestigten gußeisernen Spurfannen unterstützt. An den beiden vertikalen Enden jedes Flügels sind zunächst in der Mitte, sodann an der einen Seite der Wendesäule und endlich zum Anschluß an den Drempe! 30/15 cm starke Holzleisten angebracht und zwar unter Wasser von Greenheart-Holz, über gew. Wasser aus Teak-Holz. Die Bolzen, welche durch die Hölzer, ihre untergelegten Futterbleche und die betreffenden Torbleche gehen, verursachten Leckstellen in den Toren, die nachträglich dadurch gedichtet sind, daß sämtliche Bolzenlöcher in den Blechen mit Gewinden und mit hineingeschraubten Futterröhren versehen wurden, welche das zwischen Holz und Eisen trotz vorhergegangener Kalfaterung eingedrungene Wasser von dem Bolzenloch abhielten. Ein äußerer Fluttoreflügel wiegt 45 000 kg, ein innerer oder Ebbtorflügel 40 000 kg. Eine Feststellvorrichtung sichert die Torflügel bei längerer Ruhe gegen Wellenschlag und unterstützt sie gegen eigenes Übergewicht. Die Kosten der 8 Torflügel haben 148 000 M. betragen, die der Druckwasser-Bewegung außerdem 45 000 M.

Die auf Taf. VIII, Abb. 14 bis 17 und Taf. IX, Abb. 8 bis 16 dargestellten Tore der Elbschleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals bieten neuere Beispiele für Tore der beiden Hauptsysteme der Stemmtore ohne durchgehende Krümmung der Außenfläche, indem die Fluttore Riegelstemmtore, die Ebbe- und Sperrtore dagegen Ständerstemmtore sind.

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

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

Der Stemmdruck wird an den Schlagsäulen durch feste Holzleisten, welche gleichzeitig als Dichtungsleisten dienen, übertragen. Am Dremmel erfolgt die Dichtung ebenfalls durch feste Holzleisten. An der Wendesäule waren ursprünglich zwei Holzleisten angeordnet, eine in Richtung der Längsaxe des Tores zur Übertragung der in dieser Richtung fallenden Seitenkraft und eine andere senkrecht zu dieser Richtung, welche, als Dichtungsleiste dienend, von der in diese Richtung fallenden Seitenkraft des Stemmdruckes gegen die Nische geprefst werden sollte. Höheren Ortes ist indessen die erstere Leiste in die Richtung der Mittelkraft des Stemmdruckes verlegt, wie Abb. 16 u. 17, Taf. VIII zeigt, so daß die feste Dichtungsleiste theoretisch keinen Druck zu übertragen hat und nun zweckmäßiger beweglich einzurichten wäre, um wenigstens durch den unmittelbaren Wasserdruck zum Anliegen gebracht zu werden.

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

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

Die Flügel der vier Fluttore und eines Reserve-Fluttore der beiden Schleusen zu Brunsbüttel haben erfordert: 1120 Tonnen Flusseisen, 6,9 Tonnen Flusstahl für die Zapfen, Naben, Halsbänder, Bolzen, Keile, 25,0 Tonnen Gußeisen für die eingemauerten Gußkörper, Ankerplatten, Spurlager, 108 Meter Schutzketten von 26 mm Eisenstärke und 38 cbm Eichenholz für Stemmichtungsleisten, Belag und Treppen. Ein einzelner Flügel enthält also den zehnten Teil dieser Massen.

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

sind und außerdem gemeinsam in der Sohle nach einem Punkte zu entwässern, so daß für die beiden übereinanderliegenden Abteilungen zwischen Schacht und Schlagsäule nur je ein Saugrohr, für die beiden nach der Wendesäule zu liegenden nur ein gemeinsames Saugrohr vorhanden ist. Der Zutritt zu den vier Abteilungen vom Schacht aus erfolgt durch je ein dicht zu schließendes Mannloch. Als Luftkammer während des Betriebes dient ausschließlicly die unter + 14,487 zwischen dem Schacht und der Schlagsäule liegende Abteilung. Die übrigen Abteilungen können durch Rohre mit Schieberverschluss mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden. Die Anordnung der Luftzuleitungsrohre ist ähnlich wie bei den Fluttore.

Als Dichtungsleisten sind wie bei den Fluttore feste Holzleisten längs der Schlagsäule, der Wendesäule und dem Dremmel angeordnet, so daß also eine vollkommene Dichtigkeit bei der bedeutenden Länge der Tore zu jeder Jahreszeit nicht zu erwarten ist. Da von Wassermangel beim Kaiser Wilhelm-Kanal keine Rede sein kann, haben diese Undichtigkeiten keine Bedeutung. Feste Dichtungsleisten sollte man stets so befestigen, daß ihre Abnahme und Erneuerung durch Taucher möglichst bequem ausführbar ist. Die Anordnung der Stemmlager wird im nächsten Paragraphen besprochen.

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

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

Die in Abb. 8 bis 12, Taf. IX dargestellten Sperrtore der Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals endlich sollen bekanntlich den Zweck erfüllen, vor dem Schluß der Ebbe- oder Fluttore die durch die Schleuse nach innen oder außen stattfindende Strömung abzuschneiden, um den Schluß der eigentlichen Tore alsdann in ruhigem Wasser vornehmen zu können. Um das Schließen dieser Tore bei der bis 1,5 m Geschwindigkeit annehmenden Strömung ohne zu großen Kraftaufwand ausführen zu können, sind sie mit sehr großen Schützenöffnungen versehen, die erst geschlossen werden, wenn das Sperrtor selbst zuvor zum Schluß gebracht wurde. Die Schützenöffnungen liegen im oberen Teile des Tores, so daß die Schützen, wenn sie geschlossen werden sollen, von unten nach oben gezogen werden. So lange die Schützen offen sind, bildet das geschlossene Tor also gleichsam ein Grundwehr, welches eine große Wassermenge abführt. Die Sperrtore beider Schleusen müssen stets gleichzeitig geschlossen werden, weil der vorherige Schluß der Tore in der einen Schleuse die Geschwindigkeit des Wassers in der anderen und damit die Schwierigkeit des Torschlusses steigern würde. Für die Lage der Schützenöffnungen oben und möglichst nach der Schleusenmitte zu war die Erwägung maßgebend, daß in diesem Teile des Querschnittes des fließenden Wassers die größte Geschwindigkeit herrscht, so daß also, wenn man diesen Teil im Tore während des Schließens offen hält, das Tor selbst den geringsten Wasserstoß bekommt. Für das Schließen wurde die Bewegung der Schützen von unten nach oben deswegen für die zweckmäßigere gehalten, weil dabei das

etwa durch die Öffnungen fließende Treibeis nicht festgeklemmt werden kann. Es wird vielmehr von den Schützen aus dem Wasser gehoben und kann leicht beseitigt werden.

Was nun die Anordnung in statischer Beziehung betrifft, so ist das Tor wie das Ebbetor ein Ständerstemmtor mit nur einem auf Ordinate + 19,99 liegenden Riegel. Das Stehblech des Riegels — in der Mitte 12 mm stark — nimmt nach den Enden an Stärke bis 58 mm zu und hat für jede Gurtung je zwei Winkel  $90 \times 90 \times 11$ . Die vier Gurtplatten, eine von 400 mm und drei von 250 mm Breite bei je 12 mm Dicke sind nur auf der Oberwasserseite vorhanden, um einen möglichst unsymmetrischen Querschnitt zu erhalten (vergl. § 16, Abb. 92a). An den Riegel schliefsen sich nach unten die Wendesäule, die Schlagsäule und drei Mittelständer. Unten sind diese fünf Teile durch den Schwimmkasten verbunden, in welchen man sowohl von der Schlag- als auch von der Wendesäule aus durch Mannlöcher gelangen kann. Diese beiden besteigbaren Säulen sind oben durch Mannlochverschlüsse gegen das Eindringen von Wasser gesichert. Die Verbindung zwischen den vier Abteilungen des Schwimmkastens, welche durch die drei Mittelständer gebildet werden, ist ebenfalls durch Mannlöcher hergestellt. Die Lenzpumpe für das Tor ist in der Wendesäule untergebracht, wohin der ganze Hohlraum entwässert.

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

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

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

Die Flügel der vier Sperrtore und eines Reservetores für die beiden Elbschleusen enthalten: 586 t Flusseisen in den Toren selbst, 36 t in den Nischenabdeckungen und Geländern, 14,4 t Flusstahl in Zapfen u. s. w., 25,6 t Gufseisen in Lagern, Ankerplatten u. s. w., 29,6 t Gufseisen für die Gegengewichte der Rückhaltketten, 95 m Rückhaltketten von 33 mm Eisenstärke, 75 cbm Eichenholz für Bohlenbelag, Treppen, Dichtungs- und Scheuerleisten. Die Schützen- und Bewegungsketten sind in den Angaben nicht mit enthalten.

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

Ständertore ähnlich den oben beschriebenen Ebbetoren hat auch die neue Schleuse zu Havre als Ersatz der alten, auf S. 163 geschilderten und auf Taf. IV, Abb. 12 dargestellten Holztore erhalten.<sup>70)</sup> Als Vorläufer der Sperrtore können, beiläufig bemerkt, die Tore für das Barry-Dock bei Cardiff gelten, welche bei einer Ausströmungsgeschwindigkeit des Wassers von 0,73 m geschlossen werden sollen und zur Verminderung des Wasserdrucks mit je sechs ziemlich großen Schützen, aber im unteren Teile des Tores versehen sind.<sup>71)</sup>

Eine in statischer Beziehung nicht ganz klare Bauweise zeigen die in den Ann. des ponts et chaussées 1892, I, S. 658 beschriebenen Tore der Schleusen des Kanals von Havre nach Tancarville zu Havre. Nach genannter Quelle soll für diese Tore dieselbe Anordnung gewählt sein, wie für die eben erwähnten Tore der Schleuse für die transatlantischen Dampfer in derselben Stadt (vergl. S. 152). In der Tat besitzen jene Tore auch oben einen einzigen durchgehenden Riegel, aber ohne stählernen Stemmkopf an der Schlagsäule. Von dem Riegel gehen zwischen Schlag- und Wendesäule drei Ständer nach unten, aber zwischen diesen Ständern sind noch drei horizontale Verbände in einzelnen Teilen eingebaut, die von der Schlagsäule bis zur Wendesäule reichen und an letzterer je mit einem stählernen Stemstück versehen sind, wie die Tore zu Ablon und Charenton. Die Tore haben also die Ständeranordnung, wirken aber als Riegeltore, und es wäre wohl richtiger gewesen, durchgehende Riegel anzuwenden.

**Ausführung und Aufstellung.** Zum Schluss möge einiges über die Ausführung und namentlich die Aufstellung der eisernen Tore gesagt werden. Kleinere Tore wird man am zweckmäßigsten in der Fabrik fertigstellen und zur Baustelle geliefert in derselben Weise aufstellen, wie die hölzernen. Bei großen Toren ist diese Ausführungsweise nicht mehr durchführbar. Man wird sie in einzelnen Teilen zur Baustelle liefern und dort zusammenbauen müssen. Ohne Zweifel ist nun die in der Fabrik fertiggestellte Arbeit nicht nur billiger, sondern auch besser, als die auf der Baustelle auszuführende. Man wird also bei dem Entwurfe großer eiserner Tore die Stoffsverteilung so einzurichten haben, daß es möglich ist, große Teile in der Fabrik fertig zu stellen und die Arbeit auf der Baustelle tunlichst zu beschränken. Namentlich die Wendesäule, sowie die Hauptteile des tragenden Gerippes (die Riegel oder Ständer), sollte man stets fertig zur Baustelle liefern lassen, so daß die Arbeit an Ort und Stelle sich auf die Zusammensetzung des Gerippes und dessen Bekleidung mit der Blechhaut beschränkt. Unsere großen Fabriken sind imstande, Stücke von den Abmessungen der größten Wendesäulen abzudrehen, sie können also das obere und untere Lager in der Fabrik genau zentrisch herstellen, so daß eine derartig angefertigte Wendesäule auf der Baustelle ebenso genau aufgestellt werden kann, wie eine große stehende Maschinenwelle. Beim Aufstellen wird selbstverständlich zunächst der Zapfen an seiner genauen Stelle in der Wendenscheibe angebracht und vergossen, darauf

<sup>70)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1887 II, S. 411 u. f., auch Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, S. 743.

<sup>71)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 419.

die Wendesäule senkrecht auf den Zapfen gestellt und erst dann das Halslager nach der senkrechten Wendesäule angebracht und vergossen. Letzteres muß mit guten Einstellungsrichtungen versehen sein, die geringe Verschiebungen der Lageraxe gegen den bereits vergossenen Lagerkörper nach allen Richtungen hin ermöglichen, um auf diese Weise eine recht große Genauigkeit erzielen zu können.

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

Meistenteils wird im weiteren Verlauf des Aufstellens zunächst der untere Tor teil an die fertig gestellte und zum Schlusse gebrachte Wendesäule gefügt und zum dichten Schluß am Drempeel gebracht; darauf werden die Schlagsäule und die übrigen Teile angefügt und die Dichtung zwischen den beiden Schlagsäulen des Torpaares hergestellt.

Eine ausführliche Beschreibung der in dieser Weise vorgenommenen Aufstellung der Tore für die zweite Hafeneinfahrt in Wilhelmshaven findet man in der oben angeführten Arbeit.

In etwas anderer Weise verfuhr die Firma Harkort beim Aufstellen der Tore für die Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals. Dieselbe wendete fahrbare Gerüste an, welche auf Schienen bewegt werden können, die im Torkammerboden verlegt sind. In diesen Gerüsten werden die Torflügel im Gerippe zusammengesetzt und vernietet, so daß ihnen nur noch die Hauptteile der Haut fehlen. Darauf werden die Gerüste mit den Torgerippen über den Zapfen gefahren und mit Hilfe von Winden u. s. w. eingehängt. Nach Entfernung der Gerüste wird dann zunächst der dichte Schluß durch Einpassen der Dichtungsleisten bewirkt und schließ lich die Haut eingebaut und vernietet. Bei dieser Anordnung sind die Tore während des ersten Teiles der Arbeit bequemer zugänglich, als wenn der ganze Aufbau unmittelbar über dem Zapfen erfolgt.

Ungünstiger stellen sich die Verhältnisse, wenn die Tore ohne Trockenlegung der Schleuse eingebracht werden müssen. Dies war der Fall bei den neuen eisernen Ständertoren der Schleuse für die transatlantischen Dampfer zu Havre, welche, wie oben erwähnt, als Ersatz alter Holztore gebaut, in deren alte Lagerpfannen eingehängt wurden und nur oben neue Halslager bekamen.

Dort wurden die vorher in der Fabrik zusammengepaßten Tore nahe der Verwendungsstelle liegend zusammengenietet und in dieser Lage durch inneren Wasserdruck auf ihre Dichtigkeit untersucht. Nach vollständiger Abdichtung wurden sie auf hölzernen Gleitbahnen von 0,14 zu 1 Neigung zu Wasser gelassen. Das Gewicht eines Torflügels von 17,5 m Länge und 9,8 m Höhe betrug 160 t, sein Inhalt 248 cbm. Der Flügel wurde nun in das Schleusenaupt geöffnet, mit dem oberen Rahmen gegen die Schleusenwand gekehrt und hier mittels des in Abb. 138 u. 139 dargestellten Gerüstes durch sechs Differentialflaschenzüge angehoben. Diese Arbeit wurde bei Hochwasser

vorgenommen, indem in den unteren Teil des Tores Wasserballast eingelassen wurde. In dem Maße, wie mit der Ebbe der Wasserstand sich senkte, liefs man auch den Flügel sinken, wobei ein Taucher von Zeit zu Zeit die Stellung des Zapfens zum Zapfenlager anzeigte. Der erste Torflügel erforderte zum Einhängen vier Stunden, bei den anderen geschah dies in  $2\frac{1}{4}$  Stunden und zwar von dem Zeitpunkte an, wo der Flügel in das Schleusenaupt gebracht war, bis zu dem, wo er eingehängt und das Halsband geschlossen war.

Die Quelle<sup>72)</sup> gibt nicht an, wie es bei dieser Art der Aufstellung möglich war, die hölzernen Dichtungsleisten zum wasserdichten Schluß zu bringen. Waren dieselben fest, so wäre ein dichter Schluß nur durch einen besonders glücklichen Zufall denkbar. Waren sie aber — was nach der Zeichnung nicht ausgeschlossen erscheint — an der Wendesäule und am Dremmel beweglich, so machte die Dichtung keine Schwierigkeiten. Die richtige Einstellung der Tore für die Kraftübertragung kann keine Schwierigkeiten bereitet haben, da das Tor als Ständerstammtor nur oben sich gegen das Mauerwerk stützte.

Die Probe des Tores auf Dichtigkeit durch inneren Wasserdruck, welche in Havre bereits auf dem Lande vorgenommen wurde, kann bei Toren, welche in der trockenen Schleuse montiert werden, sehr unbequeme Stemmarbeiten verursachen, wenn sich Undichtigkeiten an der bereits in der Wendensche stehenden Wendesäule zeigen. Es ist daher wünschenswert, die Wendesäule bereits vorher in der Fabrik auf ihre Dichtigkeit zu prüfen. — Wegen etwaiger Stemmarbeiten an der Unterfläche des Tores vergleiche man § 8, S. 68.

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

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

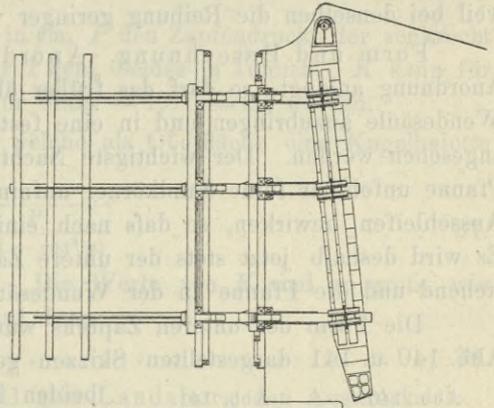
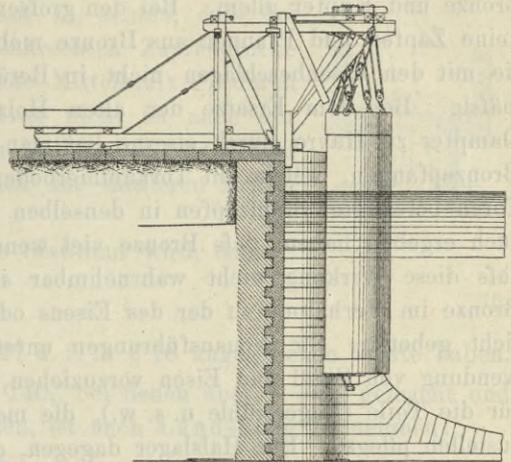
Baustoff. Bekanntlich bilden sich galvanische Ströme, wenn verschiedenartige Metalle miteinander in Berührung treten, während sie vom Seewasser benetzt werden, und die Folge davon ist, dafs das eine der Metalle zerstört wird. Aus diesem Grunde

Abb. 138 u. 139.

Schleuse der transatlantischen Dampfer zu Havre.

Gerüst zum Einhängen der Tore. Aufriß und Grundriß.

M. 0.03.



<sup>72)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1887 II, S. 411 und Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 743.

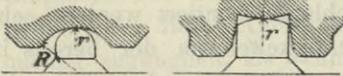
wird man bei eisernen Toren von Seeschleusen die Verwendung von Bronze oder Kupfer oder irgend welcher Legierungen für Teile, welche zeitweilig unter Wasser liegen, vermeiden müssen und nur Gufseisen, Schmiedeisen oder Stahl anwenden, trotzdem das Eisen und namentlich das Gufseisen an sich vom Seewasser mehr angegriffen wird, als Bronze und Kupfer allein. Bei den großen neueren Toren aus Eisen findet man daher keine Zapfen und Pfannen aus Bronze mehr; für die Holztore — vorausgesetzt, daß sie mit den Eisenbeschlägen nicht in Berührung kamen — waren sie nicht unzuweckmäÙig. Bei dem Ersatze der alten Holztore in der Schleuse der transatlantischen Dampfer zu Havre durch eiserne hat man sich allerdings genötigt gesehen, die alten Bronzefpfannen, welche im Torkammerboden festsaÙen, beizubehalten und die an den Toren befestigten Stahlzapfen in denselben laufen zu lassen; neuere Erfahrungen sollen auch ergeben haben, daß Bronze viel weniger auf Eisen einwirke, als Rotkupfer, und daß diese Wirkung nicht wahrnehmbar sei, sobald die Masse oder die Fläche der Bronze im Verhältnis zu der des Eisens oder Stahls nur klein sei. Immerhin ist Vorsicht geboten; für Neuausführungen unter Wasser ist also die ausschließliche Verwendung von Stahl und Eisen vorzuziehen, und zwar namentlich des Gufstahles auch für die Teile (Lagerstühle u. s. w.), die man früher ausschließlich aus Gufseisen herzustellen pflegte. Für Halslager dagegen, die nie unter Wasser kommen, ist es zweckmäÙig, die im Maschinenbau üblichen Kompositionen für die Lagerfutter zu verwenden, weil bei denselben die Reibung geringer wird.

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

Die Form des unteren Zapfens wurde früher vorwiegend nach den beiden durch Abb. 140 u. 141 dargestellten Skizzen gebildet. Theoretisch würde die Berührung in

Abb. 140.

Abb. 141.

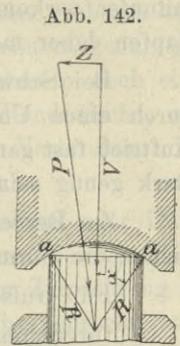


beiden Fällen nur in einem Punkte geschehen, aber infolge der Zusammendrückung und Abnutzung bildet sich eine größere Berührungsfläche heraus. Das Bedenkliche dieser Anordnung liegt darin, daß bei größeren Torgewichten die Berührungsflächen zu

klein, die Reibung also zu stark werden kann, so daß sich Zapfen und Pfannen bei der Bewegung einfrassen und dann mehr Widerstand verursachen, als wenn sie sich von Anfang an in größeren Flächen berührt hätten. Man hat daher in neuerer Zeit die beiden Radien  $R$  und  $r$  der Anordnung nach Abb. 140 sehr wenig voneinander verschieden gemacht oder auch wohl dieselben gleich groß angeordnet, wie bei den Toren der Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals (Abb. 157, S. 192). Die Ausführung nach Abb. 141 eignet sich, wie die weiter unten mitgeteilte Formel ergibt, nur für geringe Zapfendrucke. Die Anwendung dieses Zapfens bei der neuen Schleuse am Mühlendamm in Berlin erscheint daher kaum nachahmenswert. Eine seitliche Führung des Zapfens in der Pfanne ist unerläÙlich zur Aufnahme des Horizontal-schubes, der unter Umständen eintreten kann. Es empfiehlt sich daher, bei dieser Anordnung die Pfanne oben dicht schließend anzuordnen, sie aber zur Erleichterung

des Einsetzens nach unten zu erweitern. Wird der Zapfen nach Abb. 140 gebildet, so ist eine seitliche Führung entbehrlich.

Bildet man den Zapfenkopf nur als flache Kugelkalotte aus (Abb. 142), so kann die seitliche Führung in den meisten Fällen auch entbehrlich werden. Man hat aber darauf zu achten, daß bei ordnungsmäßigem Betriebe die aus dem senkrechten Zapfendrucke  $V$  und dem Horizontalschube  $Z$  entspringende Mittelkraft  $P$ , durch den Mittelpunkt der Kugel gezogen, die Kalotte nicht zu nahe der Kante  $a$  schneide. Es empfiehlt sich, den Halbmesser der Kugel so zu wählen, daß  $P$  die Kalotte womöglich im mittleren Drittel schneidet.



Dies trifft ein, wenn der Winkel  $\alpha$  so bestimmt wird, daß

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

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

Für Zapfen nach der Form der Abb. 140, bei denen aber  $R = r$  gemacht und die Gleitflächen eine volle Halbkugel umfassen, ist nach Landsberg zu nehmen:

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

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

Für Zapfen mit dem Zentriwinkel  $2\alpha$ , welche als Oberfläche eine Kugelkalotte nach Abb. 142 haben, lautet der Ausdruck:

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

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

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

Für Zapfen nach der Form der Abb. 141 gibt Landsberg den Ausdruck:

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

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

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

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

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

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

Bei den Zapfen soll man niemals an Material sparen, da ein Bruch ohnehin

mitunter vorkommt<sup>79)</sup> und sehr unangenehme Störungen verursacht. Man macht die Zapfen daher meist wesentlich stärker als die Rechnung erfordert.

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

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

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

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

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

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

Abb. 143.

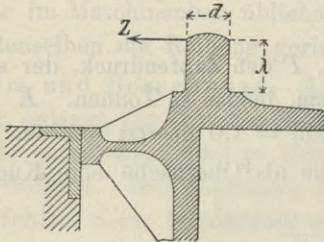
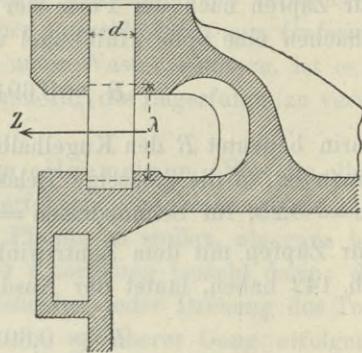


Abb. 144.



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

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

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

Auch hier empfiehlt es sich,  $d$  und  $\lambda$  reichlich stark zu machen.

Für den oberen Zapfen (den Halszapfen) und das Halsband kommt in Betracht, daß es von großem Vorteil ist, wenn der Torflügel nach Wegnahme des Halsbandes senkrecht in der Tornische oder wenigstens in der Wendenische aufgewunden und niedergelassen werden kann. Es wird dadurch das bei Ausbesserungen sich oft wiederholende Ausnehmen und Einhängen der Tore sehr erleichtert und für den unteren Zapfen ungefährlich gemacht. Schon deswegen wird das Halsband nicht mit dessen Verankerung im Mauerwerk u. s. w. aus einem einzigen oder schwer zu lösenden Stück gebildet. Außerdem ist aber zuerst bei der Einhängung der Tore (vergl. § 18 u. 19 am Schlufs), sodann von Zeit zu Zeit wegen etwaigen Nachgebens der Verankerung, wegen der Abnutzung zwischen Zapfen und Halsband u. s. w. ein sorgfältiges Zentrieren des Halsbandes über dem Mittelpunkt des unteren Zapfens notwendig, damit die Drehaxe des

<sup>79)</sup> Von großen Schleusentoren, an denen Zapfenbrüche vorkamen, mögen erwähnt werden: die Geestemünder Schleuse, die Schleuse der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven und die Schleuse für die transatlantischen Dampfer zu Havre.

Torflügels genau senkrecht steht. Dieses Zentrieren kann mit den meist gröberen und entfernter liegenden Schrauben oder Keilen der Verankerung nicht bequem genug geschehen, weshalb man fast allgemein zwischen dieser und dem Halsbande noch eine besondere Vorrichtung einschaltet. Dieselbe muß dicht hinter der Wendenische, geschützt, aber leicht zugänglich liegen und so, daß nach Lösung der Verbindung das Halsband weggenommen und das Tor senkrecht gehoben werden kann.

**Verankerung.** Zu dem angegebenen Zwecke besitzt das Halsband oder Hals-eisen nicht selten zwei Schenkel, welche in die zwei Schenkel der Verankerung übergehen. Die letztere muß fast in jeder Stellung des Torflügels dessen Zugrichtung so aufnehmen, daß die einzelnen Schenkel möglichst wenig auf Biegung beansprucht, sondern in ihrer Längenrichtung gezogen werden. Um die Biegung zu verhindern, bringt man wohl schon nahe an der vorderen Mauerkante in den Ankerschenkeln feste Bolzen an. Doch wird dadurch das Mauerwerk leicht zerklüftet, indem diese vorderen Bolzen unter Umständen den ganzen Zug des Tores zu ertragen haben. Die Befestigungen der Ankerschenkel müssen so weit von der Mauerkante entfernt liegen, daß sie auch unter den ungünstigsten Umständen hinreichendes Mauerwerk fassen. Dagegen kann man die Schenkel unbedenklich durch Queranker verbinden, welche unmittelbar hinter den zum Zentrieren des Halsbandes dienenden Vorrichtungen liegen.

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

Abb. 145.

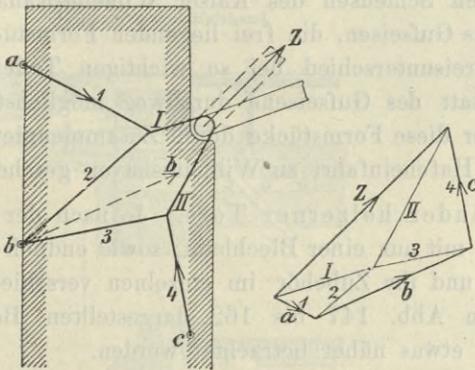


Abb. 146.

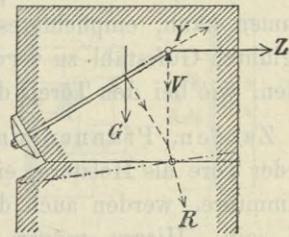


Abb. 145 zeigt die graphische Ermittlung der Ankerspannungen für eine mittlere Torstellung nach Landsberg. Die Längen 1, 2, 3 u. 4, I u. II im Kräfteplan geben die Zerlegung des Gesamtzuges  $Z$  nach den Richtungen der gleichnamigen Ankerteile.

Das Gewicht des durch die Anker gefaßten Mauerwerks muß so groß sein, daß die Mittelkraft aus  $Z$  und diesem Gewichte die untere Fuge nicht näher an der Kante schneidet, als die zulässige Druckbeanspruchung des Mauerwerks gestattet; außerdem darf auch der Winkel der Mittelkraft  $R$  mit der Fugennormalen nicht größer sein, als der dem Mauerwerk entsprechende Reibungswinkel. In Abb. 146 ist  $Z$  zunächst in die

Ankerspannung  $Y$  und die lotrechte Seitenkraft  $V$  zerlegt,  $Y$  ist mit dem Mauergewichte  $G$  und die Mittelkraft beider mit  $V$  zusammengesetzt und in dieser Weise  $R$  erhalten. Um die Gefahr der Verschiebung zu vermeiden, empfiehlt Landsberg, die Fugen möglichst senkrecht zu  $R$  anzuordnen, wie die strichpunktierte Linie andeutet. Man wird indessen meistens mit den bequemeren wagerechten Fugen auskommen, da unsere jetzigen Mörtel sehr großen Widerstand leisten und zwar mehr, als der einfachen Reibung entspricht.

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

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

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

Zapfen, Pfannen und Halsbänder hölzerner Tore. Je nach der Anordnung der Tore als Holztore, eiserne Tore mit nur einer Blechhaut, sowie endlich eiserne Schwimmtore, werden auch die Zapfen und ihr Zubehör im einzelnen verschieden gestaltet sein. Hierzu mögen die in den Abb. 147 bis 162 dargestellten Beispiele, soweit es neben den Abbildungen nötig, etwas näher betrachtet werden.

In Abb. 147 ist die untere Verzapfung der größeren Papenburger Schleuse (vergl. § 18) angegeben. Hier steht die Wendesäule voll und abgesehen von dem 5 cm dicken oberen Rande auch mit einer einzigen Fläche in dem mit der gufseisernen Pfanne verbundenen Schuh. Das Unterrahmstück liegt aufser mit seinen in die Wendesäule dringenden Zapfen noch in 7 cm Länge mit dem vollen Holz auf derselben Fläche. Der obere Rand des Schuhs umfasst jedoch nicht auch die Seitenflächen des Unterrahmholzes, um nicht bei dem Drehen des Tores in die Gefahr des Zerspringens gebracht zu werden, was z. B. für den Fall eines Klemmens des Torzapfens in der eigentlichen Pfanne bei großen Schleusen sehr zu befürchten ist.

Abb. 147. Papenburg. M. 0,025 (1 : 40).  
Spurzapfen und Pfanne.

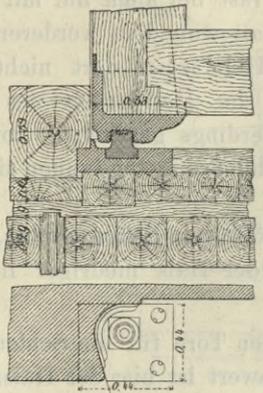
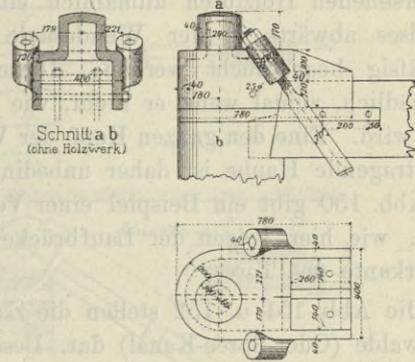


Abb. 148. Schleusen der Main-Kanalisation.  
Halszapfen und Haube.  
M. 0,03.



Diese Befürchtung wird übrigens nicht allgemein geteilt, wie Abb. 148 zeigt. Bei diesem Halszapfen, welcher einem hölzernen Tore von der Main-Kanalisation angehört, greift die Haube auf das Oberrahmstück über. In der Tat ist das Zerspringen auch wesentlich von dem für den Schuh gewählten Stoff abhängig; eine Befürchtung ist nur bei Gußeisen gerechtfertigt, während bei der Verwendung von Gufsstahl eine Anordnung nach Abb. 148 recht zweckmäßig erscheint.

Die gußeiserne Zapfenplatte in Abb. 147 ist 14,5 cm dick und trägt einen starken schmiedeisernen, oben verstellten und abgerundeten Zapfen, dessen Kopf von der umgekehrt konvex gerundeten Spur der Pfanne berührt wird. Die eigentliche Pfanne erweitert sich kegelförmig mit einem Spielraum nach unten hin.

Abb. 149. Papenburg. M. 0,025 (1 : 40).  
Halszapfen und Halsband.

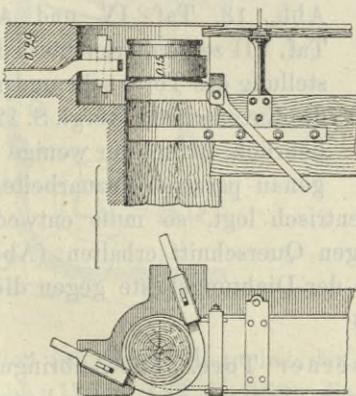
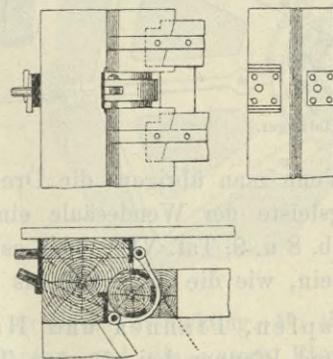


Abb. 150. Hölzerne Kammerschleuse bei Papenburg.  
Halszapfen und Halsband. Ansicht der Wendesäule.  
M. 0,025 (1 : 40).



Auch für den oberen Zapfen der Papenburger Schleuse war ursprünglich eine gußeiserne, mit einem angegossenen 20 cm starken Zapfen versehene Haube entworfen, welche die volle Wendesäule umfassen und zugleich zu beiden Seiten die Zugstangen tragen sollte. Bei der Ausführung wurde jedoch an dem oberen Teile der Wendesäule ein Hals nach Abb. 149 angeschnitten. Derselbe erhielt zwar eine vollständige Umkleidung von Schmiedeisen und es wurde, um die Kraft der Zugstange unschädlich zu

machen, gleich unter dem Hals ein starker wagerechter Bügel gelegt. Dennoch muß diese Anordnung, sowie die in Abb. 11, Taf. IV angegebene als nicht tadellos bezeichnet werden. Es bildet sich nämlich erfahrungsmäßig fast bei allen nur mit einem Hals versehenen Holztores allmählich ein senkrechter Spalt von dem vorderen Teile des Halses abwärts in der Wendesäule aus, weil die Holzfasern dort nicht ganz gleichmäßig beansprucht werden. Dieser Spalt ist für die Haltbarkeit des Tores sehr schädlich, zumal wenn er nicht, wie bei Abb. 149 allerdings geschehen, von oben bedeckt wird. Eine den ganzen Kopf der Wendesäule umschließende und einen sicheren Zapfen tragende Haube ist daher unbedingt zu empfehlen.

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

Die Abb. 151 u. 152 stellen die Zapfen der hölzernen Tore für die Schleuse bei Fürstenwalde (Oder-Spree-Kanal) dar. Besonders bemerkenswert ist hier der Halszapfen, der nicht am Tore fest sitzt, sondern aus der den Kopf der Wendesäule umschließenden Haube leicht herausgezogen werden kann. Die Haube ist so ausgebildet, daß sie dem

Abb. 151 u. 152.

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

Abb. 151 a. Haube und Halszapfen.

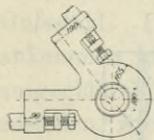
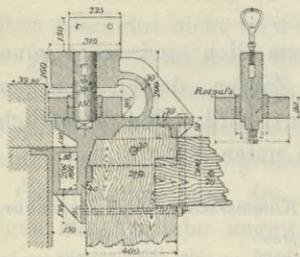
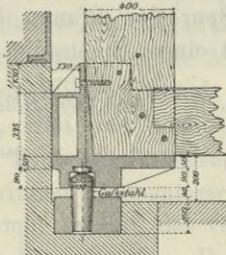


Abb. 151 b. Halslager.

Abb. 152.  
Spurzapfen und Schuh.



Zapfen ein doppeltes Lager bietet (Abb. 151 a) und daß sie das Halslager, welches in Abb. 151 b dargestellt ist, umschließt. Sowohl der Haube (Abb. 151 a), als auch dem Schuh für den unteren Zapfen (Abb. 152) sind seitlich Stemmkörper (Stützwinkel) angegossen, welche den Tordruck auf die Wendensche übertragen. Derartige Stemmkörper, wie sie auch die Abb. 132 bis 135 (S. 169), Abb. 13, Taf. IV und Abb. 4, Taf. VII zeigen, erleichtern die Aufstellung des Tores sehr und machen die Exzentrizität (vergl. S. 126) entbehrlich, indem nur wenige Punkte genau passend einzuarbeiten sind.

Wenn man übrigens die Drehaxe nicht exzentrisch legt, so muß entweder die Dichtungsleiste der Wendesäule einen trapezförmigen Querschnitt erhalten (Abb. 155, auch Abb. 8 u. 9, Taf. VII), oder es muß die Lage der Dichtungsleiste gegen die Drehaxe so sein, wie die Abb. 132 bis 135 angeben.<sup>74)</sup>

Zapfen, Pfannen und Halsbänder eiserner Tore. Die Anbringung der Zapfen und Pfannen bei eisernen Toren ist fast stets leichter und befriedigender zu beschaffen als bei hölzernen Toren, weil auf der verhältnismäßig kleinen Stelle bei jenen weit eher die nötige Festigkeit zu gewinnen ist. Während bei den Holztores meistens eine gewisse Schwächung der Wendesäule mit der Anbringung der Zapfenteile

<sup>74)</sup> Bei der Anordnung Abb. 151 b gehen die Mittellinien der Anker nicht durch den Mittelpunkt des Zapfens. Es ist deshalb die in Abb. 153 dargestellte Anordnung, die bei der Mühlendammschleuse und vielen anderen neueren Schleusen angewendet ist, vorzuziehen.

Abb. 153.

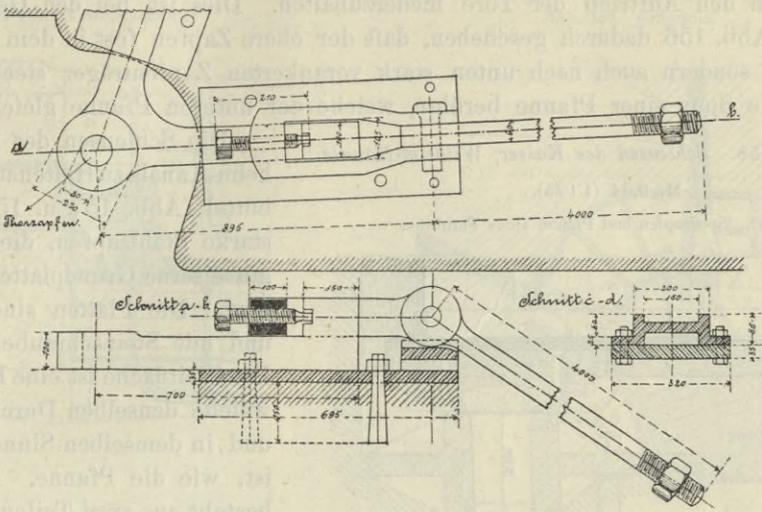


Abb. 154 u. 155. *Hameln*. M. 0,04 (1:25).  
Spurzapfen, Pfanne und Zapfenplatte.

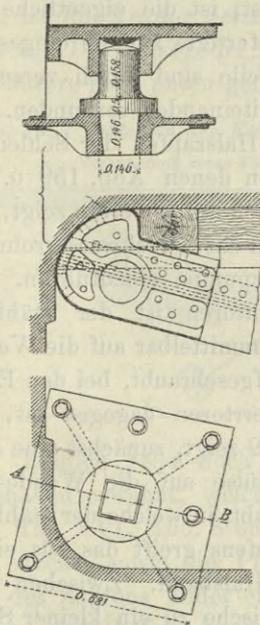
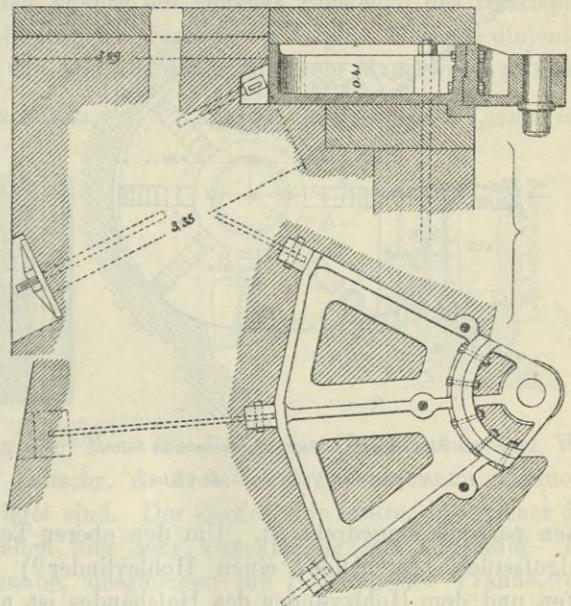


Abb. 156. *Geestemünde*. M. 0,02 (1:50).  
Halszapfen, Halslager und Verankerung.



verbunden ist, dienen diese bei den eisernen sogar zu einer Verstärkung. So sind z. B. nach Abb. 132 u. 133 (S. 169) die den oberen Zapfen und die untere Pfanne enthaltenden winkelförmigen Eisen wesentliche Verbindungsteile für die Wendesäule und die Rahmstücke, die auch abgesehen von ihrer Bedeutung für die Zapfen fast in derselben Weise hätten angebracht werden müssen. Dafs sie im vorliegenden Falle noch den Rücken der Wendesäule darstellen und bezw. aus Schmiedeisen und Gufseisen bestehen, ist im § 19 bei Besprechung dieser Torform angegeben. In ähnlicher Weise verhält es sich mit der in Abb. 154 u. 155 dargestellten Verzapfung der ebenfalls in § 19 näher beschriebenen Weserschleuse zu Hameln.

Wie oben erwähnt, tritt bei den Schwimmtoren die Notwendigkeit auf, die oberen Zapfen gegen den Auftrieb der Tore niederzuhalten. Dies ist bei den Geestemünder Toren nach Abb. 156 dadurch geschehen, daß der obere Zapfen fest in dem nicht allein nach hinten, sondern auch nach unten stark verankerten Zapfenträger steckt und mit dem Kopf die Spur einer Pfanne berührt, welche der unteren Pfanne gleich ist.

Abb. 157 u. 158. Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals.

M. 0,04 (1 : 25).

Abb. 157. Spurzapfen und Pfanne eines Fluttorees.

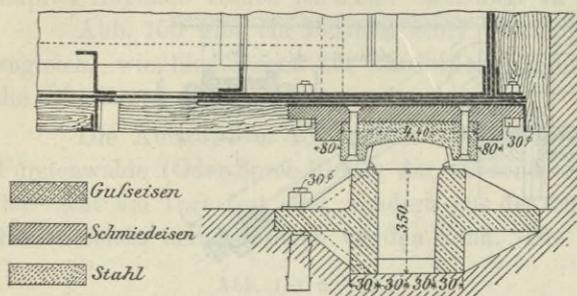
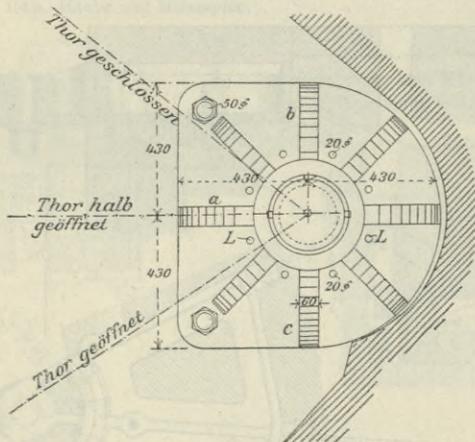


Abb. 158. Spurzapfen und Zapfenplatte eines Fluttorees.



Die drei Rippen *a b c* fehlen auf der unteren Seite.

L Luftlöcher zum Vergießen der Platte.

Die Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals zu Holtenau und Brunsbüttel (Abb. 157 u. 158) besitzen starke Stahlzapfen, die in kräftige gusseiserne Grundplatten eingesetzt sind. Die Platten sind vergossen und mit Steinschrauben befestigt. Die Gleitfläche ist eine Kugelhaube, welche denselben Durchmesser hat und in demselben Sinne gekrümmt ist, wie die Pfanne. Die Pfanne besteht aus zwei Teilen: in ein geschmiedetes Stück, welches an die Wendesäule durch Schrauben befestigt ist, ist die eigentliche aus Stahl gefertigte Pfanne eingesetzt. Beide Teile sind durch versenkte Niete miteinander verbunden.

Die Halszapfen der Schleusentore, von denen Abb. 159 u. 160 denjenigen der Ebbetore zeigt, sind hohl, um das Druckwasserrohr für die Lenzpumpe einzuführen. Bei den Fluttoreen ist der stählerne Zapfen unmittelbar auf die Wendesäule aufgeschraubt, bei den Ebbe- und Sperrtoren dagegen ist, wie Abb. 159 zeigt, zunächst eine stählerne Hülse auf die Wendesäule geschraubt, in welche der stählerne

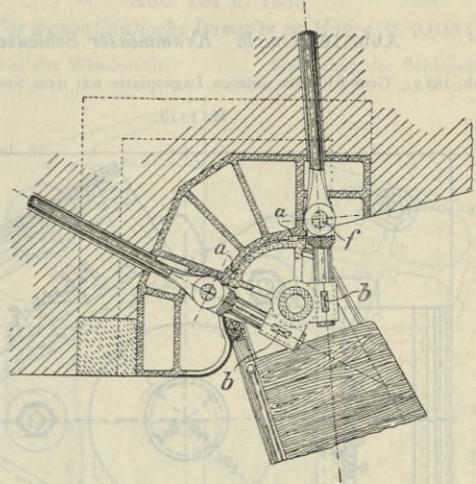
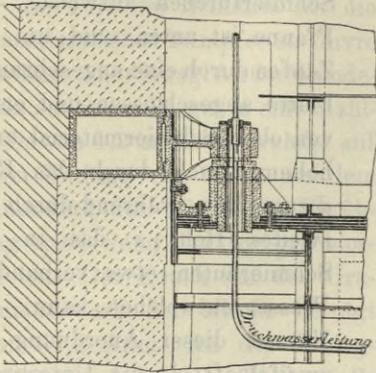
Zapfen passend eingedreht ist. Um den oberen Teil des Zapfens greift das aus einem Stahlgußstück bestehende, einen Hohlzylinder<sup>75)</sup> bildende Halsband. Zwischen dem Zapfen und dem Hohlzylinder des Halsbandes ist nach der Nische zu ein kleiner Spielraum gelassen, damit bei geschlossenen Toren der Zapfen durch den Stemmdruck nicht beansprucht werden kann. Das Gußstahlstück, welches den Zapfen umschließt, stemmt sich gegen einen großen eingemauerten Körper aus Gusseisen mit einer Fläche, welche einen Teil eines Zylindermantels bildet. Beide Teile werden, nachdem das Gußstahlstück richtig eingestellt ist, durch senkrechte Keile *a* (Abb. 160) gegeneinander festgelegt. Die Anker, welche an der Wendennische ein Scharnier *f* mit senkrechter Axe haben,

<sup>75)</sup> Die Seitenflächen der Zapfen hat man nachträglich nicht zylindrisch gemacht, sondern, um eine geringe Beweglichkeit zu ermöglichen, oben und unten etwas eingezogen, so daß sie etwa ellipsoidenartig sind.

Abb. 159 u. 160. *Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals.* M. 0,02 (1 : 50).  
Halszapfen und Halsband eines Ebbetores.

Abb. 159. Vertikalschnitt.

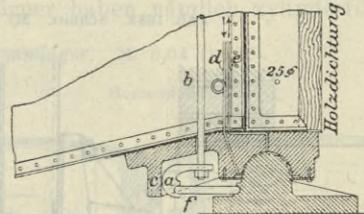
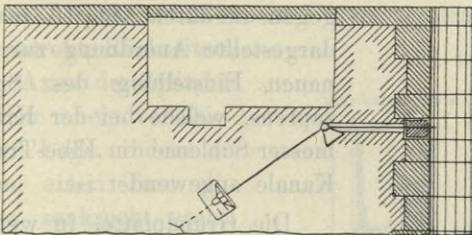
Abb. 160. Grundriss.



werden mit dem Gufsstahlstücke durch Keile *b* verbunden. Mit Hilfe dieser letzten Keile und der vorhin erwähnten Gufseisenkörper, die man verschieden stark machen kann, ist infolge der Scharniere in den Anker ein genaues Einstellen des Halszapfens möglich. Die Anker der Ebbetore bleiben in wagerechter Lage, während diejenigen der Fluttore nach unten geführt sind, wie Abb. 161 zeigt, um mehr Mauerwerk zu fassen.

Abb. 161. *Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals.*  
Verankerung eines Fluttore.

Abb. 162. *Barry-Dock.* M. 0,025 (1 : 40).  
Spurzapfen.



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

Eine ungewöhnliche Zapfenanordnung findet man an den Toren des Barry-Docks. Der Zapfen hat hier behufs Verhütung einer seitlichen Verschiebung eine überhöhte Halbkugelform erhalten (Abb. 162), welche in einigen lotrechten Kreisen vertiefte Schmierfurchen aufweist. Die

Abb. 163 a u. b. Krummesser Schleuse.

Abb. 163 a. Grundriss der unteren Lagerplatte mit dem Spurzapfenlager.

M. 1:10.

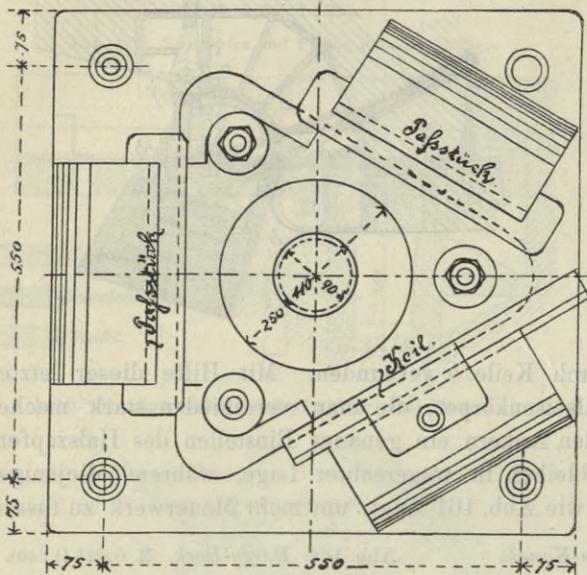
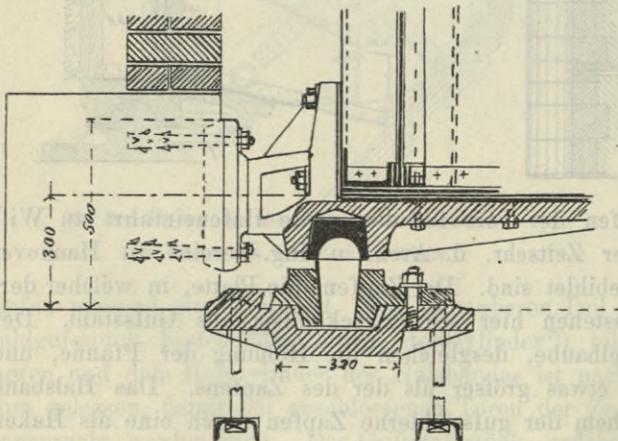


Abb. 163 b. Schnitt. M. 1:20.



ren Teiles ein und ist auf diesem durch 3 Keile, welche längs der 3 Seiten des oberen Teiles liegen und sich gegen 3 am unteren Teile angegossene Knaggen stützen, genau zentrisch einzustellen, nachdem die untere Platte zuvor nur annähernd richtig verlegt und vergossen ist.

Pfanne ist unten rund um den Zapfen durch eine angeschraubte Platte abgeschlossen und erhält von oben Schmiermaterial unter hohem Druck durch das Rohr *d* zugeführt, während durch ein zweites Rohr *e* das in den Schmiernuten etwa vorhandene Wasser entweichen kann. Der Nutzen dieser Anordnung ist zweifelhaft, da die Unterbrechung der Gleitflächen des Zapfens durch Schmierrinnen leicht zum Einfressen Veranlassung geben kann. Die Winkelhebel-Vorrichtung *baf* soll zusammen mit den Keilen am Halsband zum genauen Einstellen des Tores dienen.<sup>76)</sup> Wie dies möglich sei, ist nicht recht verständlich.

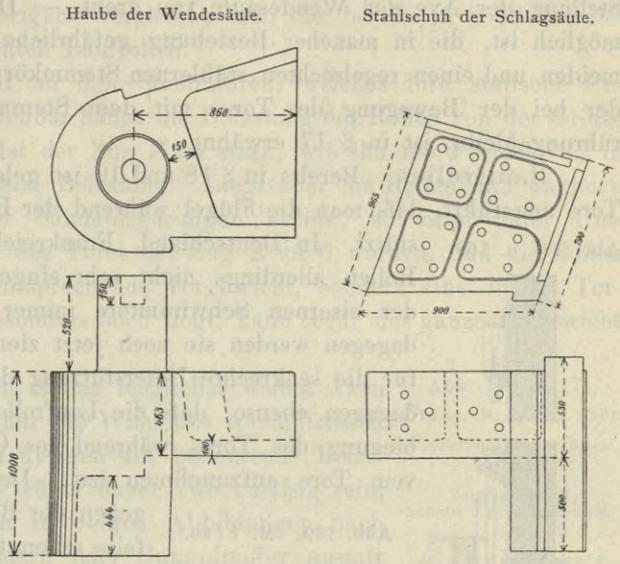
Ganz empfehlenswert ist dagegen die durch Abb. 163 a u. b dargestellte Anordnung zur genauen Einstellung des Spurzapfens, welche bei der Krummesser Schleuse im Elbe-Trave-Kanale angewendet ist.

Die Grundplatte, in welche der Spurzapfen eingesetzt ist, besteht aus zwei Teilen, einem oberen und einem unteren. Der obere Teil hat eine dreieckige Grundrissform. Er greift mit dem unter der dreieckigen Platte hervorragenden Stützen in eine entsprechende, etwas größere Höhlung des viereckigen unteren

<sup>76)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 428.

Stemmlager. Die Ständer-Stemmtore verlangen für den oberen Riegel, welcher den ganzen Stemmdruck aufzunehmen hat, eine besondere Ausbildung der Riegelenden. Die Abb. 164 u. 165 zeigen die für die Tore der Schleuse für die transatlantischen Dampfer zu Havre gewählte Anordnung. Ander Wendesäule endet der Riegel in eine Stahlhaube von 1,2 m Höhe, welche auf einen Umfang von 0,8 m mit dem Mauerwerk der Nische in Berührung tritt, wenn das Tor geschlossen ist. Der Druck auf das Granitmauerwerk der Nische beträgt dann 51,2 Atm. An der Schlagsäule trägt jeder Riegel ebenfalls einen Stahlschuh von 0,79 m wagerechter Breite. Da die Kopffläche dieses Schuhes eben und der Schuh am Riegel nicht beweglich ist, so kann eine gleichmäßige Druckübertragung nur bei einer bestimmten Temperatur stattfinden (s. § 16).

Abb. 164 u. 165. Schleuse für transatlantische Dampfer zu Havre. M. 0,025 (1:40).

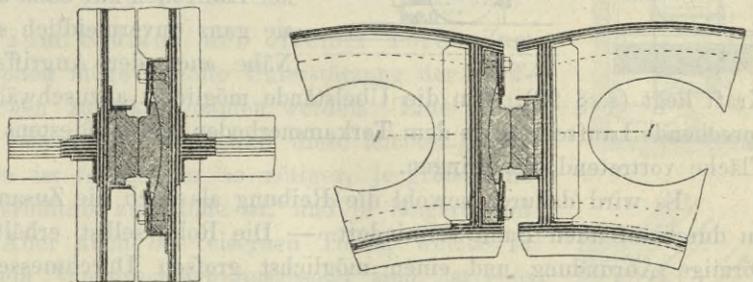


Diese statische Unklarheit hat Verfasser bei den Sperrtoren der Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals dadurch vermieden, daß er den Riegeln an den Schlagsäulen bewegliche Stemmkörper gab (s. Abb. 166 a u. b). Die beiden beweglichen Stemmkörper eines Torpaares bilden ein Universalgelenk. Die Körper haben nämlich zylinderförmig abgedrehte Rückseiten,

Abb. 166 a u. b. Stemmlager. M. 0,04 (1:25).

Vertikalschnitt II.

Horizontalschnitt.



die Axen der Zylinder haben aber verschiedene Lage, indem an dem einen Tore die Axe senkrecht steht, an dem anderen aber wagerecht liegt. Dadurch ist es erreicht, daß die ebenen Vorderflächen der Stemmkörper sich stets voll

berühren, den Stemmdruck gleichmäßig übertragen, und daß die Richtung des Stemmdruckes immer durch die Mitte der Axe des senkrechten Zylinders geht. Durch starke Federn werden die Stemmkörper in die mittlere Lage zurückgeführt, wenn die Tore geöffnet sind. Statt der beweglichen Körper mit zylindrischer Rückfläche könnte man auch einen festen und einen beweglichen Körper mit kugelförmiger Rückfläche anordnen.

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

An der Wendische geschieht die Übertragung des Stemmdruckes vom Riegel auf die Steine bei den Sperr- und Ebbtoren des Kaiser Wilhelm-Kanals in ähnlicher Weise wie in Havre durch eine bearbeitete Zylinderfläche, die sich bei geschlossenem Tore an den Stein legt, beim Öffnen des Tores sich aber infolge der exzentrischen Stellung der Axe der Wendesäule frei dreht. — Dafs es auch bei Ständertoren leicht möglich ist, die in mancher Beziehung gefährliche Exzentrizität der Drehaxe zu vermeiden und einen regelrechten stählernen Stemmkörper in die Wendische einzubauen, der bei der Bewegung des Tores mit dem Stemmkörper an der Wendesäule in Berührung bleibt, ist in § 17 erwähnt.

Laufrollen. Bereits in § 18 und 19 ist gelegentlich der Beschreibung einzelner Tore angeführt, dafs man die Flügel während der Bewegung mitunter durch Laufrollen

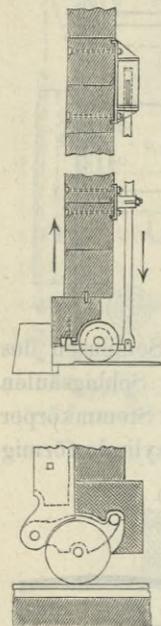
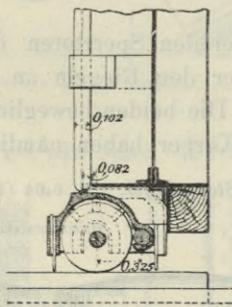


Abb. 169. M. 1 : 50.



stützt. In Deutschland, Frankreich und den Niederlanden sind diese Rollen allerdings nicht sehr eingebürgert und werden mit Zunahme der eisernen Schwimmtore immer mehr verschwinden. In England dagegen werden sie noch jetzt ziemlich häufig angewandt. Der Nutzen für die senkrechte Unterstützung des Tores ist allerdings unzweifelhaft, dagegen ebenso, dafs die Laufrolle desto ungünstiger durch die Verbiegung des Tores während des Öffnens wirkt, je mehr Gewicht sie vom Tore aufzunehmen hat. Denn es liegt dann der Widerstand

gegen die Bewegung, abgesehen von dem ebenfalls schon tief liegenden Widerstand des Wassers, ganz unten. Die Angriffskraft pflegt aber (s. § 22) meist sehr hoch zu liegen und es entsteht daher ein auf die Verbiegung des Tores in senkrechtem Sinne wirkendes Kräftepaar. Je mehr nun der Schleusenboden einem Verschlammen oder Versanden ausgesetzt ist, desto größer wird der Widerstand der Rollen. Es sollten daher Laufrollen nur dann angewandt werden, wenn sie ganz unvermeidlich sind, oder wenn in ihrer Nähe auch der Angriffspunkt der bewegenden

Kraft liegt (s. § 22). Um die Übelstände möglichst abzuschwächen, ist stets eine entsprechende Laufschiene in dem Torkammerboden und mindestens etwa 10 cm über dessen Fläche vortretend anzubringen. Es wird dadurch sowohl die Reibung als auch die Zusan- dung der von der Rolle zu durchlaufenden Bahn vermindert. — Die Rolle selbst erhält am besten eine kugelförmige Abrundung und einen möglichst großen Durchmesser bei tunlichst dünner Axe; diese ist daher von Stahl zu nehmen. Da die Rolle mindestens etwa 30 cm Durchmesser halten muß, so liegt sie nicht unter dem Unterrahmstück, sondern entweder zum Teil hinter oder vor demselben. Die letztere (also dem Oberwasser zugekehrte) Lage ist die bequemste und die gewöhnlichere. Dabei ist selbstverständlich die Rolle in der Nähe der Schlagsäule am wirksamsten und wird, wenn nicht an dieser selbst, so doch in ihrer Nähe an dem Unterrahmstück, besser aber an mehreren Riegeln gleichmäfsig befestigt. Eine solche Befestigung zeigt die Skizze Abb. 104, S. 149 von den Schleusentoren des Kaledonischen Kanals. Es ist danach der Stiel, welcher unten die Rolle trägt, oben und unten mit dem Torflügel verbunden, jedoch so, dafs er durch Keile niedergedrückt werden kann. Statt dieser das Tor unmittelbar hebenden Keil-

vorrichtung hat man an einigen englischen Schleusen auch wohl eine nach Abb. 167 hebende Keilvorrichtung ausgeführt oder endlich gar den Kopf des Stieles mit einem Hebel in Verbindung gebracht, welcher den Stiel mit großer Kraft niederdrückt und dadurch mittels der in Abb. 168 skizzierten Verbindung der Rolle mit dem Stiel und dem Tore das letztere hebt. — Übrigens vergleiche man die bereits in § 18 bei Besprechung größerer Holztore erwähnten Laufrollen.

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

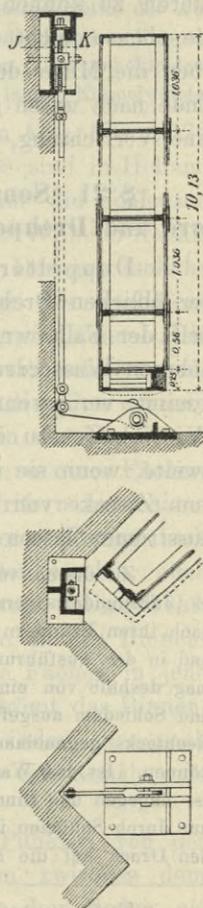
Der obige Satz, daß man den Rollen möglichst dünne Axen geben muß, bezieht sich daher nur auf die Wahl des vorzüglichsten Materials für dieselben, während im übrigen auf bedeutende Belastungen gerechnet werden muß. Es würde daher zweckmäßig sein, wenn die Stiele, welche die Rollen in obigen Abbildungen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

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

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

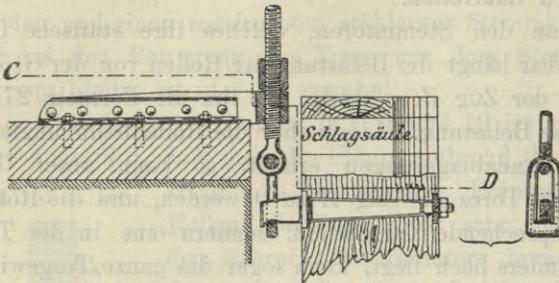
Bislang geschah die Unterstützung in der Regel von unten, indem durch Hebelvorrichtungen oder dergl. die Schlagsäule des in der Nische liegenden Tores gestützt wurde (vergl. Abb. 170 u. 171). Diese Anordnungen lassen sich in bequemer Weise nur beim Bau der Schleuse oder wenigstens, wenn diese trocken gelegt ist, anbringen, und sind auch später, wenn sie schadhaft werden, schwer auszubessern. Es verdient daher eine Ausführungsweise erwähnt zu werden, die ganz über Wasser liegt und jederzeit nachträglich an-

Abb. 170 u. 171.  
Brake. M. 0,02 (1 : 50).  
Vorrichtung zum Stützen der Tore.  
Vertikalschnitt, Schnitt JK u. Grundrifs.



gebracht werden kann. Dieselbe ist bei einer Kammerschleuse im Kanal zwischen dem Leck und Merwede bei Gorinchem angewendet und durch Abb. 172 dargestellt.<sup>77)</sup> Mittels Steinschrauben ist eine Platte auf dem Mauerwerke der Nische befestigt,

Abb. 172. *Merwede-Kanal.*  
Vorrichtung zum Stützen der Tore.



welche einen Ausleger mit einer Hülse am freien Ende trägt, durch die in senkrechter Richtung eine Schraube gesteckt ist. Die Schraube hat unten ein Auge, in welchem ein Bügel befestigt ist, der unter einen Knaggen an der Schlagsäule des offenen Tores greift. Zieht man die Mutter der Schraube an, so wird die Schlagsäule gehoben und damit das Tor an seinem freien Ende gestützt.

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

### § 21. Sonstige Tore: Doppeltore und Fächertore. Einflügelige Drehtore und Drehpontons. Klapptore. Schiebe- und Schützentore. Pontons.

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

Zu diesen verschiedenen Zwecken sind in Holland gegen Ende des 18. und zu Anfang des 19. Jahrhunderts verschiedene sinnreiche Zusammenstellungen von Drehtoren erfunden, welche meistens nach ihren Erfindern genannt werden. Sie sind jedoch fast alle in ihrer Anwendung zu umständlich und in der Ausführung zu kostspielig, als daß sie einen großen praktischen Wert erhalten hätten. Es mag deshalb von einigen eine flüchtige Andeutung genügen. — Die in Abb. 173 skizzierte, bei Gouda und Schiedam ausgeführte Schleuse von Donker zeigt vier Torflügel, welche sich als Diagonalen eines Rechtecks gegeneinander stützen und geschlossen von jeder Seite einen höheren Wasserstand halten können. Ist das Wasser aufsen höher, so stemmen sich die Binnentore wie gewöhnliche Stemmtore. Ist dagegen das Binnenwasser höher und soll dennoch die Schleuse geschlossen bleiben, so brauchen nur durch Schützen in den Binnentoren die dreieckigen Räume der Torkammern gefüllt zu werden, um den Druck auf die äußeren Tore zu übertragen. Sobald aber die Umläufe zwischen diesen Räumen

<sup>77)</sup> De ingenieur, Jahrg. 5, No. 14, und Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 282.

und dem Außenwasser geöffnet und jene Schützen geschlossen werden, drängen mit ihren Spitzen oder Schlagsäulen die inneren Tore die äußeren auseinander und es legen sich alle Flügel in die Nischen, so daß das Binnenwasser ausströmt. Aber die Schleuse kann erst wieder geschlossen werden, wenn das Wasser sich nahezu ausgespiegelt hat.

Abb. 173.

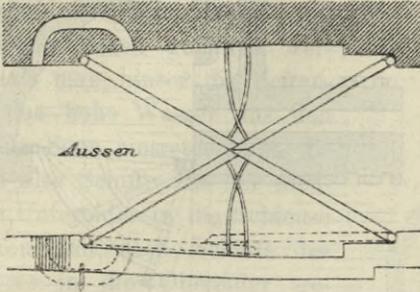
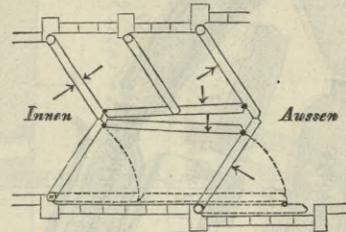


Abb. 174.



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

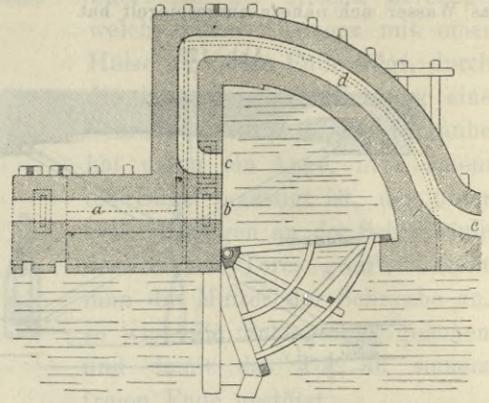
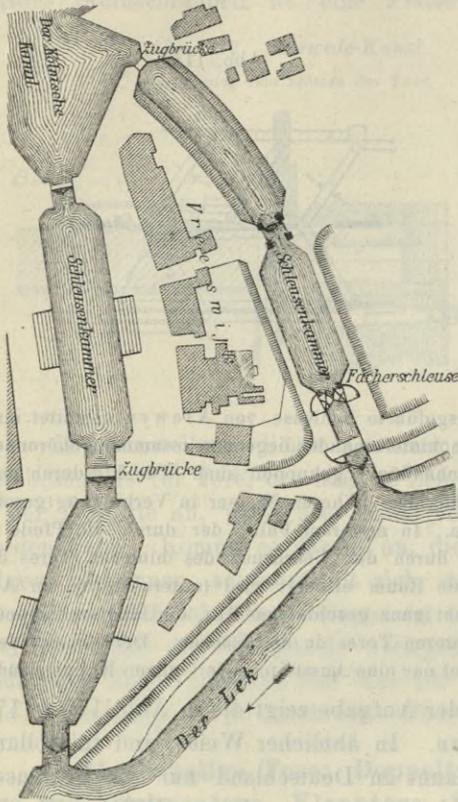
Fächertore. Eine glücklichere Lösung der Aufgabe zeigt die in Abb. 175 u. 176 (S. 200) dargestellte Fächerschleuse von Blanken. In ähnlicher Weise sind in Holland mehrere Schleusen erbaut, dagegen soweit bekannt in Deutschland nur die Schleusen des ältesten Bassins in Bremerhaven, einer Abzweigung des Kaiser Wilhelm-Kanals nach Rendsburg und an der Einmündung der Jade in den Jadebusen. Der gewöhnliche Zweck solcher Schleusen ist, aus einem Binnenbecken zur Spülung des Vorhafens während des niedrigen Außenwassers eine starke Ausströmung zu veranlassen. Die allgemeine Anordnung geht aus den genannten Abbildungen leicht hervor, wenn namentlich die nur durch punktierte Schlitze angedeuteten Schützen in den Kanälen *ab* und *cde* (Abb. 176) beachtet werden. Indem die zwei ungleich langen, in der Regel sich wie 5:6 in der Länge verhaltenden Flügel jeder Seite fest miteinander zu einer Fächerform verbunden sind, und hinter dem größeren Flügel ein im Grundriss nahezu einen Quadranten bildender Raum vorhanden ist, kann durch Füllung dieses Raumes mit Außenwasser die Schleuse bei jedem Wasserstande geschlossen gehalten werden, auch wenn an der Drepelseite der kleineren Flügel das Wasser höher steht. Umgekehrt kann durch Entleerung jenes Raumes und bei höherem Wasserstande an der Binnen-seite des Tores durch den Überdruck der größeren Flügel der ganze Fächer in jene Nische zurückgedrängt und das ganze Tor geöffnet werden. Alsdann strömt das Binnenwasser aus. Das Tor läßt sich aber auch jederzeit wieder schliessen, indem man nach Absperrung des Kanals *ab* dem ausströmenden Binnenwasser mittels des Kanals *edc* Eintritt in die Nische verschafft.

Die Anordnung dieser Tore unterscheidet sich in mehreren Punkten von der Bauweise der gewöhnlichen Drehtore. Zunächst muß der Spielraum zwischen dem größeren Flügel und dem zugehörigen Teil der Torkammer sowohl an dem Boden, als

Abb. 175 u. 176. Schleuse mit Fächertoren bei Vreeswijk.

Abb. 175. Lageplan. M. 0,0004.

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



an der gekrümmten Seitenwand möglichst klein gehalten werden, um den Überdruck des höheren Wassers desto wirksamer werden zu lassen. Ist dieser Spielraum zu groß, so hat man Schwierigkeiten im Betriebe der Schleuse (siehe weiter unten). Sodann müssen die Torflügel, wenn sie von beiden Seiten her höheres Wasser kehren sollen, von beiden Seiten einen den Wasserverhältnissen entsprechenden Druck ertragen können. Zu dem Zwecke hat man den Holztoren anfangs an beiden Seiten eine Bohlenbekleidung

gegeben, jedoch nach Storm-Buysing gefunden, daß sich der innere Raum mit Schlick u. s. w. gefüllt hat und daß die Hölzer sehr bald von Fäulnis angegriffen sind. Der Genannte empfiehlt daher eine einfache Bekleidung unter Anwendung von geeigneten Eisenbeschlägen, die ein Abdrücken der Bohlen durch den von der anderen Seite kommenden Wasserdruck verhüten. In Rendsburg sind die Tore in Eisen ausgeführt und es ist zweifellos, daß gerade diese Tore sehr viel günstiger aus Eisen als aus Holz hergestellt werden können. Es ist eine besondere Sorgfalt auf die Verbindung der beiden Flügel, und zwar sowohl auf Druck, als auf Zug zu verwenden, wobei das Eisen vor dem Holz wesentliche Vorzüge bietet. Aus diesem Grunde wird davon Abstand genommen, die Ausführungen in Holz eingehender zu besprechen, es wird vielmehr auf die Handbücher von Storm-Buysing und Hagen (siehe das Literatur-Verzeichnis) verwiesen.

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

Die Schleuse besitzt nach der Untereider, welche einen höchsten Flutwasserstand von + 22,0 und einen niedrigsten Ebbwasserstand von + 18,3 hat (Null = -20 N. N.), ein Flut- und ein Ebbetor, nach den Obereider-Seen zu dagegen Fächertore (siehe Abb. 177). Die Obereider-Seen stehen in offener Verbindung mit dem Kaiser Wilhelm-Kanale und ihr Wasserspiegel kann zwischen 20,27 und 19,27 schwanken,

und soll im Mittel 19,77 betragen. Die Stemmflügel der Fächertore sperren gegen das Flutwasser der Untereider. Fällt bei Ebbe das Wasser in der Untereider tiefer ab, als in den Obereider-Seen, so können die Stemmflügel der Fächertore auch bei offenen Ebbe- und Fluttoren des anderen Hauptes dadurch geschlossen gehalten werden, daß man hinter die Seitenflügel das hohe Wasser aus den Obereider-Seen eintreten läßt. Es können also Schiffe aus der niedrigeren Untereider in die Schleuse einfahren und nach Schluß des Ebbetores in die Obereider geschleust werden, nachdem man den Wasserstand in der Schleusen-kammer auf den der Obereider-Seen und der Nischen der Fächertore gehoben hat.

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

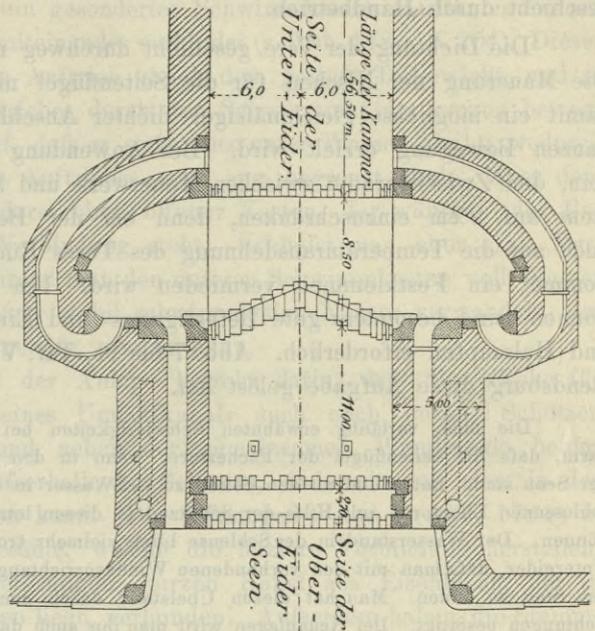
Die Riegel bestehen bei dem Stemmflügel, mit Ausnahme des zweiten von oben, der durch Gitterwerk gebildet wird, aus Stehblech mit Winkelgurtungen. Bei dem Seitenflügel sind nur der obere Riegel, sowie diejenigen, welche den Schwimmkasten oben und unten begrenzen, mit vollem Stehblech versehen, während alle übrigen statt dessen Gitterwerk haben. Als senkrechte Aussteifungen besitzt der Stemmflügel eine in der Mitte von oben bis unten durchgehende Blechwand, welche auch den Schwimmkasten in zwei Teile trennt. Außerdem haben beide Tore eine gröfsere Anzahl senkrechter Zwischenversteifungen für die Haut aus  $\perp$ -Eisen.

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

Abb. 177. Schleuse mit Fächertoren bei Rendsburg.

M. 0,002 (1 : 500).

Grundrifs des Hauptes an den Obereider-Seen.



Die Aussteifung (Verbindung) zwischen beiden Flügeln (Abb. 3 u. 12) bedarf keiner näheren Erläuterung. Als Bewegungsvorrichtung hat das Fächertor — abweichend von den Flut- und Ebbetoren derselben Schleuse, welche wie die Tore in Holtenau und Brunsbüttel mit Zahnstangen versehen sind — ein Zahnsegment erhalten, welches über dem Verbindungsträger liegt (siehe die punktierte Linie in Abb. 3). Die Bewegung geschieht durch Handbetrieb.

Die Dichtung der Tore geschieht durchweg mit Holzleisten (vergl. Abb. 3, 4 u. 5). Die Mauerung der Nischen für die Seitenflügel muß eine besonders sorgfältige sein, damit ein möglichst gleichmäßiger dichter Anschluß des Seitenflügels während seiner ganzen Bewegung erzielt wird. Bei Anwendung aller Vorsicht wird man imstande sein, den Zwischenraum zwischen Mauerwerk und Seitenflügel bei eisernen Toren höchstens auf 2 cm einzuschränken, denn bei der Bemessung des Zwischenraumes muß auch auf die Temperaturexpansion des Tores Rücksicht genommen werden, damit im Sommer ein Festklemmen vermieden wird. Um das Tor recht genau aufstellen zu können, sind besonders gute Befestigungs- und Einstellungsrichtungen für Halslager und Halszapfen erforderlich. Abb. 7 bis 11, Taf. VIII zeigen, in welcher Weise man in Rendsburg diese Aufgabe gelöst hat.

Die oben vorläufig erwähnten Schwierigkeiten bei diesem Betriebe der Schleuse bestanden darin, daß die Seitenflügel der Fächertore, wenn in den Nischen hinter ihnen das höhere Wasser der Seen stand, unten und an den Seiten zu viel Wasser in die Schleuse ließen, um diese bei noch geschlossenen Ebbetoren mit Hilfe der Schützen in diesen letzteren gegen die Untereider ausspiegeln zu können. Der Wasserstand in der Schleuse blieb vielmehr trotz offener Schützen so viel höher als in der Untereider, daß man mit den vorhandenen Windevorrichtungen nicht imstande war, die Ebbetore gegen den Stau zu öffnen. Man hat diesen Übelstand durch nachträgliche Aufstellung stärkerer Windevorrichtungen beseitigt. Bei Neuanlagen wird man ihn auch dadurch abstellen können, daß man entweder besonders große Schützen in den Ebbetoren oder besonders große Umläufe hinter ihnen anbringt, oder daß man an den Seitenflügeln der Fächertore besondere Dichtungen anbringt, die nur für diese Betriebsweise in Tätigkeit zu treten brauchen. Das Spülen der Schleuse aus den Obereider-Seen geschieht bei niedrigem Stande der Untereider in derselben Weise, wie oben (S. 198 u. 199) beschrieben.

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

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

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

Es möge noch erwähnt werden, daß auch in Holland bei Andel eine Schiffschleuse mit eisernen Fächertoren in beiden Häuptern erbaut ist.

Die Länge des Stemmflügels beträgt 7,59 m, die des Seitenflügels 9,13 m. Abweichend von dem Rendsburger Tore ist hier nicht jeder Flügel für sich durch doppelte Blechhaut als Schwimmkörper ausgebildet, sondern beide Flügel zusammen. Jeder Flügel hat nämlich nur eine Haut an der dem anderen Flügel abgekehrten Seite. Im Anschlusse an diese beiden Häute wird aber in dem Raume von dreieckiger Grundriffsform, welchen beide Flügel einschließen, ein gesonderter Schwimmkasten (Luftkammer) angebracht, der gleichzeitig beide Flügel miteinander verbindet (s. Abb. 178 a, S. 204). Dieser Schwimmkasten ist so groß, daß sein Auftrieb gleich dem ganzen Torgewicht, und so geformt, daß die Mittelkraft des Auftriebes durch den Schwerpunkt der ganzen bewegten Masse geht. Er liegt ferner so tief, daß er stets ganz unter Wasser bleibt, wodurch die Schwankungen in der Größe des Auftriebes sehr eng begrenzt sind. Über dem Schwimmkasten befindet sich ein anderer oben offener Kasten, der während des Betriebes mit dem Wasser in offener Verbindung steht. Schließt man aber diese Verbindung und entleert den Kasten, während man den unteren Schwimmkasten voll Wasser läßt, so wird dadurch das Tor in einen stabil schwimmenden Körper verwandelt, der nach Entfernung des Halsbandes fortgeflößt werden kann.

Eine fernere Eigentümlichkeit der Anlage besteht darin, daß die Nische für den Seitenflügel außer mit Hilfe eines Umlaufkanals auch noch mittels Schützen am freien Ende des Seitenflügels und neben der gemeinsamen Wendesäule beider Flügel einerseits mit dem Wasser außerhalb der Schleuse, anderseits mit dem in der Schleuse in Verbindung gesetzt werden kann. Die Öffnungen *r* und *s* (Abb. 178 a) in den beiden Torflügeln an der Wendesäule, welche die letztere Verbindung herstellen, sind zu dem Ende durch einen knieförmigen, kurzen Kanal aus Eisenblech, der in dem oberen der vorhin erwähnten Kästen liegt, verbunden. Außerdem haben die Stemmflügel noch Schützen *t* an der Schlagsäule, welche die Schleusenkammer mit dem Außenwasser in Verbindung setzen. Auf diese Weise ist der Schleusenbetrieb auch dann gesichert, wenn der Umlaufkanal außer Betrieb gesetzt werden müßte.

Die ganzen Kanal- und Schützenverbindungen sind in Abb. 178 b schematisch dargestellt, Abb. 178 c zeigt den Grundriß der gesamten Schleuse. Die Schleuse liegt in einem Kanal, der die Meuse mit dem Waal verbindet. Da nun der Wasserstand bald in dem einen, bald in dem anderen Flusse der höhere ist, so ist durch die beiderseitigen Fächertore in der Schleuse mit den in Abb. 178 b dargestellten Verbindungen der verschiedenen durch sie abgeschlossenen Räume ein Mittel gegeben, den Verkehr unter allen Verhältnissen in bequemer Weise offen zu halten.

Sie ermöglichen auch selbst bei ziemlich starkem Wasserstandsunterschiede, in beiden Flüssen die Schleuse ganz offen und den Strom samt der Schifffahrt frei hindurchgehen zu lassen, da man die Tore ohne Gefahr auch bei der Strömung schließen kann.

Ein weiterer Vorteil der Fächertore an Stelle der doppelten Anzahl nach verschiedenen Seiten kehrenden einfacher Stemmtore besteht darin, daß die gewöhnlichen Tore, je nachdem Flut und Ebbe wechselt, wechselnd in Tätigkeit gesetzt werden müssen, während die Fächertore ruhig stehen bleiben und nur andere Schützen geschlossen oder geöffnet werden müssen.

Ferner verkürzen diese Tore die Zeit der Schleusung erheblich, indem man sie auch gegen den höheren Wasserdruck öffnen kann.

Endlich werden die Fächertore auch nicht durch die Wellen gegeneinander und gegen den Dremmel geschlagen, wie gewöhnliche Stemmtore, die Unterhaltungskosten werden bei ihrer Verwendung also vermindert. Es sind dies eine ganze Reihe von Vorzügen,

Abb. 178 a—f. Schiffschleuse mit eisernen Fächertoren bei Andel in Holland.

Abb. 178 a.

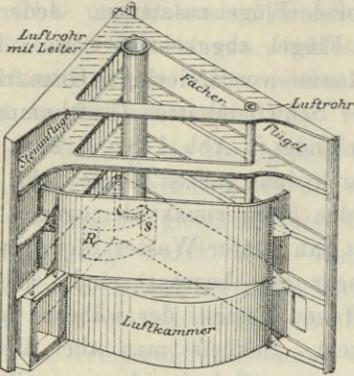


Abb. 178 b.

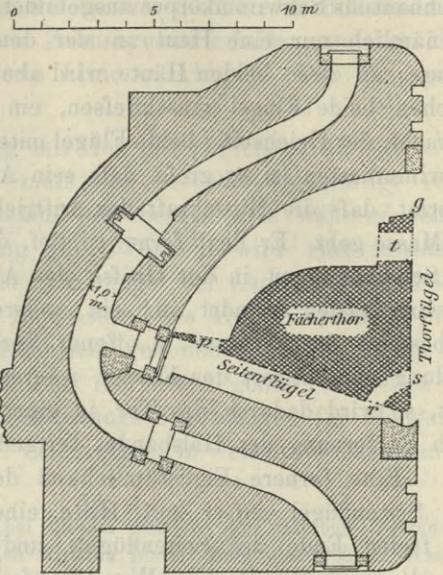


Abb. 178 c.

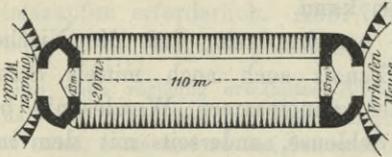


Abb. 178 f.

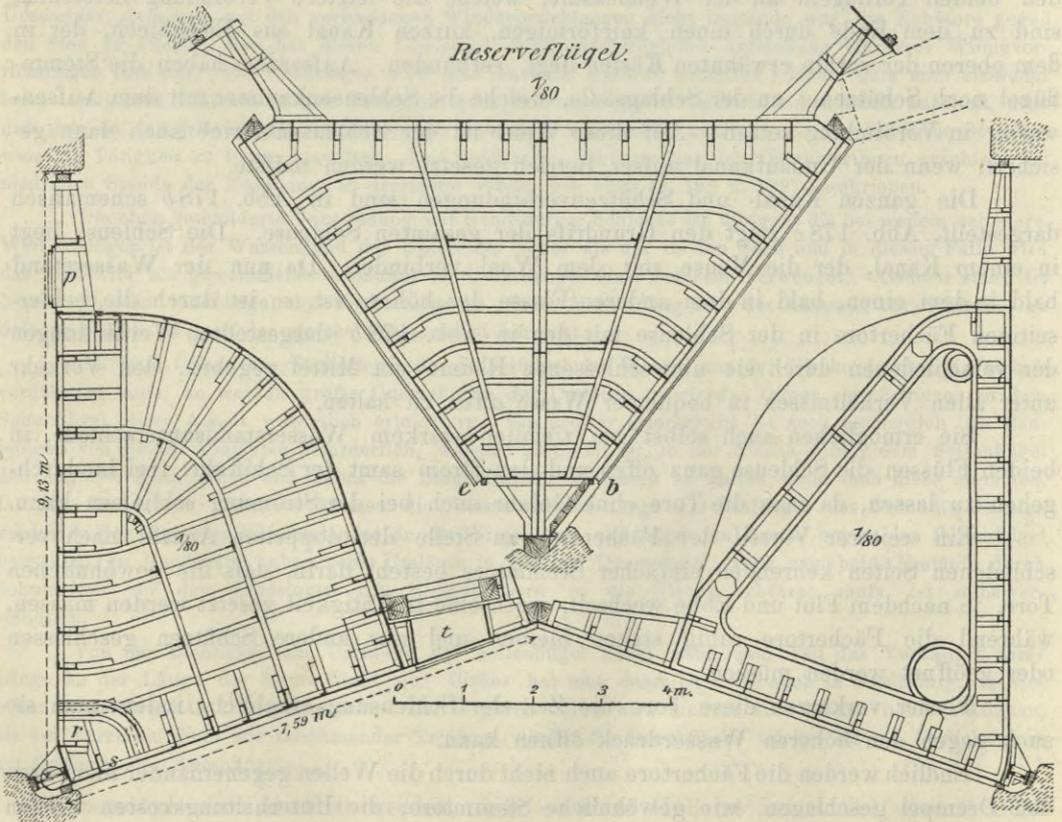


Abb. 178 d.

Abb. 178 e.

die es wohl geeignet erscheinen lassen, die Anwendung von Fächertoren auch bei größeren Seeschleusen in Erwägung zu ziehen.

Abb. 178 *d u. e* zeigen das geschlossene Fächertor, während Abb. 178 *f* den Reserveflügel darstellt, der so eingerichtet ist, daß er als Rechts- und Linksflügel verwendet werden kann. Zu dem Zweck besteht er aus einem festen gleichschenkeligen Gerippe, dessen Schenkellänge gleich der Länge der Verschluss- oder Stemmtore ist, deren jeder aber durch vorzuschraubende Verlängerungen in einen längeren Flügel verwandelt werden kann.<sup>78)</sup>

Von der in Bremerhaven vorhandenen 11 m weiten, in Abb. 179 im Grundriffs angedeuteten Fächerschleuse sei noch bemerkt, daß sie mit gutem Erfolge zur Beseitigung des Schlicks in den Torkammern und dem nächsten Teile des Vorhafens dient, aber hierzu in der Regel nur während der Springfluten benutzt wird. Dagegen wird sie im Winter täglich gebraucht, sobald sich Eis im Hafen befindet, welches sie durch die Spülungen sehr bequem beseitigt. Abweichend von den Angaben Hagens auf S. 310 des Handbuchs der Wasserbaukunst, II. Teil, 3. Bd., wonach eine völlige Öffnung solcher Tore bei einer kräftigen Spülung wegen des heftigen Wasserstosses nicht stattfindet, sei noch bemerkt, daß sich die Hauptflügel dieser Schleuse bei einer kräftigen Spülung vollständig öffnen, indem der ganze Fächer in seine Nische oder Kammer tritt.

Abb. 179.

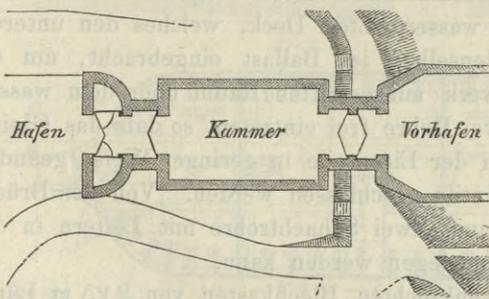
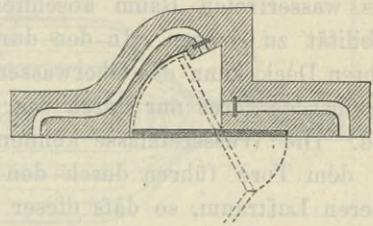


Abb. 180.



Eine ähnliche Benutzung ist möglich durch Anbringung einer quadrantförmigen Nische, in welche der längere Flügel eines mit einem kürzeren Flügel geradlinig verbundenen Drehtores schlägt (Abb. 180). Mit solchen Toren ist der vornehmlich für den Flosverkehr bestimmte Kanal vom Weichseldurchstiche Siedlersfähre-Ostsee zur nunmehr abgeschlossenen Danziger Weichsel ausgestattet. Durch sorgfältige Dichtung der längeren Torflügel ist es erreicht, daß das Tor schon bei ganz geringen Wasserstandsunterschieden zwischen Unterwasser und Oberwasser gut arbeitet (Zeitschr. deutscher Ing. 1896, S. 778 u. 1321, mit Abbildungen des Modells für das Tor, und des Tores selbst). Dieses Tor hat hier den Zweck, den Strom im Floskanale abzuschließen, um die weiter oberhalb an dem Flusse in einem regelrechten Schleusen-haupte angebrachten Schutzore (äußeren Stemmtore) alsdann in stehendem Wasser sicher schliessen zu können. Es dient also demselben Zwecke, wie die Sperrtore in den Endschleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals (vergl. S. 179 u. f.).

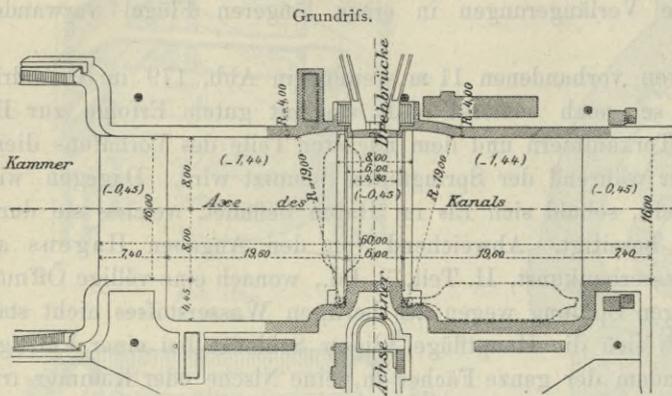
**Einflügelige Drehtore und Drehpontons.** Bei Besprechung der einflügeligen Drehtore sollen zunächst diejenigen betrachtet werden, welche dem äußeren nach einem einzelnen Stemmfügel insofern am meisten gleichen, als sie wie dieser oben

<sup>78)</sup> Näheres über diese Anordnung findet sich in dem Berichte des Herrn R. P. J. Tutein-Nolthenius zum VII. Schifffahrtkongress in Brüssel, 4. Sektion, 4. Frage.

einen Halszapfen und unten einen Tragzapfen haben. Die Vorteile, welche einflügelige Tore unter Umständen bieten, sind aus dem früher Gesagten bereits bekannt, so daß hier nur noch einige Ausführungen näher besprochen zu werden brauchen.

Abb. 181 zeigt den Grundriß der Ostschleuse zu Tancarville (Kanal von Havre nach Tancarville) mit den punktiert angedeuteten beiden einflügeligen Drehtoren, welche

Abb. 181. Ostschleuse zu Tancarville. M. 1 : 800.



eine Schleusenweite von 16 m abschließen. Die ganze Torlänge beträgt 18,75 m, die größte Breite 4,02 m, die Höhe des Fluttores 9,85 m, die des Ebbetores 7,85 m. Die Abmessungen der in den Abb. 182 bis 184 dargestellten Tore der Westschleuse sind dieselben bis auf die Höhen, welche dort 9,25 m und 7,25 m betragen.

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

Die Wendesaule wird durch einen senkrechten Blechkasten von 2,25 m Länge und 0,7 m Breite gebildet, welcher oben den Halszapfen aus Stahl von 30 cm Durchmesser und unten die stählerne Pfanne trägt. Nach der Schlagsäule zu ist der Körper des Tores ähnlich zusammengezogen wie an der Wendesaule und trägt hier eine Anzahl Konsolen aus Winkeleisen mit Stehblech, gegen welche die Dichtungsleiste geschraubt ist. Letztere besteht hier wie am Drempeel und an der Wendesaule aus starken Kanthölzern. Durch Anordnung von ausreichendem Ballast im unteren Raume der Tore und möglichst leichte Ausführung des oberen Teiles, sowie durch den gewählten birnenförmigen Querschnitt hat man es erreicht, daß das Metazentrum bei jedem Wasserstande über oder wenigstens ganz dicht unter dem Schwerpunkt des Systems bleibt, so daß eine nennenswerte Neigung zum Kentern und eine Beanspruchung auf Torsion nicht vorhanden ist. In der Quelle, der diese Mitteilung entstammt<sup>79)</sup>, wird mitgeteilt, daß sich die Tore seit drei Jahren vorzüglich bewährten und daß sie namentlich bei einigen Zwischenfällen, welche bei Stemmtoren zweifellos Zerstörung und längere Betriebsunterbrechung herbeigeführt haben würden, ihre Überlegenheit über diese gezeigt hätten.

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

<sup>79)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1892 I, S. 710.



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

Die beiden erstgenannten Tore sperren Öffnungen gleicher Weite und sind in ihrer äußeren Erscheinung gleich gebaut. Sie sind in ihrer ganzen Anordnung dem in Abb. 185 bis 188, S. 209 dargestellten Ponton ähnlich, aber auf der ganzen Höhe zweihäutig ausgeführt. Der Körper des Pontons besteht bei beiden aus einem im Querschnitt rechteckigen, in der Ansicht trapezförmigen Kasten aus Eisenblech mit flachem Boden und den erforderlichen Aussteifungen, der durch eine Anzahl wagerechter Zwischenböden in mehrere Kammern geteilt wird. Beide Pontons sind 18,9 m lang, 8,84 m hoch, 3,35 m breit und mit Ausnahme der Fahrbahn ganz aus Schmiedeisen hergestellt. Das Ponton ist nach Abb. 185 (S. 209) um eine an einem Ende desselben befindliche Axe in einfacher Weise drehbar gemacht. In geöffnetem Zustande legt es sich in eine Mauernische. Die Axe ist eine bloße Angelkonstruktion, bestehend aus zwei in das Mauerwerk eingelassenen gußeisernen Krampen *A* und aus zwei am Ponton angenieteten schmiedeeisernen Ösen, durch die ein starker glatter Bolzen *B*<sub>1</sub> mit Kopf von oben gesteckt ist.

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

Das Ponton zwischen den beiden Dockbecken hat zu seinen beiden Seiten stets gleiche Wasserstände, kann also nicht wie das vorige durch Ein- und Auslassen von Wasserballast gehoben und gesenkt werden. Dies Ponton enthält in den unteren Kammern so viel Wasserballast, daß es noch gerade unten aufsteht. Über den Luftkammern steht dem Wasser der freie Ein- und Austritt in das Ponton zu, so daß wechselnder Wasserstand in den Becken auf die Höhenlage des Pontons ohne Einfluß bleibt. An dem der Drehaxe entgegengesetzten Pontonende ist eine senkrechte, unten offene, bis ins Wasser reichende Röhre angebracht, deren Querschnitt  $\frac{1}{30}$  des wagerechten Pontonschnittes beträgt und deren oberes Ende geschlossen und mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht ist. Soll das Ponton gehoben werden, so wird etwas Luft in die Röhre geprefst, welche das Wasser aus dem unteren Ende verdrängt und damit das Gewicht des Pontons vermindert, so daß es aufschwimmt und gedreht werden kann. Auch diese Anordnung hat sich sehr gut bewährt. Zur rascheren Hebung des Pontons kann auch zwischen Luftpumpe und Röhre ein Reservoir eingeschaltet werden, in dem stets Prefsluft vorrätig gehalten wird. Es bedarf dann nur eines Augenblicks, um die Röhre zu füllen und das Ponton etwas anzuheben.

Der Abschluss für das Trockendock ist ganz ähnlich angeordnet, über dem Luftkasten aber nur einhäutig. Das in den Abb. 185 bis 188 dargestellte Ponton hat die

Abb. 185 bis 188. Verschluss eines Trockendocks am Viktoria-Dock.

Abb. 185. Ansicht.

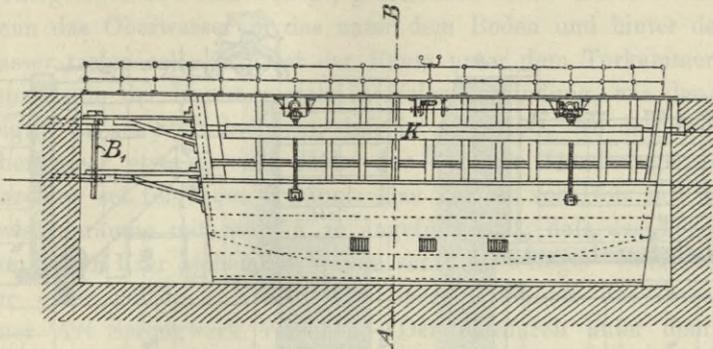


Abb. 186. Schnitt *AB*.

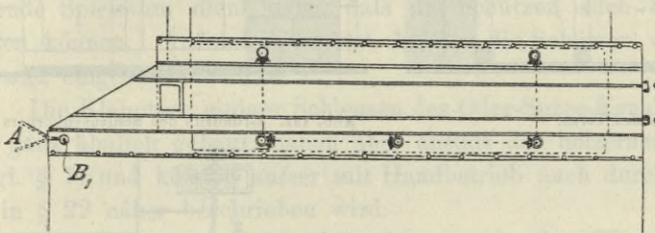
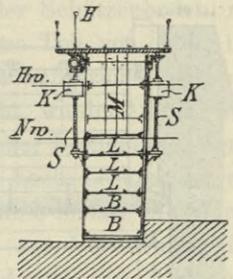
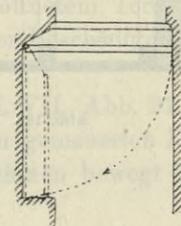


Abb. 187. Grundriss.

Abb. 188. Tornische.



Räume *BB* als Ballastkammern, *LLL* als Luftkammern, während über *L* das Wasser frei spielt. *M* ist ein Schacht, durch den man in die Luftkammern gelangt. Der Ballast ist so ausgeglichen, daß auch dies Ponton eben auf dem Grunde aufsteht. Soll es gehoben werden, so werden die an den beiden Langseiten liegenden Luftkasten *K* mittels der Schraubenspindeln *S* und des Drehbaumes *H* in das Wasser gedrückt.<sup>80)</sup>

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

Ziegler macht in der Deutschen Bauz. 1894, S. 456 einen Vorschlag, einflügelige Drehtore durch Anbringung einer zweiten Dichtungsleiste an der Wendesäule und Anordnung eines sogenannten Drehlagers an der Schlagsäule (ähnlich den sogenannten Gegentoren, wie sie in Frankreich üblich sind, vergl. § 15) zur Aufnahme des Wasserdruckes von beiden Seiten tauglich zu machen. Wegen weiterer Ausführung dieses Gedankens muß auf die Quelle verwiesen werden.

Klapptore. Tore mit wagerechter Axe oder Klapptore wurden, soviel bekannt, zuerst in Amerika verwendet, sind aber in neuester Zeit auch in Deutschland mehrfach ausgeführt. Die Abb. 189 bis 193 zeigen ein seit 1862 am Erie-Kanale in Amerika an Stelle eines Stemmtores eingeführtes Klapptor des Oberhauptes einer Schleuse. Das in Abb. 190 in seinem Querschnitte gezeichnete Tor befindet sich etwa in der Mitte zwischen völligem Liegen und Aufrichten. Sobald es liegt, ist es mit seiner Oberfläche etwas niedriger als der gemauerte Vorschleusenboden oberhalb der Torkammer, der

<sup>80)</sup> Deutsche Bauz. 1889, S. 605.

Abb. 189 bis 193. *Klapptor (Eric-Kanal)*. M. 0,008.

Abb. 189. Ansicht.

Abb. 190. Längenschnitt.

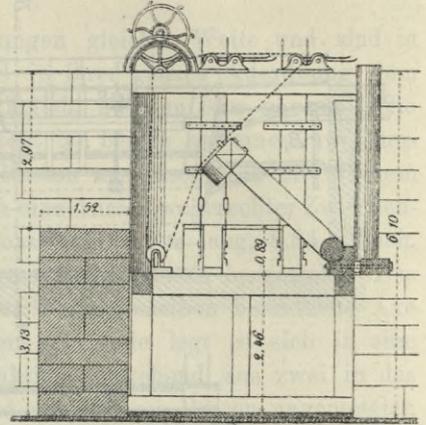
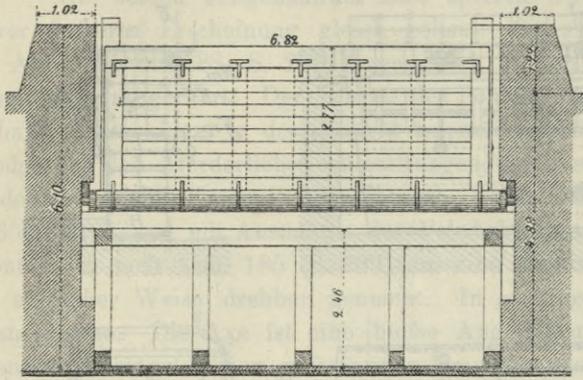


Abb. 191. Grundrifs des Tores.

Abb. 192. Grundrifs des Schleusenkörpers (halb).

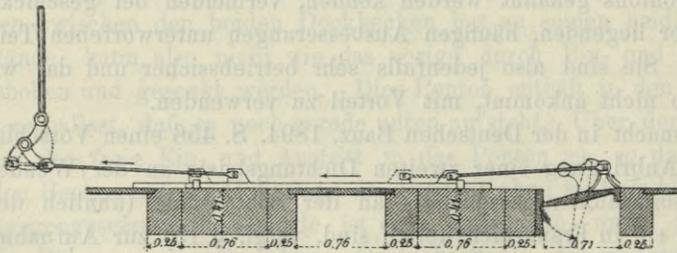
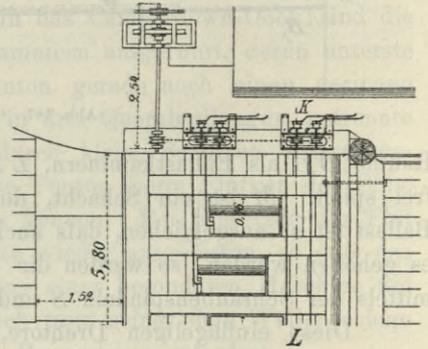
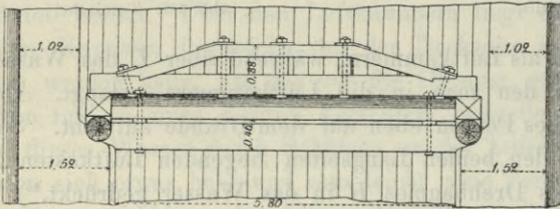


Abb. 193. Schnitt *KL* (Abb. 192). M. 0,016.

zugleich die Krone der Abfallmauer der Schleuse bildet. Sobald das Tor mit Hilfe der Kette ohne Ende aufgerichtet ist und das Oberwasser kehren soll, steht es nicht ganz steil, sondern etwas schräg, indem es sich mit seinen beiden Seitenriegeln gegen zwei aus Abb. 190 u. 191 erkennbare, schräge und an der Mauer befestigte Ständer lehnt. Die eigentümliche Form dieser aus zwei Stücken bestehenden Ständer ist durch die von der früheren Einrichtung her belassenen Wendenischen zu erklären. In Abb. 189 (Ansicht vom Oberwasser) und in Abb. 191 (Grundrifs) erscheint das Tor völlig aufgerichtet. In diesem Stande stützt es sich unten mit seiner halbrunden Axe gegen die entsprechend ausgehöhlte Schwelle, wie ein Stemmtor mit der Wendesäule gegen die Wende-

nische. Soll dann das Oberwasser aufgehalten werden, so müssen die vier Schützöffnungen des wagerechten, in Abb. 192 gezeichneten Holzbodens, auf welchem das niedergelegte Tor sich auflegt, geschlossen sein. Diese Schützen werden aber geöffnet, wenn das Oberwasser in das unter dem Boden und hinter dem Tore befindliche Unterwasser treten soll; dazu ist der Raum unter dem Torkammer- oder Schützenboden mit dem Raum der Kammer stets in freier Verbindung, wie der untere Teil von Abb. 189 zeigt. Es sei noch bemerkt, dafs in Abb. 190, wo das Tor halb aufgerichtet ist, das Oberwasser etwa in der Höhe der obersten Quaderfuge gedacht werden mufs. Im einzelnen sei folgendes erwähnt: Das Tor ist von Holz mit doppelter Bekleidung, deren Zwischenräume mit Steinen so angefüllt sind, dafs das Tor sich nach Lösung der auf dem linken Ufer stehenden Winde sanft niederlegt. Beim Aufrichten bedarf die Winde nur einer mäfsigen Kraft. Das obere Rahmholz des Tores ist zur Verstärkung mit einer Art Sprengwerk versehen. Der hierdurch unter dem niedergelegten Tore entstehende Spielraum dient dazu, dafs die Schützen auch bei geöffnetem Tore bewegt werden können. Ausserdem schützt das Tor die Schützen vor einer Beschädigung durch aus- und eingehende Schiffe.

Die Klapptore einiger Schleusen des Oder-Spree-Kanals (Taf. VII, Abb. 21 bis 23) sind ganz ähnlich gebaut, haben aber anstatt des hölzernen einen gemauerten Drempel (vergl. § 7) und können aufser mit Handbetrieb auch durch Maschinen bewegt werden, wie in § 22 näher beschrieben wird.

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

Die Klappe soll gleichzeitig als Einlafsschütz (Drehschütz) zum Füllen der Schleusenammer dienen und zu diesem Zwecke zunächst nur so weit geöffnet werden, dafs unten an der Schwelle ein Spalt von 15 cm Breite entsteht, durch den das Wasser ohne zu grofse Beunruhigung des Schiffes eintritt. Näheres über die Anlage findet sich Deutsche Bauz. 1891, S. 405, sowie in Band XXXVII, S. 777 der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure.

Neuerdings sind eiserne Klapptore bei der Einlafsschleuse am Flosshafen bei Kostheim (Zeitschr. f. Bauw. 1897, S. 147, Taf. 18 u. 19) und bei den Obertoren der Schleusen des Elbe-Trave-Kanals (Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 753) angewendet.

Die Tore der Schleuse bei Kostheim bieten in ihrer Anordnung nichts besonderes. Sie haben keine Luftkästen, stehen in aufgerichtetem Zustande aus besonderen Gründen sehr schräg, die Bewegung erfolgt durch Zahnstangen, welche an beiden Seiten an den Toren befestigt sind. In offenem Zustande liegen sie in einer Grube des Torkammerbodens mit ihrer Oberkante tiefer als der Boden. Die Grube versandet leicht.

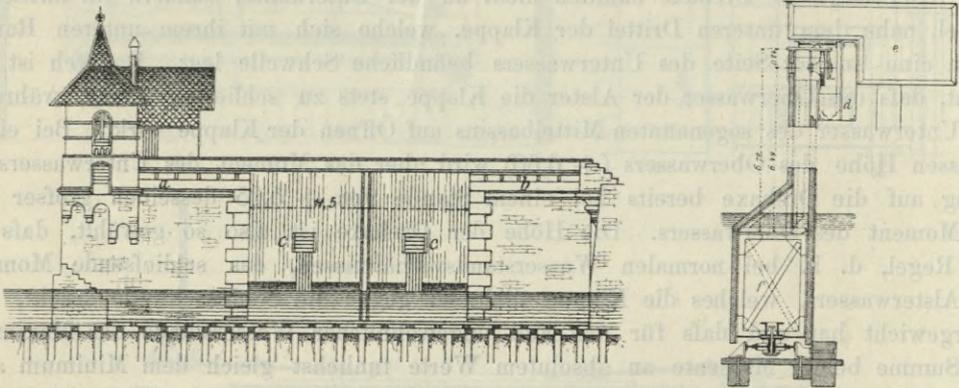
Wesentlich mehr Interesse bieten dagegen die eisernen Tore nach Hotopps Patenten in den Oberhäuptern der Schleusen des Elbe-Trave-Kanals. Da bei diesen das Hauptinteresse sich aber an die Art der selbsttätigen Bewegung und weniger an den Bau der Tore knüpft, so sind diese Tore in § 22 skizzenhaft mitgeteilt, während hier auf eine genaue Beschreibung des Eisengerippes verzichtet wird.

Als ein Vorläufer des Hotopp'schen Tores sei hier noch eine Klapptoranordnung von Isermeyer (Zentralbl. d. Bauverwaltung 1891, S. 270) erwähnt, welche Aufrichten und Niederlegen des Tores ebenfalls selbsttätig bewirkt. Das um eine untere wagerechte Axe drehbare Tor ist durch Luftkasten so im Gewichte ausgeglichen, daß Auftriebs- und Schwerkraftsmoment einander aufheben. Ein im oberen Teile des Tores exzentrisch gelagerter, beweglicher Ballastzylinder bewirkt dann das Senken und Heben desselben, je nachdem er mit Wasser gefüllt oder entleert wird. Die Füllung geschieht durch Zuleitung von Oberwasser. Das Zuleitungsrohr wird durch den einen Zapfen des Tores zum Zylinder geführt, während durch den anderen das Ableitungsrohr für die Luft im Zylinder seinen Weg nimmt. Die Entleerung des Zylinders erfolgt durch Absaugen des Wassers mittels eines Saugapparates durch dasselbe Rohr, indem ein Strom vom Ober- zum Unterwasser denselben in Tätigkeit setzt. Die unter Wasser liegenden Rohrleitungen durch die Zapfen könnten Bedenken erregen.

Abb. 194 a u. b. Schiebetor (Hamburg, Sandtorhafen).

Abb. 194 a. Ansicht.

Abb. 194 b. Vertikalschnitt. M. 1:100.



Schiebetore. Häufiger als Klappstore sind Schiebetore in Anwendung gekommen, wenn auch vorwiegend im Auslande (England und Amerika). In Deutschland befinden sich namentlich in Hamburg Beispiele dieser Torart. In Abb. 194 a u. b ist ein bereits seit längerer Zeit im Betriebe befindliches Tor dargestellt. Die Brooktor-Schleuse, der das Tor angehört, verbindet den Sandtorhafen mit den oberhalb liegenden Hafenteilen, welche in unmittelbarer Verbindung mit der Elbe stehen, jedoch so, daß die obere und untere Mündung der Hafensflächen über 3000 m voneinander entfernt sind. Das hierbei zeitweilig eintretende Gefälle von etwa 20 cm würde bei Durchströmung der Hafensflächen denselben viel Sand zuführen, wenn nicht eine Schleuse das Gefälle aufnehme. Eine Kammerschleuse mit Drehtoren würde aber selbst bei der besten Einrichtung etwa 10 Minuten für jede Durchschleusung erfordern und erschien deshalb weit weniger geeignet, als die in ihrer Idee von Dalman herrührende Schleuse

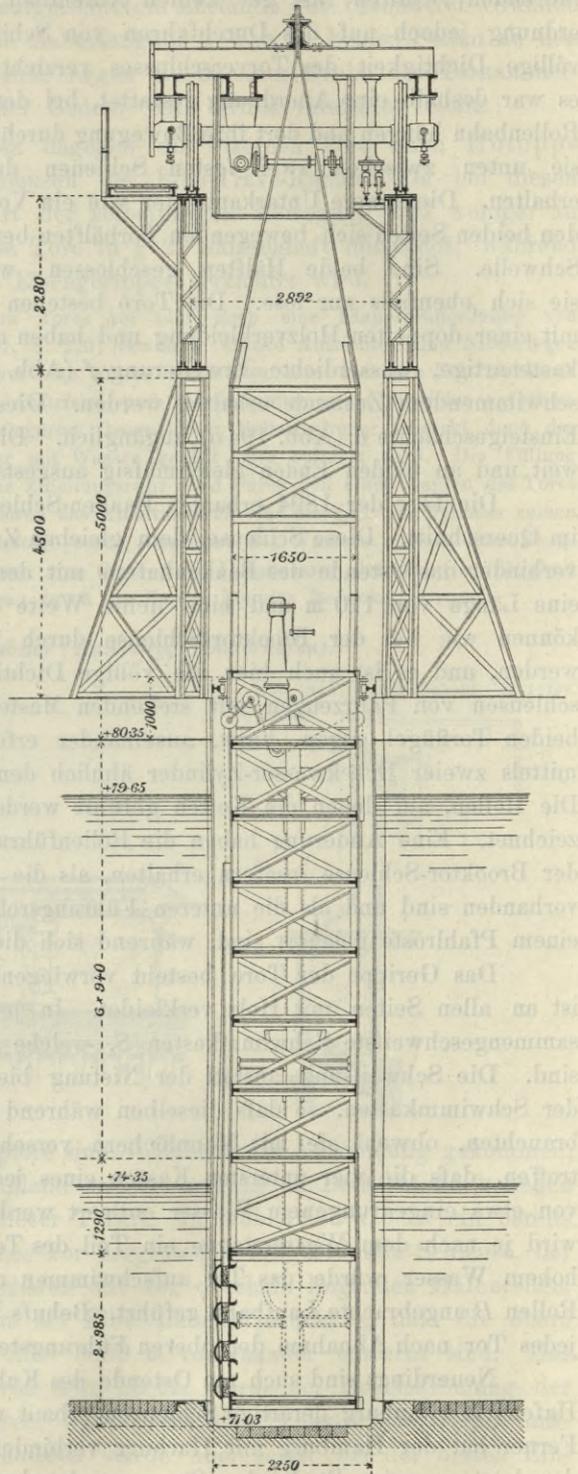
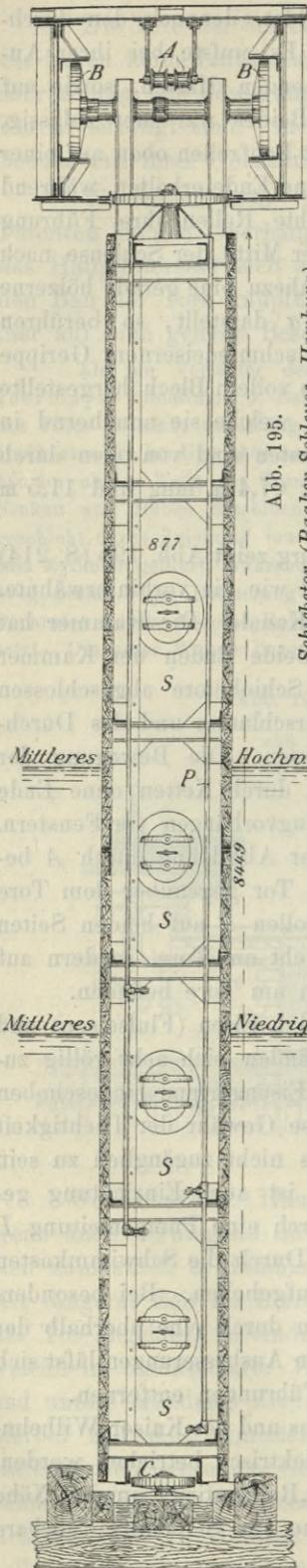
mit Schiebetoren, welche, obgleich als Kammerschleuse gebildet, dennoch den durchfahrenden Schiffen fast gar keinen Aufenthalt verursacht. Es mußte bei ihrer Anordnung jedoch auf das Durchfahren von Schiffen mit stehenden Masten, sowie auf völlige Dichtigkeit des Torverschlusses verzichtet werden. Beides war hier zulässig, es war deshalb eine Anordnung gestattet, bei der die Tore mit Laufrollen oben auf einer Rollenbahn hängen und dort ihre Bewegung durch eine Kette ohne Ende erhalten, während sie unten zwischen zwei festen Schienen durch wagerechte Rollen ihre Führung erhalten. Die innere Unterkante der wie ein Vorhang von der Mitte der Schleuse nach den beiden Seiten sich bewegenden Torhälften berührt dabei nahezu eine gerade hölzerne Schwelle. Sind beide Hälften geschlossen, wie Abb. 194 *a* darstellt, so berühren sie sich ebenfalls nur lose. Die Tore bestehen aus leichtem schmiedeisernem Gerippe mit einer doppelten Holzverkleidung und haben unten eine aus vollem Blech hergestellte kastenartige, wasserdichte Erweiterung *f* (Abb. 194 *b*), durch welche sie annähernd in schwimmendem Zustande erhalten werden. Diese Schwimmkasten sind von oben durch Einsteigeschächte *c* (Abb. 194 *a*) zugänglich. Die Kammer ist 67,4 m lang und 11,5 m weit und an beiden Enden gleichmäÙig ausgestattet.

Die Tore der 1894 erbauten Baaken-Schleuse zu Hamburg zeigt Abb. 195 (S. 214) im Querschnitt. Diese Schleuse, dem gleichen Zwecke dienend wie die vorhin erwähnte, verbindet das Ostende des Baakenhafens mit dem Oberhafen-Kanale. Die Kammer hat eine Länge von 110 m und eine lichte Weite von 16 m. Beide Enden der Kammer können wie bei der Brooktor-Schleuse durch je ein Paar Schiebetore abgeschlossen werden, und es ist auch hier die völlige Dichtigkeit des Verschlusses und das Durchschleusen von Fahrzeugen mit stehenden Masten ausgeschlossen. Die Bewegung der beiden Torflügel gegen- bzw. auseinander erfolgt wie dort durch Ketten ohne Ende mittels zweier Druckwasser-Zylinder ähnlich den bekannten Zugvorhängen vor Fenstern. Die Rollen, auf denen die Ketten geführt werden, sind in der Abbildung durch *A* bezeichnet. Eine Änderung haben die Rollenführungen für das Tor gegenüber dem Tore der Brooktor-Schleuse insofern erhalten, als die oberen Laufrollen *B* auf beiden Seiten vorhanden sind und als die unteren Führungsrollen *C* hier nicht am Tore, sondern auf einem Pfahlroste gelagert sind, während sich die Leitschienen am Tore befinden.

Das Gerippe der Tore besteht vorwiegend aus U- und L-Eisen (Flufseisen) und ist an allen Seiten mit Holz verkleidet. In jedem Tore befinden sich acht völlig zusammengeschweißte Schwimmkasten *S*, welche lose in das Eisengerippe eingeschoben sind. Die Schweifung anstatt der Nietung bietet eine große Gewähr der Dichtigkeit der Schwimmkasten, so daß dieselben während des Betriebes nicht zugänglich zu sein brauchten, obwohl sie mit Mannlöchern versehen sind. Es ist auch Einrichtung getroffen, daß die vier untersten Kasten eines jeden Tores durch eine Pumpenleitung *P* von etwa eingedrungenem Wasser entleert werden können. Durch die Schwimmkasten wird je nach dem Wasserstande ein Teil des Torgewichtes aufgehoben. Bei besonders hohem Wasser würde das Tor aufschwimmen und wird dann durch eine oberhalb der Rollen *B* angebrachte Laufbahn geführt. Behufs Vornahme von Ausbesserungen läßt sich jedes Tor nach Abnahme der oberen Führungsteile aus den Führungen entfernen.

Neuerdings sind auch am Ostende des Kuhwärder-Hafens und des Kaiser Wilhelm-Hafens in Hamburg derartige Schleusen erbaut worden, die elektrisch betrieben werden. Ferner hat der Hamburg mit Harburg verbindende Elbarm „Reiherstieg“ in der Nähe der letztgenannten Stadt eine Stromunterbrechung durch eine für Seeschiffe fahrbare Schiebetorschleuse erhalten.

Abb. 196. Schiebotor der Kuppelschleuse bei O'-Besse.



Das Sperrtor im Oderdeiche bei Breslau ist ähnlich eingerichtet (vergl. Bericht des Wasserbau-Inspektors Schnapp zum VII. Schiffahrtskongress in Brüssel, Abt. 2, Frage 2).

Die Schiebetore der bereits auf S. 8 erwähnten Kuppelschleuse bei O'-Becse an der Theifs (Abb. 196) sind ebenfalls oben aufgehängt. Die Aufhängung ist aber so gewählt, daß die Tore nach beiden Seiten hin etwas pendeln, damit sie sich gut an die Anschläge legen können. Damit dieses Pendeln bei starkem Winde nicht hinderlich werde, wenn die Tore in die Torkammern zurückgezogen werden sollen, haben diese oben Rollenführungen, die Tore selbst aber Rollen erhalten.

Ist der Wasserüberdruck zu gering, so wird das Tor mit der Hand gegen die Anschläge gedrückt, was keinerlei Schwierigkeiten macht.

Das Gewicht der Brücke und der Pfeiler beträgt 53 t. Das ganze zu bewegendes Gewicht des 16,96 m langen, 9,17 m hohen und 1,65 m starken Tores mit dem Aufhängeapparat, Jalousie-Ventilen nebst Aufzugvorrichtung u. s. w. ist rd. 150 t, vermindert sich aber durch Eintauchen der wasserdichten Räume des Torkörpers auf 106 t. Zur Bewegung dient eine auf dem Wagen angebrachte Dynamomaschine. Die Kraft wird durch eine aus dem Kanal gespeiste Turbine erzeugt. Bewegungsdauer des Tores 3 Minuten.

Bei hohen Theifs-Wasserständen kann die Turbine nicht arbeiten. Dann erfolgt die Bewegung von Hand in 12 Minuten. Kosten des großen Schiebetores 77,034 Gulden.

Näheres findet man in dem Berichte des Ungarischen Landwirtschafts-Ministers zum VII. Schiffahrtskongress in Brüssel, Abt. 2, Frage 2.

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

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

Eine weitere Eigentümlichkeit der Eiffel'schen Tore ist die Art der Bewegung. Das Tor hängt nämlich an Wagen, auf denen es aus der Pontonkammer in das Schleusenhaupt geschoben wird. Die Gleise für diese Wagen werden in der Pontonkammer von deren fester Überbrückung getragen, außerhalb der Pontonkammer aber von einer einarmigen Drehbrücke, welche auf der der Pontonkammer gegenüberliegenden Schleusenwand ihren Drehzapfen hat. Vor Schluß des Tores wird diese Brücke geschlossen und dadurch die Rollbahn für die ganze Länge der Torbewegung hergestellt. An den er-

wähnten Wagen sind die Tore aber nicht unbeweglich befestigt, sondern mittels anderer Rollen aufgehängt, welche es gestatten, das Tor senkrecht zu der anderen Bewegung, also gegen den Drempe hin zu verschieben. Auf diese Weise wird das Tor ohne Klemmen zum dichten Schluß gebracht und anderseits durch Abrücken des Tores vor dem Öffnen jede Reibung am Mauerwerk während der Bewegung zur Torkammer vermieden. Alle zur Bewegung des Tores dienenden Teile liegen über Wasser.<sup>81)</sup>

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

Es ist noch das ganz aus Holz bestehende, durch Abb. 20 bis 23, Taf. VI dargestellte Tor einer Schleuse zu Davis-Island in Ohio<sup>82)</sup> zu besprechen, welches sich durch seine grofse Länge auszeichnet. Die Schleusenweite beträgt nämlich 33,35 m und infolge dessen die Länge der beiden gleich grofsen Tore 36 m. Die Torbreite ist 4,06 m und die Höhe 4,27 m. Jedes Tor wird von 8 eisernen Achsen mit 16 Rollen von 0,72 m Durchmesser getragen. Das Tor besteht aus einem unteren Rahmen von zwei Langhölzern mit senkrechten Aussteifungen zwischen denselben, einem starken Howe-Träger als oberem Rahmen und zwei Reihen von Ständern und eisernen Diagonalen zwischen den beiden Rahmen und zwar sind solche Diagonalen zwischen den Ständern sowohl in der Längen- als auch in der Querrichtung des Tores vorhanden. Das Tor hat eine Holzbekleidung, welche an der Unterwasserseite alle Zwischenräume zwischen den Ständern und den Rahmen ausfüllt und auferdem oben einen Belag. Vierzehn runde Drehschützen mit senkrechter Achse werden vom oberen Belage aus durch eine Aufzugvorrichtung gleichzeitig geöffnet. Auferdem sind noch Umläufe vorhanden. Das Tor wird durch eine Turbine an Ketten in die Torkammer gezogen. Um die seitliche Reibung während der Bewegung zu vermindern, sind Streichrollen mit senkrechter Achse angebracht, die aber, wenn das Tor geschlossen ist, vor kleinen Versenkungen ihrer Bahn liegen, damit das untere Rahmholz sich dicht an den Drempe anlegen kann.

Diesen Schiebetoren insofern ähnlich, als sie ebenfalls auf unten an den Toren befestigten Rollen laufen, sind die älteren Tore nach dem Patente von Kinipple. Das in unten genannter Quelle<sup>83)</sup> dargestellte Tor befindet sich in Greenock und dient zum Verschlusse eines Docks (vergl. Kap. XXII der zweiten Auflage dieses Werkes, Taf. XXVI, Abb. 7 bis 9). Das Ponton belastet die vier kleinen zweiräderigen Wagen, auf denen es in die neben dem Dock liegende Pontonkammer geschoben werden kann, bei jedem Wasserstande nur mit einem mäfsigen Gewichte, es kann aber, wenn der Wasserballast aus seinem Innern entfernt ist, zum Aufschwimmen gebracht werden. Diese Schiebetore von Kinipple sind, wie bereits in § 16 erwähnt, rund herum — auch an den Stirnseiten — geschlossen. Das aus der Pontonkammer beim Öffnen des Tores zu verdrängende Wasser mufs also unter das Tor hindurch oder durch Umläufe abfliefsen. Durch ein unter N. W. liegendes Deck wird das Tor in zwei Hauptabteilungen geteilt, deren untere die Luftkammer und gleichzeitig den Ballastraum bildet. Der Raum über dem Luftkasten steht durch Ventile mit dem Aufsenwasser in Verbindung, so dafs für diesen Teil der Wasserdruck stets auf die am Anschlag liegende Haut wirken kann. Vom Luftkasten führt durch diesen Wasserraum ein Einsteigeschacht nach oben.

<sup>81)</sup> De ingénieur 1888, S. 160. — Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 507.

<sup>82)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1885 I. S. 1029.

<sup>83)</sup> Ann. des ponts et chaussées, Bd. XI, I. S. 30.

Abb. 197 bis 199. Kinipple's Schiebetor mit Pendelbrücke.

Abb. 197 u. 198. Längenschnitt durch die Torkammer und Grundriß.

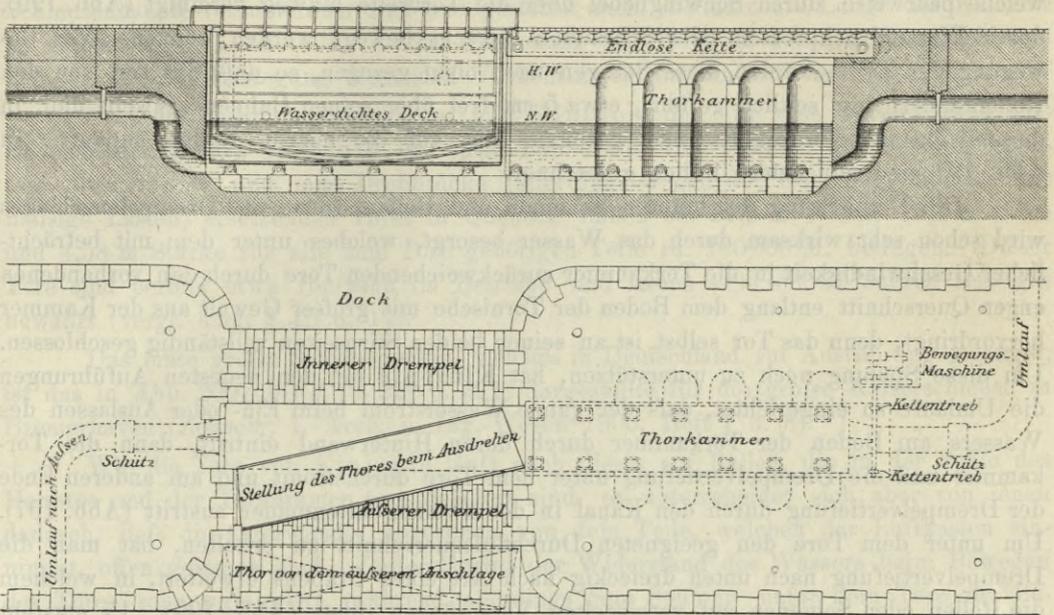
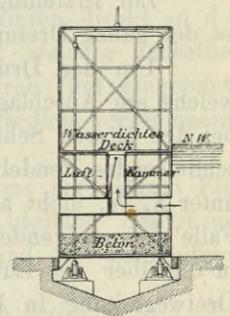


Abb. 199. Querschnitt.



Bei den neueren Ausführungen hat Kinipple folgende Änderungen vorgenommen.<sup>84)</sup> Um die Tore beim Ausflößen mittels des Auftriebes nicht um ein allzugroßes Höhenmaß anheben zu müssen, war man früher gezwungen, die Seitenkanten, wie auch die Anlagekanten im Mauerwerk sehr stark nach außen zu neigen; die so eintretende Verbreiterung des Mauerwerks war wenig erwünscht und das Maß der erforderlichen Anhebung blieb immerhin groß genug, um das Ausflößen bei mäßigem Winde bedenklich erscheinen zu lassen. Um völlig senkrechte seitliche Begrenzung zu erzielen und das Maß der Anlüftung auf die Drempelüberdeckung, als denkbar geringstes Maß, einzuschränken, gibt Kinipple dem Tore zwischen der inneren und äußeren Anschlagfläche 5 bis 10 cm Spiel (um welches Maß dann die Laufrollen seitlich auf den Schienen verschiebbar sein müssen) und macht die Weite zwischen den äußeren Anschlagkanten etwas größer als zwischen den inneren, gibt also dem Tore im Grundriß eine trapezförmige Gestalt (Abb. 197 bis 199). Das Tor kann dann nach Anhebung um die Drempelüberdeckung um die seitliche Überdeckungsbreite in die Torkammer zurückgezogen und durch wagerechte Drehung um die äußere Torkammerkante ausgeflößt werden.

Erleichtert wird diese Handhabung dadurch, daß die Rollen, welche früher am Tore saßen und die notwendige Hebung vergrößerten, jetzt auf dem Boden des Hauptes befestigt werden, während das Tor die Schienen trägt. In der seitlichen Torkammer werden die Rollen dann dicht unter Toroberkante an der Wand angebracht, so daß das Tor in der Kammer sich mittels über Wasser an Konsolen befestigter Schienen aufhängt. Um die unter Wasser liegenden Rollen tunlichst wenig zu beanspruchen und

<sup>84)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 436.

den Bewegungswiderstand abzumindern, hat man die Rollen oder Schienen unten am Tore nicht unmittelbar, sondern mittels nach oben führender Druckstangen gelagert, welche paarweise, durch Schwinghebel über die Torbreite hinweg vereinigt (Abb. 199), durch Wasserdruckpressen oder Schrauben lotrecht bewegt werden können. Vor Bewegung des Tores werden diese Stangen nach oben gezogen, so daß das Tor, von den Rollenrändern nur seitlich geführt, etwa 5 cm frei über seinen Bahnen schwebt und, in diesem Zustande in die Kammer gezogen, hier auf die oberen Rollen aufläuft. In Abb. 197 sind nur untere Rollen gezeichnet.

Die Reinhaltung der unteren Schienen und Rollen, sowie des Drempelanschlages wird schon sehr wirksam durch das Wasser besorgt, welches unter dem mit beträchtlicher Geschwindigkeit in die Torkammer zurückweichenden Tore durch den vorhandenen engen Querschnitt entlang dem Boden der Tornische mit großer Gewalt aus der Kammer hervordringt, denn das Tor selbst ist an seinen beiden Stirnseiten vollständig geschlossen. Um diese Spülung noch zu unterstützen, hat Kinipple bei den neuesten Ausführungen die Umläufe so eingerichtet, daß der ganze Wasserstrom beim Ein- oder Auslassen des Wassers am Boden der Torkammer durch deren Hinterwand eintritt, dann die Torkammer und die Drempelvertiefung unter dem Tore durchströmt und am anderen Ende der Drempelvertiefung durch den Kanal in der zweiten Seitenmauer austritt (Abb. 197). Um unter dem Tore den geeigneten Durchflußquerschnitt zu erhalten, hat man die Drempelvertiefung nach unten dreieckig nach Art eines Grabens erweitert, in welchem die Rollen oder Schienen auf vereinzelt Vorsprüngen ruhen (Abb. 199). Es entsteht so in der Tat eine äußerst kräftige Spülung in der Sohle.

Zur Erzielung einer möglichst leichten und reibungslosen Bewegung des Tores ist der ganze Drempelanschlag, wie auch das Holz am Tore etwas keilig gestaltet.

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

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

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

Die Tiefe der Torkammer, welche die Länge des Tores übersteigt, ermöglicht die Einsetzung von Dammbalken in entsprechende Schlitze in den Wänden der Kammer vor dem zurückgezogenen Tore, so daß die Kammer als Ausbesserungsdock für das Tor

benutzt werden kann. Die Anlage eines einseitigen Toranschlages an der Aufsenseite der Einfahrt ermöglicht die Versetzung des Tores hierher, sobald Ausbesserungen im Schleusenhaupt zu vorzunehmen sind und gestattet auch, die nutzbare Länge der Kammer zu vergrößern (s. Abb. 198). — Zur Bedienung des Tores ist nur ein Mann erforderlich, da alle zur Bewegung dienenden Vorkehrungen auf einem Ufer liegen.

Was die Kosten anbelangt, so gibt Kinipple den für eine Torbewegung aufzuwendenden Betrag zu 0,25 M. an. Die Baukosten eines solchen, die äußeren Ebбетore, die Fluttore und eine Drehbrücke (allerdings wegen der Rollenlagerung nur für mäfsige Lasten) ersetzenden Tores in Quebeck haben bei 21,3 m Weite, 10,4 m Höhe und 4,58 m Stärke für alle zum Tore gehörigen Teile rd. 100 000 M. betragen. Dieser Tore sind bereits etwa fünfzehn im Betriebe und haben sich seit 20 Jahren sehr gut bewährt (vergl. auch § 15 u. 17).

Das erste grofse Schiebeponton, welches in Deutschland zur Ausführung gelangte, ist das in Abb. 200 *a* bis *d* (S. 220 u. 221) dargestellte für die grofse Kaiserschleuse in Bremerhaven (Zeitschr. f. Arch. u. Ing.-Wesen 1900, Heft 7 u. 8).<sup>84a</sup>

Wie die Tore von Kinipple läuft auch dieses auf Rollen, die in der Sohle des Hauptes und der Torkammer fest gelagert sind, es unterscheidet sich aber von jenen dadurch, dafs die Querwände, abgesehen von dem Teile, welchen der Luftkasten einnimmt, offen gelassen sind. Dadurch wird der Widerstand des Wassers beim Bewegen des Tores sehr vermindert, während allerdings eine Spülung unter dem Tore zur Beseitigung von Schlick, auf die Kinipple besonderen Wert gelegt hat, nicht möglich ist.

Der Körper des Tores ist nach Art der Ständertore gebaut, d. h. der Wasserdruck wird durch senkrechte Aussteifungen aufgenommen, die ihn unten direkt an den Drempe, oben aber an einen grofsen wagerechten Träger abgeben, welcher denselben weiter auf die Wände des Hauptes überträgt. Der Luftkasten ist durch fünf eingebaute Querschnitte in sechs wasserdichte Abteilungen geteilt, die durch wasserdicht verschlossene Mannlöcher miteinander in Verbindung stehen.

Die vorletzten Abteilungen an beiden Enden des Luftkastens sind durch Einsteigeschächte vom Oberdeck aus zugänglich. Jede wasserdichte Abteilung besitzt ein Seeventil zum Einlassen von Ballastwasser, ein Luft- und Peilrohr und eine Lenzpumpe. Sämtliche Pumpen sind vom Oberdeck aus zu bedienen.

Die Niete der Aufsenhaut sind aufsen versenkt, um die starke Rostbildung veranlassende Schlickablagerung auf den Nietköpfen zu verhindern.

Das Oberdeck ist für Fußgängerverkehr mit eichenen Planken belegt. Die Vermittelung des Verkehrs vom Oberdeck auf die 0,5 m höher liegenden Mauern des Hauptes bzw. die Abdeckung der Pontonkammer, erfolgt durch 3 m breite Rampen, welche selbsttätig gehoben und gesenkt werden, wenn das Ponton die Schleuse abgeschlossen hat und wenn es in die Pontonkammer geschoben werden soll. Da das Ponton nach beiden Seiten hin kehren soll, mufs es sich um 6 cm (den Spielraum zwischen den hölzernen Dichtungsleisten und den beiderseitigen Anschlägen) verschieben können. Das Gleiten findet nicht zwischen den Rollen und den am Ponton befestigten Laufschienen statt (weil hier die Reibung wegen zu geringer Berührungsfläche zu stark wäre), sondern in den Rollenlagern. Die Rollen werden also vom Ponton mitgenommen,

<sup>84a</sup>) Der Entwurf für die Schiebetore der neuen Docks in Kiel (vergl. S. 224) war vom jetzigen Marine-Baurat Möller und dem Verfasser bereits früher fertig gestellt und wurde beim Entwurfe der Pontons für Bremerhaven als Anhalt benutzt.

Abb. 200 a bis d. Schiebeponton für die große Kaiserschleuse in Bremerhaven.

Abb. 200 a.

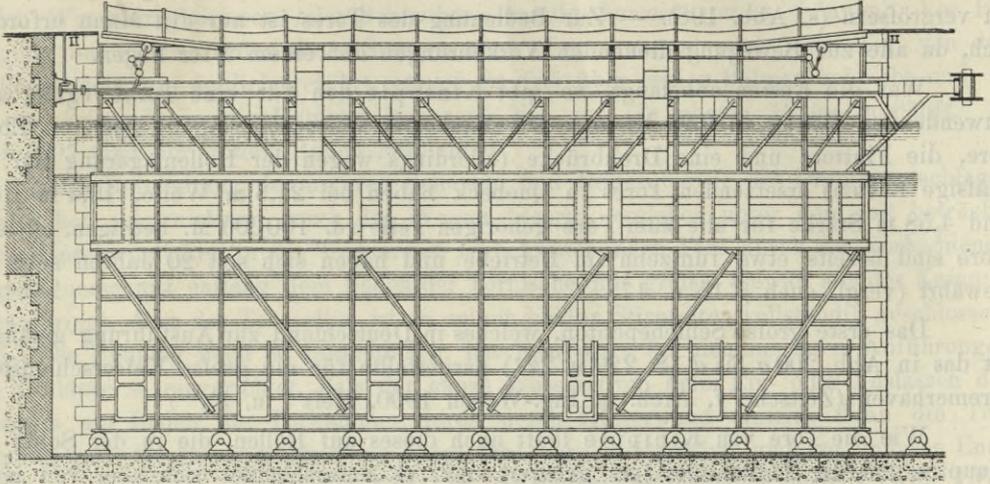


Abb. 200 b.

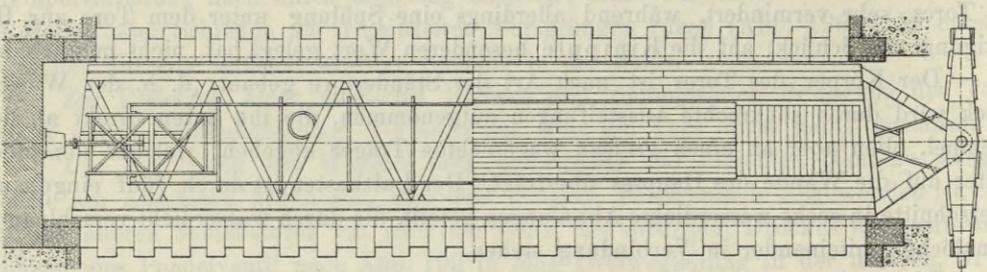
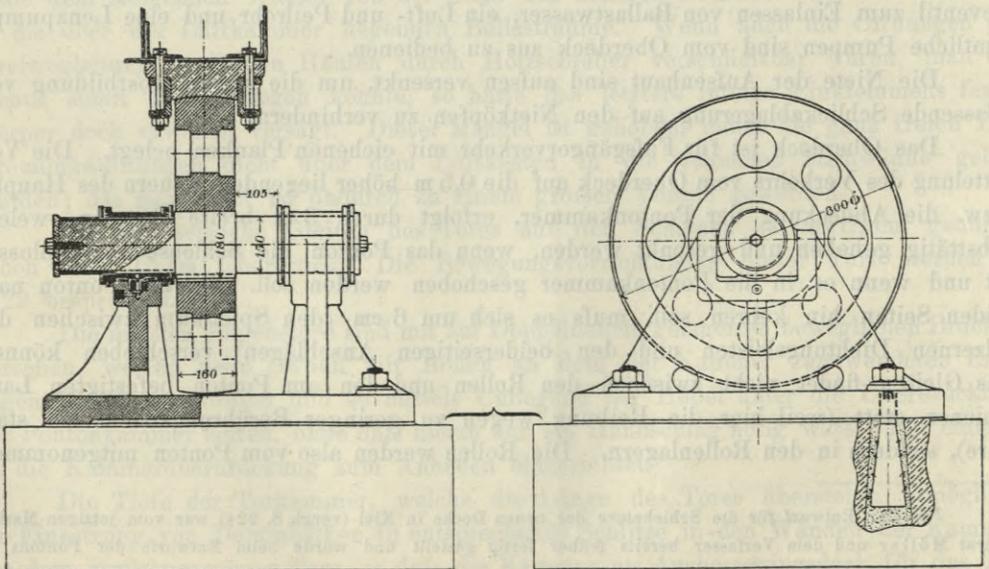
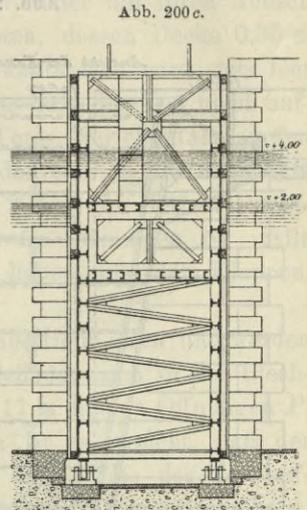


Abb. 200 d.



was dadurch geschieht, daß die Laufschiene unten am Ponton zu beiden Seiten Zwangsschiene haben (Abb. 200d), zwischen denen die Rollenumfänge liegen. Die Zwangsschiene müssen an den beiden Enden sich erweitern, um die während der Verschiebung nicht unter dem Ponton liegenden und daher nicht mitgenommenen Rollen aufzunehmen und in die richtige Lage zu schieben.

Das Ponton wiegt ohne festen Ballast 466 t (ohne die Rollen), davon an Eisen rd. 388 t, an Holz 32 t, Armaturen (Pumpen, Peilrohre u. s. w.) 46 t. Damit das Ponton beim Ausflößen senkrecht aufschwimmt, ist noch 8 t Ballast (alte Schienen u. s. w.) unten an der größeren Längswand angebracht. Das Gesamtgewicht der Rollenunterstützung beträgt 71 t. Die Laufrollen selbst (Hartguß) wiegen 21,6 t, Lagerböcke (Gußeisen) 39,3 t, Stahlachsen 5,40 t, Lager-schalen und Überzüge der Lagerzapfen (Rotguß) 3,10 t, Ankerschrauben 1,60 t (weiteres über das Ponton s. die Quelle).



Für das Außenhaupt der Schleuse hatte man das Schiebetor noch nicht anzuwenden gewagt, aus Furcht vor Seegang und Strömung in der Schleuse. Baurat Rudloff glaubt aber nach  $3\frac{1}{2}$  jähriger Benutzung der Schleuse, daß auch das Außenhaupt unbedenklich mit Schiebetoren hätte ausgerüstet werden können. Auch die Unterhaltung hat bisher wenig Mühe und Kosten verursacht. Nur einige Rollenachsen und die zugehörigen Rotgußlager zeigten eine starke Abnutzung. Die Ursache war nicht sicher zu ermitteln. Die Befestigung der Rollen auf dem Mauerwerk und nicht am Ponton hat man in Bremerhaven (und auch wohl in England) deswegen bevorzugt, weil bei dieser Anordnung ins Wasser gefallene Gegenstände, wie Tauenden, Bolzen oder auch Anhäufungen von Sand, der Fortbewegung des Pontons nicht so leicht hinderlich werden können, als wenn die Rollen am Ponton, die Gleitbahn aber auf dem Mauerwerk befestigt wäre.

Dagegen läßt sich aber einwenden, daß das Hinabfallen von festen Gegenständen bei genügender Vorsicht und Aufsicht nicht so häufig vorkommt, daß aber Anhäufungen von Sand an sich nicht sonderlich gefährlich und auch in solcher Höhe, daß sie die Schienenköpfe überdecken, bei Verwendung hoher Schienen für die Laufbahn kaum eintreten wird.

Die Ausführungsweise, welche Abb. 201 a, b, c u. d (S. 222) zeigt, ist daher unter manchen Verhältnissen sehr wohl fähig, mit den beiden vorhin beschriebenen in Wettbewerb zu treten. Sie ist angewendet bei der neuen Schleuse des Kanals von Brügge.<sup>84b)</sup> Hier läuft das Ponton im ganzen nur auf 8 Rollen, die in Gruppen von 4 Stück nahe den Enden der beiden Längswände an diesen angebracht sind. Sie liegen ganz innerhalb der Längswände und zwar so, daß nur die Radkränze der Rollen etwas tiefer hinabreichen, als die Unterkante des Pontons. Die Rollen, namentlich die Achsen und Lager, liegen im übrigen innerhalb eines nur unten offenen Kastens, der auf der Decke ein Schachtröhre *U* trägt, welches oben mit einer Luftschleuse versehen werden kann. Durch Einführung von Preßluft kann man also jederzeit die beiden Kästen an den Enden des Pontons trocken legen und Lager und Rollen nachsehen. Ja, wenn man das Ponton allmählich verschiebt, ist man imstande, von diesen Kästen aus die ganzen, nur wenig unter Wasser liegenden Laufschiene nachzusehen und etwaige Hindernisse

<sup>84b)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 267.

Abb. 201 a bis d. Schleuse des Kanals von Brügge.

Abb. 201 a.

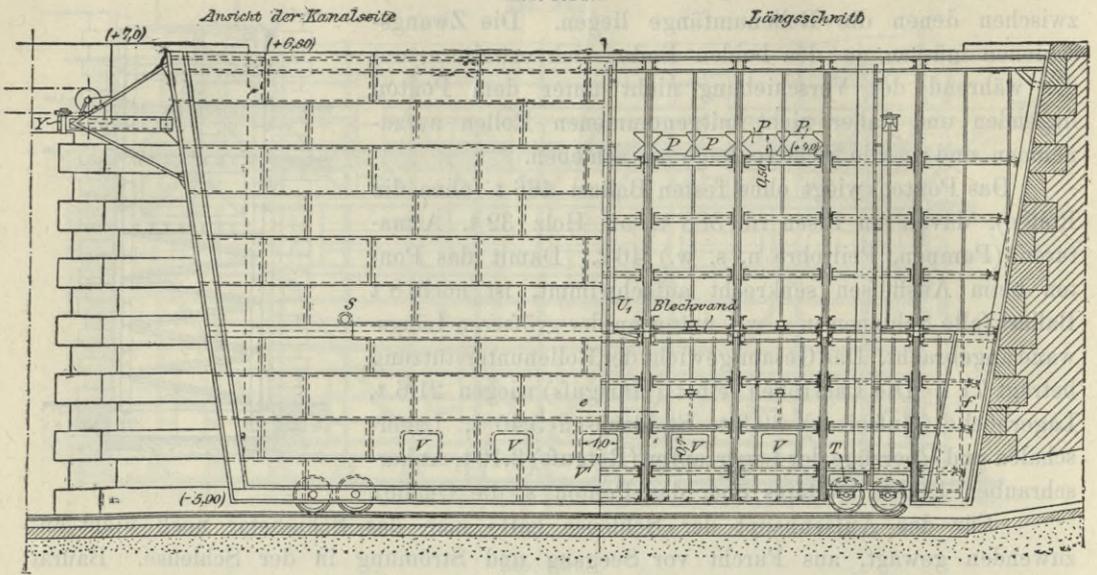


Abb. 201 b.

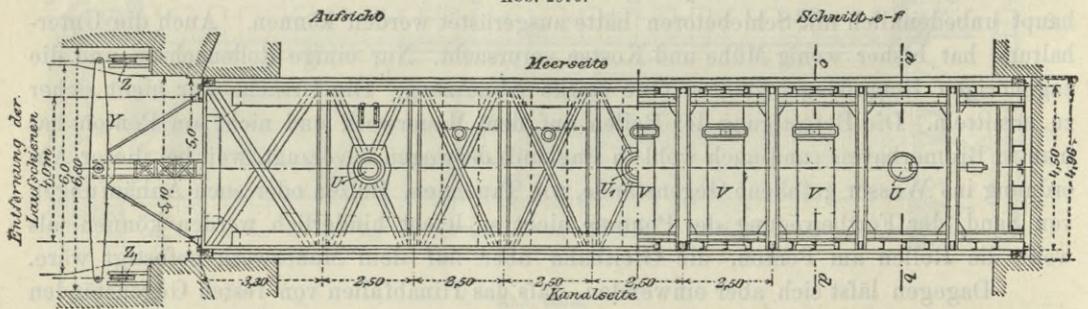


Abb. 201 c.

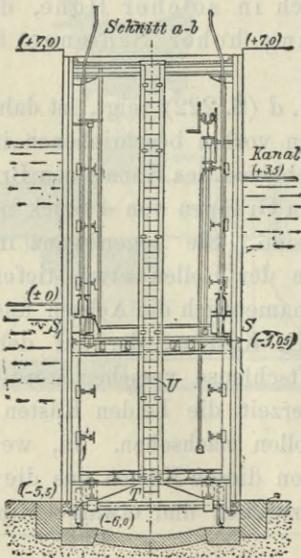
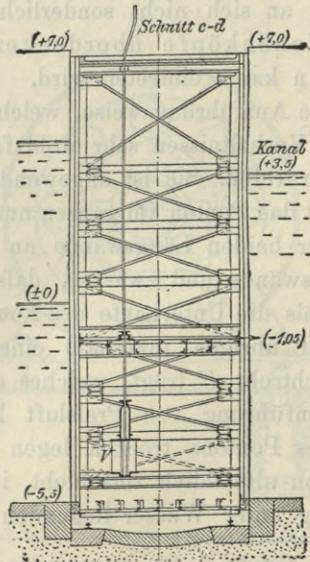


Abb. 201 d.



zu entfernen. Die Decken der beiden Kasten, in denen die Räder mit ihren Achsen liegen, bilden gleichzeitig Teile des Bodens für den Luftkasten, dessen Decke 0,35 m unter dem niedrigsten bekannten Wasserstande liegt. Dieser Luftkasten wird stets leer gehalten und ist so weit mit Ballast in seiner Sohle belastet, daß das Tor nicht aufschwimmt. In dem über dem Luftkasten liegenden Teile des Tores, der ebenfalls an den Stirnen des Tores durch Blechwände abgeschlossen ist, befinden sich in der nach dem Kanale zu liegenden Blechhaut 2 Öffnungen  $S$  (Abb. 201 *a* u. 201 *c*) von 0,35 m Durchmesser, in der gegenüberliegenden Blechhaut 4 gleich große Öffnungen  $S_1$ . Alle Öffnungen sind durch Schieber verschließbar, die Öffnungen  $S_1$  haben außerdem Klappen, die nach dem Kanale zu aufgehen.

Sämtliche Schieber sind bei dem gewöhnlichen Schleusenbetriebe offen und werden nur geschlossen, wenn das Tor aufschwimmen soll. Ferner befinden sich in der Blechhaut nach dem Meere zu noch die 0,5 m hohen und zusammen 11 m langen Öffnungen  $P$ , deren Unterkante auf  $+ 4$  liegt. Durch diese Einrichtungen ist es erreicht, daß der Auftrieb bei geöffneten Schiebern niemals so groß werden kann, daß das Tor aufschwimmt. Fünf quer durch das Tor laufende Kanäle  $V$  von  $1,00 \times 0,7$  qm Querschnitt, die durch Schieberschützen verschlossen werden, dienen neben Umlaufkanälen mit Zylinderschützen zum Ausgleich des Wassers beim Schleusen. Die Schieber sind vom Luftkasten aus zugänglich, in den man durch ein Schachtrohr  $U_1$  in der Mitte des Tores gelangen kann. Das Tor ist unten und an den Seiten mit Holzleisten von 0,3 m Stärke versehen, die sich, wenn es geschlossen ist, gegen den Anschlag legen und den dichten Verschluss herstellen. Die Wasserverdrängung des Tores beträgt 418 cbm oder 429 t, das Eigengewicht 200 t und der Ballast 279 t, das Übergewicht also 50 t.

Das Tor ist aus Flusseisen von 40 bis 50 kg/qmm Festigkeit und mindestens 20% Dehnung gebaut und für einen einseitigen Wasserüberdruck von 7,65 m, d. h. von  $+ 6,60$  bis  $- 1,05$  berechnet. Die Blechhaut ist 7 bis 10 mm stark. Die Falze, in denen das Tor beim Schlusse liegt, sind verschieden weit, 4,96 bzw. 5 m an der Torkammer (s. Abb. 201 *b*). Das Tor ist also im Grundriss etwas keilförmig. Es ist diese Form gewählt, um ohne Verschiebung in der Richtung der Schleusenaxe einen dichten Schluß zu ermöglichen.

Soll das Tor aufschwimmen und ausgefahren werden, um es zu docken, so werden alle Schieber in den oberen Torteilen nach der Hochwasserseite hin geschlossen. Darauf läßt man aus diesem Teile nach der Niedrigwasserseite aus den nach dieser Seite hin liegenden Schiebern so viel Wasser ausfließen, daß das Tor aufschwimmt. Den Rest des im oberen Teile noch verbleibenden Wassers läßt man dann durch Ventile in der Decke des Luftkastens in diesen ablaufen, um die Stabilität herzustellen. Das Tor ist dann zum Ausfahren bereit.

Zum Spülen des Torkammerbodens und der Drempele münden in die Torkammer und gegenüber Kanäle, wie bei dem Tore von Kinipple (Abb. 197 bis 199).

Die geschlossenen schmalen Wände des Pontons erschweren allerdings etwas dessen Bewegung gegenüber den Pontons mit größtenteils offenen Querwänden. Der freie Raum zwischen den Dichtungshölzern des Tores und den gemauerten Wänden der Torkammer beträgt aber immerhin auf jeder Seite 0,5 m, wozu noch 3 qm freier Raum unter dem Tore kommen.

Für die Bestimmung des Bewegungswiderstandes ist angenommen, daß das Tor in 3 Minuten geöffnet werden soll. Dabei sind Reibungs- und Wasserwiderstände von zusammen 7000 kg zu überwinden, wobei 1000 kg auf die Reibung entfallen.

An dem der Torkammer zu gelegenen Ende des Tores ist wie bei dem Tore in Bremerhaven der zweiarmige Hebel *Y* angebracht, an dem zwei Ketten ohne Enden eingreifen, welche über die beiden Rollen *r* und zwei andere von einer Winde mit dreifachem Vorgelege angetriebenen Rollen laufen. Die Winde wird durch einen Elektromotor von 20000 Watt bei 440 Volt getrieben.

Bei Betriebsstörungen kann das Tor auch von Hand bewegt werden. Drei Arbeiter gebrauchen dazu ungefähr 15 Minuten, indem sie die Winde mittels Hebel drehen (Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, März).

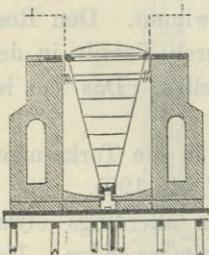
Für die Pontons der unter Leitung des Verfassers entworfenen neuen Trockendocks in Wilhelmshaven ist dieselbe Anordnung der Laufrollen wie in Brügge aus den oben angegebenen Gründen in Aussicht genommen. Es wird aber der ganze untere Raum des Pontons als Taucherglocke ausgebildet.

**Gleitpontons.** Bei den neuesten Ausführungen sind die höher gelagerten Rollen dem Schmutze oder der Beschädigung durch feste Hindernisse weit weniger ausgesetzt, als etwa die Rollenbahnen von Drehtoren und die Ketten zu deren Bewegung. Werden in der Torkammer Rollen für den oberen Torrand angebracht, so bleibt nur eine Minderzahl auf dem Boden zu befestigen. Alle übrigen leichter zu beschädigenden Teile liegen über Wasser. Trotzdem haben andere englische Ingenieure geglaubt, auch die wenigen Rollen unter Wasser noch vermeiden und dafür lieber einen größeren Kraftaufwand zur Bewegung des Tores in den Kauf nehmen zu sollen; sie haben einfache Gleitpontons angewendet, die indessen nur mit etwa 20 t Gewicht auf ihre Gleitbahnen drücken. Solche Pontons sind unter anderen in Portsmouth für ein Dock, in Malta für ein Trockendock und für neue Trockendocks in Kiel ausgeführt.<sup>84c)</sup>

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

Das soweit bekannt erste Gleitponton ist bereits im Jahre 1868 zu Kampen in Holland von J. Swets erbaut; freilich vorzugsweise zu Entwässerungszwecken. Aus Abb. 202 geht der fast dreieckförmige Querschnitt des etwa wie ein Schiff auf dem Helling ruhenden und gleitenden eisernen Pontons hervor. Dasselbe ist an dem Vorderende spitz und faßt dort in einen mit Holz verkleideten keilförmigen Mauerfalz; am hinteren Ende, mit dem es während

Abb. 202.



des Verschlusses noch gerade genügenden Anschlag in seiner Nische findet, ist es stumpf und trägt in einiger Entfernung von diesem Ende und parallel zu demselben noch eine senkrechte Wand, vom Erfinder Treibschütz genannt. Das Ponton wird durch den Druck des höher stehenden äußeren oder inneren Wassers in seine Nische gedrückt, die Schleuse also geöffnet, sobald man durch geeignete Schützen in dem Mauerwerk das Wasser zwischen das Ponton und das breitere Treibschütz strömen läßt. Umgekehrt wird es aus der Nische getrieben und schließt die Öffnung, wenn man das höhere Wasser von der Nische her auf das Treibschütz wirken läßt.

Das in Abb. 203 *a* bis *c* leider sehr skizzenhaft dargestellte und in der Quelle<sup>85)</sup> nur oberflächlich beschriebene Gleitponton stellt eins der in Portsmouth hergestellten

<sup>84c)</sup> Auch für die beiden neuen Schleusen der 3. Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven sind vom Verfasser Gleitpontons vorgesehen.

<sup>85)</sup> Engineering 1892, Aug. S. 275.

Abb. 203 a bis c. Schiebeponton (Portsmouth).

Abb. 203 a. Ansicht.

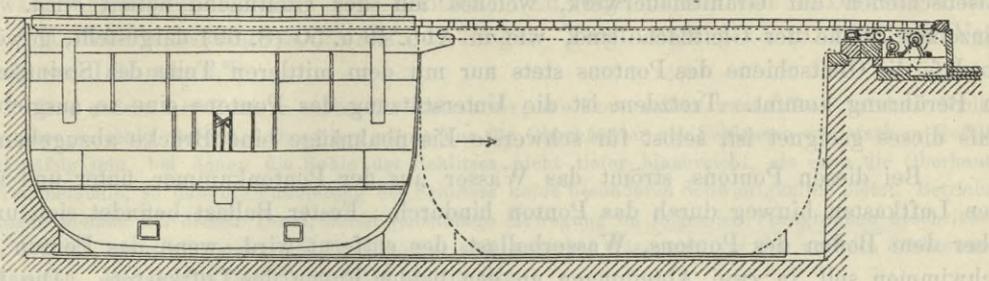


Abb. 203 b. Grundriss.

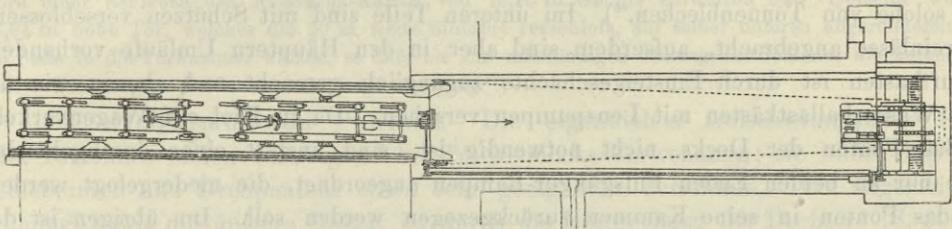
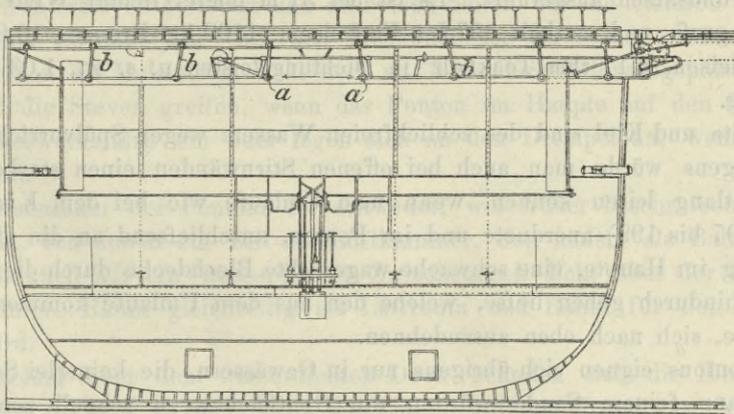


Abb. 203 c. Längenschnitt.



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

Noch einfacher ist die Gleitbahn der Pontons für die neuen Trockendocks in Malta und der für Kiel entworfenen. Dort gleiten die Pontons einfach mit glatten Eisenschienen auf Granitmauerwerk, welches auf der Gleitfläche poliert wird. Die einzelnen Steine der Gleitfläche sind, wie in Abb. 49 u. 50 (S. 69) dargestellt, gewölbt, so daß die Gleitschiene des Pontons stets nur mit dem mittleren Teile der Steinflächen in Berührung kommt. Trotzdem ist die Unterstüztung des Pontons eine so ausgiebige, daß dieses geeignet ist, selbst für schwerste Eisenbahnzüge eine Brücke abzugeben.

Bei diesen Pontons strömt das Wasser aus der Pontonkammer unter und über den Luftkasten hinweg durch das Ponton hindurch. Fester Ballast befindet sich unten über dem Boden des Pontons, Wasserballast, der entfernt wird, wenn das Ponton aufschwimmen soll, in zwei Abteilungen an den beiden Enden des Luftkastens. Die Pontons der Docks in Malta haben doppelte Haut aus geraden Blechen, die der Kieler Docks solche von Tonnenblechen.<sup>86)</sup> Im unteren Teile sind mit Schützen verschlossene Wassereinlässe angebracht, außerdem sind aber in den Häuptern Umläufe vorhanden. Der Luftkasten ist durch Einsteigeschächte zugänglich gemacht und ebenso wie die beiden Wasserballastkästen mit Lenzpumpen versehen. Da in Kiel ein Wagenverkehr über das Ponton der Docks nicht notwendig ist, sind anstatt einer durchgehenden Brücke nur an beiden Enden Fußgänger-Rampen angeordnet, die niedergelegt werden, wenn das Ponton in seine Kammer zurückgezogen werden soll. Im übrigen ist das Ponton, welches in der Ansicht dem von Portsmouth gleicht, nach den in § 16 angegebenen Grundsätzen ausgeführt. Es ist bei 31 m oberer lichter Weite des Hauptes etwa 400 qm groß und enthält 357,5 t Flusseisen, 1100 kg Bronze, 10,9 t Gufseisen, 6,1 t Schmiedeseisen, 9,17 cbm Teakholz in Dichtungsleisten u. s. w., 1,03 cbm Kiefernholz im Belag.

In Malta und Kiel sind des schlickfreien Wassers wegen Spülvorrichtungen überflüssig. Übrigens würde man auch bei offenen Stirnwänden einen starken Strom auf der Sohle entlang leiten können, wenn man Umläufe wie bei dem Kinipple'schen Tore (Abb. 197 bis 199) anordnete und im Ponton, anschließend an die Oberkante der Umlauföffnung im Haupte, eine schwache wagerechte Blechdecke durch die ganze Länge des Pontons hindurch gehen ließe, welche den aus dem Umlauf kommenden Wasserstrom hinderte, sich nach oben auszudehnen.

Gleitpontons eignen sich übrigens nur in Gewässern, die keinerlei Sand absetzen, selbst bei ganz feinem Sande würden die Gleitflächen zu schnell zerstört werden. Sie eignen sich auch nur in Wassern ohne starken Wellenschlag, es sei denn, daß man den Überschufs ihres Gewichtes über den Auftrieb und damit die Zugkraft vergrößert.

Hubtore. Unter Hubtoren verstehen wir Tore, die zum Öffnen oder Schließen in senkrechter Richtung bewegt werden. Werden die Tore zum Öffnen nach oben gezogen, müssen also die Schiffe unter dem geöffneten Tore hindurchfahren, so hat dies den Nachteil, daß die Masten niedergelegt werden müssen. Hubtore eignen sich daher hauptsächlich für solche Schleusen, die ohnehin ein Niederlegen der Masten verlangen, z. B. für die Unterhäupter von Schachtschleusen (vergl. § 25, Abb. 283 a).

Desgleichen hat das Hebewerk in Henrichenburg (vergl. § 25, unter 3.) am Oberhaupt ein Hubtor erhalten, weil sich die hohen Mauern zur Aufnahme des Schubes, den Stemmtore ausüben, wenig eignen und die Masten wegen der Querverbindungen über den Führungen der Trogschleuse doch gelegt werden müssen.

<sup>86)</sup> Vergl. auch Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 121.

Außerdem ist noch eine kleine Schifffahrtsschleuse in Holland bei Schotkamp von nur 3,05 m Weite mit einem Hubtore versehen, während dort mehrere und größere Entwässerungsschleusen solche Tore besitzen. (Zu vergl. Bericht von A. Deking-Dura zum VII. Schifffahrtkongress, 2. Abt., 2. Frage. Vergl. auch § 13 (S. 104) den Vorschlag von Löhmann.<sup>87)</sup>

Eine andere Art Hubtore schlug Tolkmitt vor; die Tore sollten zum Öffnen in einen Schlitz nach unten versenkt werden. Diese Art würde nur für Oberhäupter von Schleusen mit starkem Gefälle zweckmäßig sein, bei denen die Sohle des Schlitzes nicht tiefer hinabreicht, als etwa die Oberkante der Kammersohle, so daß die Fundierung des Schlitzes keine besonderen Schwierigkeiten bietet. Betriebsstörungen können bei diesen Toren, deren selbsttätige Bewegung im folgenden Paragraphen beschrieben wird, dadurch leicht eintreten, daß Fremdkörper sich zwischen das versenkte Tor und die Schlitzwand festklemmen. Der Schlitz darf daher nicht zu eng sein.

Als Rolltor endlich könnte man die Anordnung bezeichnen, welche Ingenieur Peary für die Tore einer Schleuse des Nicaragua-Kanals von 16,16 m Gefälle entworfen hat. Derselbe wollte das 26,84 m hohe Tor, welches die 20 m weite Einfahrt verschloß, auf seiner unteren abgerundeten Fläche bei Seite in die Torkammer wälzen, so daß bis zur vollständigen Öffnung der Schleuse die anfangs senkrechte Torachse in die horizontale Lage überging.<sup>88)</sup>

Freischwimmende Pontons. Die eigentlichen freischwimmenden Pontons oder Torschiffe finden vorwiegend bei Trockendocks Verwendung; sie bilden hier neben Schiebetoren und Drehpontons einen sehr geeigneten Verschluss. Ihre allgemeine Anordnung, sowie die äußere Gestalt ist durch die Besprechung der Drehtore (S. 206) und Drehpontons (S. 209) bereits bekannt. Sie erhalten meistens einen Kiel, der sich in Vorder- und Achtersteven fortsetzt und zu beiden Seiten wie die letzteren mit hölzernen Dichtungsleisten versehen ist. Bei den Trockendocks, wo es auf größere Dichtigkeit ankommt, werden die Holzleisten wohl noch mit besonderen Dichtungspolstern versehen. Der Kiel und die Steven greifen, wenn das Ponton im Haupte auf den Grund gesenkt wird, in Mauerwerksfalze ein oder legen sich an den Dremmel an, wenn keine Falze vorhanden sind.

Der Innenraum der Pontons ist entweder, wie früher beschrieben, in mehrere Räume geteilt, von denen ein Teil als Luftkammer, der andere als Ballastraum dient oder er erhält auch nur ein wasserdichtes Zwischendeck dicht über der Schwimmlinie, indem der untere Raum gleichzeitig als Luftraum und Raum für den festen Ballast verwendet wird.

Unmittelbar über dem wasserdichten Deck befinden sich die Einlässe für das Wasser, welche geöffnet werden, wenn das Ponton auf den Grund gesenkt werden soll. Da die Wassereinlässe, sowie das wasserdichte Deck nur wenig über der Schwimmlinie liegen, so ist nur ein geringer Ballast erforderlich, um das Ponton so tief einzutauchen, daß das erwähnte Deck samt den Wassereinlässen unter die Schwimmlinie sinkt. Dieser Ballast, welcher die Versenkung einleitet, besteht aus Wasser, welches in besondere, ganz oben im Ponton befindliche Kasten aus einer Wasserleitung eingelassen wird. Diese Wasserkasten bleiben stets über Wasser, auch wenn das Ponton im Falze unten aufsteht. Man hat also nur nötig, das Wasser aus ihnen wieder ablaufen zu lassen, um die aufsteigende Bewegung des Pontons wieder einzuleiten. Das Wasser aus dem Raume über dem wasserdichten Deck läuft dabei aus den geöffneten Wassereinlässen wieder ab. Abb. 204 zeigt zwei Querschnitte des Pontons für die neue Hafenschleuse (jetzt erste Hafeneinfahrt) in Wilhelmshaven. Rechts sieht man unmittelbar über dem

<sup>87)</sup> Auch die Schleusen des in der Ausführung begriffenen Teltow-Kanals sollen Hubtore erhalten.

<sup>88)</sup> Näheres hierüber in De ingenieur 1888, S. 348.



Ebenso sind für die Endschleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals zwei Pontons beschafft, welche dazu dienen sollen, nach Bedarf eine Schleusenammer an beiden Enden vor den Toren abzuschließen, um die Kammer trocken legen und die Tore nachsehen zu können; bei Verwendung von Schiebetoren wären sie entbehrlich gewesen, weil man Schiebetore auch als Pontons benutzen kann. Mit einem Reserve-Schiebetore und dem unverletzten Tor einer Schleuse würde man immer noch imstande sein, bei Beschädigung des anderen Betriebstores die Schleuse zu schließen und trocken zu legen. Jene zwei Pontons haben einschliesslich der Pumpen und Dampfmaschinen zum Leerpumpen der Schleusen, welche darin untergebracht sind, etwa 600000 M. gekostet.

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

#### D. Bewegungs- und Verschlussvorrichtungen. Einrichtungen zur Wasserersparnis.

(102 Textabbildungen.)

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

Zum Öffnen und Schließen der Tore bedarf es je nach ihrer Grösse oder nach dem örtlichen Bedürfnisse und der Art der Schleuse mehr oder weniger vollkommener Einrichtungen. Während es bei manchen Schleusen, z. B. Sperrschleusen, Schutzschleusen, Dockschleusen u. s. w., in der Regel auf einige Minuten Zeit zur Bewegung nicht ankommt, wenn die letztere überhaupt nur rechtzeitig begonnen wird, hängt die Leistungsfähigkeit anderer Schleusen, insbesondere auf Kanälen mit lebhaftem Verkehr, geradezu von der notwendigen Zeit zum Öffnen und Schließen der Tore ab. Bei solchen Schleusen stehen daher die Bewegungsvorrichtungen in erster Reihe, und auch ein kleiner Zeitgewinn bei der einmaligen Bewegung muss schon hoch geschätzt werden, weil er sich an einem Tage 40 bis 50 mal wiederholen kann.

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

## 1. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Stemmtore.

Der Widerstand, welcher bei diesen Bewegungen zu überwinden ist, setzt sich zusammen aus den Widerständen der Reibung am Zapfen und Halsband und dem Widerstande des Wassers.<sup>91)</sup> Der erstere ist nach der auf S. 130 näher bezeichneten Arbeit von Landsberg: Die Eisenkonstruktionen des Wasserbaues:

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

worin  $\mu$  den Beiwert der Zapfenreibung etwa = 0,4,  
 $q$  den Abstand von der Drehachse, in welchem die Kraft  $Q$  senkrecht zum Tore angreift,  
 $V$  den Druck auf den Zapfen,  
 $d$  den Zapfendurchmesser,  
 $Z$  den Zug im Halsband und  
 $d_1$  dessen Durchmesser

bedeuten.

Der Widerstand des Wassers gegen das bewegte Tor ist:

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

Darin bedeutet:

$l$  die Länge des Tores,  
 $q$  wie oben den Abstand von der Drehachse, in welchem  $Q_2$  angreift,  
 $S$  die Anzahl Quadratmeter der eingetauchten Fläche,  
 $v$  die mittlere Geschwindigkeit der Bewegung des Tores,  
 $\Delta$  den Unterschied der Wasserstände vor und hinter dem bewegten Tore.

Die gesamte rechtwinkelig zum Tore im Abstände  $q$  von der Drehachse angreifende Kraft wird also:

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

Die Kraft zur Bewegung eines Tores wirkt meistens unter einem anderen Winkel als  $90^\circ$  auf das Tor. Wenn sie bei irgend einer Torstellung den Winkel  $\varphi$  mit der Normalen zur Torfläche bildet, so ist ihre Größe:

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

Je kleiner  $\varphi$  ist, desto kleiner ist auch die erforderliche Kraft  $R$ . Da sich nun während der Bewegung des Tores die Größe von  $\varphi$  ändert, so wird die Anordnung am zweckmäßigsten so getroffen, daß bei halb geöffnetem Tore  $\varphi = 0$  ist, daß also  $R$  dann rechtwinkelig zur Torfläche gerichtet sei.

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

Bei Riegelstemmtoren mit durchgehender Stemmleiste an der Wendensäule beträgt der Abstand der Stemmleiste von der Wendennische meist nur etwa 2 cm (die Größe der Exzentrizität). Der Austritt des Wassers an der Wendensäule ist daher sehr er-

<sup>91)</sup> Von dem Widerstande, den etwa angebrachte Laufrollen unter dem Tore verursachen (vergl. § 20), muß abgesehen werden, weil er mit Sicherheit nicht zu bestimmen ist.

schwert, fast alles Wasser in der Nische muß unter dem Tore hindurch oder an der Schlagsäule vorbei seinen Weg suchen; der Kraftverbrauch ist somit ein wesentlich größerer als bei Toren, welche nur an einzelnen Punkten stemmen und einen bedeutenden Spielraum zwischen Wendesäule und Nische lassen (vergl. Taf. IV, Abb. 13 und Abb. 129, S. 168). Besonders günstig kann man diesen Zwischenraum und damit den Abfluß des Wassers bei Ständertoren gestalten, die nur oben ein Stemmlager erfordern.

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

Bei kleinen Toren, namentlich wenn sie aus Holz hergestellt sind, ist diese Lage nicht bedenklich, da hier auch die Kraft  $Q$  nur mäfsige Gröfse hat. Dagegen empfiehlt es sich, bei großen eisernen Toren mehr als bisher auf die Lage des Angriffspunktes zu achten, da für diese — namentlich wenn sie schnell geöffnet werden, — bedeutende Biegemomente entstehen, welche die Undichtigkeit und damit die Zerstörung des Tores beschleunigen (vergl. auch § 17).

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

Zur Hervorbringung der Bewegung dienen nun bei kleineren Schleusen die Menschenkraft, bei großen Prefswasser und andere Maschinen und nur in vereinzelten Fällen die in § 24 beschriebenen Einrichtungen, wobei die lebendige Kraft des in Bewegung gesetzten Wassers die Drehung der Tore besorgt. Es möge im Nachstehenden zunächst die menschliche Kraft angenommen werden.

Für die dauernde Leistung des Menschen kommt besonders in Betracht, dafs dieser rasch und bequem eine möglichst große Kraft entwickeln könne. Hierzu gehört ein sicherer Stand und eine Mitbenutzung des eigenen Gewichts. Es wird also eine einfache Zugstange unter Voraussetzung dieser Bedingung wirksamer sein können, als eine nur durch Handkurbeln zu bewegende Winde mit großer Übersetzung, weil bei letzterer viel Reibungsverlust in den Zahnrädern stattfindet und der Mensch vorzugsweise nur mit der Muskelkraft arbeiten kann. Wenn jedoch das Tor so groß ist, dafs ohne mehrfache Übersetzung der menschlichen Kraft die Reibung der Ruhe kaum überwunden werden kann, so muß schon eine Windevorrichtung angewandt werden. Wenn ferner zu einer solchen Winde, z. B. einem Gangspill, wobei der Mensch mit seinem Gewichte arbeiten kann, nicht der nötige Platz vorhanden ist, so muß eine nur mit Kurbeln bewegte Winde gewählt werden.

Für die Zahl der Windeapparate ist entscheidend, ob sie sowohl das Tor schliessen als auch öffnen oder nur eins von beiden verrichten können. Wenn letzteres der Fall ist, z. B. wenn nur Ketten zwischen Winde und Tor vorhanden sind, so müssen auch für jeden Torflügel zwei Winden angebracht werden, dagegen kann bei Anwendung einer festen Schiebestange von ein und derselben Winde der betreffende Torflügel auf- und zuge dreht werden. Diese Einrichtung findet aber bei großen Weiten ihre Schwierigkeiten sowohl in der Gröfse eines noch bequem zu handhabenden Schiebebaums, als

auch namentlich darin, daß dieser unter Wasser angreifen und in der Seitenwand liegen mußte. Es haben daher kleinere Schleusen in der Regel eine feste Stange für die Schließung der Tore, wobei die Öffnung entweder durch dieselbe Stange oder mit Hilfe von Seil oder Kette geschieht und die betreffende Winde in der Nähe der Schlagsäule des geöffneten Torflügels neben dessen Tornische steht. Dagegen steht für einen nur mit Ketten bewegten Torflügel die Winde zum Öffnen zwar ebenso wie im vorgenannten Falle, die zum Schließen aber auf der anderen Seite der Schleuse, wobei die Richtungen der beiderseitigen Ketten möglichst in eine gerade Linie fallen müssen, wenn das Tor halb geöffnet ist.

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

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

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

**Drehbaum.** Vollkommener ist der in Abb. 103 (S. 149) und Abb. 121 (S. 161) angedeutete Drehbaum, besonders dann, wenn ein an seinem freien Ende angebrachtes Gegengewicht das Gewicht des Torflügels größtenteils ausgleicht (vergl. § 16, S. 141). Ein solcher einfacher Drehbaum ist übrigens nur bei Kanalschleusen von etwa 6 bis 7 m Weite am Platze.

Für etwas größere Weiten hat Tolkmitt den Drehbaum durch die in den Abb. 205 bis 207 dargestellte Anordnung, mit welcher er die neuen Tore der Schleuse zu Woltersdorf unweit Berlin ausstattete, verwendbar gemacht. Er brachte an dem Ende des Drehbaums um eine wagerechte Achse drehbar einen ungleicharmigen Hebel an, der am unteren kürzeren Arme eine Klinke trägt. Die alte Sprossenleiter, welche früher zum festeren Halt für den unmittelbar am Drehbaum arbeitenden Schleusenwärter diente, wurde schmaler gemacht und erhielt engere Sprossen als Stützpunkte für die Klinke, wie Abb. 205 zeigt. Bewegt man nun das obere Ende des Hebels in der Pfeilrichtung, so rückt der Drehbaum in gleicher Richtung vor, dreht man den Hebel zurück, so gleitet die Klinke über die Sprossen hinweg und greift beim Wiedervorbewegen in eine der nächsten ein u. s. f. Soll die Bewegung des Drehbaumes in entgegengesetzter Richtung erfolgen, so wird der Hebel in wagerechte Lage gebracht und die Klinke umgelegt. Durch diese Vorrichtung bleibt die am Hebel aufzuwendende Kraft unter  $\frac{1}{8}$  des Widerstandes am Drehbaumende und es arbeitet sich an dem Hebel viel leichter, als an einer Kurbel; auch sind die Reibungswiderstände geringer.

Abb. 205 u. 206.

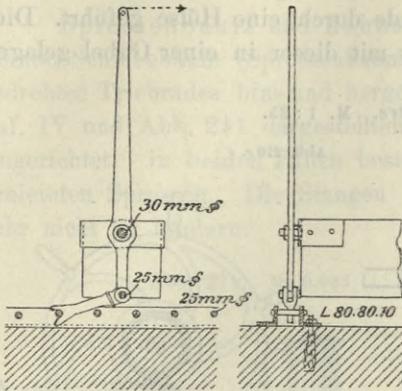
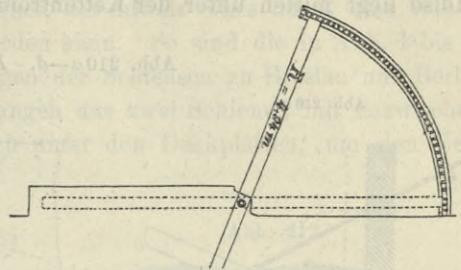


Abb. 207.



Wegen verschiedener kleiner, aber nicht unwesentlicher Verbesserungen der in obiger Abbildung dargestellten Anordnung, welche von Tolkmitt empfohlen werden, ist die Quelle zu Rate zu ziehen.<sup>92)</sup>

Abb. 208.

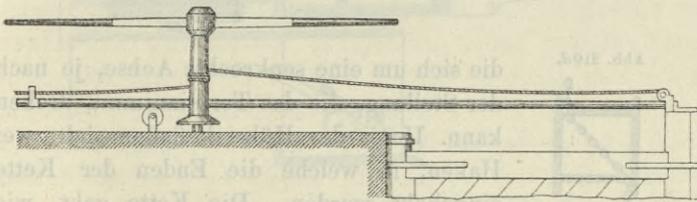
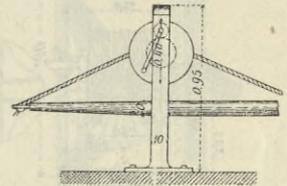


Abb. 209.

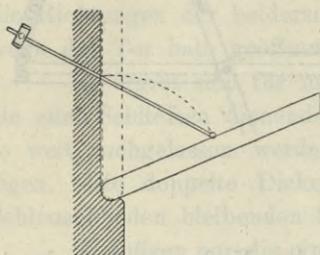
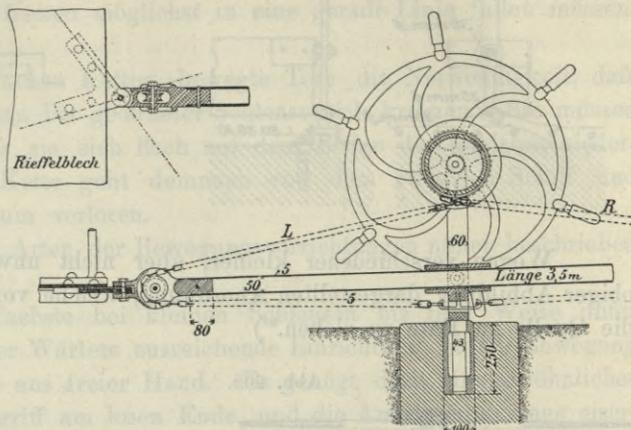
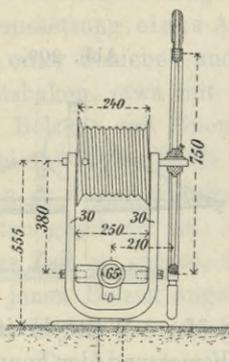


Schiebebaum mit Winde. Sobald die Schleusen eine gröfsere Weite besitzen, genügen obige Vorrichtungen nicht mehr und es mufs eine Übersetzung der menschlichen Kraft durch eine Winde eintreten. Am einfachsten sind die in Abb. 1 u. 2, Taf. I, sowie in den Abb. 208 u. 209 dargestellten Anordnungen. Bei allen dreien ist ein Schiebebaum an einem Ende mit dem Kopf der Schlagsäule und am anderen Ende mit einem Tau oder einer Kette verbunden, welche letzteren um die Trommeln von stehenden oder liegenden Winden geschlungen sind. Damit kein Rutschen auf der Trommel erfolgt, sind einige Windungen erforderlich, deren Zahl bei der Bewegung des Tores sich nicht ändert. Für gröfsere Schleusen sind Ketten den Tauen vorzuziehen, alsdann mufs jedoch die Kettentrommel mit Rillen oder Rippen versehen werden, weil sonst das Aufwickeln nicht regelmäfsig erfolgt. Der Grad der Straffheit der Kette oder des Taus ist durch Versuche zu ermitteln. Bei kleineren Schleusen kann der Baum an einer liegenden Trommel frei hängen, bei gröfseren jedoch, sowie bei stehender Winde bedarf er der Unterstützung durch eine oder zwei Rollen. Der eigentümliche Weg, den das lose Ende des Baumes macht (s. Abb. 2, Taf. I), ist ebenfalls am besten durch Versuche zu ermitteln. Für gröfsere Schleusen mufs die Winde durch zwei Arbeiter bewegt werden, wenn nicht die Drehung des Tores sehr langsam erfolgen soll.

Eine recht zweckmäfsige Anordnung für die Bewegung mit Zug- und Druckstange, die zuerst am Kanal du Centre und danach an einer gröfsere Zahl französischer

<sup>92)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413.

Kanäle in Anwendung gekommen ist, zeigt Abb. 210 *a* bis *d*. Die oben am Tor durch ein Scharnier mit senkrechter Achse befestigte Schubstange trägt an beiden Enden kleine Kettenrollen mit wagerechter Achse und ist am Lande durch eine Hülse geführt. Diese Hülse liegt mitten unter der Kettentrommel und ist mit dieser in einer Gabel gelagert,

Abb. 210 *a*—*d*. Kanal du Centre. M. 1 : 25.Abb. 210 *a*.Abb. 210 *c*.Abb. 210 *b*.Abb. 210 *d*.

die sich um eine senkrechte Achse, je nach der Stellung, die das Tor einnimmt, drehen kann. Unter der Hülse befinden sich zwei Haken, in welche die Enden der Kette eingehakt werden. Die Kette geht, wie die Abb. 210 *d* zeigt, schräg durch die Windetrommel hindurch, so daß, wenn das eine Kettenende so auf die Trommel aufgewickelt wird, wie es die eine Endstellung

des Tores erfordert, beide Kettenrichtungen an demselben Trommelende sich befinden. Wird jetzt die Winde in entgegengesetzter Richtung gedreht, so wickelt sich das vorhin aufgewickelte Kettenende ab und das andere in denselben Windegängen, unmittelbar dem ablaufenden Trum folgend, auf. Die sinnreiche Durchquerung der Kettentrommel durch die Kette beschränkt die Trommellänge also auf die Hälfte derjenigen, welche erforderlich wäre, wenn die Kette nur aufsen herumgeschlungen würde und macht dadurch die Winde sehr handlich. Die Gabel mit der Winde ist in der Verlängerung der Sehne des Bogens aufgestellt, welchen das am Tor befestigte Ende der Stange beschreibt.<sup>93)</sup> Alles weitere ergibt sich aus den Abbildungen.

Eine andere zweckmäßige Anordnung vom Kanal St. Denis besteht darin, daß — ebenfalls in der Verlängerung der Sehne des Bogens, welchen das am Tor befestigte Stangenende beschreibt — eine Geradföhrung für das andere Ende der Stange angebracht ist. Neben beiden Enden dieser Geradföhrung befinden sich zwei Kettenscheiben mit senkrechten Achsen, über welche eine Kette ohne Ende läuft. An das neben der Geradföhrung liegende Kettentrum ist das landseitige Ende der Schubstange befestigt, wird also durch Drehung der Kettenscheiben in dem einen oder anderen Sinne

<sup>93)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1886 II. S. 673.

geradlinig hin und her bewegt. Die eine der Scheiben kann durch Maschinenbetrieb, die andere als Reserve durch Handbetrieb bewegt werden.<sup>94)</sup>

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

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

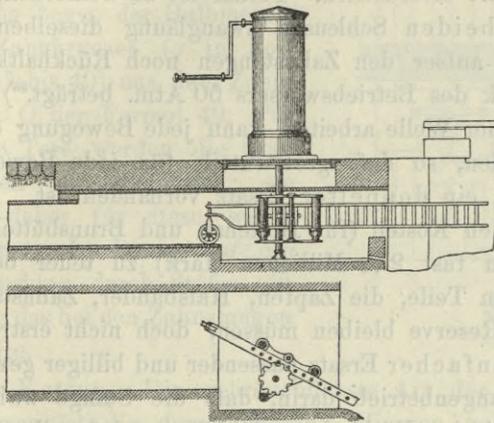
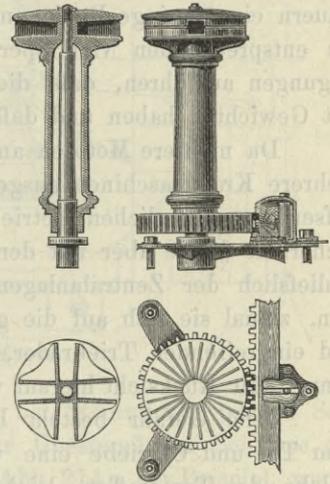


Abb. 212.



Für stehende Winden mit langen Dreharmen (Gangspill) wird oft eine hölzerne kreisförmige Bahn mit radialen vortretenden Leisten zum festeren Auftreten und Stemmen der drehenden Arbeiter angebracht. Die Handspeichen solcher Winden sind des Verkehrs auf der Schleuse wegen oft nur lose in dem Kopf der Winde; alsdann ist aber nach einer schönen Einrichtung an der alten Harburger Schleuse (Abb. 212) die Winde von Gufseisen herzustellen. Zum festen Eingreifen der Zahnstange sind hier wie in den beiden vorigen Fällen Druckrollen unentbehrlich, die jedoch der Zahnstange die nötige Veränderung ihrer Richtung gestatten müssen und deshalb in der Regel beweglich gelagert sind. Damit die Zahnstange in wagerechter Lage erhalten werde, muß man dieselbe auf festen Rollen mit wagerechter Achse lagern oder sie auch wohl am landseitigen Ende mit Rollen versehen, welche den unter Möbelfüßen gebräuchlichen ähnlich sind und auf einer ebenen Bahn laufen.

In größtem Mafse dürften die Zahnstangen wohl an den Toren der Endschleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals angewendet worden sein. Diese Zahnstangen werden durch Druckwasser bewegt; es ist aber Einrichtung getroffen, dafs, falls die Maschinenkraft versagen sollte, eine Bewegung mittels Spills und Handspeichen-Betrieb möglich ist. Die Zahnstangen bestehen aus starken C-Eisen mit dazwischen gesetzten profilierten Zähnen ähnlich den Zahnstangen der Zahnradbahnen und greifen ungefähr in der halben Länge der Tore etwa 1 m über dem mittleren Kanalwasserspiegel an.

<sup>94)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1886 I. S. 745.

Das Druckwasser gelangt von einer Zentralmaschinen-Anlage zu den Dreizylindermotoren, die in den Maschinenkammern jeder Schleuse aufgestellt sind. Im allgemeinen ist die Anordnung so getroffen, daß mehrere Druckwassermotoren an einer gemeinsamen Welle arbeiten, von welcher aus durch ausrückbare Räderübersetzung je nach Bedarf entweder die Tore auf- und zugekehrt, die Schützen der Umläufe und Sperrtore gehoben oder gesenkt oder endlich die Spills angetrieben werden. Durch besondere Vorrichtungen in der Rohrleitung des Druckwassers wird bewirkt, daß die entsprechenden Teile auf beiden Seiten derselben Schleuse gleichzeitig mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden. Ähnliche Einrichtungen ermöglichen es auch, daß sämtliche Bewegungen von der Mittelmauer der Schleusen aus veranlaßt werden können. Nur zur Aufsicht und zu wenigen, selten vorkommenden Handleistungen wird auf den Seitenmauern eine geringe Bedienungsmannschaft erforderlich. Ferner ist zu bemerken, daß die entsprechenden vier Sperrtore der beiden Schleusen zwangsläufig dieselben Bewegungen ausführen, daß die Sperrtore außer den Zahnstangen noch Rückhaltketten mit Gewichten haben und daß der Druck des Betriebswassers 50 Atm. beträgt.<sup>95)</sup>

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

Jene Gefahr besteht bei Zahnstangenbetrieb darin, daß die Stange zwischen dem Tor und Getriebe eine wenig elastische Verbindung bildet, so daß alle Stöße, welche das Tor treffen, leicht das Getriebe schädigen.<sup>96)</sup> Jeder Antrieb durch Ketten oder Seile ist in dieser Beziehung günstiger, weil er stets elastisch ist. Man sollte daher die Zahnstangengetriebe so einrichten, daß das eingreifende Triebgrad ausgerückt wird, sobald das Tor geöffnet oder geschlossen ist. Ein fernerer Nachteil besteht darin, daß sich in den Zähnen der Stange leicht Schmutz festsetzt, der die Widerstände vermehrt. Endlich ist es bei großen Toren namentlich von Doppelschleusen oft schwierig, die lange Zahnstange unterzubringen. So mußten die Mittelmauern der Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals um 1 m verstärkt werden, weil sonst die Kasten für die Zahnstangen in denselben nicht Platz gehabt hätten, trotzdem die Länge der Stangen bei dem Angriff in der halben Länge des Tores bereits möglichst eingeschränkt war.

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

Die Abb. 213 a u. b zeigen die für die Schleuse bei Evry (Abb. 71 bis 75, S. 101) getroffene Anordnung im Grundriß (Abb. 213 b) und im senkrechten Durchschnitt nach *AB* (Abb. 213 a). Aus letzterem ist besonders das kräftige Vorgelege, sowie die Unterstützung und Führung des Quadranten zu ersehen. Bei verschiedenen anderen französischen Kanalschleusen kommen auch solche durch Speichen

<sup>95)</sup> Begleitschrift zu dem auf der Weltausstellung zu Chicago ausgestellten Modelle der Schleusen, und Zeitschr. f. Bauw. 1898, S. 452.

<sup>96)</sup> In der Tat ist bereits wenige Wochen nach der Eröffnung sowohl in Holtenau, als auch in Brunsbüttel je ein Bruch der Triebgradwellen vorgekommen und hat eine nachträgliche Änderung dieser Anordnung nötig gemacht.

verstärkte Zahnquadranten vor, bei denen die Unterstützung und Führung wegfällt, die Lagerung des Getriebes jedoch etwas unbequemer wird. Der Quadrant besitzt in der Regel einen Halbmesser gleich einem Viertel der Flügellänge. Je nachdem der Betrieb durch Menschenkraft oder Maschinenbetrieb erfolgen soll, bestimmt sich die Übersetzung bzw. der Halbmesser des Zahnkranzes ( $q$  in Formel 47 bis 49) aus dem Zahndruck  $Q$  der Formel 49. Für große Tore werden die Quadranten zu unhandlich; sie sind daher für diese wenig geeignet. In Bezug auf die Gefährdung durch Stöße gilt für sie das bei den Zahnstangen Gesagte.

Abb. 213 a u. b. Schleuse bei Evry.

Abb. 213 a. Schnitt A B.

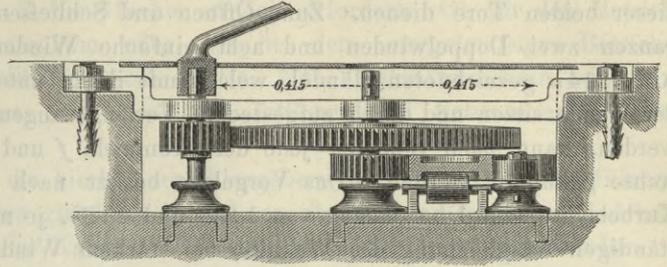
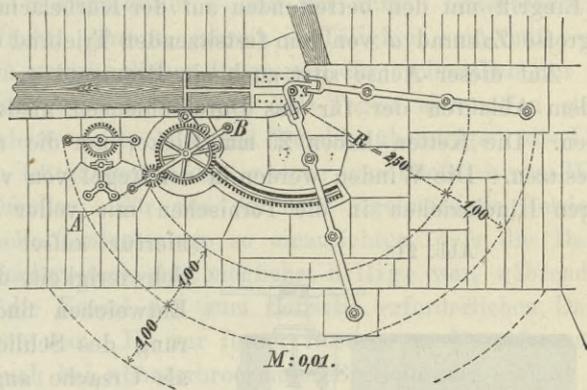


Abb. 213 b.



Ketten. Die gebräuchlichste Art der Bewegung bei Stemmtoren großer Seeschleusen ist die durch Ketten. Hiervon geben die zur Geestemünder Schleuse gehörenden Abb. 13, Taf. III und Abb. 10, Taf. VI, sowie Abb. 214 a ein Beispiel, wenn gleich nicht mit allen Einzelheiten. Der Angriff der Ketten geschieht ungefähr in der

Abb. 214 a.

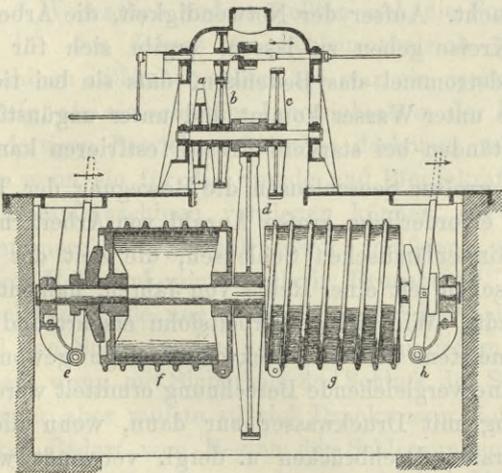
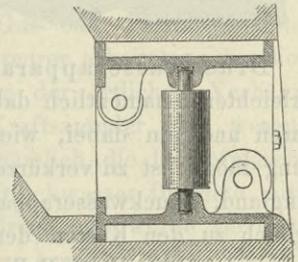


Abb. 214 b.

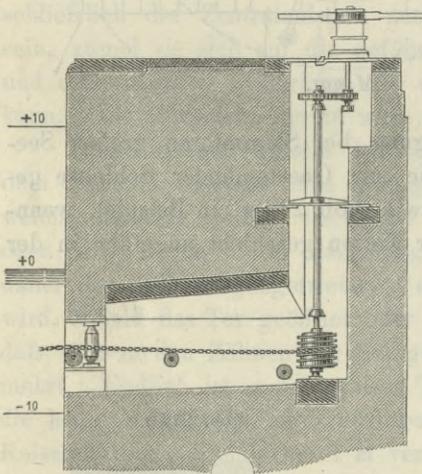


Höhe des Niedrigwassers; die Ketten werden durch Rollenkasten, welche nach Abb. 214 b eingerichtet und im Mauerwerke befestigt sind, hindurchgeführt und gelangen durch einen schräg aufsteigenden Schacht (s. Abb. 13, Taf. III) zu der Windtrommel.

Abb. 214 *a* zeigt nun eine der zwei Doppelwinden, welche in Abb. 10, Taf. III in der Mitte zwischen dem Fluttore und dem äußeren Ebbetore stehen und nur zum Schließen dieser beiden Tore dienen. Zum Öffnen und Schließen der sechs Torflügel sind im ganzen zwei Doppelwinden und acht einfache Winden erforderlich. Durch die in Abb. 214 *a* gezeichneten Händel, welche mit ihrem unteren Teile bei *e* und *h* fest an der Winde sitzen und durch aufgesteckte Verlängerungen nur durch die Wärter bewegt werden, kann nach Belieben jede der Trommeln *f* und *g* einer Doppelwinde mit der Achse gekuppelt werden. Das Vorgelege besitzt nach der Lage der verschiebbaren Kurbelachse eine Übersetzung von 1:50 und 1:25, je nachdem die Tore vor der vollständigen Ausgleichung des Wassers, bei starkem Wind u. s. w. oder unter geringem Widerstande gedreht werden. Es kommen dann bezw. entweder die Zahnräder *c* oder *b* zum Eingriff mit den betreffenden auf der Kurbelachse sitzenden Triebrädern, während das große Zahnrad *d* von dem festsitzenden Triebrod der Mittelachse stets gedreht wird.

Auf dieser Achse sitzt auch ein Bremsrad *a*, um die Bewegung der Trommeln bei dem Ablafen der für das Durchschleusen niederzulassenden Ketten mäfsigen zu können. Die Ketten haben 25 mm Dicke, um die nötige Stärke auch auf die Dauer zu besitzen. Die Winden werden in der Regel von vier Mann bedient, welche bei dem völligen Hineinziehen in die Tornischen mit voller Kraft arbeiten müssen. Es muß

Abb. 215.



hierfür aufer der bereits mehrfach erwähnten Schwierigkeit, die das Wasser in der Nische zum Entweichen findet, auch besonders die Ablagerung des Schlicks in den Ecken der Torkammer als Ursache angesehen werden. Letzterer durch die Bewegung der Tore noch verstärkte Umstand ist nur durch kräftige Spülvorrichtungen erfolgreich zu bekämpfen (s. § 7).

Bei anderen Schleusen, wie z. B. bei einer Schleuse des Hafens für Brake an der Weser, ist die Winde als stehende Winde (Abb. 215) angebracht. Aufer der Notwendigkeit, die Arbeiter im Kreise gehen zu lassen, ergibt sich für die Windetrommel das Bedenken, daß sie bei tiefer Lage unter Wasser kommt und unter ungünstigen Umständen bei starkem Froste festfrieren kann.

**Druckwasserapparate.** Um bei großen Seeschleusen die Bewegung der Tore zu erleichtern, namentlich dabei die sonst erforderliche große Anzahl von Arbeitern zu ersparen und um dabei, wie auch bei binnenländischen Schleusen, die Zeit der Bewegung möglichst zu verkürzen, hat man schon seit einer Reihe von Jahren, namentlich in England, Druckwasserapparate angewandt. Wie viel an Arbeitslohn erspart und im Vergleich zu den Kosten der allerdings meistens teuren Druckwasseranlage gewonnen wird, kann im einzelnen Falle nur durch eine vergleichende Berechnung ermittelt werden. In der Regel geschieht auch die Bewegung mit Druckwasser nur dann, wenn dieses auch zu anderen Zwecken, z. B. für Krane, Drehbrücken u. dergl. verwandt wird, weil dadurch die Kosten der Druckpumpe, des Akkumulators u. s. w. am besten ausgenutzt werden. Ebenso pflegt mit der Bewegung der Tore auch die der etwaigen Umlaufschützen, Cabestans u. s. w. durch Druckwasser zu erfolgen; das für jene Gesagte kann im allgemeinen auch für diese gelten. Bei viel benutzten Schleusen ist

der Gewinn an Zeit unzweifelhaft ein sehr bedeutender, indem selbst große Seeschleusentore in zwei bis drei Minuten durch Druckwasser zu bewegen sind, während die Bewegung mit Menschenkraft das 5- bis 6fache an Zeit erfordert. Ob für den Betrieb der Druckpumpe eine Dampfmaschine, oder, wie bei dem unregelmäßigen Betriebe gewiß in vielen Fällen vorteilhafter sein dürfte, eine Gaskraftmaschine oder ein Petroleum-Motor anzuwenden ist, muß nach den örtlichen und Betriebsverhältnissen entschieden werden.

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

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

Wesentlich anders stellten sich die Forderungen für die Holtenauer Schleuse. Da nur  $\frac{1}{14}$  des Jahres ein Schleusenbetrieb stattfinden sollte, während  $\frac{13}{14}$  aber die Maschinen stillstehen sollten, so war ein sparsamer Brennmaterialverbrauch weit weniger wichtig, als ein schnelles Inbetriebsetzen der Maschinen. Für kleine Schleusen, welche die dortigen Betriebsverhältnisse darböten, würden daher Gas- oder Petroleum-Motoren, auch wenn sie für die Stunde und Pferdekraft bedeutend teurer arbeiteten, den Vorzug vor Dampfmaschinen verdienen können. Wo aber wegen der örtlichen Verhältnisse Dampfmaschinen gewählt werden mußten, würde dem Kraftsammler eine wesentlich andere Rolle zukommen, als in Brunsbüttel. Man hätte nämlich die Dampfmaschinen in solchem Falle nur so stark einzurichten, daß sie das Druckwasser für eine mittlere Zahl von Schleusungen unmittelbar zu liefern imstande wären, und würde sie erst anheizen, wenn mit Sicherheit der Schluß der Schleusentore zu erwarten wäre. Der Kraftsammler aber mußte so viel Druckwasser aufspeichern können, daß er nicht nur den ganzen Bedarf vom Beginn der Schleusungen bis zur Inbetriebsetzung der Maschinen allein decken könnte, sondern auch den Mehrbedarf, welcher über die regelmäßige Lieferung der Maschinen bei eintretendem Höchstbedarf der Schleusen nötig wäre. Ein so großer Kraftsammler würde dann Reserve-Betriebsmaschinen entbehrlich machen, da die vielen und langen Pausen zwischen den einzelnen Betriebszeiten genug Gelegenheit

bieten, die Maschinen in Stand zu halten, und außerdem die Maschinen, welche des Nachts die elektrische Beleuchtung bedienen (vergl. § 26), während des Tages als Reserve des Pumpwerks zum Auffüllen des Kraftsammlers u. s. w. — auch während der Pausen — benutzt werden können.

Dafs jede Ersparnis an Betriebspersonal, die selbst bei regelmäfsigem Schleusenbetrieb erwünscht ist, bei einem Betriebe wie in Holtenau doppelt zu erstreben ist, versteht sich von selbst.

Derartige maschinelle Anlagen im einzelnen zu entwerfen ist allerdings nicht Sache des Bauingenieurs. Es ist vielmehr in solchem Falle am zweckmäfsigsten, durch Veranstaltung eines Wettbewerbes die besonderen Erfahrungen der Privatindustrie heranzuziehen und, um dies in möglichst ausgedehntem Mafse zu können, unter Forderung bestimmter Gewährleistung dabei die Wahl der Kraftübertragung (ob unmittelbar oder durch Druckwasser, Prefsluft oder Elektrizität) freizustellen. Diejenige Anlage, deren Herstellungs- und kapitalisierten Betriebskosten einschliesslich Verzinsungs- und Abschreibungskosten am niedrigsten bleiben, würde dann die vorteilhafteste sein. Ein solcher Wettbewerb erfordert aber selbstverständlich ein genaues, von seiten der Bauverwaltung aufzustellendes Programm (durchschnittliche Leistung, höchste Leistung in 24 Stunden, durchschnittliche und längste Dauer einer Arbeitszeit u. s. w.), und um ein solches aufstellen zu können, sind obige Erwägungen für den Bauingenieur unerlässlich, wenn nicht die Anlage unverhältnismäfsig kostspielig werden soll.

Bei der Verwendung von Maschinen zum Bewegen der Tore macht man für die Berechnung am einfachsten die Annahme, dafs das Tor geöffnet werden soll, bevor der Wasserstand auf beiden Seiten völlig ausgeglichen ist. Berechnet man dann das Tor so, dafs es diesem Angriffe voll entspricht, vernachlässigt aber bei der Berechnung der Maschine die Reibungswiderstände bei der Torbewegung, so ist dadurch für gute Sicherheit gesorgt.

Bei den durch Druckwasser betriebenen Bewegungsvorrichtungen hat man zwei Hauptgruppen zu unterscheiden. Erstens solche, bei denen die Wasserdruckpressen ohne Zwischenmechanismus, also ohne Umsetzung auf die Tore wirken, und zweitens solche, bei denen Zwischenmechanismen (Hebel, Zahnräder oder Flaschenzüge) vorhanden sind.

Zur ersten Gruppe gehören die Bewegungsvorrichtungen der Schleusen des Schelde-Maas-Kanals<sup>97)</sup> von 5,2 m Weite mit einflügeligen Toren und des Barry-Docks zu Cardiff<sup>98)</sup> von 24,38 m Weite mit Stemmtoren. Anstatt einer Zahnstange hat man bei diesen beiden unmittelbar auf das Tor wirkende Druckwasserpressen angewandt. In ersterem Falle ist der Kolben so an dem Tore befestigt, dafs der Befestigungspunkt einen Bogen von 1,2 m Halbmesser beschreibt. Bei den Toren in Cardiff dagegen greift der Kolben ungefähr in halber Höhe und halber Länge an und hat 8,55 m Hub. Der Zylinder ist hier im Mauerwerk so gelagert, dafs er nicht nur um eine senkrechte, sondern auch um eine wagerechte Achse gedreht und fast senkrecht aufgerichtet werden kann, wenn man den Kolben vom Tore gelöst hat. Dies ist geschehen, um einerseits die Tornische für die Bewegung der Tore mit Handbetrieb während der Reparatur an den Pressen frei zu bekommen, sowie andererseits, um die

<sup>97)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1883 II. S. 6.

<sup>98)</sup> Barkhausen, Über einige neuere englische Seeschleusen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 419.

Stopfbüchsenpackung bequem nachsehen zu können. Sollen auch die Zylinderlager nachgesehen werden, so wird der im hinteren Teile brunnenartige Zylinderschacht durch Einsetzen von Dammbalken in die Vorderkante der Tornische dicht gemacht und leer gepumpt. Abb. 216 zeigt den Grundrifs der Anlage. Behufs Öffnung der Tore sind die Zylinder doppelt wirkend anzuordnen. Die volle Bewegung der Tore, die gegen 0,46 m Überdruck geöffnet und bei durchgehender Strömung geschlossen werden, dauert 40 bis 60 Sekunden. Auch bei dieser Anordnung müssen Stöße gegen die Tore den Bewegungsmechanismus gefährden. Es empfiehlt sich daher, zum Schutze der Zylinder Sicherheitsventile anzuordnen.

Abb. 216. Barry-Dock in Cardiff.

M. 1:450.

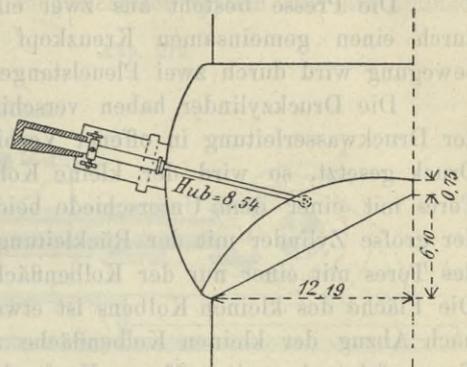
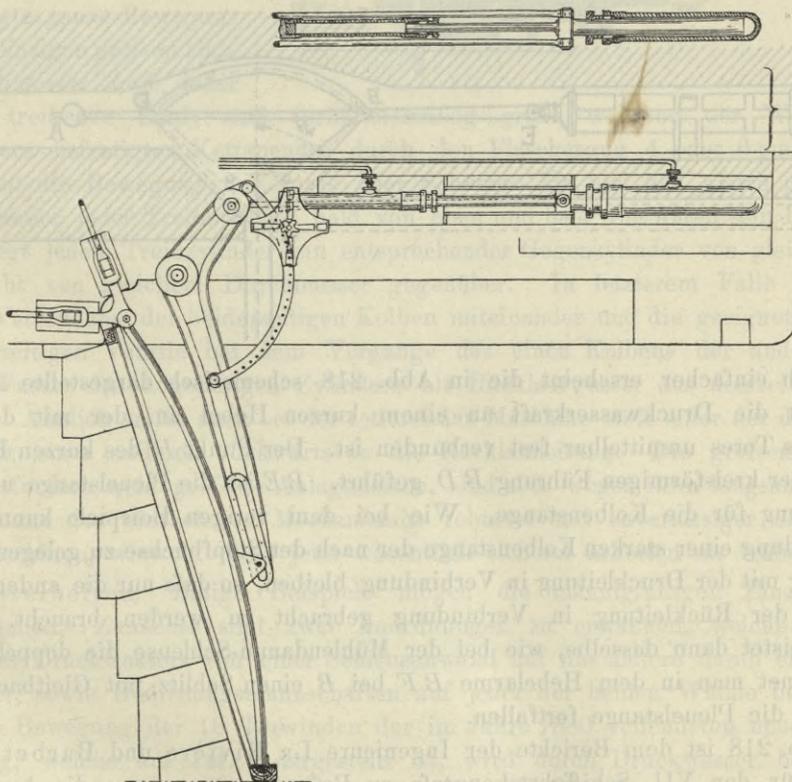


Abb. 217. Neue Schleuse am Mühlendam in Berlin.



Häufiger kommen die Vorrichtungen mit Druckwasserbetrieb vor, bei denen zwischen der Presse und dem Tore ein Zwischenmechanismus eingeschaltet ist.

Einfach gestaltet sich der Bewegungsapparat bei Anwendung eines ungleicharmigen Hebels, an dessen kürzerem Arme die Kolbenstange der Presse angreift, während an dem längeren das Tor (durch einen Zapfen, der in einem Schlitze gleitet) befestigt ist.

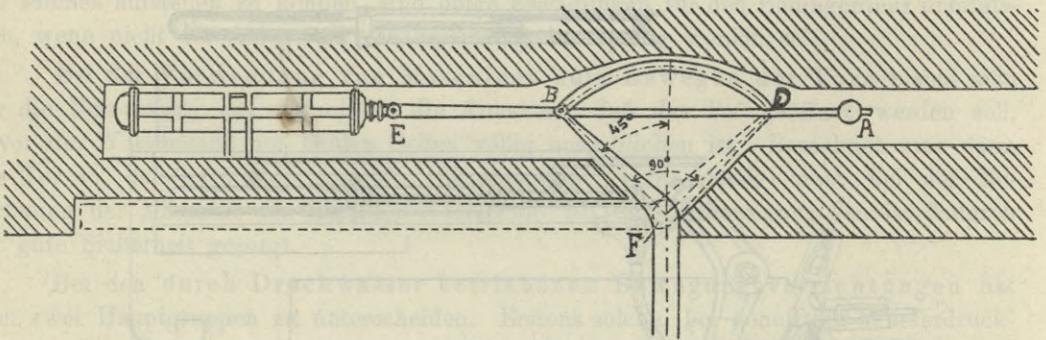
Diese bei der neuen Schleuse am Mühlendamme in Berlin angewendete Anordnung zeigt Abb. 217.

Die Presse besteht aus zwei einander gegenüberliegenden Druckzylindern, die durch einen gemeinsamen Kreuzkopf verbunden sind. Die geradlinige Kreuzkopfbewegung wird durch zwei Pleuelstangen auf den kurzen Arm des Hebels übertragen.

Die Druckzylinder haben verschiedene Durchmesser. Der kleinere ist stets mit der Druckwasserleitung in offener Verbindung. Wird also der größere Zylinder unter Druck gesetzt, so wird der kleine Kolben zurückgedrückt und es erfolgt Öffnen des Tores mit einer dem Unterschiede beider Kolbenflächen entsprechenden Kraft. Wird der große Zylinder mit der Rückleitung in Verbindung gebracht, so erfolgt Schließen des Tores mit einer nur der Kolbenfläche des kleinen Zylinders entsprechenden Kraft. Die Fläche des kleinen Kolbens ist etwas kleiner gewählt, als die dem großen Kolben nach Abzug der kleinen Kolbenfläche noch verbleibende Restfläche. Das Öffnen der Tore erfolgt also mit größerer Kraft als das Schließen.

Sperrt man auch den großen Zylinder ab, so kann das Tor in jeder beliebigen Stellung festgehalten werden (Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 51).

Abb. 218.



Noch einfacher erscheint die in Abb. 218 schematisch dargestellte Anordnung. Hier greift die Druckwasserkraft an einem kurzen Hebel an, der mit dem oberen Tramen des Tores unmittelbar fest verbunden ist. Der Punkt  $B$  des kurzen Hebelarmes wird auf der kreisförmigen Führung  $BD$  geführt.  $BE$  ist die Pleuelstange und  $EA$  eine Führung für die Kolbenstange. Wie bei dem vorigen Beispiele kann auch hier bei Anwendung einer starken Kolbenstange der nach der Stopfbüchse zu gelegene Zylindertheil ständig mit der Druckleitung in Verbindung bleiben, so daß nur die andere Zylinderseite mit der Rückleitung in Verbindung gebracht zu werden braucht. Der eine Zylinder leistet dann dasselbe, wie bei der Mühlendammschleuse die doppelten.

Ordnet man in dem Hebelarme  $BF$  bei  $B$  einen Schlitz mit Gleitbacken an, so kann auch die Pleuelstange fortfallen.

Abb. 218 ist dem Berichte der Ingenieure La Rivière und Barbet zu Abt. 2, Frage 2 für den VII. Schiffahrtskongress zu Brüssel entnommen; die Anordnung ist dort für einflügelige Drehtore vorgeschlagen, sie eignet sich aber ebensogut für Stemm-  
tore, vielleicht sogar noch besser, weil bei diesen der beim Bewegen zu beschreibende Winkel kleiner ist.

Noch weniger unmittelbar wirkt das Druckwasser zur Bewegung von Toren in Gestalt von Dreizylindermaschinen, welche ihre Kraft mittels Zahnradern auf Winde-

trommeln übertragen oder von einfachen mit Flaschenzügen verbundenen Treibzylindern. Bei ersterem beispielsweise bei den Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals und der zweiten Einfahrt in Wilhelmshaven nachträglich eingerichteten System sind die Zylinder verhältnismäßig klein, oft nur

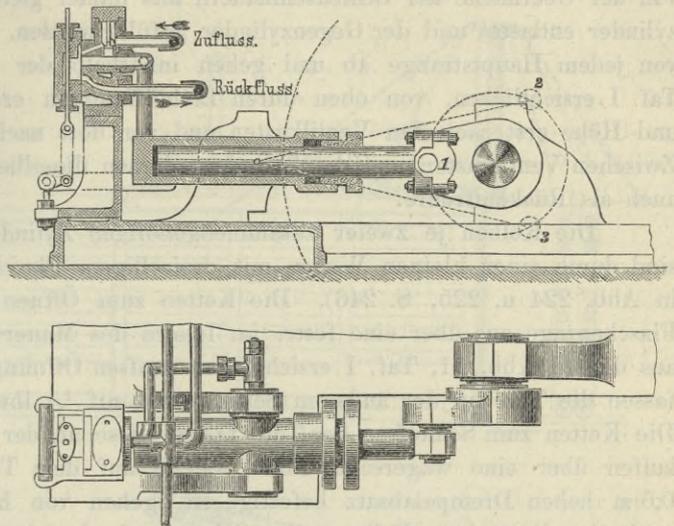
von 7 cm Durchmesser, dagegen bewegen sich die Kolben und Schieber mit großer Geschwindigkeit, indem 200 bis 300 Spiele des Kolbens in der Minute erfolgen; Abb. 219 zeigt einen Teil einer solchen Maschine. Die verhältnismäßig geringe treibende Kraft erfordert deshalb noch eine Übersetzung durch Zahnräder oder dergl. in der Winde. Bei den einfachen Treibzylindern macht der Kolben für die beabsichtigte ganze Bewegung nur einen einzigen großen Hub, der Durchmesser und daher

auch die treibende Kraft sind verhältnismäßig groß, während der Weg des am Schleusentore befestigten Kettenendes durch den Flaschenzug 4 oder 6 mal verlängert wird. Weil die Bewegung des Tores oder Schützes hin und her gleich groß ist, so erhält entweder jeder Treibzylinder bald von oben und bald von unten sein Druckwasser oder es liegt jedem Treibzylinder ein entsprechender Gegenzylinder von gleicher Länge, jedoch nicht von gleichem Durchmesser gegenüber. In letzterem Falle wird durch die feste Verbindung der beiderseitigen Kolben miteinander und die geeignete Steuerung der beiderseitigen Ventile bei dem Vorgange des einen Kolbens der andere zurück- und das Wasser des zugehörigen Zylinders als Rücklaufwasser aus demselben herausgetrieben. Ähnlich treibt auch bei der rotierenden Maschine stets einer der drei Zylinder das Wasser eines anderen rückwärts in die Rücklaufleitung. Die großen, einfachen Zylinder erfordern wohl größere Anlagekosten, sind aber wegen ihrer langsamen Kolbenbewegung und des einfacheren Mechanismus robuster und zuverlässiger als die Dreizylindermaschinen, wiewohl diese jetzt wesentlich sicherer arbeiten als früher.

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

Die Bewegung der 16 Torwinden der im Jahre 1880 vollendeten neuen Schleuse zu Harburg, welche auf Taf. I dargestellt ist, wird durch Druckwasser bewirkt. Es ist neben dem Innenhaupt der Schleuse (wie aus der Abbildung zu ersehen ist) ein eigenes Gebäude zur Aufnahme eines Kraftsammlers und einer durch eine Gasmachine getriebenen Druckpumpe errichtet, und von diesem Ufer zum anderen sind je ein Hauptdruckrohr und ein Rücklaufrohr durch einen quer unter dem Kammerboden der Schleuse liegenden, 1 m weiten dükerartigen Kanal geführt. Das Druckwasser arbeitet überall in einfachen Treibzylindern, von deren Kolben die Kraft mittels Flaschen-

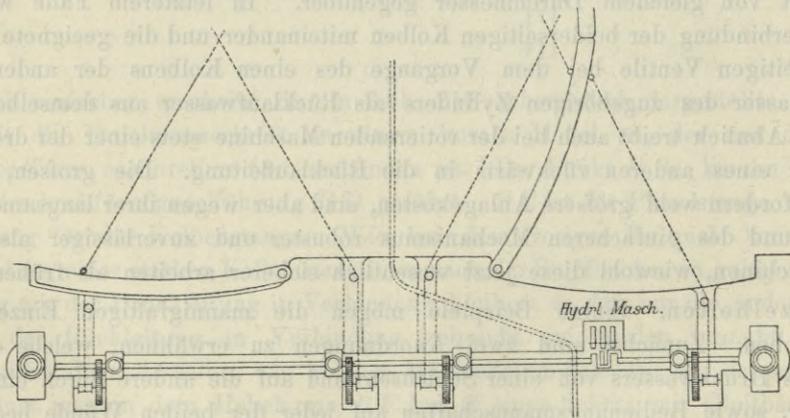
Abb. 219.



zügen bzw. Zahnstangen auf die Umlaufschützen übertragen wird. Indem für die Öffnung und Schließung jedes Torflügels zwei sich genau gegenüberliegende Zylinder vorhanden sind, von denen abwechselnd der eine der Druckzylinder ist, während der andere als Gegenzylinder dient, so kann durch das Ziehen eines und desselben Hebels von der Oberfläche der Schleusenmauern aus immer gleichzeitig der betreffende Druckzylinder entlastet und der Gegenzylinder gefüllt werden. Die Druckrohre zweigen sich von jedem Hauptstrange ab und gehen innerhalb der aus dem Querschnitt Abb. 14, Taf. I ersichtlichen, von oben durch Lichtöffnungen erhellten Kanäle von 2 m Weite und Höhe erst nach den Ventilkasten und von dort nach ihren betreffenden Zylindern. Zwischen Ventilkasten und den Zylindern dienen dieselben Rohre sowohl als Druck- als auch als Rücklaufrohre.

Die Kolben je zweier zusammengehörigen Zylinder für die Bewegung der Tore sind durch einen kleinen Wagen mit dreirölligem Flaschenzug verbunden (ähnlich wie in Abb. 224 u. 225, S. 246). Die Ketten zum Öffnen der Tore gehen von diesem Flaschenzuge aus über eine feste, im Innern des Mauerwerks liegende Leitrolle, treten aus den in Abb. 11, Taf. I ersichtlichen großen Öffnungen der Torkammernischen und fassen die Tore an der äußeren Seite, etwa auf  $\frac{1}{3}$  ihrer Länge von der Schlagsäule. Die Ketten zum Schließen der Tore fassen diese an der inneren Seite und ganz unten, laufen über eine wagerechte Rolle, welche auf dem Torkammerboden dicht vor dem 0,6 m hohen Drempe Absatz befestigt ist, gehen von hier über den Torkammerboden nach einer lotrechten Rolle an der Seitenwand, dort in einem lotrechten Schlitz in der Mauer hinauf (s. Abb. 14, Taf. I) und endlich durch eine Öffnung über eine Leitrolle bis an den Flaschenzug der Zylinder. Sämtliche Leitrollen haben 0,4 m Durchmesser. Die Ketten sind mit Spann- und Regulierungsvorrichtungen versehen (ähnlich wie bei der Schleuse in Bordeaux).

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



In Abb. 220 ist die in den Jarrow-Docks an der Tyne im Jahre 1858 ausgeführte Anordnung dargestellt, wobei jedoch nur eine Hälfte der Schleuse gezeichnet ist und die andere gleiche Hälfte hinzugedacht werden muß. Das für beide Seiten gemeinsame Druckrohr geht nach der punktierten Linie unter dem Schleusenboden hindurch und treibt auf jeder Seite die auf der rechten Seite der Abbildung angegebenen drei Zylinderkolben, von denen die Bewegung auf eine parallel zur Schleusenachse liegende Welle übertragen wird. Die auf dieser Welle sitzenden Triebräder können nach Belieben in die großen Zahnräder der liegenden Windtrommeln ein- oder ausgerückt werden. Von den letzteren gehen die Zugketten über Leitrollen durch geeignete Kanäle und Schächte nach den Vorder- und Hinterseiten der Torflügel (vergl. Engineer 1873, April).

Bei der Schleuse zu Keokuk im Kanale des Moines<sup>99)</sup> ist zwar auch ein Düker vorhanden, die gesamte Bedienung erfolgt aber vom Maschinenhause aus. Hinter dem Treibzylinder *a* der Umlaufschütze steht, wie aus Abb. 222 hervorgeht, der in Abb. 221 erkennbare Treibzylinder für die Bewegung der Torflügel, während in dieser

Abbildung der Treibapparat der Schützen nicht gezeichnet ist. Es sei ferner darauf aufmerksam gemacht, daß die in Abb. 221 neben dem Treibzylinder sichtbare Rolle eine ebensolche, im Grundriß Abb. 222 erkennbare verdeckt, anderseits ist in dieser Abbildung nur ein Flaschenzug gezeichnet, während nach Abb. 221 zwei derselben übereinander befindlich sind. Die untere Hälfte dieser Flaschenzüge liegt fest, die obere ist beweglich, wobei jedoch ihr Gewicht durch kleine, auf einer geneigten festen Bahn laufende Räder aufgenommen wird. Diese Räder nebst den Bahnen sind ebenfalls nicht gezeichnet. Von den beiden siebenfachen Flaschenzügen geht jedes lose Seilende (s. Abb. 222) zunächst nach je einer waagrecht und genau über der Drehachse des Torflügels liegenden Rolle (s. Abb. 221),

von dort nach je einer auf dem Oberrahmstück des Tores befindlichen senkrechten Rolle, dann hinab nach den am Unterarmstück befindlichen beiderseitigen Rollen, von wo aus beide Seile ganz verschiedene Richtungen annehmen, indem das eine unten an der Tornische, das andere am Drempeel befestigt ist. Wird nun der obere bewegliche Teil einer der beiden Flaschenzüge nach dem Treibzylinder hingezogen, so entsteht in diesem Flaschenzuge eine Zugkraft, welche das von ihm nach dem Torflügel gehende Seil nach dem Flaschenzuge hinzieht. Dadurch wird aber die Länge des zwischen einem der beiden Befestigungspunkte und dem festen Teile des betreffenden Flaschenzuges befindlichen Seiles verkürzt, folglich der Torflügel nach jenem Befestigungspunkte hingedrängt. Ist z. B. derjenige Flaschenzug, dessen Seilende an der Tornische befestigt ist, der nach dem Treibzylinder hingezogene, so öffnet sich das Tor, ist es der andere, so geht das Tor zum Drempeel und schließt sich. Selbstverständlich muß der eine Flaschenzug passiv sein, während der andere aktiv ist. Zu diesem Zwecke und um jeden Flaschenzug nach dem Treibzylinder hinzuziehen, ist wieder zwischen jedem Flaschenzuge und der Verlängerung des Treibkolbens eine Verbindung mit je einem Drahtseile angebracht. Es ist nämlich das eine Seil an einem unteren Punkte der Kolbenverlängerung befestigt, geht aufwärts über eine der in Abb. 221 u. 222 sicht-

Abb. 221 bis 223. Schleuse zu Keokuk.

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

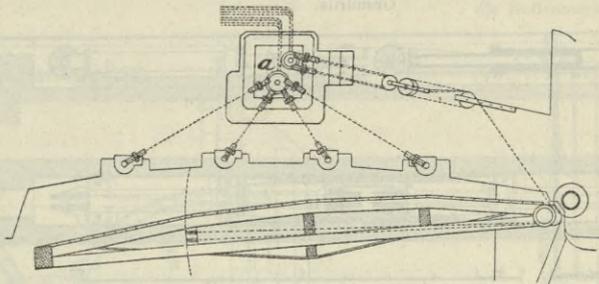
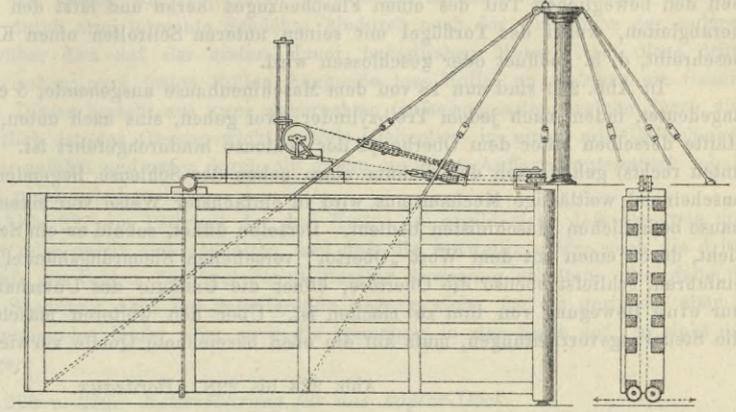
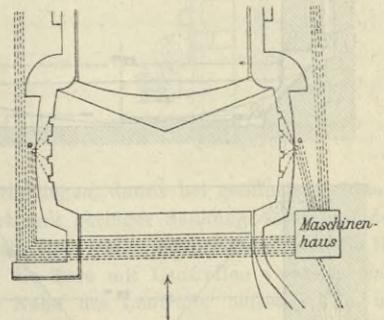


Abb. 222. Grundriß einer Tornische.

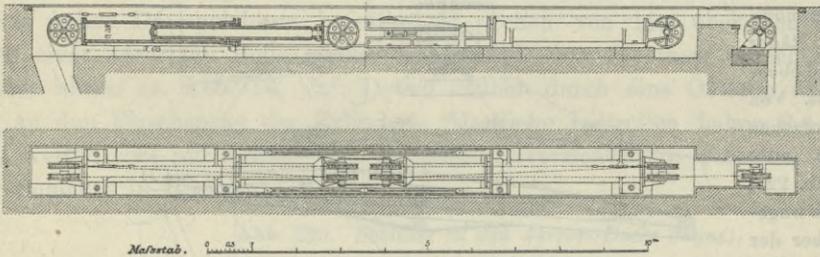
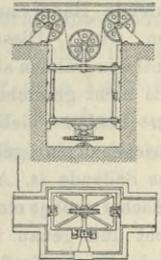
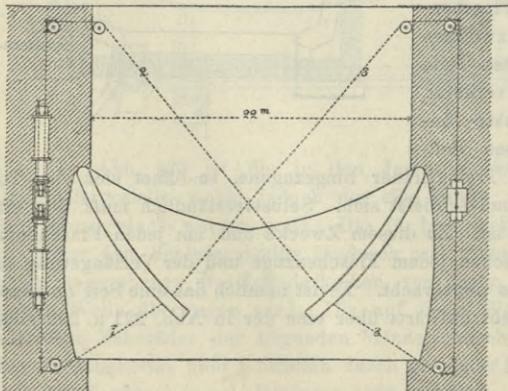
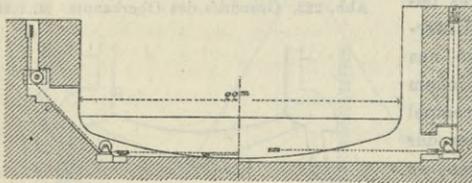
Abb. 223. Grundriß des Oberhauptes. M. 0,001.



<sup>99)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1877.

baren Rollen, umschlingt diese, geht von dort über eine kleine am beweglichen Teile des einen Flaschenzuges sitzende Rolle, von dort zurück über die andere neben dem Treibzylinder befindliche Rolle, umschlingt diese und ist endlich wieder am unteren Punkte der Kolbenverlängerung befestigt. Das andere Seil geht umgekehrt von dem obersten Punkte derselben aus, macht einen ähnlichen Weg nach dem anderen Flaschenzug und kehrt nach dem oberen Teile der Kolbenverlängerung zurück. Macht nun der Treibkolben im Treibzylinder einen Weg von 1,83 m aufwärts oder abwärts, so zieht das betreffende Seil den beweglichen Teil des einen Flaschenzuges heran und läßt den des anderen auf seiner Bahn herabgleiten, wobei der Torflügel mit seinen unteren Seilrollen einen Kreisbogen von 12,81 m Länge beschreibt, d. h. geöffnet oder geschlossen wird.

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

Abb. 224 bis 228. *Bordeaux*.Abb. 224 u. 225. Längenschnitt und Ansicht.  
Grundrißs.Abb. 226.  
Gegengewicht.Abb. 227 u. 228. Schnitt durch Kammer und Torkammer.  
Grundrißs.

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

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

Der Motor besitzt die übliche Anordnung von zwei gleichen horizontalen, sich gegenüberliegenden Zylindern, deren Kolbenenden auf einer gemeinschaftlichen Achse je zwei in einem Rahmen liegende lose Rollen tragen. Dieser Rahmen bewegt sich zwischen zwei seitlichen Führungen. Am hinteren Ende jedes Zylinders sitzen zwei feste Rollen. Zwei Ketten, welche mit einem ihrer Enden an je einen Zylinder befestigt sind, gehen über die vier Räder eines Zylinders und bilden somit je zwei getrennte Flaschenzüge, deren Bewegung jedoch durch

jenen Rahmen gemeinsam gemacht ist, so daß sich die eine Kette um ebensoviel Länge aufwickelt, als die andere frei wird, wobei der eine Zylinder für das Öffnen, der andere zum Schließens des Tores dient.

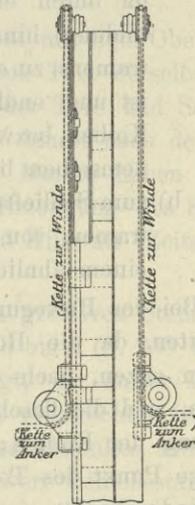
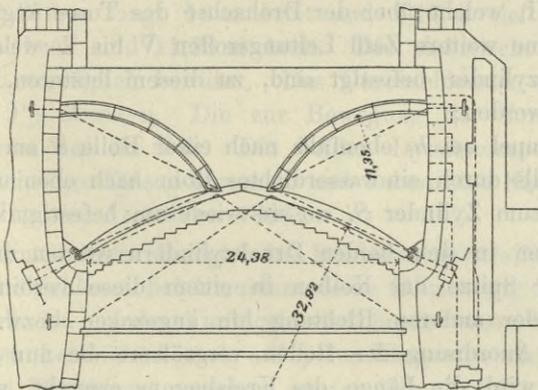
Die Übertragung der Bewegung geschieht durch Ketten und Räder, wobei drei verschiedene Kettenstränge zu unterscheiden sind, zunächst nach Abb. 224 die beiden ersten Stränge, welche bereits erwähnt sind und je einen Flügel aufsen bzw. innen fassen und öffnen bzw. schließens; der dritte Strang faßt mit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

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

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

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

Abb. 229. Grundriss.



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

Bei dieser Anlage hat sich durch die Erfahrung ergeben, daß der eigentliche Apparat fast mathematisch genau arbeitet, daß er jedoch durch den starken Schlickfall zu leiden hat, indem der auf

dem Boden liegende Schlick zuweilen die Ketten in ihrer regelrechten Bewegung hindert und die Torflügel nicht voll in die Nischen treten läßt. Eine gute Spüleinrichtung des Torkammerbodens und des von den Ketten berührten Teiles des Kammerbodens scheint in solchen Fällen besonders empfehlenswert. Näheres in einer Mitteilung von Boutan (Ann. des ponts et chaussées 1881, S. 540).

Um mit zwei Bewegungsmaschinen und zwei Ketten auskommen zu können, hat man im Poplar-Dock die Kettenarme für ein Tor in der in Abb. 229 angedeuteten Weise im Mauerwerke fest verankert, sie dann etwas unterhalb der halben Torhöhe unter zwei Rollen hindurch geleitet, deren Lager um lotrechte hohle Achsen drehbar sind (Abb. 230); die Ketten sind durch die Höhlungen dieser Achsen, sodann nach Rollen am oberen Torrande geführt, von hier nach wagerechten Führungsrollen über der Wendesäule und schliesslich auf die Trommel einer Handwinde hinter der Wendesäule, wo sie vereinigt sind; die eine Drehrichtung der Trommel ergibt Öffnung, die andere den Schluß der Tore. Die für je zwei vereinigten Arme etwas zu lange Kette ermöglicht das Schlaffhängen in den geöffneten Toren durch den infolge zu großer Kettenlänge entstehenden toten Gang der Winde.

Ähnlich ist die Anordnung für die Untertore der Schleuse bei Wernsdorf des Oder-Spree-Kanals (Taf. VII, Abb. 20). Es sind hier allerdings für jedes Tor zwei gesonderte Ketten vorhanden, die aber zusammen so wirken, wie bei der vorigen Anordnung eine Kette. Die eine der beiden Ketten ist bei  $h$  in der Tornische an Haken befestigt und dient zum Öffnen, die andere bei  $h_1$  am Drempeel und dient zum Schliessen. Von diesen Punkten gehen die Ketten über an den Toren angebrachte Rollen und zwar:

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

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

Um den an dem Tore befestigten Seitenrollen die Möglichkeit zu gewähren, sich stets in die Richtung der ab- und aufrollenden Kette, d. h. also in die jedesmalige Tangente des Kreisbogens der Torbewegung zu stellen, sind diese um eine senkrechte Achse drehbar angeordnet, so daß sie durch den Kettenzug selbst in die richtige Lage eingestellt werden.<sup>100)</sup>

In der angeführten Quelle sind noch weitere Einzelheiten namentlich auch über den Maschinenbetrieb angegeben. Als Arbeitsmaschine ist eine Turbine angewendet, die durch das Oberwasser getrieben wird. Da auf beiden Seiten Druckzylinder vorhanden sind, so ist auch bei dieser Anlage die Überführung des Druckwassers von

<sup>100)</sup> Mohr, Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 369 u. f. (Bewegung der Untertore der Wernsdorfer Schleuse, S. 389).

der einen zur anderen Seite erforderlich; dieselbe erfolgt über eine feste Brücke, welche einen Weg über das Unterhaupt der Schleuse leitet, bereitet also hier keine Schwierigkeit.

Der Übelstand, dafs man bei Ketten entweder deren Kreuzung über der Sohle des Hauptes bei offenem Tore oder aber die Untertunnelung des Hauptes behufs Überführung der Kraftquelle mit in den Kauf nehmen mufs, wird als solcher nur noch so lange vorhanden sein, wie ausschliesslich Druckwasser als Kraftträger Verwendung findet. Sobald dagegen die Elektrizität als Kraftträger angewendet wird, macht weder die Kraftüberführung, noch die Bedienung von einem Punkte aus irgend welche Schwierigkeiten.

Eine der ersten Schleusen, deren Tore mit Hilfe von Elektrizität bewegt wurden, dürfte die Schleuse zu Sault-St. Marie in Amerika sein. Der elektrische Betrieb hat vor dem Druckwasserbetrieb manche Vorzüge. Als solche sind zu nennen, dafs es weniger Schwierigkeiten macht, die Kraft von einer Seite der Schleuse auf die andere zu übertragen. In kalten Gegenden ist auch das Einfrieren der Leitungen eine lästige Zugabe der Druckwasseranlagen, mit der man immer rechnen mufs. Endlich hat die Elektrizität als treibende Kraft den Vorzug, dafs sie gleichzeitig zur Beleuchtung der Schleusen und zum Schiffszuge auf dem Kanale benutzt werden kann. Bei Kanälen mit starkem Verkehre, auf denen die Schiffe mechanisch bewegt werden sollen, wird daher wohl zweifellos der elektrische Schleusenbetrieb den Druckwasserbetrieb bald verdrängen.

Die genannte Schleuse stellt eine Verbindung des Huronsees mit dem Oberen See her, ist 279 m lang, 18 m breit und 6,17 m tief. Die grössten Tore derselben sind 13,56 m hoch und 11,28 m breit. Die elektrische Bewegung der Tore und Schützen hat sich vorzüglich bewährt. Das Durchschleusen eines Schiffes dauert nach dem Einfahren  $9\frac{1}{2}$  Minuten. Die zur Bewegung der Tore dienenden Motore haben 50 PS. Der Strom hat 50 Volt. Die beiden Dynamomaschinen zur Erzeugung des Stromes sind zweipolige Edison-Dynamos und haben eine Kapazität von 45 Kilowatt (Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896).

Ein weiteres Beispiel des Betriebes mittels Elektrizität an grösseren Stemmtoren bietet die Schleuse bei Ymuiden, deren Einrichtung in Abb. 231 *a* bis *d* (S. 250 u. 251) dargestellt ist. Jeder Torflügel wird durch einen Wagen bewegt, der aufser auf den 4 unteren Laufrädern noch auf jeder Längsseite mit 4 zwischen wagerechten Schienen rollenden Leiträdern versehen ist (s. Abb. 231 *d*). Mittels eines Gelenkes mit senkrechtem Zapfen ist eine aus 4 Profileisen zusammengesetzte schwere Schiebestange am Wagen befestigt und ebenfalls mittels eines Gelenkes in der Mitte des Torflügels. Je nachdem sich der Wagen nach der einen oder anderen Richtung bewegt, wird sich also der Torflügel öffnen oder schliessen. Der Wagen wird von 4 endlosen Stahlketten gezogen, die über je 2 Kettenräder laufen. Der Zug wird mittels Doppelpuffer auf den Wagen übertragen. Die Räder am Ausgange des Mauerschlitzes dienen nur zur Führung der Ketten, während die anderen auf zwei Achsen befestigt sind, die von einem Windwerke getrieben werden. Dieses Windwerk (s. Abb. 231 *a* u. *b*) zieht den Wagen mittels der 4 Ketten gleichmäfsig, sowohl bei Vor- als Rückwärtsgang. Die Winde wird durch einen Elektromotor von 41 PS. bei 360 Minuten-Umdrehungen mittels zweier Schnecken (rechts- und linksgängig, um den einseitigen Druck aufzuheben) und Schneckenräder, welche in geschlossenen Ölkasten laufen, angetrieben. Auf jeder Schneckenradachse sitzt ein kleines Triebad mit Winkelzähnen, das in ein grosses Rad je auf der Achse eines Kettenraderpaares eingreift.

Abb. 231 a bis d. Schleuse bei Ymuiden.

Abb. 231 a.

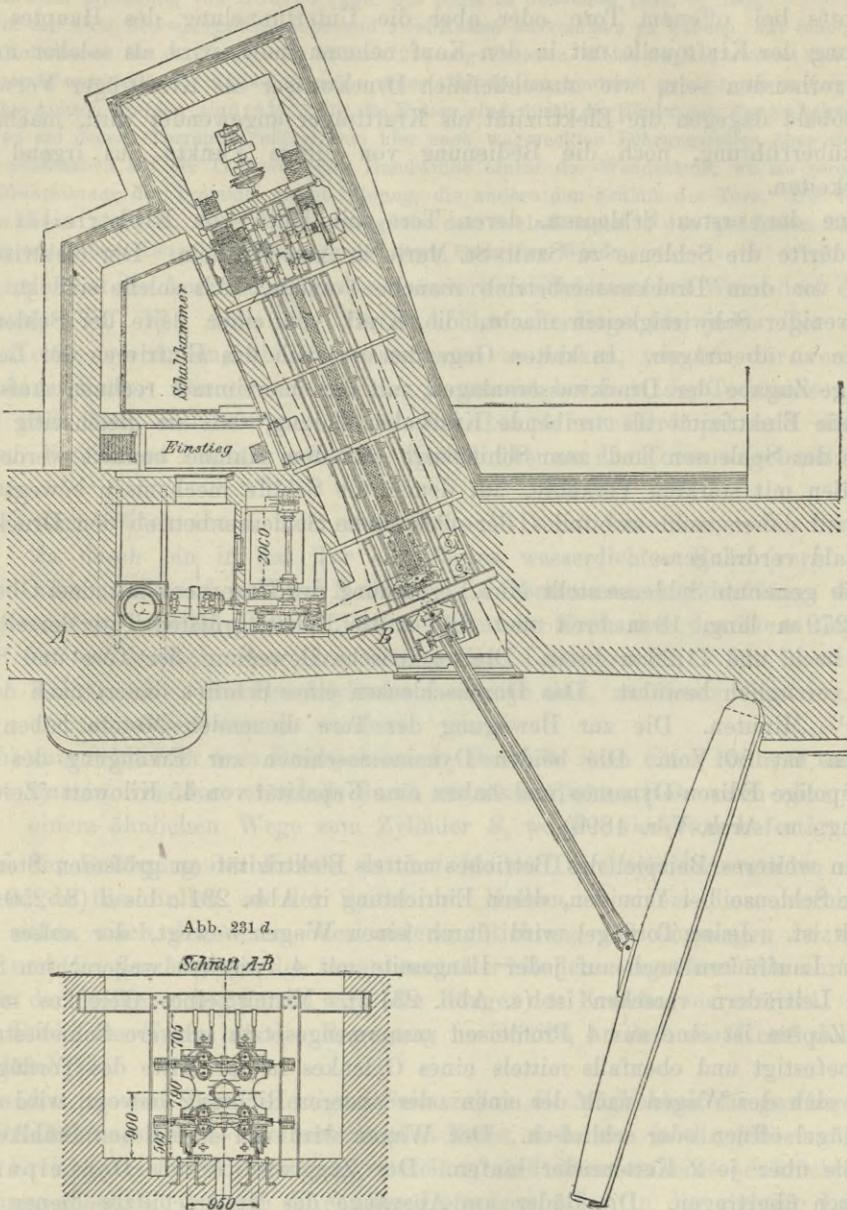


Abb. 231 a.

Schnitt A-B

Die großen Räder sind mit ihren Achsen durch je 2 Kuppelungen verbunden, und zwar einer Überlastungs-Reibungskuppelung, welche gleichmäßige Verteilung des Zuges auf die Ketten bewirkt und eine von Hand auslösbare Klauenkuppelung, durch die nötigenfalls die Kettenradachse vom Windewerk entkuppelt werden kann, um den Wagen mittels des Spills verschieben zu können. Schaubildliche Darstellung des Wagens und der Winde findet sich in der Quelle: Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1898, S. 1077 u. f.

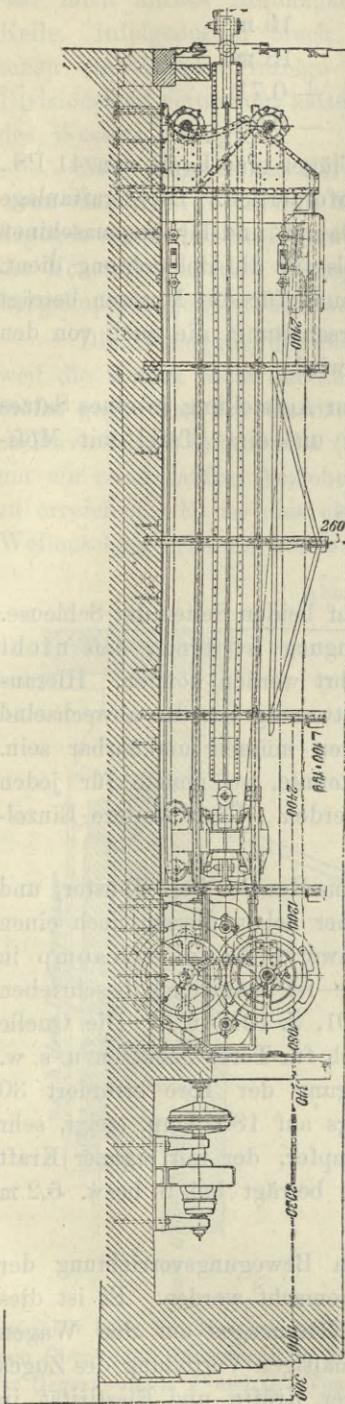


Abb. 231 b. Schnitt C D.

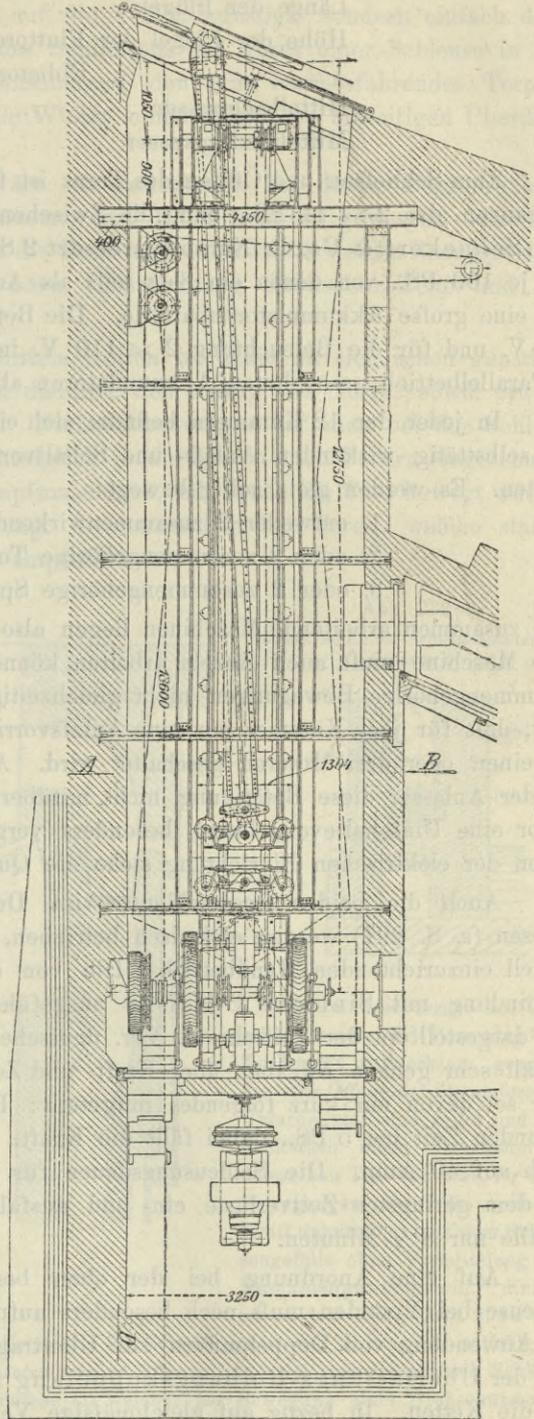


Abb. 231 c.

Um den Kraftbedarf im Verhältnis zur Torgröße beurteilen zu können, seien hier noch die Hauptmaße der Tore u. s. w. mitgeteilt:

- Lichte Torweite . . . . . 25 m
- Drempeltiefe unter A. P. . . . . 10 m

|  |        |
|--|--------|
| Länge der Flügel . . . . .             | 14,5 m |
| Höhe der Flügel der Fluttore . . . . . | 15 m   |
| "    "    "    "    Ebbetore . . . . . | 13 m   |
| Mittelhochwasser . . . . .             | + 0,71 |
| Mittelniedrigwasser . . . . .          | - 0,92 |

Zum Schließen und Öffnen des Tores ist für jeden Flügel eine Kraft von 41 PS., im ganzen also  $2 \times 41$  PS., ohne die Zwischenverluste erforderlich. Die Kraftanlage (von Schuckert & Co. in Nürnberg) besitzt 2 Sätze von Dampf- und Dynamomaschinen von je 100 PS., von denen ein Satz teils als Aushilfe, teils für die Beleuchtung dient, und eine große Akkumulatorenbatterie. Die Betriebsspannung für die Motoren beträgt 220 V. und für die Beleuchtung  $2 \times 110$  V. in Dreileiterschaltung, die auch von den in Parallelbetrieb geschalteten Akkumulatoren abzweigt wird.

In jeder der 12 Kammern befindet sich ein Raum zur Aufstellung je eines Satzes von selbsttätig wirkenden Anlafs- und Schaltvorrichtungen und einer Tafel mit Messgeräten. Es werden gleichzeitig bewegt:

1. entweder 2 zusammenwirkende Schütze,
2. oder 2 zusammengehörige Torflügel,
3. oder 2 zusammengehörige Spills,

zwei zusammen arbeitende Maschinen liegen also immer auf beiden Seiten der Schleuse. Jede Maschine muß auch einzeln arbeiten können. Bedingung ist ferner, daß nicht zusammengehörige Bewegungen nicht gleichzeitig ausgeführt werden können. Hieraus folgt, daß für jede Kammer nur eine Anlafsvorrichtung notwendig ist, die abwechselnd auf einen oder drei Motoren geschaltet wird. Alle Motoren müssen umkehrbar sein. Da der Anlasser diese Betätigung nicht mitübernehmen konnte, so mußte für jeden Motor eine Umschaltvorrichtung besonders vorgesehen werden. Über weitere Einzelheiten der elektrischen Einrichtung siehe die Quelle.

Auch die beiden Sperrschleusen im Dortmund-Ems-Kanale bei Münster und Gleesen (s. S. 297) werden elektrisch betrieben, haben aber neben diesem noch einen schnell einzurichtenden Handbetrieb. Die von dem Eisenwerke Nagel & Kaemp in Verbindung mit Siemens & Halske ausgeführte Anlage ist eingehend beschrieben und dargestellt in der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1901, S. 1017 u. f. Die Quelle enthält sehr genaue Angaben über Kraft- und Zeitverbrauch für Tore, Schützen u. s. w. Hier sei davon nur kurz folgendes mitgeteilt: Die Bewegung der Tore erfordert 30 Sekunden Zeit bei 5 PS., dabei fällt die Kraft, die anfangs auf 180 Amp. steigt, sehr rasch auf 40 Amp. Die Schleusungsdauer für einen Dampfer, der mit eigener Kraft mit dem geringsten Zeitverluste ein- und ausfahren kann, beträgt bei 6 bzw. 6,2 m Gefälle nur  $8\frac{1}{2}$  Minuten.

Auf eine Anordnung bei der oben beschriebenen Bewegungsvorrichtung der Schleuse bei Ymuiden muß noch besonders aufmerksam gemacht werden. Es ist dies die Anwendung von Doppelpuffern zur Übertragung des Kettenzuges auf den Wagen und der Überlastungs-Reibungskuppelung zur gleichmäßigen Verteilung des Zuges auf die Ketten. In bezug auf gleichmäßige Verteilung der Kräfte und Elastizität in der Konstruktion der Teile, namentlich bei den sonst so starren Zahn- oder Schubstangenverbindungen bei Stemmtoren, kann man nicht vorsichtig genug sein.

Bei den Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals war diese Vorsicht anfangs nicht beobachtet und das Triebrad, welches in die am Tore befestigte Zahnstange eingriff,

war nicht mittels Reibungskuppelung auf die Welle befestigt, sondern einfach durch Keile. Infolgedessen brach während des Schließens des Tores einer Schleuse in Holtenau ein Zahnrad infolge des Wellenschlages, den ein vorüberfahrendes Torpedo-Divisionsboot verursacht hatte, indem die Wellen einen zeitweisen einseitigen Überdruck des Wassers erzeugten.

Nach angestellter Berechnung wäre die Zahnstange bei dieser Beanspruchung, wenn man unelastischen Stofs voraussetzt, mit 100 t belastet gewesen; setzt man dagegen elastischen Stofs voraus, so sinkt die Belastung auf 20 t, für welche Beanspruchung die Konstruktion stark genug gewesen wäre. Einschaltung elastischer Teile und Reibungskuppelungen ist also sehr wichtig.

Die Bewegung der Stemmtore mittels Ketten ist daher an sich schon günstiger, weil die Ketten stets durchhängen und dadurch den Anzug des Tores, sowie etwaige Stöße gegen das Tor elastisch machen. Nichtsdestoweniger hat man bei der Schleuse zu Davis-Island in Amerika (Ohio) nachträglich in die Ketten noch Federn eingeschaltet, um ein recht sanftes Anziehen der Dampfmaschinen, mit denen die Tore bewegt werden, zu erreichen. Es ist dies eine Anordnung, die namentlich bei Toren, welche starken Wellenschlag erhalten können, sehr zu empfehlen ist.

Abb. 232 a.

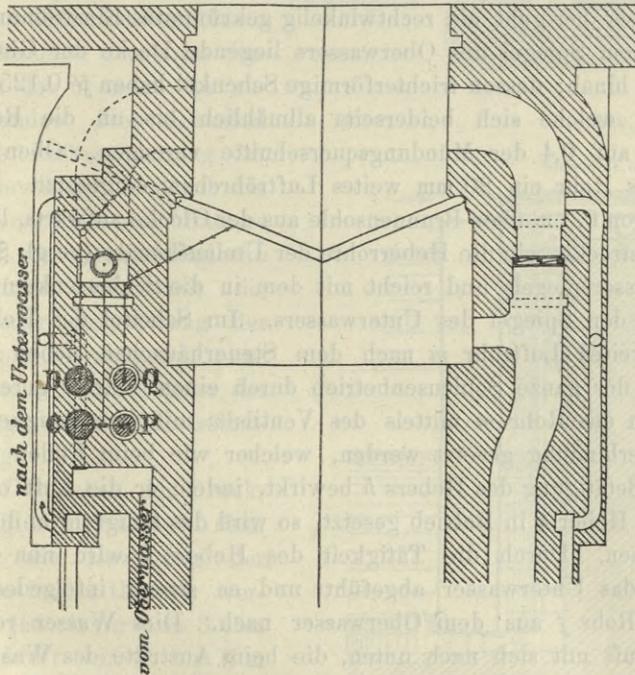
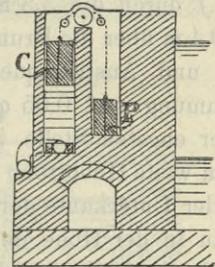


Abb. 232 b.

Schnitt durch die Schleusenmauer bei Schacht C.



Es sei hier ferner auf einen sehr sinnreichen Vorschlag von Tolkmitt aufmerksam gemacht, der zum Öffnen der Stemmtore des Unterhauptes eine Kette und zum Schließens einen Drehbaum an demselben Tore benutzen, für beide Bewegungen aber die treibende Kraft unmittelbar aus dem Schleusengefälle ohne Vermittelung von Maschinengewinnen will.<sup>101)</sup> Errichtet zu dem Ende (Abb. 232 a u. b)

auf jeder Seite des Hauptes zwei verbundene Schächte für Schwimmer C und D ein, die beliebig mit dem Ober- oder Unterwasser in Verbindung gesetzt werden können und zwei stets wasserfreie Schächte für Gegengewichte P und Q. Von dem Schwimmer C, welcher zur Bewegung eines Drehschützes mit senkrechter Achse dient, führt eine Kette zu einer auf wagerechter Welle festsitzenden Scheibe und nach einer vollen Umdrehung zu dem Gegengewichte P. Letzteres ist so schwer, als der aus vollem Holze (nicht hohl) hergestellte Schwimmer, wenn er zur Hälfte eintaucht, so dafs bei gefülltem Schwimmerschachte die Welle nach der Richtung des Gegengewichtes, bei entleertem nach der Richtung des

<sup>101)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 237 und 1886, S. 92.

Schwimmers gedreht wird. Zwei Kegelräder übertragen diese Drehung auf die Achse des Drehschützes derartig, daß im ersten Falle das Schütz geöffnet, im zweiten geschlossen wird.

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

Einen ähnlichen Gedanken hat Hotopp zum Schließen und Öffnen der Stemm-tore der Schleusen des Elbe-Trave-Kanals (vergl. § 7 über die Füllung der Kammern dieser Schleusen) verwertet. Er benutzt hierbei aber Druckluft, welche durch Benutzung des Schleusengefälles in folgender Weise erzeugt wird.

Im Oberhaupte der Schleuse befindet sich ein 6 m tiefer Brunnen (Abb. 233 *a*), über dessen Sohle ein oben geschlossener, 1,9 m weiter Zylinder *D* aus Schmiedeisen einbetoniert ist. Vom Oberwasser her geht ein rechtwinkelig gekrümmtes Einströmungsrohr *f* durch die 3,3 m unter dem Spiegel des Oberwassers liegende Decke der Glocke bis 0,4 m über die Brunnensohle hinab; dessen trichterförmige Schenkel haben je 0,125 qm Ein- und Austrittsquerschnitte, welche sich beiderseits allmählich bis an die Rohrkrümmung auf 0,05 qm, d. i. auf 0,4 der Mündungsquerschnitte verengen. Oben an dieser engsten Stelle ist in das Rohr ein 20 mm weites Luftröhrchen eingesetzt. Das 0,4 m weite Heberrohr *h* steigt von 0,5 m über Brunnensohle aus der Glocke aufwärts, liegt mit der Unterkante der Scheitelstrecke, wie die Heberrohre der Umlaufkanäle (vergl. § 7), genau in der Höhe des Oberwasserspiegels und reicht mit dem in die Schleusen-kammer abfallenden Schenkel bis unter den Spiegel des Unterwassers. Im Scheitel des Heberrohres *h* zweigt ein 40 mm weites Luftröhr *m* nach dem Steuerhäuschen neben der Schleuse ab, von welchem aus der ganze Schleusenbetrieb durch einen Wärter geregelt wird. Im Steuerhäuschen kann das Rohr *m* mittels des Ventils *v* mit dem Saugkessel (vergl. Abb. 44 *b*, S. 60) in Verbindung gesetzt werden, welcher wie beim Füllen und Leeren der Kammer (§ 7) die Betätigung des Hebers *h* bewirkt, indem er die Luft oben aus demselben absaugt. Ist der Heber *h* in Betrieb gesetzt, so wird das Saugrohr *m* durch das Ventil *v* wieder verschlossen. Durch die Tätigkeit des Hebers *h* wird nun das Wasser aus der Glocke *D* in das Unterwasser abgeführt und es strömt infolgedessen ebensoviel Wasser durch das Rohr *f* aus dem Oberwasser nach. Dies Wasser reißt durch das kleine Röhrchen *x* Luft mit sich nach unten, die beim Austritte des Wassers aus dem Rohre *f* unten in der Glocke aufsteigt und sich unter der Decke der Glocke ansammelt, während durch den Heber *h* nur Wasser ohne Luft abfließt. Die in der Glocke sich ansammelnde Luft steht unter dem Drucke einer Wassersäule, deren Höhe gleich dem Abstände des Oberwasserspiegels vom Wasserspiegel unter der Glocke ist.<sup>102)</sup>

<sup>102)</sup> Diese überaus einfache Prefluftherzeugung von einem Drucke, der nur von der Tiefe des Schachtes abhängt, ist in Amerika bereits in mehreren Fällen benutzt, um das Gefälle von Wasserläufen auszunutzen und die Kraft in Gestalt von Prefluft zu ziemlich entfernten Betrieben zu leiten.

Sobald die Glocke bis zur Unterkante des Heberrohres  $h$  mit Prefsluft gefüllt ist, so daß die Prefsluft in das Rohr eindringen kann, setzt der Heber selbsttätig aus.

Die Luftpressung ist dann gleich 5 m Wassersäule. Bei unterbrochener Hebertätigkeit wird im abfallenden Heberschenkel das Wasser aus der Schleusen- kammer während des Fül- lens derselben bis zum Oberwasserspiegel, d. i. bis Unterkante des Scheitelrohres ansteigen, wenn man die in letzterem eingeschlossene Luft durch Öffnen des Rohres  $m$  ins Freie treten läßt.

Wird dann das Rohr  $m$  wieder geschlossen, so tritt beim Entleeren der Schleusen- kammer durch das Sin- ken des Wassers im abfallenden Heberschenkel eine Luftverdünnung im Heber  $h$  ein, wodurch das Überströmen des Wassers von der Druckluftglocke beginnt und damit die Wiederingangsetzung der Drucklufterzeugung, ohne weitere Zuhilfenahme des Saugkessels, sich selbst- tätig vollzieht.

Der Inhalt der Druck- luftglocke beträgt 4,5 cbm. Für die Bewegung der Tore beider Häupter werden jedoch nur etwa 3 cbm Prefsluft von 4 bis 5 m Wassersäule bei jeder Dop- pelschleusung verbraucht.

Die Stemmtore im Unterhaupt werden nun in folgender Weise mit dieser Prefsluft bewegt (Abb. 233 b).

In der Mitte eines jeden Tores befindet sich oben eine Schubstange  $a$ , welche mittels der an ihren beiden Enden befestigten Kette durch ein Kettenrad  $z$  ihren An- trieb erhält. Um letzteres ist nämlich eine zweite, über Rollen geführte Kette ge- schlungen, an deren einem Ende in einem 4,5 m tiefen, ständig mit Wasser gefüllten

Abb. 233 a.

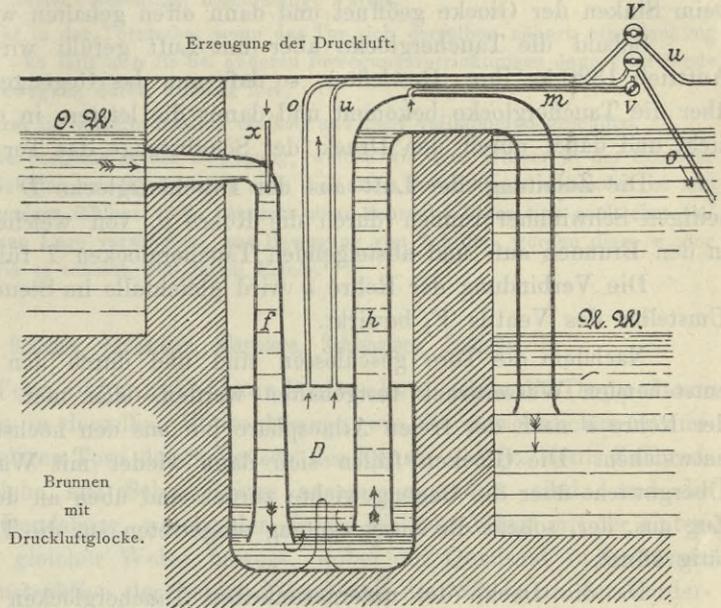
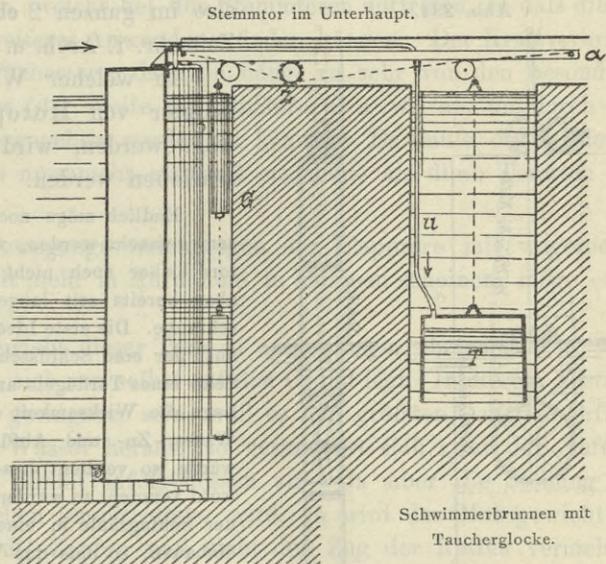


Abb. 233 b.



Brunnen eine gufiserne Taucherglocke  $T$  und an deren anderem Ende in der Tor-nische ein entsprechendes Gegengewicht  $G$  hängt. Die Taucherglocke hat 1,30 m Durchmesser und 1 m Höhe und mit Wasser gefüllt 660 kg Übergewicht, womit das Tor beim Sinken der Glocke geöffnet und dann offen gehalten werden kann.

Sobald die Taucherglocke aber mit Luft gefüllt wird, verliert sie durch den Auftrieb 1320 kg ihres Gewichtes, so daß nun das Gegengewicht 660 kg Übergewicht über die Taucherglocke bekommt und damit die letztere in dem Schachte in die Höhe zieht und dabei durch den Druck der Schubstange das Tor in einer Minute schließt.

Die Zuleitung der Luft aus der Druckluftglocke  $D$  erfolgt bis an die beiderseitigen Schwimmerbrunnen durch die Rohre  $u$ , von welchen dann Schläuche zu den in den Brunnen auf- und absteigenden Taucherglocken  $T$  führen.

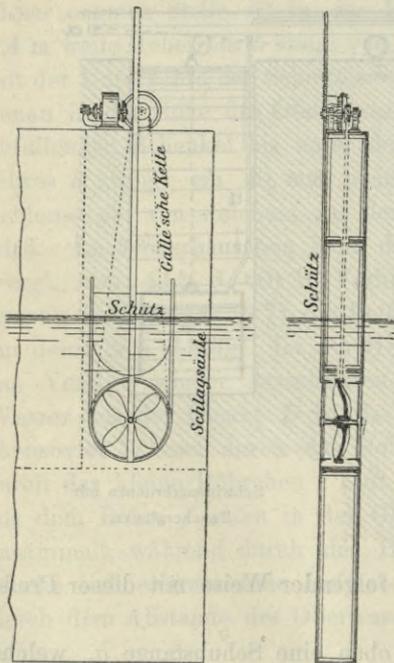
Die Verbindung der Rohre  $u$  wird gleichfalls im Steuerhäuschen, lediglich durch Umstellen des Ventils  $V$ , bewirkt.

Nachdem die Tore geschlossen sind und durch den bei Füllung der Schleuse entstehenden Wasserdruck festgehalten werden, läßt man die Prefsluft durch Öffnen der Rohre  $u$  nach der freien Atmosphäre hin aus den hochstehenden Taucherglocken  $T$  entweichen. Die Glocken füllen sich dann wieder mit Wasser, erhalten dadurch ihr Übergewicht über die Gegengewichte zurück und üben an den Toren wieder je 660 kg Zug aus, der, sobald die Ausspiegelung eingetreten ist, die Tore in einer Minute selbsttätig öffnet.

Da die Decke der untergesunkenen Taucherglocken von 1 m Höhe etwa 3 m unter Wasser liegt, genügt die vorhandene Pressung von 4 bis 5 m Wassersäule für den Betrieb der Untertore, welcher bei jeder Schleusung für jede Glocke etwa 1 cbm, also im ganzen 2 cbm Prefsluft erfordert (Arnold, Zeitschr. f. Arch. u. Ingenieurwesen, 15. März 1899).

In welcher Weise die Klapptore der Oberhäupter von Hotopp mit Hilfe der Prefsluft bewegt werden, wird im folgenden Abschnitte beschrieben werden.

Endlich möge noch auf ein Bewegungsmittel aufmerksam gemacht werden, welches allerdings für Schleusendreh-tore bisher noch nicht angewendet wurde, sich im übrigen aber bereits seit lange bewährt hat, nämlich die Schiffsschraube. Die erste Idee dieser Anwendung geht von Ziegler aus, der eine Schiffsschraube nahe der Schlagsäule an einer Seite eines Torflügels anbringen wollte. Wenn auch in dieser Lage die Wirksamkeit der Schraube wegen der ungünstigen Wasser-Zu- und Abführung leicht eine mangelhafte sein würde, so verdient dieselbe in anderer Anordnung (Abb. 234) wohl versucht zu werden. Man müßte die Schraube nämlich an der Schlagsäule in einer zylinderförmigen Öffnung im Tore einbauen, so daß das Wasser von der einen Seite zufließen und nach der anderen abströmen könnte. Die runde Toröffnung wäre durch ein Schütz verschließbar zu machen und diente gleichzeitig zum Füllen und Leeren der Kammer. Die Bewegung der Schraube erfolgte am zweckmäßigsten durch eine auf dem Tore über derselben aufgestellte Dynamo-



maschine mittels Galle'scher Kette, deren unteres Kettenrad an den Enden der Schraubenflügel befestigt wäre, so daß diese gleichsam die Radspeichen bildeten. Die Vorzüge dieser Anordnung wären folgende:

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

Ein Nachteil der Schraube bestände in der Bewegung, welche sie dem Wasser in der Schleuse und damit den darin liegenden Schiffen erteilt, die aber auch bei allen Torschützen vorhanden ist und bei sehr tiefer Lage derselben weniger fühlbar wird. Anstatt einer Schraube liefse sich auch eine Reaktions-Turbine in der angegebenen Lage verwenden; zur Bewegung von Schiffen werden diese wieder versuchsweise angewendet und wie es scheint, mit gutem Erfolg.<sup>103)</sup>

## 2. Einflügelige Drehtore. Fächertore. Klapptore. Schiebetore. Pontons.

Die einflügeligen Tore mit senkrechter Drehachse, sowie die Doppeltore und die Fächertore werden in derselben Weise bewegt, wie die gewöhnlichen Stemmtore. So haben die einflügeligen Tore der Schleusen des Kanals von St. Denis Zahnradquadranten erhalten<sup>104)</sup>, welche aus Schmiedeisen zusammengenietet sind, und die Fächertore der Schleuse zu Rendsburg, welche den Kaiser Wilhelm-Kanal mit der Unter-eider verbindet, werden in gleicher Weise bewegt, wobei der Quadrant in bequemer Weise über der Zwischenkonstruktion der beiden Flügel und die Winde an der Vorderkante der Überdeckung der Nische für den Seitenflügel Platz gefunden hat (s. Taf. VIII, Abb. 3). Die beim Öffnen und Schließen der einflügeligen Tore zu überwindenden Widerstände sind genau dieselben, welche bei den Stemmtoren auftreten, so daß die für diese gegebenen Formeln ohne weiteres Anwendung finden können. Der Kraftverbrauch zum Bewegen von Doppel- und Fächertoren dagegen hängt zu sehr von den besonderen Verhältnissen des einzelnen Falles (der Weite der Umläufe u. s. w.) ab, um durch eine genügend einfache Formel wiedergegeben werden zu können. Es muß daher hiervon Abstand genommen werden, was umso mehr statthaft erscheint, als diese Torarten sehr selten angewendet werden.

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

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

<sup>103)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1894, 6. Jan.

<sup>104)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1886. Auch Zeitschr. f. Bauw. 1890, Neuerungen an Schiffahrtsschleusen von Janssen.

Betrachtet man nun ein Klapptor in der schrägen Lage, welche Abb. 235 a zeigt, so setzt sich der Zug, welcher in der Kette wirkt, aus folgenden Teilen zusammen: Erstens aus dem Zuge, welcher dadurch entsteht, daß das Gewicht des Tores  $G_1$  (abzüglich des Auftriebes) teilweise von der Kette zu halten ist und zweitens aus dem Widerstande, welchen das Wasser der Bewegung des Tores entgegenstellt; dieser

Abb. 235 a.

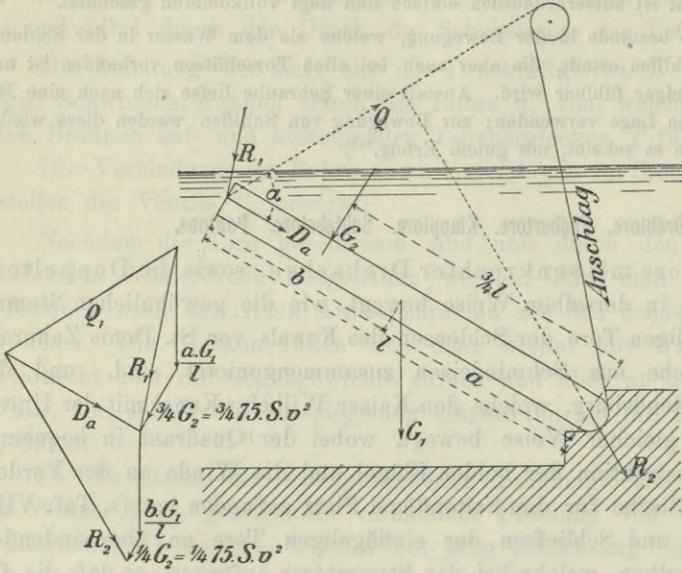
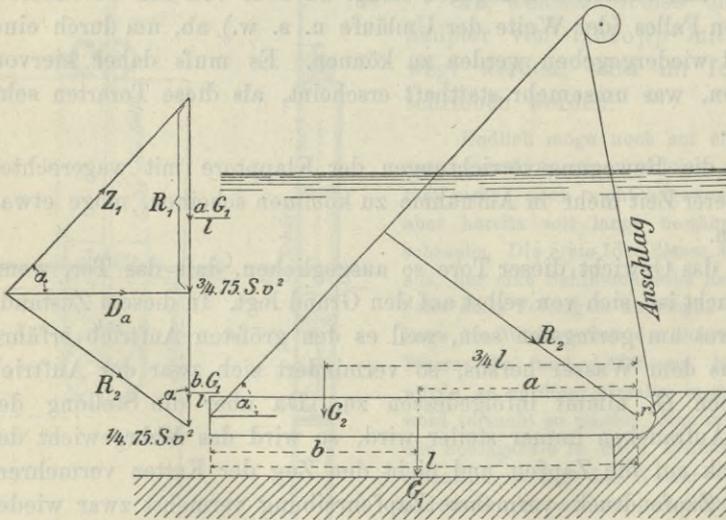


Abb. 235 b.



Widerstand wirkt teilweise auf die Kette, teilweise auf den Zapfen. Das Gewicht  $G_1$  verteilt sich mit dem Teile  $\frac{a \cdot G_1}{l}$  auf das Ende des Tores, an welchem die Kette angreift, und mit dem Teile  $\frac{b \cdot G_1}{l}$  auf das andere Ende, wenn  $a$  den Abstand des Angriffspunktes des Gewichtes, von der Drehachse in der Torrichtung gemessen, bedeutet (s. die Abbildung). Der Widerstand, welchen das Wasser dem Bewegen des Tores entgegengesetzt, ist nach den Untersuchungen von Landsberg  $G_2 = 75 S \cdot v^2$ , worin  $S$  die eingetauchte Fläche des Tores (in unserem Falle die ganze) und  $v$  die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher das Tor bewegt wird, bedeutet. Der Angriffspunkt dieser senkrecht zur Torfläche wirkenden Kraft liegt im Abstände  $\frac{3}{4}l$  von der Drehachse, so daß auf die Ketten  $\frac{3}{4}$ , auf die Drehachse dagegen nur  $\frac{1}{4}$  entfiel.

Außerdem wird noch ein hydrostatischer Druck auf das Tor zur Wirkung kommen können, falls sich durch das Heben über dem Tore eine Erhebung des Wassers bemerkbar machen sollte. Eine solche wird aber nur eintreten während der Zeit kurz vor dem Auftauchen des Tores aus dem Wasser bis zum erfolgten Schlusse. Da aber

dann die anderen Widerstände für die Kette sich bereits wesentlich verringert haben, so soll der durch den hydrostatischen Druck auf die obere Torfläche entstehende Widerstand außer Betracht bleiben.

Setzt man nun die Teile von  $G_1$  und  $G_2$ , welche auf das obere Torende entfallen, also  $\frac{a \cdot G_1}{l}$  und  $3/4 \cdot 75 S \cdot v^2$ , zeichnerisch zur Mittelkraft  $R_1$  zusammen, wie in Abb. 235 a links geschehen, und zerlegt  $R_1$  wieder in der Richtung der Kette und des Tores in  $Q_1$  und  $D_a$ , setzt dann ferner die von  $G_1$  und  $G_2$  auf die Drehschwelle bzw. die Zapfen entfallenden Teile  $\frac{b \cdot G_1}{l}$  und  $1/4 G_2 = 1/4 \cdot 75 \cdot S \cdot v_2$  mit  $D_a$  zu der Resultante  $R_2$  zusammen, so liefert  $R_2$  den Zapfendruck nach Größe und Richtung. Das Reibungsmoment desselben bildet den dritten Widerstand und ist  $r \cdot R_2 \cdot \mu$ , wenn  $r$  den Zapfen bzw. Wendeschwellen-Halbmesser und  $\mu$  den Reibungsbeiwert der Zapfenreibung bzw. der Reibung zwischen der Wendeschwelle und der wagerechten Wendenscheibe bedeutet; hierbei ist angenommen, daß keine eigentliche Zapfenausbildung vorhanden ist, sondern daß die ganze Wendeschwelle bei der Drehung anliegt, eine Anordnung, die übrigens nicht zu empfehlen ist. Der Zug, welcher durch die Zapfenreibung in den Ketten erzeugt wird, ist genau genug  $Q_2 = \frac{r \cdot R_2 \cdot \mu}{l \cdot \sin \alpha}$ , wenn  $\alpha$  den Winkel zwischen der jeweiligen Ketten- und der Torrichtung bedeutet.

Der ganze Kettenzug ist also genau genug:

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

worin  $Q_1$  und  $R_2$  aus dem Kräfteplan abzugreifen sind.

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

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

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

Als Beispiel einer Bewegungsvorrichtung für Klappstore möge diejenige des Oberstores der Schleuse bei Fürstenberg des Oder-Spree-Kanals dienen, welche für Druckwasser- und für Handbetrieb eingerichtet ist.

Für den maschinellen Betrieb sind zwei Wasserdruckzylinder  $O$  und  $S$  (Abb. 21 bis 23, Taf. VII) vorhanden, von denen der erstere das Öffnen, der zweite das Schließen des Tores besorgt. Die Ketten für beide Bewegungen greifen am Zapfen des Tores an und zwar geht die zum Öffnen benutzte Kette über die Rollen 5, 4, 3, 2, 1 nach dem Punkte  $f$  am Zylinder  $O$ , die zum Schließen dagegen über die Rollen V, IV, III, II, I nach dem am Zylinder  $S$  gelegenen Punkte  $f_1$ . Wird bei dem Zylinder  $S$  die Kolbenstange durch das Druckwasser hervorgetrieben, so wird dadurch gleichzeitig infolge der Kettenverbindung der Kolben in den Zylinder  $O$  hineingedrückt und umgekehrt. Die Ketten werden also immer in Spannung gehalten.

Soll das Tor mit Handbetrieb bewegt werden, so wird ein Teil der beiden Ketten ausgeschäkelt, alsdann werden die Enden derselben miteinander verbunden, nachdem man sie als Kette ohne Ende vom Zapfen am Tor über die Rolle oben am Mauerwerk, über die Trommel der Winde, über die Spannrolle und über die Rolle 5 am Torkammerboden zurück zum Zapfen am Tore geführt hat, wie die gestrichelte Linie in Abb. 21 andeutet. Die Spannrolle ist hier erforderlich, um die beim Bewegen des

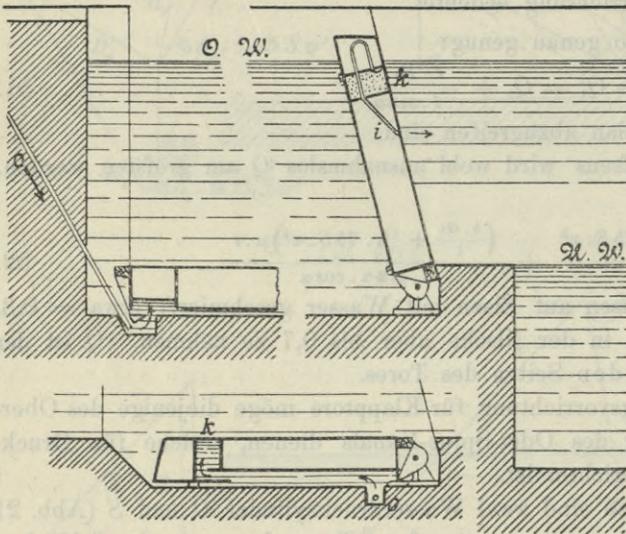
Tores eintretenden Längenunterschiede der Kette auszugleichen. Am Zapfen ist die Kette in einer solchen Weise befestigt, daß man sie schnell losnehmen kann, ohne den Zapfen selbst zu entfernen.

Weiter auf die Einzelheiten der Ausführung, namentlich auch auf die Druckwasseranlage einzugehen, würde hier zu weit führen. Es muß deshalb auf die Quelle in der Zeitschr. f. Bauw. 1891: Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten von Mohr, verwiesen werden.

Wie schon unter No. 1 auf S. 256 erwähnt, erfolgt die Bewegung der Klappstore in den Oberhäuptern der Schleusen des Elbe-Trave-Kanals nach dem Verfahren von Hotopp mit Hilfe von Prefsluft. In welcher Weise diese Prefsluft selbsttätig mit Hilfe des Schleusengefälles erzeugt wird, ist ebendasselbst beschrieben. Es ist also hier nur noch die eigentliche Torbewegung zu erläutern.

Die eisernen Klappstore in den Oberhäuptern jener Schleusen sind als Schwimmkörper derart ausgebildet, daß ihr Eigengewicht etwas größer ist als der Auftrieb bei ausgespiegelter Schleusenkammer und daß eine geringe Vermehrung des letzteren das Tor aufwärts bewegt und schließt.

Abb. 236 a u. b.  
Klappstor im Oberhaupt.



Um dies zu erreichen, hat man das obere, zweite Kastenfeld *k* (Abb. 236) durch flache offene Kanäle, welche an beiden Seiten des Tores vom unteren Torrande in den Kasten *k* führen, mit dem Oberwasser in stete Verbindung gesetzt. In diesem Gewichtsstande (also *k* voll Wasser) liegt das Tor auf dem Boden der Tor-kammer, in welchem nahe an der Drehachse des Tores unter dem seitlichen Torkanale ein gußeiserner Mündungskasten für das durch die Seitenmauer geführte Luftrohr *o* eingebaut ist. Dieses Luftrohr mündet unten frei in den gußeisernen Kasten,

während es oben an der Decke der Druckluftglocke (Abb. 233) beginnt und im Steuerhäuschen durch ein Ventil geschlossen oder geöffnet werden kann. Die Mündung des Rohres *o* im gußeisernen Mündungskasten liegt noch etwas höher als die Decke der Druckluftglocke *D*, so daß sie also unter geringerem Wasserdrucke steht als die Prefsluft in der Glocke. Öffnet man also das Ventil im Steuerhäuschen, so tritt die Prefsluft durch das Rohr *o* unter das Tor und verdrängt, dem flachen Kanäle folgend, das Wasser aus dem Kasten *k* (Abb. 236 a). Dadurch wird der Auftrieb des Tores vermehrt, es richtet sich in einer Minute auf und legt sich in nicht ganz senkrechter Stellung gegen die Maueranschlüge (Abb. 236 b).

Von dem Beginn des Entleerens der Schleusenkammer an wird das Tor durch den Druck des Oberwassers geschlossen gehalten, während mit dem Sinken des Wassers die im Kasten *k* befindliche Luft durch das 25 mm weite Rohr *i* selbsttätig entweicht und der Torkasten *k* sich gleichzeitig vom Oberwasser her wieder mit Wasser füllt.

Dadurch erlangt das Tor sein Übergewicht wieder und sinkt nach Wiederfüllung und Ausspiegelung der Schleusen-kammer ohne weiteres Zutun binnen 1 Minute auf den Boden zurück, um die Verbindung der Kammer mit dem Oberwasser wieder herzustellen. Da die Mündung des Luftrohres *o* unter dem liegenden Tore sich 3,3 m unter dem Spiegel des Oberwassers befindet (so tief wie die Decke der Druckluftglocke *D*), der Druck der Prefsluft in der Glocke aber 3,3 bis 5,5 m, im Mittel also 4,4 m Wassersäule entspricht, so strömt die Prefsluft zum Heben des Klapptores schnell genug aus. Für den Betrieb ist bei jeder Schließung etwa 1 cbm Prefsluft erforderlich, die sich im Kasten *k* des Tores auf etwa das Doppelte ausdehnt und ihn damit füllt (0,3 · 0,6 · 12 cbm).

Es sei hier noch, wie schon auf S. 61 angedeutet, kurz mitgeteilt, wie sich der ganze Schleusenbetrieb bei der Hotopp'schen Anordnung vollzieht:

|  | Zeitverbrauch<br>in Minuten |
|--|-----------------------------|
| I. Ein Schiff fährt vom Unterwasser in die Schleusen-kammer:   |                             |
| 1. Die Untertore werden durch Einschalten des Luftrohres <i>u</i> (Abb. 233 <i>a</i> ) geschlossen . . . . .                                   | 1                           |
| 2. Die Schleusen-kammer wird durch Einschalten der Oberwasser-heber (ohne Sparbecken) gefüllt . . . . .  | 7                           |
| 3. Gleichzeitig läßt man durch Freischalten des Luftrohres <i>m</i> (Abb. 233 <i>a</i> ) die Luft aus dem Heberrohr <i>h</i> aus . . . . .     | —                           |
| Das Obertor öffnet sich nach Ausspiegelung der Kammer mit dem Oberwasser selbsttätig . . . . .   | 1                           |
| Das Schiff fährt aus der Schleusen-kammer ins Oberwasser.  |                             |
| Währenddessen wird:  |                             |
| 4. Das Luftrohr <i>m</i> (Abb. 233 <i>a</i> ) des Heberrohres wieder geschlossen . . . . .   | —                           |
| 5. Das Luftrohr <i>u</i> zum Ausblasen der Prefsluft aus der Taucher-glocke <i>T</i> (Abb. 233 <i>b</i> ) freigeschaltet . . . . .             | —                           |
| II. Ein Schiff fährt von dem Oberwasser in die Schleusen-kammer.   |                             |
| 6. Das Obertor wird durch Einschalten des Rohres <i>o</i> geschlossen . . . . .  | 1                           |
| 7. Die Schleusen-kammer wird durch Einschalten der Unterwasser-heber entleert . . . . .  | 7                           |
| a) Während der Entleerung setzt sich der Heber <i>h</i> (Abb. 233 <i>a</i> ) der Druckluftglocke <i>D</i> von selbst in Gang . . . . .         | —                           |
| b) Desgl. entweicht unterdessen aus dem Kasten <i>k</i> des Ober-tores (Abb. 236 <i>a</i> ) durch Rohr <i>i</i> die Luft selbsttätig . . . . . | —                           |
| c) Die Untertore öffnen sich nach Ausspiegelung der Kammer mit dem Unterwasser selbsttätig . . . . .   | 1                           |
| Das Schiff fährt aus der Schleusen-kammer ins Unterwasser.   |                             |

Die Kosten für die Heber- und Torbewegungs-Anlagen nach Hotopp's Patent betragen für eine Schleuse ohne Sparbecken 24000 M. und für eine Schleuse mit Sparbecken etwa 33000 M. (Zeitschr. f. Arch.- u. Ing.-Wesen 1899, 15. März, von Arnold).

Wie viel Wasser für die Erzeugung der Prefsluft verbraucht wird, ist leider nicht mitgeteilt.

Schiebetore. Es bleibt noch etwas über die Vorrichtungen zur Bewegung von Schiebetoren zu sagen. Was zunächst den Bewegungswiderstand betrifft, so setzt dieser sich zusammen:

1. aus dem Widerstande der Reibung, welche durch das Pontongewicht erzeugt wird;

- 2. aus dem Widerstande, welchen das Fortbewegen im Wasser verursacht, und
- 3. aus dem zufälligen Reibungswiderstande, welcher an den Seitenwänden der Pontonkammer entstehen kann, wenn das Ponton während der Fortbewegung sich eckt.

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

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

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

worin der Reibungsbeiwert  $\mu$  je nach den aufeinandergleitenden Stoffen verschieden ist, bei Eisen auf Stein etwa 0,4, bei Holz auf Stein etwa 0,6, bei Eisen auf Holz etwa 0,65.

Für Pontons, welche auf Rollen gleiten, ist der Reibungswiderstand

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

- worin  $R$  der Rollenhalmmesser in mm,
- $r$  der Halbmesser der Rollenzapfen in mm,
- $f$  den Hebelarm der rollenden Reibung (für eiserne Rollen auf Eisen = 0,48 bis 0,87 mm, für den Zustand der Bewegung = 0,5 mm),
- $\mu_1$  der Reibungsbeiwert für Zapfenreibung, etwa = 0,28.

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

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

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

Für den zweiten Teil der Gl. 55 genügt es, wenn man für  $S'$  nur die lotrechte Projektion einer Stirnwand, soweit dieselbe eingetaucht ist, rechnet, weil der Aufstau  $\Delta$  überhaupt sehr klein ausfällt, wenn man vorsichtig arbeitet, so daß man ihn vernachlässigen kann, und weil unter  $\Delta$  der Gesamtunterschied verstanden ist.

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

Der Gesamtwiderstand würde sich also ausdrücken

für ein Gleitponton:

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

und für ein Rollenponton:

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

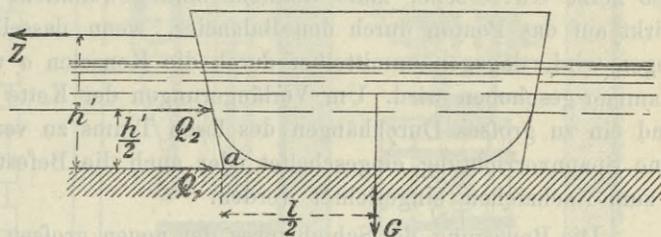
Der Angriffspunkt der Reibung liegt bei Gleitpontons an der Unterkante, bei Rollenpontons entweder ebenfalls dort oder oben, wenn die Rollen sich auf einer Brücke bewegen. Der Angriffspunkt von  $Q_2$  liegt genau genug im Schwerpunkte der Flächen  $S$  des ersten Gliedes von  $Q_2$ .

Bei Gleitpontons mit hoch liegendem Angriffspunkte der Zugvorrichtung, und Pontons, die unten auf Rollen laufen, wäre es möglich, daß ein Kanten des Pontons um die Ecke  $a$  in Abb. 237 eintreten könnte, wenn  $v$ ,  $\Delta$  und  $G$  nicht richtig bemessen wären. Damit nun ein Kanten nicht vorkommen kann, muß folgendes Verhältnis erfüllt sein:

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

worin die Gewichte und Kräfte in Kilogramm, die Flächen und Längen in Meter zu verstehen sind. Die Bedeutung von  $l$  und  $h'$  ist aus der Abbildung ersichtlich.  $Z$  ist die Zugkraft, welche die Bewegungsvorrichtung entwickeln kann. Es sei hier bemerkt, daß für die durchschnittlichen Verhältnisse neuerer Schleusen (etwa 24 m Weite und rund 9 m Fahrtiefe) die Vorgelege der Bewegungsvorrichtung für Kinipple'sche Tore solche Übersetzungsverhältnisse erhalten, daß 75 t Zugkraft zum Öffnen des Tores in 15 Minuten, 25 zum Öffnen in 5, und 15 zum Öffnen in 3 Minuten, je nach den augenblicklichen Widerständen, geleistet werden können.<sup>105)</sup>

Abb. 237.



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

Diese Anordnung mit zwei getrennten Ketten hat den Übelstand, daß bei den unvermeidlichen etwas ungleichen Streckungen und Abnutzungen der Ketten das Ponton sich eckt, wodurch die Bewegung erschwert wird. Jenen Übelstand hat Kinipple bei seinen neueren Toren dadurch vermieden, daß der Zug beim Öffnen des Tores durch einen Balancier in der Achse des Tores angreift, und daß nur eine einzige Kette ohne Ende zur Anwendung kommt, bei welcher die ungleichen Dehnungen sich ausgleichen. Abb. 238 zeigt diese Anordnung; der Lauf der Kette ist folgendermaßen zu denken.<sup>106)</sup>

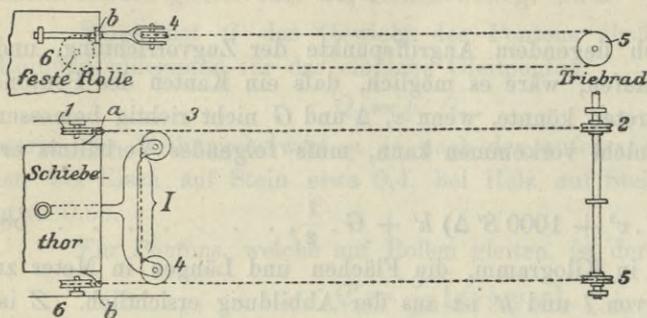
<sup>105)</sup> Barkhausen, Über einige neuere englische Seeschleusen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 438.

<sup>106)</sup> Die Quelle, der diese Skizze entlehnt ist, nämlich die erwähnte Arbeit von Barkhausen, läßt den Lauf der Kette nicht sicher erkennen. Derselbe dürfte aber in obigem richtig beschrieben sein.

Um mit dem Laufe bei der an der einen Torseite feststehenden Konsole *a*, an welcher das eine Ende der Kette festgelegt ist, zu beginnen, so geht dieselbe von hier zunächst zur festen Rolle 1, über dieselbe in der unteren Ebene zum Triebrade 2, über

Abb. 238.  
*Kinipple's Bewegungsvorrichtung für Schiebetore.*

Aufrifs und Grundrifs.

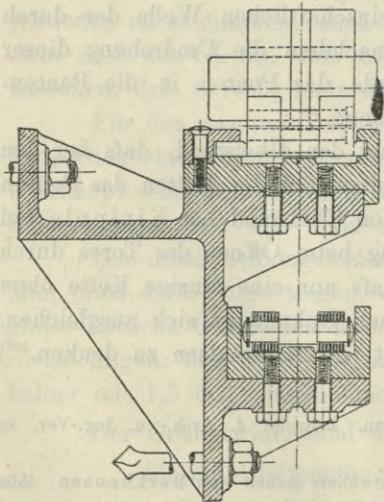


dieses hinweg in der oberen Lage nach der Rolle 3 am Balancier, um diese zur Rolle 4 und immer noch in der oberen Lage zum zweiten Triebrad 5, steigt um diese herum zur unteren Lage hinab, läuft zur festen Rolle 6 und um diese endlich wieder nach oben zur zweiten Konsole *b*, an welcher sie endet. Die Kette macht, wie man sieht, wagerechte und senkrechte Biegungen, sie kann

also keine Galle'sche, muß vielmehr eine gewöhnliche sein. Der Zug der Maschine wirkt auf das Ponton durch den Balancier, wenn dasselbe in die Pontonkammer gezogen wird, dagegen unmittelbar durch die Konsolen *a* und *b*, wenn dasselbe aus der Kammer geschoben wird. Um Verlängerungen der Kette wieder ausgleichen zu können und ein zu großes Durchhängen des losen Trums zu vermeiden, kann in dem Teile I eine Spannvorrichtung eingeschaltet oder auch die Befestigung an den Knaggen *a* und *b* zum Nachziehen eingerichtet werden.

Die Bewegung des Schiebetores der neuen großen Kaiserschleuse in Bremerhaven (Abb. 200 und Taf. V) erfolgt mit Hilfe von 2 Galle'schen Ketten ohne Ende, welche den Längswänden der Pontonkammer parallel laufen (Abb. 239 *a* u. *b*). Beide Ketten erhalten ihre Bewegung am hinteren Ende der Pontonkammer durch eine Transmissionswelle mit Kettenrädern und sind am vorderen Ende der Kammer über feste Rollen geführt. Die Ketten fassen den oben am Ponton befestigten Balancier (Abb. 200 *b* u. 239 *c*). Die Ketten bewegen sich auf längsseits ununterbrochen durchlaufenden, der

Abb. 239 *b*.



Kettenform sich anpassenden Gleitbahnen (Abb. 239 *b*). Die Verbindung zwischen den Ketten und dem Balancier ist so eingerichtet, daß der Balancier sich mit dem Ponton um 7 cm verschieben kann.

Der Umstand, daß die rotierenden Druckwassermotore, welche die Ketten treiben (Abb. 239 *c*), leichter Betriebsstörungen erleiden, als unmittelbar wirkende Kolben, hat Veranlassung zur Anordnung eines Aushilfsmotors gegeben. Eine einfach zu bedienende Kuppelung ermöglicht den jeweiligen Anschluß des einen oder des anderen Motors an das Windwerk. Eine weitere Kuppelung schaltet den Handbetrieb ein oder aus. Bei größeren Bewegungswiderständen durch Eis oder Sturm u. s. w. kann eine wesentlich größere Übersetzung eingeschaltet und damit ein größerer Zug in den Ketten erzeugt werden.

Abb. 239 a.

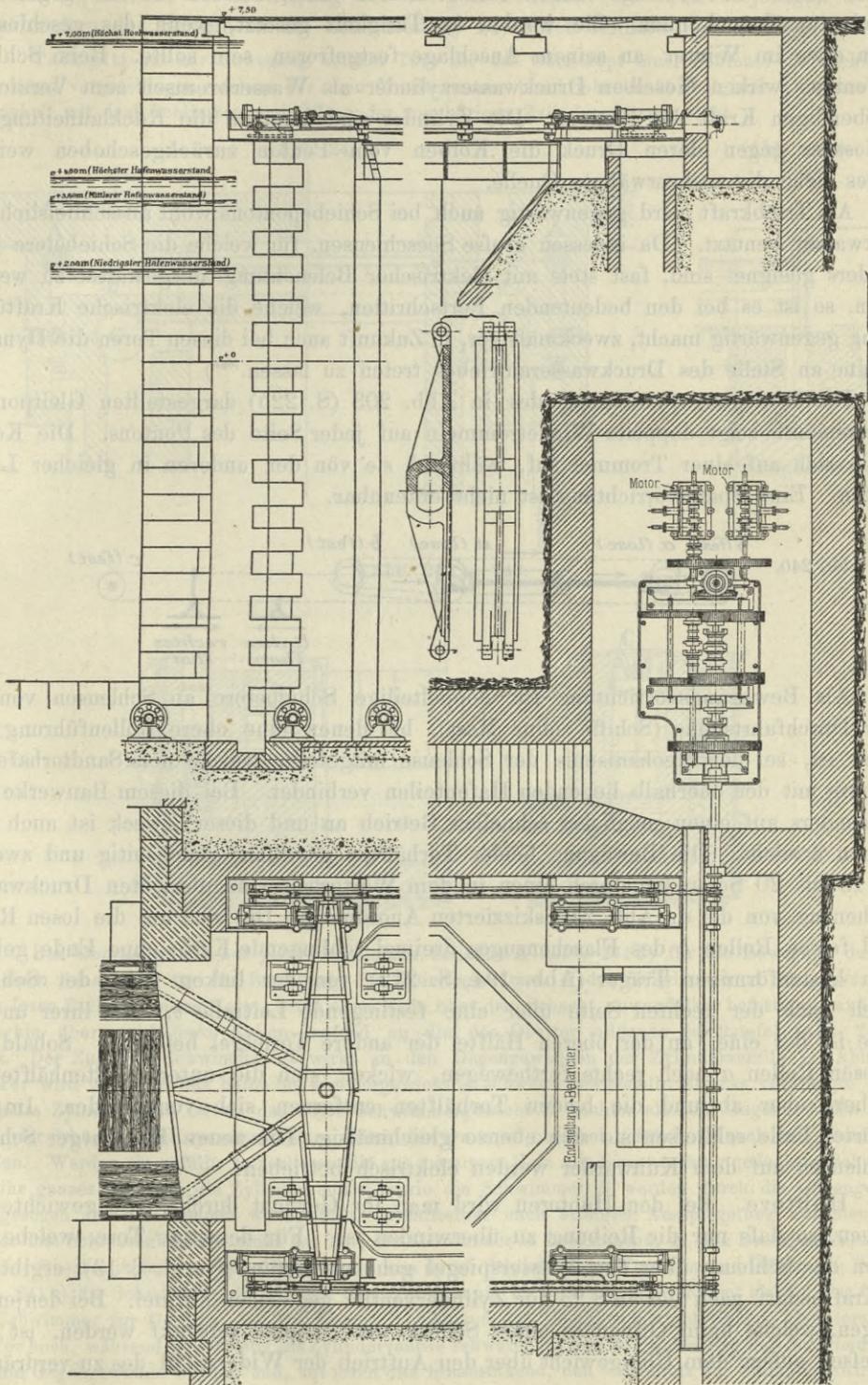
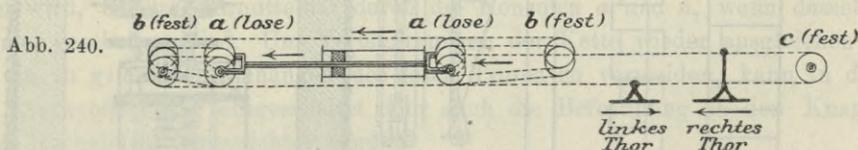


Abb. 239 c.

Endlich sind noch an dem Vorderende der Pontonkammer zwei Druckwasserzylinder (Abb. 239c) angeordnet, deren Kolben unmittelbaren Druck gegen den Balancier ausüben können. Sie werden in Tätigkeit gesetzt, wenn das geschlossene Ponton etwa im Winter an seinem Anschlage festgefroren sein sollte. Beim Schlusse des Pontons wirken dieselben Druckwasserzylinder als Wasserbremsen zum Vernichten der lebendigen Kraft des Pontons. Die Zylinder sind dann an die Rücklaufleitung angeschlossen, gegen deren Druck die Kolben vom Ponton zurückgeschoben werden. Näheres siehe die mehrerwähnte Quelle.

Als Triebkraft wird gegenwärtig auch bei Schiebepontons wohl ausschließlich das Druckwasser benutzt. Da indessen große Seeschleusen, für welche die Schiebetore ganz besonders geeignet sind, fast stets mit elektrischer Beleuchtung ausgestattet zu werden pflegen, so ist es bei den bedeutenden Fortschritten, welche die elektrische Kraftübertragung gegenwärtig macht, zweckmäßiger, in Zukunft auch bei diesen Toren die Dynamomaschine an Stelle des Druckwasserantriebes treten zu lassen.<sup>106a)</sup>

Die Bewegungsvorrichtung des in Abb. 203 (S. 225) dargestellten Gleitpontons zu Portsmouth zeigt doppelte Windtrollen auf jeder Seite des Pontons. Die Ketten wickeln sich auf einer Trommel auf, während sie von der anderen in gleicher Länge ablaufen. Eine Spannvorrichtung ist nicht erkennbar.



Als Bewegungsvorrichtung für doppelteilige Schiebetore an Schleusen von geringer Durchfahrts Höhe (Schiffe ohne Mast), bei denen eine obere Rollenführung ausführbar ist, sei der Mechanismus der Schleuse mitgeteilt, welche den Sandtorhafen in Hamburg mit den oberhalb liegenden Hafenteilen verbindet. Bei diesem Bauwerke kam es besonders auf einen möglichst schnellen Betrieb an und dieser Zweck ist auch vollkommen erreicht. Die Bewegung beider Torhälften geschieht gleichzeitig und zwar in etwa 15 bis 20 Sekunden durch einen in dem Wärterhause angebrachten Druckwasserflaschenzug von der in Abb. 240 skizzierten Anordnung. Die sich um die losen Rollen *a* und festen Rollen *b* des Flaschenzuges dreimal schlingende Kette ohne Ende geht in einem kastenförmigen Träger (Abb. 194, S. 212) von der linken Seite der Schleuse doppelt nach der rechten Seite über eine festliegende Leitrolle *c*. An ihrer unteren Hälfte ist der eine, an der oberen Hälfte der andere Torflügel befestigt. Sobald sich die losen Rollen *a* nach rechts fortbewegen, wickelt sich die untere Kettenhälfte auf, die obere aber ab und die beiden Torhälften entfernen sich voneinander. Im umgekehrten Falle schließten sie sich ebenso gleichmäßig. Die neuen Hamburger Schiebetorschleusen auf dem Kuhwärder werden elektrisch betrieben.

Hubtore. Bei den Hubtoren wird man ihr Gewicht durch Gegengewichte ausgleichen, so daß nur die Reibung zu überwinden ist. Für derartige Tore, welche zum Öffnen der Schleuse über den Wasserspiegel gehoben werden (vergl. § 13), ergibt sich der Kraftbedarf nach der in § 23 für Zylinderventile gegebenen Formel. Bei denjenigen dagegen, welche beim Öffnen in einen Schlitz des Hauptes versenkt werden, ist beim Schließen aufser dem Übergewicht über den Auftrieb der Widerstand des zu verdrängen-

<sup>106a)</sup> Für die große neue Doppelschleuse in Wilhelmshaven ist vom Verfasser elektr. Betrieb vorgesehen.

den Wassers zu überwinden. Für die Größe dieses Widerstandes geben sowohl die Betrachtungen über die Bewegung der übrigen Torarten, als auch diejenigen über das Hineinziehen der Schiffe in die Schleusen (§ 14) einen Anhalt.

Tolkmitt hat zur Bewegung solcher Tore für das Oberhaupt einer Schleuse die nachfolgende Anordnung vorgeschlagen, welche der oben für Stemmtore beschriebenen ähnlich und wie diese in Abhängigkeit mit dem Schließen und Öffnen der zugehörigen Zylinderschützen steht.

Abb. 241 a.

Abb. 241 b.

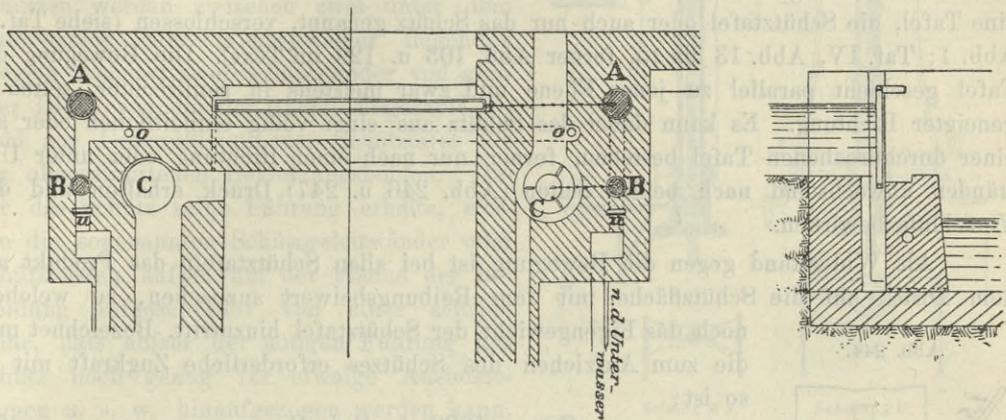
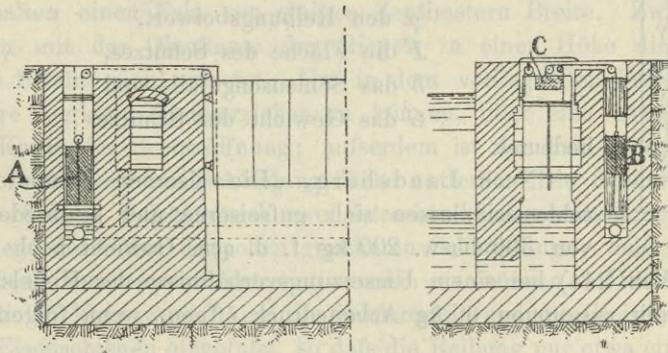


Abb. 242 u. 243.



Das Oberhaupt hat auf jeder Seite einen Schacht *A* (Abb. 241 a) für die Bewegung des Tores und einen Schacht *B* für die Bewegung des Zylinderschützes. Jeder Schwimmer *A* hängt mittelst einer losen Rolle an einer Kette, deren eines Ende über dem Schacht unwandelbar befestigt ist und welche weiterhin über zwei feste Rollen laufend an die das Obertor bildende Schütztafel (Abb. 242) angreift. Der Zug der Schwimmer *B* wirkt an den Gegengewichten der Zylinderventile *C* (Abb. 243). Das Tor wird etwa um das halbe Schwimmergewicht *A* schwerer hergestellt, als das verdrängte Wasser ist; jedes Zylinderventil ist um das halbe Schwimmergewicht *B* leichter als sein Gegengewicht. Sämtliche vier Schächte sind mittelst eines durch den Dremel hindurch geführten Kanals miteinander verbunden. Werden sie gefüllt, so verlieren die aus massivem Holz mit Eisenbeschlag gedachten Schwimmer fast ihr ganzes Gewicht, die Zylinderventile, sowie die Schwimmer *B* werden durch die Gegengewichte hochgezogen und die Kammer wird gefüllt. Unmittelbar nach erfolgter Ausspiegelung zwischen Oberwasser und Schleusenkammer sinkt das Tor, die Schwimmer *A* hochziehend, in den Dremelschlitz hinab und das Oberhaupt ist geöffnet. Bringt man nun durch Schließen des Ventils *o* und Öffnen des Ventils *u* (Abb. 241 a) die Schwimmerschächte mit dem Unterhaupt in Verbindung, so kommt alsbald das Gewicht der Schwimmer zur Geltung, die Schwimmer *A* erlangen das Übergewicht und ziehen, hinuntersinkend, das Tor hoch, während gleichzeitig die Zylinderventile schwerer als ihre durch den Zug der Schwimmer entlasteten Gegengewichte werden und, auf ihren Sitz hinabsinkend, den Verschluss der Umläufe bewirken.<sup>107)</sup>

<sup>107)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 92.

§ 23. Vorrichtungen zum Verschluss der Torschützen und der Umläufe.

Die Verschlussvorrichtungen, welche bei Torschützen, sowie bei Umläufen zur Anwendung gebracht sind, können nach drei Hauptarten unterschieden werden, in Zugschütze, Dreh-schütze und Ventile.

1. Zugschützen.

Bei den Zugschützen liegt die Öffnung in einer lotrechten Ebene und wird durch eine Tafel, die Schütztafel oder auch nur das Schütz genannt, verschlossen (siehe Taf. I, Abb. 1; Taf. IV, Abb. 13 bis 15, ferner Abb. 103 u. 129 im Text). Die Bewegung der Tafel geschieht parallel zu jener Ebene und zwar meistens in senkrechter, selten in geneigter Richtung. Es kann dabei das Schütz aus einer völlig einheitlichen oder aus einer durchbrochenen Tafel bestehen, ferner nur nach einer Richtung oder unter Um-ständen abwechselnd nach beiden Seiten (Abb. 246 u. 247) Druck erhalten und den Verschluss bewirken.

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

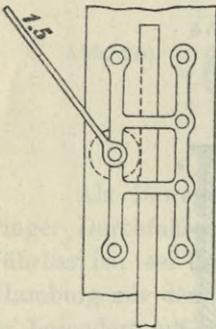
$$Z \geq \mu \cdot 1000 \cdot h \cdot F + G, \dots \dots \dots 59.$$

worin

- $\mu$  den Reibungsbeiwert,
- $F$  die Fläche des Schützes,
- $h$  das Schleusengefälle und
- $G$  das Gewicht des Schützes

bedeutet.

Abb. 244.



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

| Um-<br>setzungs-<br>verhältnis<br>des Hebels | Schleusen-<br>stau $h$<br>m | Gusseisenschütz            |                              | Schmiedeisenschütz         |                              |
|--|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|  |                             | $Z$ pro qm<br>Schützfläche | Größte<br>Schützfläche<br>qm | $Z$ pro qm<br>Schützfläche | Größte<br>Schützfläche<br>qm |
| 1:10   | 1                           | 600                        | 1,0                          | 500                        | 1,2                          |
| 1:10   | 1,5                         | 750                        | 0,8                          | 650                        | 0,92                         |
| 1:10   | 2                           | 900                        | 0,67                         | 800                        | 0,75                         |
| 1:10   | 2,5                         | 1050                       | 0,57                         | 950                        | 0,63                         |
| 1:10   | 3                           | 1200                       | 0,50                         | 1100                       | 0,55                         |
| 1:10   | 3,5                         | 1350                       | 0,44                         | 1250                       | 0,48                         |

Werden größere Schützöffnungen, als in der Tabelle angegeben, erforderlich, so sind Vorgelege oder Schrauben nötig (vergl. Taf. IV, Abb. 5 u. 7, sowie Abb. 110, S. 156 und Abb. 245).<sup>108)</sup>

<sup>108)</sup> Vergl. auch den vierten Band dieses Handbuchs (Baumaschinen), Kap. XIII, S. 65 (Schützenwinden).

Die Einzelheiten der verschiedenen Anordnungen sind aus folgenden Beispielen näher zu ersehen.

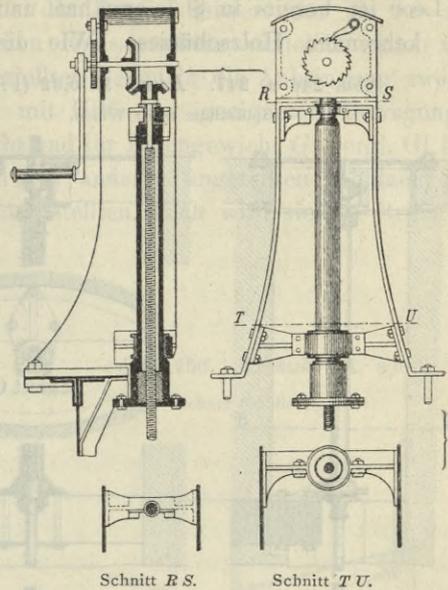
In Abb. 110 ist ein großes hölzernes Torschütz der Papenburger Schleuse von reichlich 0,9 qm Weite dargestellt. Bei derartigen Schützen werden zwischen zwei unter dem Unterwasser oder Niedrigwasser liegenden Riegeln zunächst zwei Schützständer von gleicher Dicke wie die der Riegel eingezapft sowohl zur Unterstützung der Schütztafel als der abgeschnittenen Bekleidungsbohlen. Damit das Schütz seine Führung erhalte, werden die sogenannten Schützgeleitständer oder Schützleisten aufsen auf der Fläche der Bekleidung aufgeschraubt von einer solchen Höhe, daß aufser der nötigen Führung das Schütz hoch genug für etwaige Ausbesserungen u. s. w. hinaufgezogen werden kann.

Diese Ständer sind entweder von Holz oder wie in Abb. 122 (S. 161) von Gußeisen und enthalten einen Falz von einigen Zentimetern Breite. Zwischen den Ständern liegt unten mit der Oberkante des Riegels in einer Höhe die Schützschwelle, auf welche das Schütz sich aufsetzt. Um in dem vorliegenden Falle die Schütztafel über das schräge Zugband hinüberziehen zu können, liegt eine etwas dickere Leiste an der oberen Kante der Schützöffnung; außerdem ist der Falz in den Geleitständern um die gleiche Dicke von der Bekleidungsfläche entfernt. Die Schütztafel besteht aus gespundeten Querbohlen, welche durch zwei lotrechte Leisten zusammengehalten werden. Auf letzteren liegt die Gabel der oben gezahnten Schützstange; beide sind mit einem Gelenk verbunden, um bequem getrennt werden zu können. Damit der Reibungswiderstand möglichst klein werde, sind die Schütztafeln und die Gleitflächen der Ständer mit gehobelten Eisenschienen eingefasst, so daß die Reibung nur etwa ein Viertel so groß bleibt, als wenn die Holzschützen sich auf den hölzernen Leisten hätten bewegen müssen.

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

Beachtenswert ist das Schütz der Schleuse in Breslau (Abb. 6, Taf. IV), weil die Abrundung der unteren Kante in Verein mit der Abrundung der Schützschwelle eine namhafte Vergrößerung des Ausflußbeiwertes im Gefolge hat.

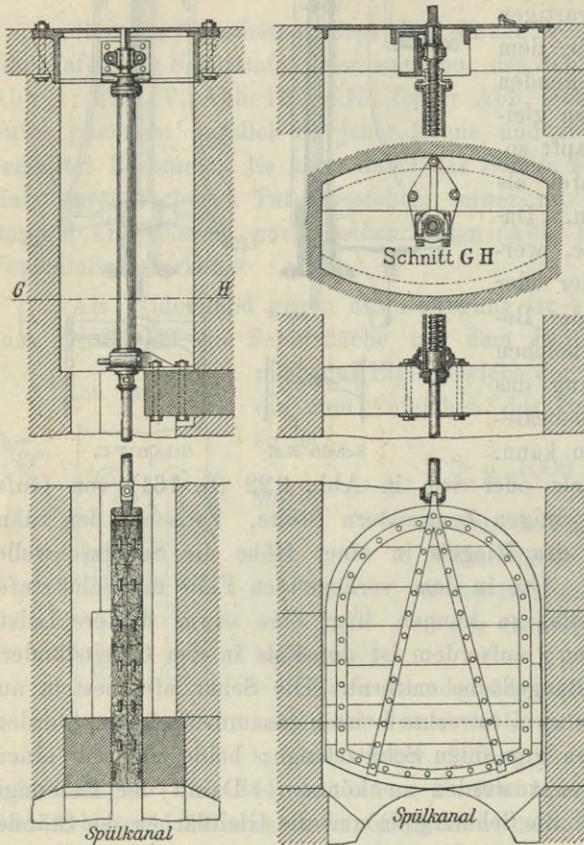
Abb. 245. M. 0,05.



Das ebenfalls aus Holz hergestellte Schütz in den Spülkanälen der Dockschleuse zu Leer ist bereits in § 7 erwähnt und dient als Beispiel eines nach beiden Seiten hin kehrenden Holzschützes. Wie die Abb. 246 u. 247 ergeben, wird das Zug-

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

Spülschütz nebst Winde.



schütz durch wagerechte Umdrehung einer Schraubenspindel gehoben und gesenkt. Die Drehung geschieht mittels eines aufgesetzten Schlüssels, welcher in bequemer Höhe für zwei Mann einen wagerechten Querstock trägt. Die Spindel, welche dicht unter ihrem Kopf durch ein Halslager gehalten und getragen wird, wirkt auf eine bewegliche Mutter, die in der Zeichnung ihren höchsten Stand zeigt. An dieser sitzt eine die Spindel umgebende Hülse, welche unten durch eine feste Führung geht und zugleich in ihrem Innern für das untere Ende der Spindel die nötige Führung gibt. An der Hülse hängt endlich die Schützstange. Der größte Druck auf das Schütz beträgt 6400 kg und verursacht mit dem Gewicht des Schützes einen Widerstand, der bei 12 mm Steigung der Schraube mit dem etwa 0,7 m langen Querstock am Schlüssel durch 30 kg Druck überwunden werden kann. Das Schütz ist in diesem Falle der größeren

Leichtigkeit wegen in Holz ausgeführt und läuft mit etwa 12 cm Anschlag zwischen Sandsteinquadern. Eine weit geringere Reibung des Schützes würde unzweifelhaft gewonnen worden sein, wenn zum Schütz sowie zum Rahmen Eisen verwendet wäre.

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

bei den gewöhnlichen mit scharfen Kanten in der senkrechten Wand liegenden Schützöffnungen mittlerer Gröfse (etwa 0,5 qm) mufs der Ausflufsbeiwert nur zu 0,6 angenommen werden, wogegen er bei einem solchen Kulissenschütz vielleicht gleich 0,9 gesetzt werden darf. Endlich ist bei dem dargestellten Beispiele die Anbringung zweier Schützen nebeneinander zu beachten, wodurch mit Hilfe der geeigneten Bewegungsvorrichtung das gleichzeitige Öffnen beider erreicht und ihr Eigengewicht  $G$  (vergl. Gl. 59) ausgeglichen wird. Diese Einrichtung ist auch bei anderen ungetheilten Schützen getroffen, so z. B. bei dem in Abb. 6, Taf. IV dargestellten, doch wird sie bei Registerschützen erst besonders vorteilhaft.

Abb. 248 u. 249. Saar-Kohlen-Kanal. M. 0,025.

Registerschütze. Ansicht und Schnitt  $G H$ .

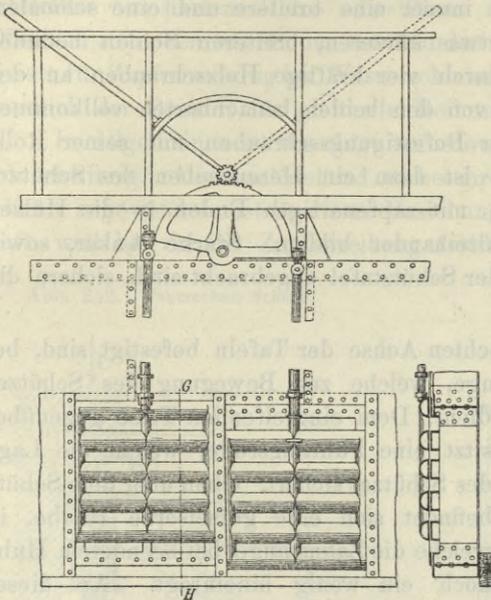
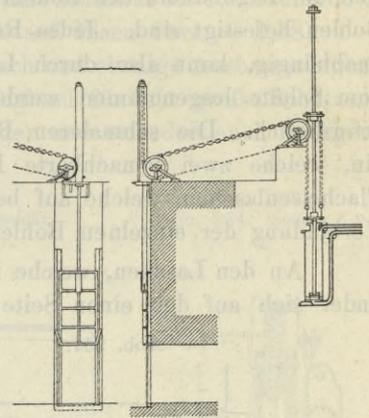


Abb. 250. Keokuk. M. 0,005.

Schütz für die Umläufe.



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

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

Registerschützen haben eine gröfsere Anzahl Fugen und sind infolgedessen naturgemäfs schwerer dicht zu bekommen. Auch ist es wegen der engen Durchflufsöffnungen leichter möglich, dafs ein durch die Strömung mitgerissener fester Körper in der Öffnung hängen bleibt und zu Betriebsstörungen Veranlassung gibt, als bei einem gewöhnlichen grofsen Zugschütze. Man hat daher bei Schleusen, deren Tore durch Druckwasser bewegt werden, auch neuerdings noch häufig statt der Registerschützen einfache in Anwendung gebracht und diese dann mit Hilfe des Wasserdruckes geöffnet.

Ein Beispiel hierfür bieten die Umlaufschützen der bereits in § 22 erwähnten Schleuse zu Keokuk (s. Abb. 250). Jedes Schütz hängt dort an einer Kette, die über die zwei aus der Abbildung ersichtlichen Rollen geht und bei deren Drehung von links nach rechts sich aufwickelt. Die Bewegung der beiden Rollen erfolgt mittels doppelter Drahtseile, welche um sie geschlungen und sowohl an dem Kopfe der Kolbenstange, als auch an dem Kopfe der in einer halbzyllindrischen Führung sich bewegenden Schützstange befestigt sind. Geht nun der Treibkolben aufwärts, so gehen die beiden Rollen von rechts nach links, die Kette wickelt sich ab, die an der Schützstange befestigten Drahtseile gehen herab und ziehen

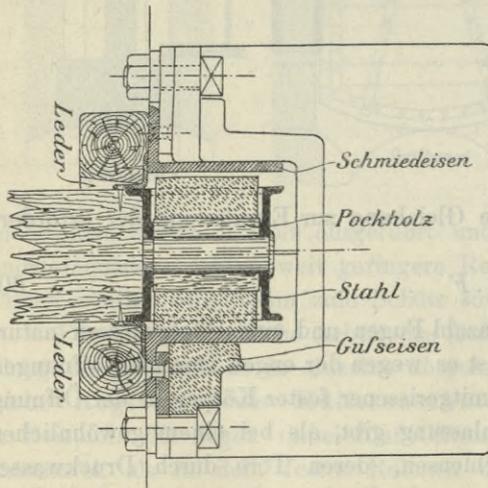
die Stange mit sich. Bei umgekehrter, abwärts gerichteter Bewegung des Kolbens gehen die Drahtseile an der Kolbenstange ebenfalls abwärts, die Rollen von links nach rechts und die Schützstange mit dem Schütz aufwärts. In Abb. 250 sind nur zwei Drahtseile rechts und links von der Kolbenstange gezeichnet, während tatsächlich vier Paare und zwar je eins für jedes Schütz und das zugehörige Rollenpaar vorhanden sind. Selbstverständlich liegen zwischen dem Kopf der Kolbenstange und den nächstliegenden Rollen kleine, nicht weiter gezeichnete Leitrollen.

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

Eine solche Anordnung erhielten z. B. die Umlaufschützen der Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals, welche grundsätzlich den Schützen der Sperrtore Abb. 8 bis 12, Taf. IX gleichen. Die Schütztafel (vergl. Abb. 9 bis 11 daselbst) besteht aus Holz und zwar sind die einzelnen Bohlen auf beiden Seiten genutet und durch eingelegte Federn miteinander verbunden. Es wechseln immer eine breitere und eine schmalere Bohle miteinander ab. An den Enden der etwas kürzeren, breiteren Bohlen befinden sich die Lagerstühle der Rollen, welche je durch vier kräftige Holzschrauben an den Bohlen befestigt sind. Jedes Rollenlager ist von den beiden benachbarten vollkommen unabhängig, kann also durch Lösen der vier Befestigungsschrauben mit seiner Rolle vom Schütz losgenommen werden; allerdings ist dazu ein Herausheben des Schützes erforderlich. Die schmaleren Bohlen greifen mit zapfenartigen Enden in die Hülsen ein, welche zwei benachbarte Rollenlager miteinander bilden. Starke Anker, sowie Flacheisenlaschen, welche auf beiden Seiten der Schütztafel angebracht sind, sichern die Verbindung der einzelnen Bohlen.

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

Abb. 251.



dient. Dem eingreifenden Trieb gegenüber sitzt eine Führungsrolle, welche die Lage des Schützes sichert. Oben über dem Schütz befindet sich eine gusseiserne Haube, in welche die Zahnstange bei beendetem Hube noch ein wenig hineinragt. An dieser Haube ist ein Zeigerwerk angebracht, an dem man zu jeder Zeit die Stellung des Schützes erkennen kann. Die Dichtung an den Längsseiten und oben ist in der durch Abb. 251 dargestellten Weise ausgeführt. Ein im Winkel gebogener Lederstreifen ist mit dem einen Schenkel am Schütz festgenagelt und legt sich mit dem anderen gegen die Schenkel der U-Eisen, welche als Rollenbahn dienen. Der freie Schenkel des Lederstreifens ist durch eine Holzleiste versteift, welche beim Aufziehen des Schützes durch Knaggen am unteren Rande der Tafel beim Herablassen desselben durch einen eisernen Querbalken oben am Schütz mitgenommen wird. Die obere Dichtungsleiste muß wegen der Führungsrolle und des Triebrades über den beiderseitigen Laschen in der Mitte des Schützes fehlen. Unten ist eine besondere Dichtungsleiste überhaupt nicht vorgesehen. Da das Schütz nach beiden Seiten kehren soll, so sind auch auf beiden Seiten Dichtungsleisten vorhanden. Ein wirklich dichter Abschluss wird durch dies Schütz nicht erreicht,

streifens ist durch eine Holzleiste versteift, welche beim Aufziehen des Schützes durch Knaggen am unteren Rande der Tafel beim Herablassen desselben durch einen eisernen Querbalken oben am Schütz mitgenommen wird. Die obere Dichtungsleiste muß wegen der Führungsrolle und des Triebrades über den beiderseitigen Laschen in der Mitte des Schützes fehlen. Unten ist eine besondere Dichtungsleiste überhaupt nicht vorgesehen. Da das Schütz nach beiden Seiten kehren soll, so sind auch auf beiden Seiten Dichtungsleisten vorhanden. Ein wirklich dichter Abschluss wird durch dies Schütz nicht erreicht,

ist aber unter den vorliegenden Verhältnissen auch nicht erforderlich. Wollte man dieselbe Bauweise auch bei Schleusen anwenden, bei denen man auf möglichste Wassersparnis bedacht sein müßte, so dürfte vor allen Dingen die Zahnstange sich nicht wie bei den beschriebenen bis auf die eigentliche Schütztafel erstrecken, um die obere Dichtungsleiste nicht in der Mitte zu unterbrechen. Die zum Aufziehen solchen Schützes erforderliche Zugkraft ist (genau genug):

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

Darin ist wie früher  $F$  die Fläche des Schützes,  $h$  das Schleusengefälle und  $G$  das zu hebende Gewicht des Schützes mit allem Zubehör. Es ist ferner  $R$  der Halbmesser der Rollen und  $r$  der Halbmesser der Rollenzapfen,  $f$  die Dichtungsfläche der Lederstreifen, alles in  $m$ ,  $qm$  und  $kg$ .  $t$  ist der Hebelarm der rollenden Reibung, der für Rollen aus hartem Holze oder Eisen auf eben solchen Unterlagen = 0,00048 bis 0,00087  $m$  zu setzen ist, für den Zustand der Bewegung = 0,0005  $m$ .  $\mu_1$  ist der Reibungsbeiwert für Zapfenreibung bei Wasserschmierung (je nach dem Material bis 0,3 wachsend),  $\mu$  endlich der Beiwert für gleitende Reibung (hier Leder auf Eisen etwa = 0,38).

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

Abb. 252. Wagerechter Schnitt.

Abb. 253. Ansicht.

Abb. 254. Schnitt C D.

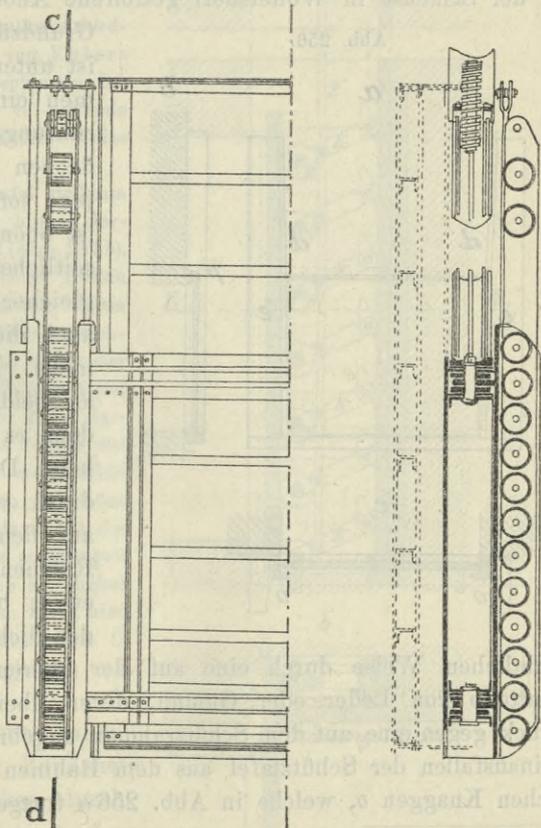
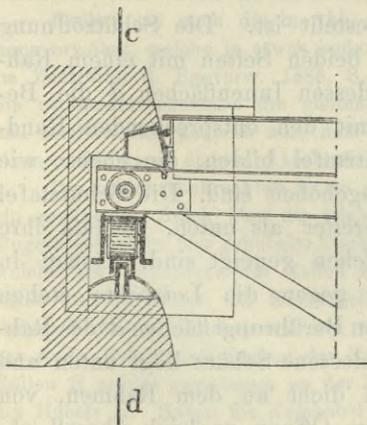
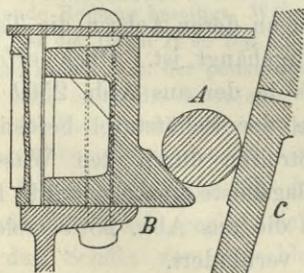


Abb. 255.



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

Die Dichtung kann bei diesem Schütz in verschiedener Weise geschehen; der Erfinder des Schützes, Stoney, hat mehrfach die in Abb. 255 dargestellte mit gutem Erfolge angewendet. Ein rund abgedrehter Eisenstab *A* wird durch den Wasserdruck in die Fuge zwischen der am Schütz befestigten Leiste *B* und der am Mauerwerk befestigten eisernen Platte *C* gedrückt und versperrt sie. Die Berührungsflächen für die Stange *A* an den Leisten *B* und *C* sind selbstverständlich gehobelt. Diese Dichtungsstangen kann man entweder vor dem Anheben des Schützes entfernen, oder ähnlich den Dichtungen an den Schützen des Kaiser Wilhelm-Kanals so mit dem Schütz verbinden, daß sie von ihm mitgenommen werden.

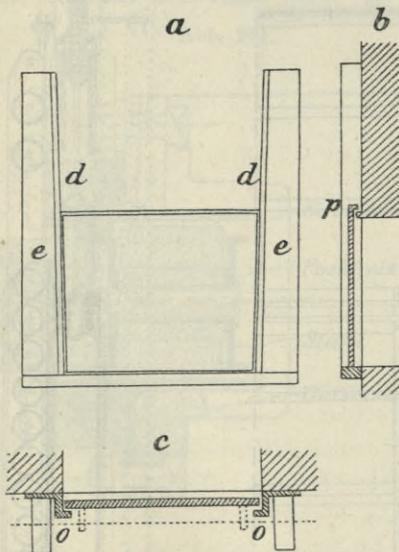
Die zum Aufziehen eines solchen Schützes erforderliche Kraft ist genau genug:

$$Z \geq 1000 h \left( \frac{F}{R} \cdot t + \mu \cdot f \right) + g \left( \frac{\mu_1 r}{R} + \frac{1}{2} \right) + G, \dots 62.$$

worin *g* das Gewicht des Rollenrahmens mit den Rollen bedeutet, während die übrigen Buchstaben denselben Sinn haben, wie bei Gl. 61. Werden die Dichtungsstangen vorher entfernt, so fällt  $\mu \cdot f$  fort. Ist das Gewicht des Rahmens durch Gegengewichte ausgeglichen, so fällt auch  $g \left( \frac{\mu_1 r}{R} + \frac{1}{2} \right)$  aus.

Eine weitere zweckmäßige Neuerung an Zugschützen zeigt die von Tolkmitt an der Schleuse in Woltersdorf getroffene Anordnung<sup>109)</sup>, welche in Abb. 256 in ihren

Abb. 256.



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

<sup>109)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413.

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

Die zum Öffnen eines solchen Schützes erforderliche Zugkraft muſs sein:

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

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

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

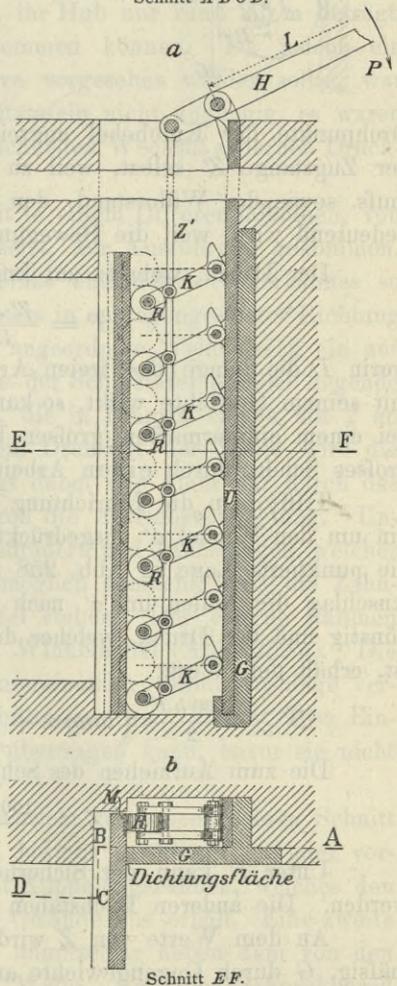
Man wird übrigens gut tun, bei der Bemessung von  $Z$  für die besprochene Schützenanordnung darauf Rücksicht zu nehmen, daſs das erste Lösen der beim Schliesen in den Rahmen vielleicht etwas fest eingelassenen Schütztafel einen etwas gröſseren Kraftbedarf erfordern kann.

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

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

Für die Berechnung der zum Öffnen aufzuwendenden Kraft ergibt sich folgendes: Zunächst ist das Schütz vom Anschlag abzurücken durch Anziehen der Kniehebel  $K$ . Hierfür ist an der

Abb. 257.  
Schnitt A B C D.

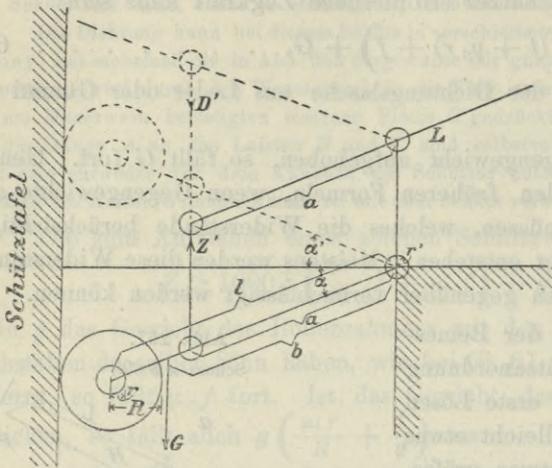


Zugstange  $Z'$  ein gleichnamiger Zug ausüben, der sein muß:

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

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

Abb. 258.



$R$  ist der Halbmesser der Rollen,  $r$  derjenige der Rollenzapfen,  $r'$  der Halbmesser des Zapfens der Kniehebel am Drehpunkte derselben,  $l$  ist die Länge des Kniehebels,  $a$  der Teil desselben zwischen dem Angriffspunkte der Stange  $Z'$  und dem Drehpunkte,  $t$  und  $\mu_1$  haben die früher angegebenen Werte.  $G'$  ist das Gewicht der Rollen, Kniehebel und der Zugstange  $Z'$  für die eine Schützen-

seite, welches im Abstände  $b$  vom Drehpunkte der Kniehebel angreift. Vernachlässigt ist die Reibung in den Zapfen der Zugstange  $Z'$  selbst, weil zu deren Berechnung die Kraft  $Z'$  erst bekannt sein muß, sowie der Widerstand, den das Wasser der Bewegung entgegensetzt, der nicht bedeutend wird, weil die Bewegung eine sehr langsame ist.

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

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

worin  $L$  die Länge des freien Armes ist (s. Abb. 257). Da der Arbeiter am Hebel mit seinem Gewichte wirkt, so kann  $D = 50$  bis  $60 \text{ kg}$  genommen werden, und es wird bei einem einigermaßen großen Umsetzungsverhältnisse des Hebels  $H$  leicht sein, ein großes Schütz durch einen Arbeiter vom Anschlag abzuheben.

Trifft man die Einrichtung so, daß die Rollen von der Wagerechten nach oben hin um den Winkel  $\alpha'$  ausgedrückt werden, wenn das Schütz geschlossen sein soll, wie die punktierte Lage in Abb. 258 zeigt, so werden zum Abdrücken des Schützes vom Anschlag die Rollen um  $\alpha'$  nach unten gesenkt. Ihr Gewicht wirkt in diesem Falle günstig und der Druck, welcher durch die Verbindungsstange der Kniehebel ausüben ist, erhält den Wert:

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

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

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

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

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

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

Bei großen Seeschleusen werden die Schützen neuerdings wohl nur noch durch Maschinenkraft bewegt. So bei den Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals und der neuen Kaiserschleuse zu Bremerhaven durch Druckwasser.

Bei letzterer besteht die Schütztafel, welche nach beiden Seiten dichtet, aus einem durch Formeisen hergestellten Rahmen, der eine Füllung von gespundeten Eichenbohlen enthält. Die Dichtung wird durch besondere, auf den eisernen Rahmen aufgeschraubte Leisten aus Grünholz und durch geschliffene Anschlagflächen an Granitquadern bewirkt. Zwischen den Leisten und den Quadern ist ein Spielraum von 2 cm gelassen.

Damit festen, vom Wasser etwa mitgerissenen Gegenständen möglichst die Gelegenheit benommen ist, sich in Vertiefungen der Sohle des Umlaufkanals abzulagern, setzt sich die Schütztafel mit dem unteren Teile nicht in einen Schlitz, sondern auf eine niedrige Schwelle in der Kanalsohle (Abb. 259 *a* u. *b*).

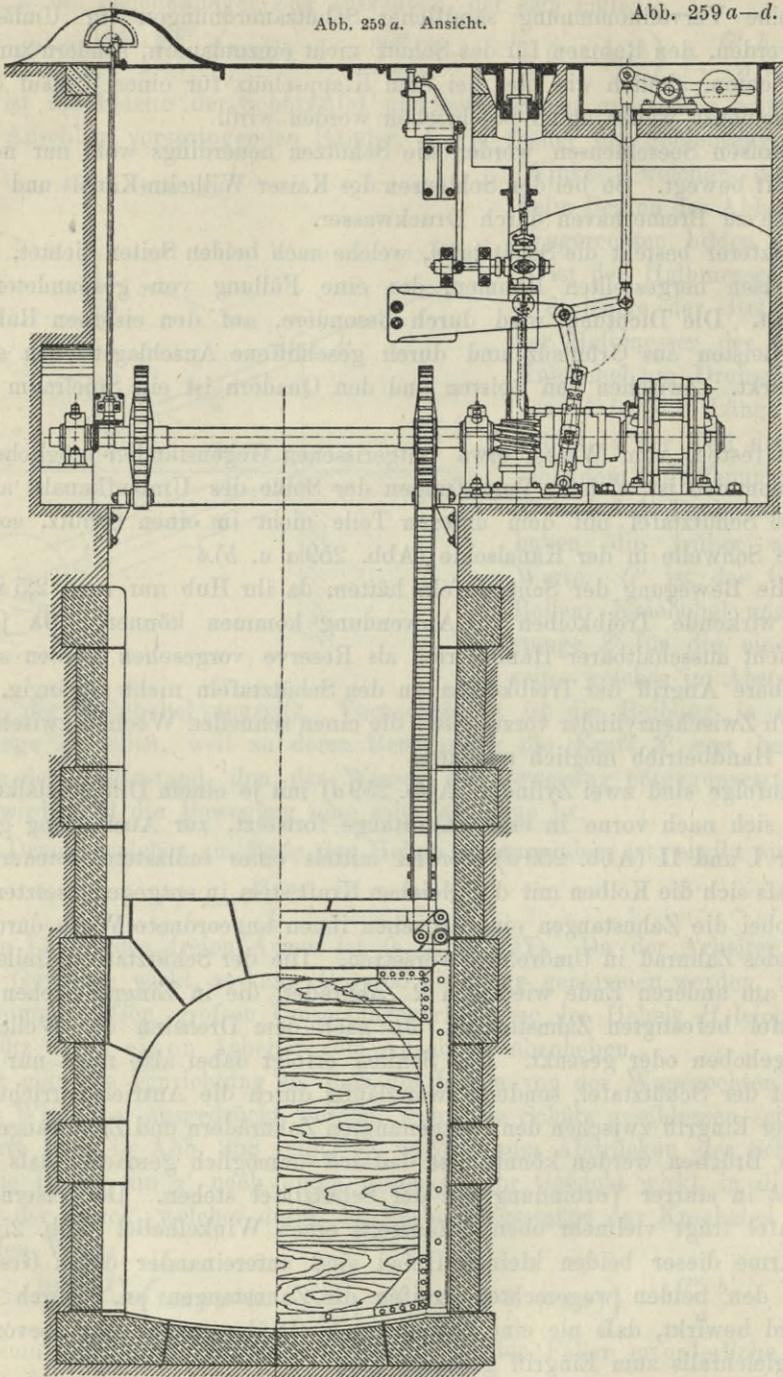
Für die Bewegung der Schütztafeln hätten, da ihr Hub nur rund 2,5 m beträgt, unmittelbar wirkende Treibkolben in Anwendung kommen können. Da jedoch ein möglichst leicht ausschaltbarer Handbetrieb als Reserve vorgesehen werden sollte, war der unmittelbare Angriff der Treibkolben an den Schütztafeln nicht angängig, es waren vielmehr noch Zwischenzylinder vorzusehen, die einen schnellen Wechsel zwischen Druckwasser- und Handbetrieb möglich machten.

Demzufolge sind zwei Zylinder (Abb. 259 *d*) mit je einem Differentialkolben, von denen jeder sich nach vorne in eine Zahnstange fortsetzt, zur Ausführung gekommen. Die Zylinder I und II (Abb. 259 *d*) werden mittels eines entlasteten Steuerhahnes so gesteuert, daß sich die Kolben mit der gleichen Kraft stets in entgegengesetzter Richtung bewegen, wobei die Zahnstangen eine zwischen ihnen angeordnete Welle durch ein auf dieser sitzendes Zahnrad in Umdrehung versetzen. Die der Schütztafel parallel liegende Welle trägt am anderen Ende wiederum 2 Zahnräder, die in Eingriff stehen mit 2 an der Schütztafel befestigten Zahnstangen. Je nach dem Drehsinn der Welle wird die Schütztafel gehoben oder gesenkt. Das Senken erfolgt dabei also nicht nur durch das Eigengewicht der Schütztafel, sondern zwangsläufig durch die Antriebsvorrichtung. Ungleichmäßiger Eingriff zwischen den letztgenannten Zahnrädern und Zahnstangen, welcher Ursache von Brüchen werden könnte, ist dadurch unmöglich gemacht, daß die Zahnstangen nicht in starrer Verbindung mit der Schütztafel stehen. Der eiserne Rahmen der Schütztafel trägt vielmehr oben beiderseits einen Winkelhebel (Abb. 259 *a*). Die lotrechten Arme dieser beiden kleinen Hebel sind untereinander durch Gestänge verbunden, an den beiden wagerechten greifen die Zahnstangen an. Durch diese Einrichtung wird bewirkt, daß nie eine Zahnstange Kraft übertragen kann, bevor sie nicht die andere gleichfalls zum Eingriff gebracht hat.

Der Handbetrieb, dessen Anordnung aus der Ansicht, dem senkrechten Schnitt und dem Grundriß (Abb. 259 *a* bis *c*) zu ersehen ist, besteht in einem auf der vorgenannten Triebwelle lose sitzenden Schneckenrade mit Kuppelungszähnen, welches den Antrieb durch eine Schnecke auf stehender Welle vom Gelände aus erhält. Eine zweite Kuppelungshälfte sitzt dem Schneckenrade gegenüber, unmittelbar neben dem von den Druckwasserkolben angetriebenen Rade, fest auf der Welle. Zwischen Schneckenrad

Abb. 259 a. Ansicht.

Abb. 259 a—d. Schütz der



Kaiserschleuse zu Bremerhaven.

Abb. 259 b. Senkrechter Schnitt.

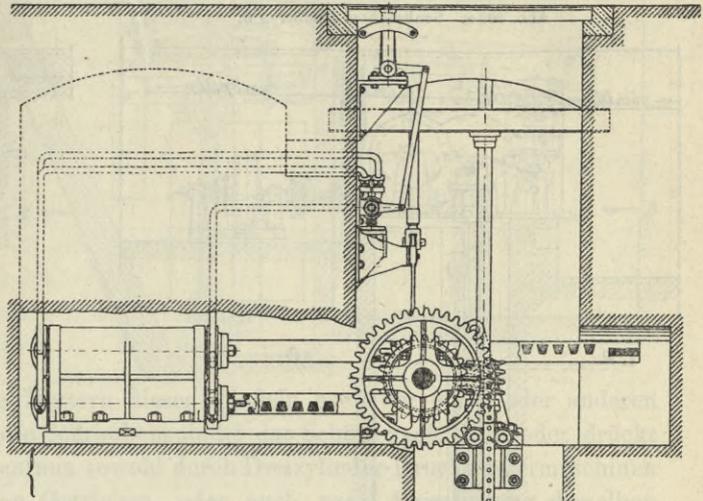


Abb. 259 c. Grundriss.

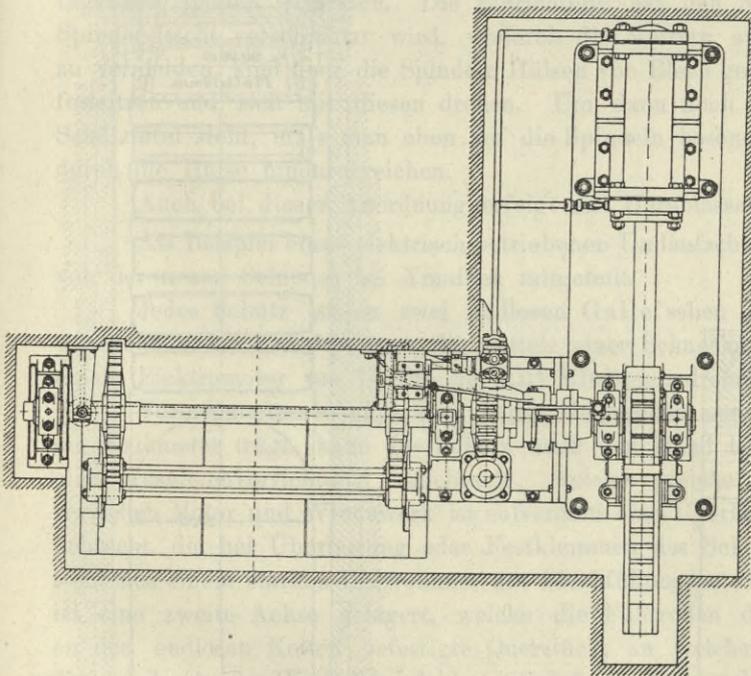


Abb. 259 d.

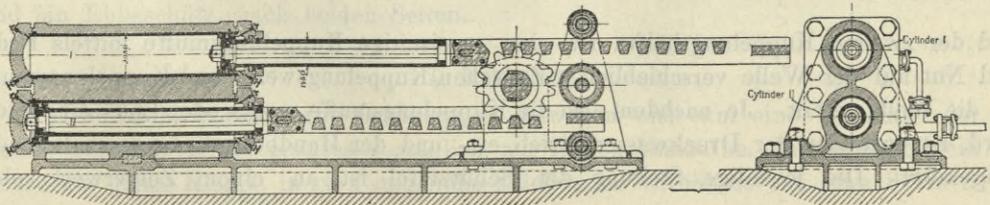


Abb. 260 a—c. Schütz der neuen Schleuse bei Ymuiden.

Abb. 260 a. Senkrechter Schnitt A B.

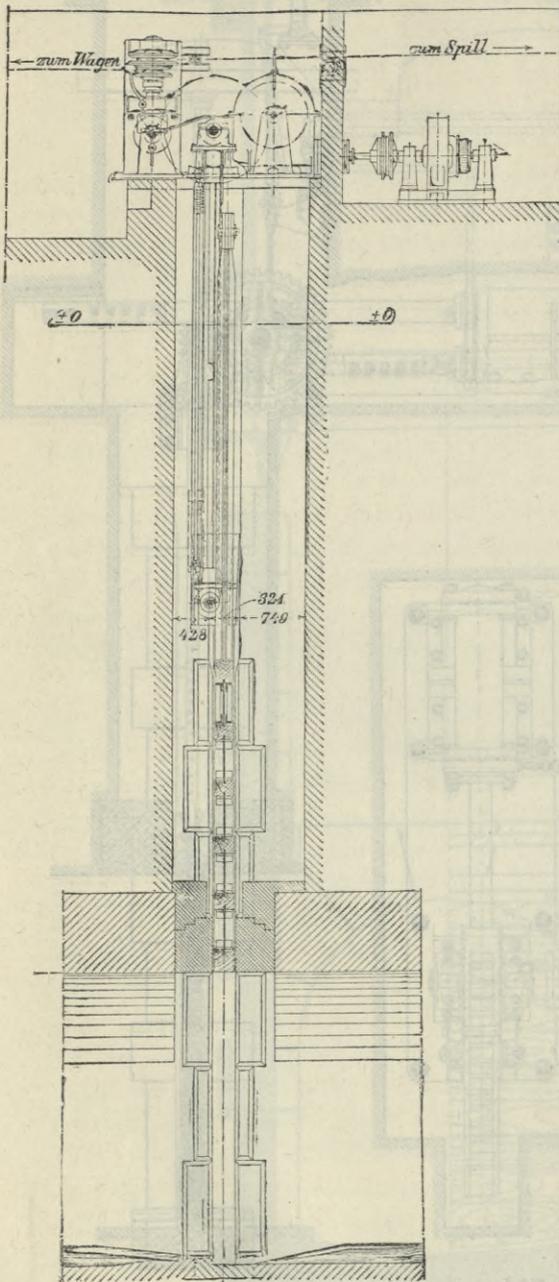
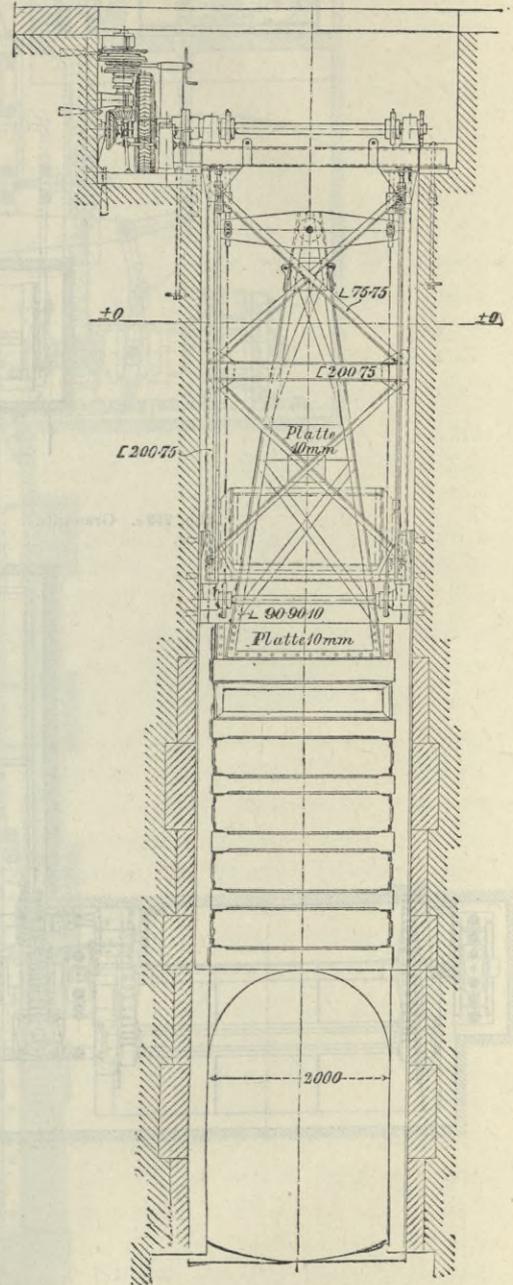


Abb. 260 b. Ansicht.



und der zweiten Kuppelungshälfte ist eine zweiseitige Kuppelungsmuffe mittels Feder und Nut auf der Welle verschieblich. Zwischen Kuppelungswelle und Kuppelungsmuffe ist die Welle geteilt. Je nachdem also die Kuppelungsmuffe rechts oder links eingerückt wird, ist entweder der Druckwasserbetrieb ein- und der Handbetrieb ausgeschaltet oder umgekehrt. Die jeweilige Stellung der Schütztafel ist an einem Zeigerwerk oben

sichtbar. Das Heben der Schütztafel erfordert bei 4 m Überdruck mit Druckwasser ungefähr 30 Sekunden, von Hand durch 8 Arbeiter 6 bis 7 Minuten (Zeitschr. f. Arch. u. Ing.-Wesen 1900).

Bei der ersten Hafeneinfahrt in Wilhelmshaven, welche erst nachträglich für Druckwasserbetrieb eingerichtet wurde, sind oben an den Schützen Schraubenspindeln angebracht.

Je nachdem die Muttern dieser Spindeln nach der einen oder anderen Richtung gedreht werden, zieht die Schraubenspindel das Schütz nach oben oder drückt es nach unten. Die Muttern können nun sowohl durch Dreizylinder-Druckwassermaschinen mit Hilfe von dazwischen gelegten Getrieben, oder auch nach Ausschaltung derselben mit Handspeichen gedreht werden.

Den Stand des Schützes kann man an der Länge der über die Mutter hervorragenden Spindel ermessen. Die Einrichtung hat den Nachteil, daß die freiliegende Spindel leicht verschmutzt wird, wodurch die Muttern ausgefressen werden. Um dies zu vermeiden, sind über die Spindeln Hülsen von Blech gezogen, welche auf den Muttern festsitzen und sich mit diesen drehen. Um dann noch erkennen zu können, wie die Schütztafel steht, muß man oben auf die Spindeln besondere Zeiger befestigen, welche durch die Hülse hindurchreichen.

Auch bei dieser Anordnung erfolgt das Herablassen des Schützes zwangsläufig.

Als Beispiel eines elektrisch betriebenen Umlaufschützes sei das in Abb. 260 a bis c von der neuen Schleuse bei Ymuiden mitgeteilt.

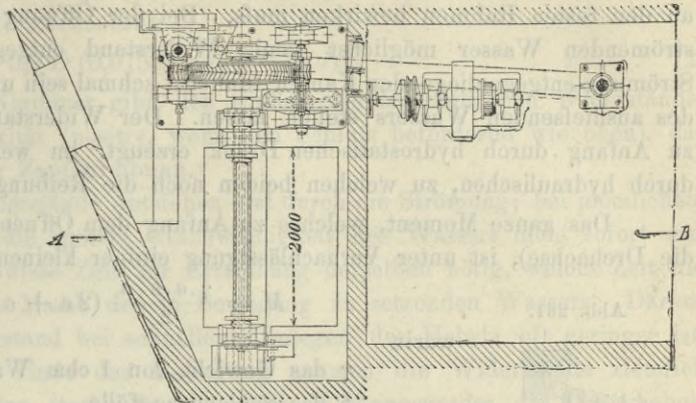
Jedes Schütz ist an zwei endlosen Galle'schen Ketten auf Kettenrädern mit wagerechter Achse aufgehängt, die mittels einer Schnecke und eines Zahnradpaares von einem Elektromotor von 17 PS. bei 270 Minutenumdrehungen angetrieben wird.

Vermöge einer senkrechten durch Kegelräder angetriebenen Achse, die zugleich ein Axiometer trägt, kann das Schütz auch von Hand bewegt werden. Auch hier ist eine Ausgleichvorrichtung angebracht, welche gleiche Kettenspannungen bezweckt. Zwischen Motor und Windwerk ist außerdem eine Überlastungs-Reibungskuppelung angebracht, die bei Überlastung oder Festklemmen des Schützes gleitet. Das Schütz besteht aus einem starken Holzrahmen mit Blechfüllungen. In halber Höhe des Schachtes ist eine zweite Achse gelagert, welche die Führrollen der beiden Ketten trägt. Das an den endlosen Ketten befestigte Querstück, an welchem das Schütz hängt, ist mit diesem durch ein Winkeleisenfeld mit Schrägbändern verbunden. Jedes Schütz dichtet nur nach einer Seite ab, demnach zwei zusammengehörige Schützen, d. h. ein Flut- und ein Ebbschütz, nach beiden Seiten.

## 2. Drehschützen.

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

Abb. 260 c. Grundrifs.



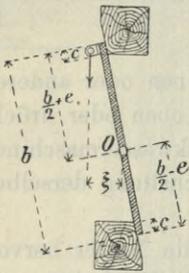
wobei der Überdruck der größeren Fläche den dichten Anschluß der Klappenränder an den festen Rahmen bewirken muß. Bei der Öffnung muß die Klappe dem durchströmenden Wasser möglichst wenig Widerstand entgegensetzen, dazu an den der Strömung entgegenliegenden Kanten tunlichst schmal sein und sich genau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

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

Abb. 261.

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

worin



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

bedeuten (vergl. Abb. 261).

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

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

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

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

Wird das Übersetzungsverhältnis am Hebel zum Öffnen des Drehschützes mit  $n:1$  bezeichnet und die am Druckhebel bzw. an der Kurbel ausgeübte Kraft  $K$  genannt, endlich mit  $\eta$  ein Beiwert bezeichnet, welcher die Widerstände des Bewegungsmechanismus berücksichtigt und der je nach der Anordnung der Geradföhrung gleich 1,1 bis 1,2 genommen werden kann, so ist:

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

$\mu$  wird meist = 0,3,  $G$  im Mittel etwa 50 kg sein.  $K$  ist für einen Arbeiter = 30 kg, für zwei = 55 bis 60 kg.<sup>110)</sup>

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

Bezeichnet wieder  $D$  den auf die geschlossene Klappe wirkenden hydrostatischen

<sup>110)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1878, S. 374 und Th. Landsberg, Die eisernen Stemmtore der Schiffschleusen.

Gesamtdruck (ohne Abzug des Anschlags), so ist der grösste Wert des Momentes der Widerstände, bezogen auf die Drehachse:

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

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

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

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

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

$\xi$  ist hier der Hebelarm der Kraft  $P$  gegen die Drehachse bei einer Stellung der Klappe von etwa  $67^\circ$  gegen die Lotrechte (für Klappen mit wagerechter Achse). Für Handbetrieb der Drehschützen mufs man die Klappenmafsse in den Gleichungen 69 bis 73 bestimmen, dafs  $K$  nicht gröfser als 30 kg wird.

Was die vielfach zur Unterstützung des Öffnens angewendete negative Exzentrizität der Drehachse anbelangt, so ist deren Wirkung, da sie höchstens gleich der Hälfte der Anschlagsbreite bemessen werden darf, wenn nicht ein selbsttätiges Öffnen der Klappe stattfinden soll<sup>111)</sup> und deshalb wohl selten über 5 mm beträgt, nach Lieckfeldt nur verschwindend klein. Jedenfalls ist der durch solche negative Exzentrizität der Drehachse vermehrte Übelstand der Undichtigkeit viel erheblicher, als der durch die geringe Kraftverminderung erreichte Vorteil. Es empfiehlt sich deshalb, entweder gar keine oder eine auf Schliesen wirkende, positive Exzentrizität der Drehachse anzuwenden.

Von den Drehschützen oder Drehklappen ist zunächst in Abb. 262 ein Beispiel für den Abschluß eines Umlaufkanals gegeben. In der Ansicht ist das Schütz zur Hälfte rechts mit den beiderseitigen Holzbohlen bekleidet, links dagegen unbekleidet nur im eisernen Gerippe dargestellt. Aufser dieser Anordnung gibt es namentlich für kleinere Klappen reine Eisenkonstruktionen in Blech oder Gufseisen. Aus den Zahlen im Schnitt  $AB$  geht hervor, dafs die linke Hälfte 1,22 m, die rechte 1,12 m breit ist, erstere also den Überdruck hat. Zum Öffnen und Schliesen dient das wegen seiner vielen kleinen Zahnräder wohl nicht besonders zweckmäfsige Windewerk. Drehschützen mit senkrechten Achsen besitzen auch die Schiebetore der Schleuse zu Davis Island (vergl. Abb. 20 bis 23, Taf. VI). Desgl. die Umläufe der Schleuse zu Conty und der Schleuse am Mühlendam in Berlin (Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 361 u. 473 bezw. 54). Die obere Begrenzung der Schützen ist bei beiden eine kreisbogenförmige. Im übrigen bieten sie nichts Besonderes und mufs auf die Quelle verwiesen werden, die gute Darstellungen der Schützen bringt.

<sup>111)</sup> Vergl. weiter unten die Schützen der Stadtschleuse zu Bromberg mit hölzernem Anschlag.

Abb. 262.

Drehschütz in einem Umlaufkanal.

Ansicht, Schnitt A B, Grundrifs. M. 0,015.

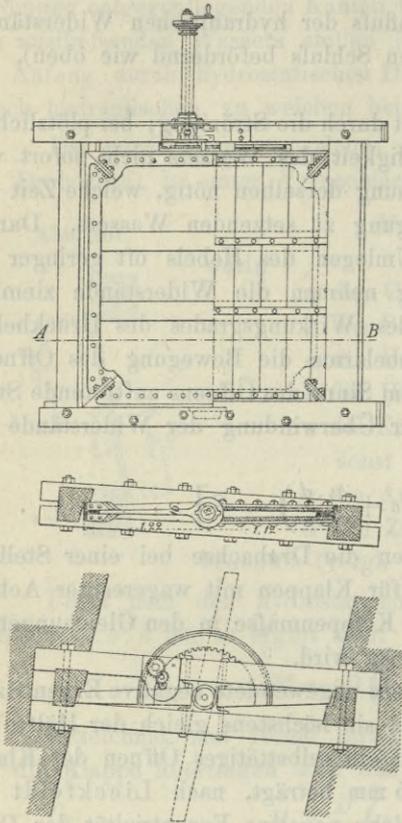


Abb. 263. Spültor.

Grundrifs.

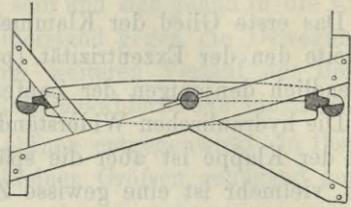
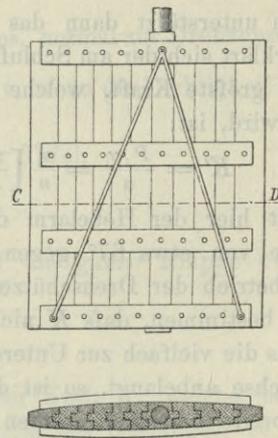


Abb. 264. Spülflügel.

Ansicht.



Schnitt C D.

In der Anordnung sehr ähnlich sind die in Abb. 263 u. 264 gegebenen Beispiele von Spültoren, von denen bei Besprechung der Seehäfen eingehender die Rede ist.

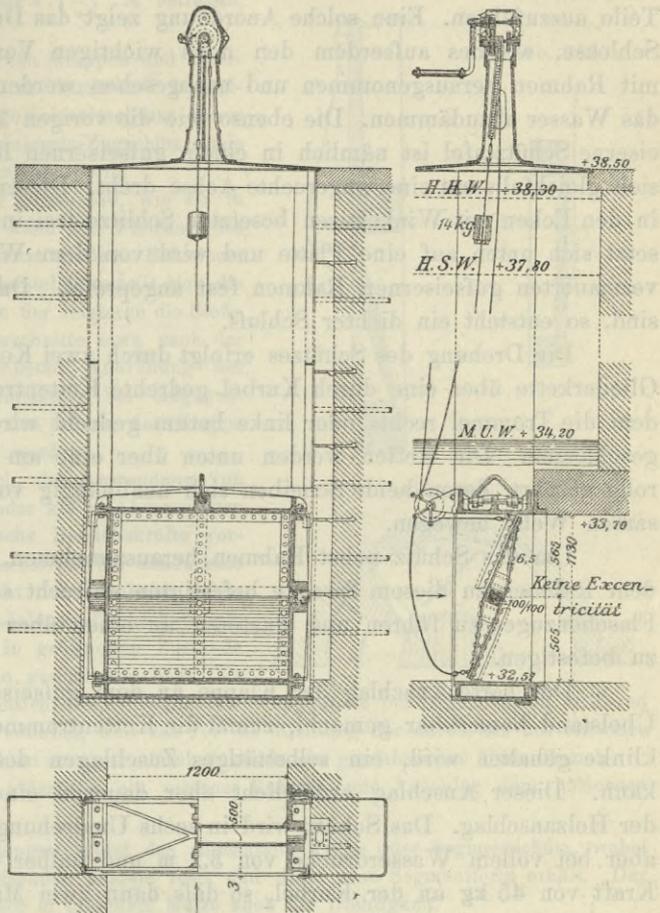
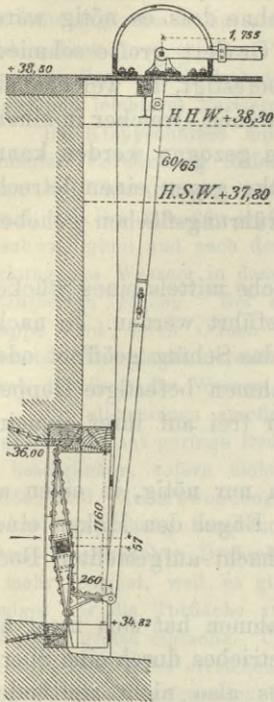
In den Stemmtoren würde für den gewöhnlichen Gebrauch zum Füllen und Leeren der Kammer eine Drehklappe mit lotrechter Achse nicht zweckmäfsig sein, weil sie am Tore nicht so bequem zu bedienen ist, als eine Klappe mit wagerechter Achse, vorausgesetzt, dafs dabei eine mäfsige Gröfse nicht überschritten wird. Es bedarf nämlich bei den wagerechten Klappen nur einer etwas schrägen Stellung während des Verschlusses und eines abwärts gerichteten Drucks gegen die gröfsere obere Hälfte der Klappe, um diese zur Öffnung zu bringen. Diese Bewegung wird besonders leicht durch einen auf der Laufbrücke liegenden Winkelhebel hervorgebracht, dessen langer Schenkel etwa 10 mal so grofs als der kurze ist und, um 180° gedreht, eine an dem kurzen Arm hängende Lenkstange um die doppelte Länge des letzteren hinabdrückt. Die Lenkstange ist durch ein Gelenk mit einer senkrechten Führungsstange verbunden und diese wieder mit der oberen Kante der Drehklappe. Bei dieser Einrichtung lassen sich nahezu 1 qm grofse Klappen in einigen Sekunden Zeit öffnen, während zum Öffnen eines etwa gleich grofsen einfachen Zugschützes etwa 2 Minuten erforderlich sind. In solcher Weise sind die Drehschützen in den Toren der neuen Schleuse am Mühlendam in Berlin und bei Conty eingerichtet (Zeitschr. f. Bauw. 1896, Bl. 12 u. 53).

Abb. 265 u. 266. *Neue Stadtschleuse, Bromberg.* M. 0,02 (1:50).

Abb. 266.

Dreheschütz mit Kurbelbetrieb an der östlichen Seite des Unterhauptes.

Abb. 265.

Dreheschütz mit Druckhebel im  
Trennungspfeiler.

Ähnlich ist die Anordnung bei der Mehrzahl der Dreheschützen für die Umläufe der Stadtschleuse in Bromberg ausgeführt (Abb. 265). Man hatte hier versucht, die Exzentrizität der Drehachse so zu bemessen, daß die Kraft  $K'$  in Gl. 73, welche erforderlich ist, um die vom bewegten Wasser herrührenden Widerstände zu überwinden, soweit sie nicht durch einen Arbeiter ausgeübt werden konnte, durch den Überdruck des Wassers auf die größere Seite der Klappe hergegeben würde. Man fand aber, daß dann in geschlossener Stellung ein selbsttätiges Öffnen des Schützes eintreten mußte, weil der hydrostatische Druck auf die größere Hälfte zu groß wurde. Ein annähernd dichter Schlufs war also bei dieser Anordnung unmöglich. Da nun zum Öffnen des Schützes bei vollem Drucke drei Mann am Druckhebel kaum ausreichten, ist nachträglich die untere Seite des Schützes über den Anschlag hinaus um 14 cm verlängert worden. Eine solche Verlängerung ist bei geschlossenem Schütz ohne Wirkung, bei dem Öffnen aber wird sie von dem Stosse des Wassers getroffen und unterstützt das Öffnen in der wirksamsten Weise. Diese Anordnung hat sich gut bewährt, und ein Mann ist imstande, bei vollem Wasserdrucke von 3,2 m zu öffnen. Dem Schliesen

bei diesem Drucke, wenn solches nötig werden sollte, setzen sich indessen erhebliche Widerstände entgegen.<sup>112)</sup>

Bei so bedeutenden Druckhöhen wie in Bromberg ist ein Druckhebel nicht sonderlich empfehlenswert, es ist zweckmäßiger, die Bewegungen durch auf Zug beanspruchte Teile auszuführen. Eine solche Anordnung zeigt das Drehschütz Abb. 266 von derselben Schleuse, welches außerdem den noch wichtigen Vorzug hat, daß das ganze Schütz mit Rahmen herausgenommen und nachgesehen werden kann, ohne daß es nötig wäre, das Wasser abzdämmen. Die ebenso wie die vorigen 1,2 m im Geviert grofse schmiedeiserne Schütztafel ist nämlich in einem gufseisernen Rahmen befestigt, in welchem sie sich gleichfalls um eine wagerechte Achse dreht. Dieser Schützrahmen, welcher in einem in den Ecken mit Winkeleisen besetzten Schlitze frei in die Höhe gezogen werden kann, setzt sich unten auf eine Platte und wird von dem Wasserdrucke gegen einen lotrecht vermauerten gufseisernen Rahmen fest angepreßt. Da die Berührungsflächen gehobelt sind, so entsteht ein dichter Schluß.

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

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

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

In wagerechter Lage kommen die Drehschützen hauptsächlich bei Klappstoren vor. So bei den Schleusen des Erie-Kanals in Nordamerika (Abb. 189 bis 192, S. 210) und bei den Obertoren der Schleusen des Oder-Spree-Kanals (vergl. Abb. 21 bis 23, Taf. VII).

Wie bei Beschreibung der Drehschützen alter Bauweise mit hölzernem Anschlagsrahmen erwähnt wurde, hat man, um die hydraulischen Widerstände während des Öffnens zu vermindern, die untere Klappenhälfte um 14 cm verlängert. Den gleichen Zweck wird man offenbar erreichen, wenn man nach Lieckfeldt's Vorschlag in der oberen Klappenhälfte eine Klappe anbringt, die vor dem Öffnen des Drehschützes aufgemacht wird, so daß dadurch die Druckfläche der oberen Klappenhälfte verkleinert wird (s. Abb. 267.)

<sup>112)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 56.

Als ferneres Mittel zur Verringerung des Kraftverbrauches empfiehlt Lieckfeldt die Zerlegung des Schützes in eine Anzahl kleinerer (s. Abb. 268). Da der hydraulische Widerstand, wie oben erwähnt, im Verhältnis zum Quadrat der Höhe des Schützes wächst, so wird, wenn der Widerstand für ein Schütz von der Höhe  $h$  einem Ausdrucke  $Ah^2$  entspricht, der Widerstand von  $n$  Schützen von je  $\frac{h}{n}$  Höhe nur  $n \cdot \left(\frac{h}{n}\right)^2 \cdot A$  betragen, also nur den  $n$ ten Teil des grossen.

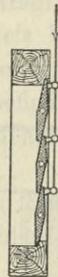
Abb. 267.

Ein Jalousieschütz mit zwei eisernen Klappen und eisernen Anschlagrahmen hat eine Schleuse zu Hansweerd in Holland in ihren Toren erhalten.<sup>113)</sup> Derartige Jalousieschütze haben allerdings dieselben Übelstände wie das Jalousie-Zugschütz (viele Fugen und leichteres Festsetzen von Fremdkörpern).

Bei Klappschützen mit lotrechter Drehachse, wie sie in Umläufen Verwendung finden können, kann die Führung des Kanals zur Unterstützung des Öffnens benutzt werden. Bei einem Kanal, wie ihn Abb. 269 im Grundrifs darstellt, verteilt sich die Geschwindigkeit und nach dem Quadrate der letzteren die Stosswirkung des Wassers in dem Kanalquerschnitte etwa nach der schraffierten Fläche. Bei der gezeichneten Anordnung der Klappe wird deren Öffnen daher unterstützt; bei entgegengesetztem Anschlagen derselben würde das Öffnen der Klappe durch den Stofs des Wassers erschwert werden.

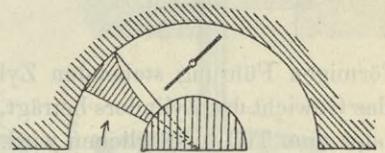


Abb. 268.



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

Abb. 269.



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

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

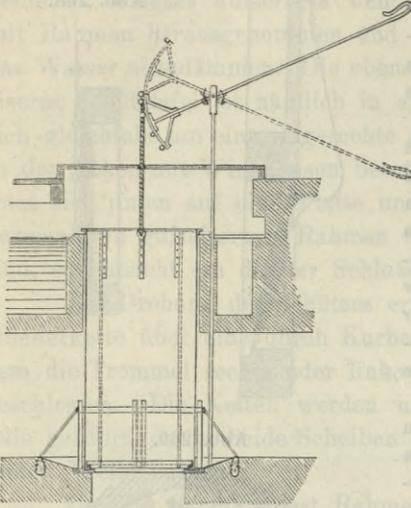
### 3. Ventile.

Die Ventilverschlüsse können als einfache Klappenventile, Kegel- und Glockenventile oder als Zylinderventile gebildet sein. Das wesentliche bei ihnen ist, dafs von der verschlossenen Öffnung ein den vorstehenden Namen entsprechender Körper abgehoben und für den Verschluss wieder darauf niedergelassen wird. Der Form dieser Körper gemäfs ist bei dem Anheben ein grofser oder kleiner Widerstand zu überwinden, je nachdem der Wasserdruck auf die Oberfläche des Körpers unmittelbar zu überwinden ist oder nur die diesem Druck entsprechende Reibung oder gar nur die Reibung des Wassers an dem Körper. In letzterem Falle, namentlich bei den Zylinderventilen, ist die zur Hebung notwendige Kraft besonders klein. Während der Öffnung erhalten die Ventile einen hydraulischen Druck, welcher bei geeigneter Form ebenfalls sehr klein ausfällt.

<sup>113)</sup> Tijdschr. van het kon. Inst. van ingenieurs 1886/87, S. 22 und Tafel 9.

Von den Ventilverschlüssen sind die Klappen- und Kegelventile nach einigen Anwendungen als unzuweckmäÙig verlassen, dagegen verdienen die in den Abb. 1 bis 4, Taf. IV dargestellten und auch bei dem Caligny'schen Apparat (s. § 24) benutzten Zylinderventile für Umläufe besondere Beachtung. Dieselben kommen u. a. auch

Abb. 270.



bei Verschlüssen von Einlaufrohren für Wasserleitungen vor und haben den bereits oben erwähnten Vorteil, daß die zu ihrer Bewegung erforderliche Kraft und Zeit verhältnismäßig am kleinsten ist. Sie bestehen nach Abb. 270, sowie nach Abb. 3, Taf. IV im wesentlichen aus einem über das Oberwasser reichenden Blechzylinder, welcher unten entweder mit einer kegelförmigen Ringfläche (Sitz) oder einfacher mit einem schweren Zinkwulst auf einem Gummiringe an dem Rande einer festen Öffnung aufsteht und oben an einer Kette (am besten einer Galle'schen wegen Drehung) hängt. Die Kette selbst ist entweder an einem Kreissegment oder an einer Zahnstange befestigt, so daß ein einfaches Niederdrücken des Hebels oder ein entsprechendes Aufziehen der Zahnstange mittels eines Vorgeleges zur Hebung des unten in einer ring-

förmigen Führung stehenden Zylinders genügt, wobei die Hubkraft nur etwas mehr als das Gewicht des Zylinders beträgt, wenn nicht gar letzteres durch ein Gegengewicht ganz oder zum Teil ausgeglichen wird. Ein besonderer Vorteil liegt bei diesen Zylindern unter Umständen darin, daß ohne Gefahr einer Stosswirkung die Öffnung plötzlich geschlossen werden kann.

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

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

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

Der gufseiserne Deckel des Schachtes ist durchbrochen; die darin befindlichen Öffnungen lassen bei plötzlichem Schließens des Ventils die Luft und teilweise auch das aufspritzende Wasser entweichen.<sup>114)</sup>

Ebenfalls mit Zylinderschützen versehen sind die Umläufe der neuen Schleuse bei Brügge, deren Schiebeter in § 21 beschrieben ist, sowie die Sparschleusen im Dortmund-Ems-Kanale.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß ein Zylinderventil ebensogut anwendbar ist, wenn der höhere Wasserspiegel im Innern des Zylinders sich befindet, als wenn er das Ventil außen umgibt.

Neuerdings wird in Frankreich unter dem Namen „niedrige Zylinderventile“ vielfach die in Abb. 271 dargestellte Abart angewendet, so namentlich bei den Schleusenumbauten des Kanals St. Denis. Das Ventil besteht im wesentlichen aus zwei Zylindern, einem beweglichen, oben und unten offenen, welcher die Durchlaßöffnung seitlich abschließt, und einem festen, in den der bewegliche Zylinder beim Öffnen hinaufgezogen wird (siehe Abb. 271 b). Der feste Zylinder ist oben durch einen Deckel abgeschlossen, an den sich ein Rohr anschließt, welches in der verlängerten Achse der beiden Zylinder nach oben führt bis über den höchsten Wasserstand. Durch dieses Rohr

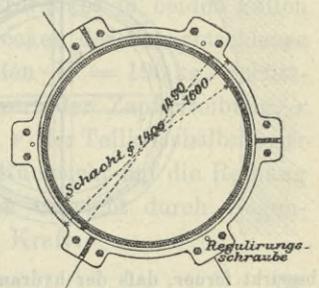
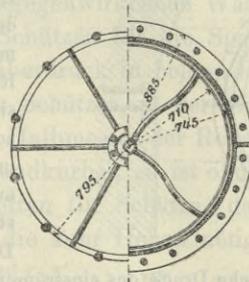
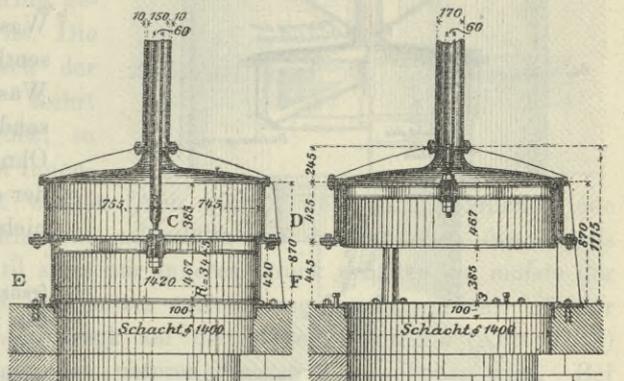
führt ein entsprechend engeres nach unten, welches als Zug- und Druckstange zum Heben und Senken des beweglichen Zylinders dient. Die Arbeitsleiste außen am oberen Rande des beweglichen Zylinders ist genau nach demselben Durchmesser abgedreht, wie eine entsprechende Arbeitsleiste am inneren unteren Rande des festen, so daß, wenn das

Abb. 271. Kanal St. Denis. Zylinderventil. M. 0,04 (1 : 25).

Vertikalschnitte.

a. Ventil geschlossen.

b. Ventil offen.



a. Halbe Aufsicht. Schnitt CD.

d. Schnitt EF.

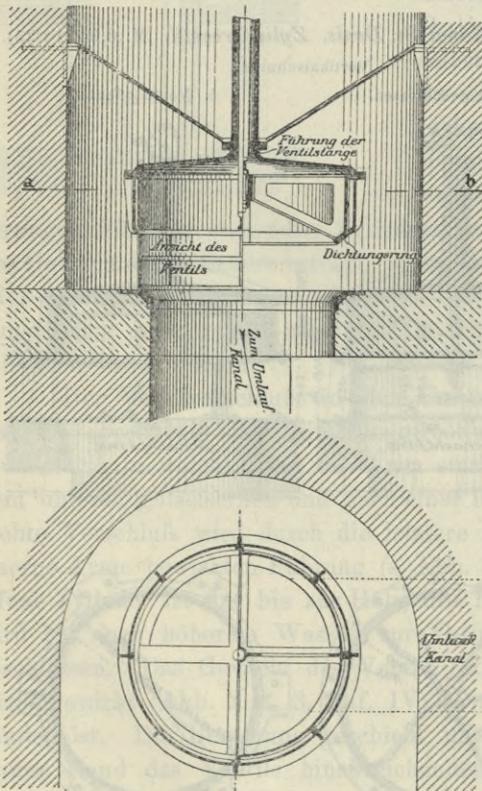
<sup>114)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 53.

Ventil geschlossen ist (Abb. 271 a), beide Arbeitsleisten genau ineinander passen und einen wasserdichten Abschluss herstellen. Eine abgedrehte Fase am unteren Rande des beweglichen Zylinders greift in eine entsprechende Nut des Ventilsitzes und bildet dadurch den unteren Verschluss. Bei geschlossenem Ventil steht also dessen Innenraum, wie bei der älteren Anordnung der Innenraum des großen Zylinders, mit dem Unterwasser in offener Verbindung.

Um die richtige Stellung der beiden Zylinder gegeneinander zu sichern, ist der feste Zylinder mit dem eingemauerten Ventilsitz am Rande des Schachtes durch drei gußeiserne Stützen verbunden, ferner sind drei Stellschrauben (Abb. 271 d) angebracht, welche ein genaues Aufstellen ermöglichen sollen.

Die oben beschriebene Gestalt des Ventilsitzes hat man wohl der genaueren Einstellung wegen gewählt; für das Einströmen des Wassers in den Schacht ist dieselbe

Abb. 272. *Verbessertes niedriges Zylinderventil.*  
Vertikalschnitt und Schnitt a b.



nicht günstig, da sie eine bedeutende Zusammenziehung des Strahles bewirkt. Ferner werden auch die drei Stützen des festen Zylinders den Einlauf ungünstiger gestalten, als bei den hohen Zylindern älterer Anordnung. Dagegen ist die Wasserzuführung bei diesem Ventil wesentlich günstiger, als bei jenen, denn das Wasser kann hier nicht nur an den Seiten, sondern auch über dem Ventil zufließen. Ohne weiteres dürfte daher der einen oder der anderen der beiden Arten der Vorzug nicht unbedingt zuzusprechen sein.

Übrigens lassen sich die Nachteile der französischen Bauweise leicht beseitigen. Man hat nur nötig, den festen Zylinder nicht mit dem Ventilsitz durch Stützen zu verbinden, sondern aufzuhängen, und zwar um eine geringe Beweglichkeit zu ermöglichen, nicht den Zylinder selbst, sondern diesen mittelbar durch das Rohr an seiner Decke (s. Abb. 272). Wenn man dann die Dichtung zwischen dem unteren Rande des beweglichen Zylinders und dem Ventilsitz nicht durch passend gedrehte Metallteile, sondern durch einen elastischen Dichtungsring am unteren Rande des Zylinders bewirkt, kann man auch den Ventilsitz wieder entsprechend der Gestalt des einfließenden Wasserstrahles abschrägen. Die Einziehung des unteren Randes des Ventils

bewirkt ferner, daß der hydraulische Druck des einströmenden Wassers, sobald das Ventil vom Sitze geöffnet ist, das Ventiltgewicht teilweise aufhebt, also die Bewegung erleichtert. Damit ein selbsttätiges Abheben des Ventils vom Sitze nicht vorkommen kann, falls das Ventil nicht vollkommen schließt, darf die Abschrägung nicht zu groß genommen werden. Die Führung des Ventils in der Achse des Gehäuses geschieht außer in diesem selbst zweckmäßig auch noch an zwei Stellen des Rohres.

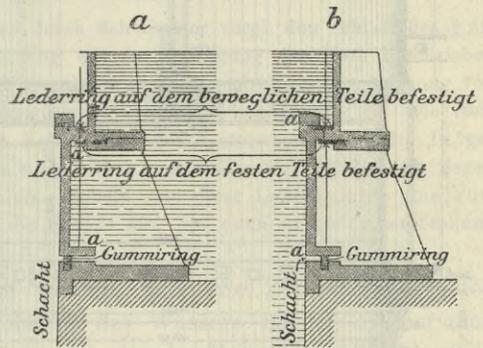
Auch diese niedrigen Zylinderventile lassen sich für inneren und äußeren Wasserüberdruck verwenden, man hat aber dabei zu bedenken, daß bei innerem Überdrucke, wenn das Ventil schnell geschlossen wird, ein heftiger Stoß gegen den Deckel des festen Zylinders eintreten kann. Dies befürchtend hat man bei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

becken der Schachtschleuse im Kanal St. Denis (vergl. § 25), welche bald von innen, bald von außen Überdruck erhalten, für die festen Zylinder keine Deckel angewendet, sondern unter Verzicht auf die oben erwähnte bequeme Wasserzuführung dieselben in vollem Durchmesser bis über Wasser geführt.<sup>115)</sup>

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

Bei diesen doppeltwirkenden, sowie bei den neuesten niedrigen Zylinderventilen überhaupt ist für die obere Fuge zwischen beweglichem und festem Zylinder eine Dichtung von Leder vorgesehen. Dieselbe besteht nach Abb. 273 aus zwei Lederringen, von denen der obere am beweglichen Zylinder befestigt ist und bei innerem Überdrucke die Dichtung besorgt, während der andere am festen Zylinder sitzt und bei äußerem Überdrucke dichtet. Die Fuge zwischen dem beweglichen Zylinder und dem Ventil Sitz ist bei der Schachtschleuse durch einen Gummiring gedichtet, der in den Sitz eingelassen ist. Die Lage dieses Ringes muß sich nach der Wirkungsweise des Ventils richten. Kehrt dasselbe nur gegen äußeren Überdruck, so muß der Ring möglichst nahe an dem Innen-

Abb. 273.



rande der Ventil Sitzplatte angebracht werden (Abb. 273 a), weil dann möglichst jede einseitige Pressung auf die untere Flansche *a* fortfällt, die das Abheben des Ventils erschweren würde. Würde das Ventil stets nur inneren Druck erhalten, so müßte der Gummiwulst so weit vom Rande des Ventil Sitzes entfernt angebracht werden, daß der von oben nach unten gerichtete Wasserdruck auf den oberen Flansch *a* (Abb. 273 b) durch den umgekehrt gerichteten gegen den unteren Flansch *a* aufgehoben wird. Bei doppeltwirkenden niedrigen Zylinderschützen ist der Ring so anzuordnen, daß der Überschuss des dem Abheben des Ventils entgegenwirkenden Wasserdruckes in beiden Fällen möglichst gleich groß wird. Bei den Schützen für die Sparbecken der Schachtschleuse von 20 m Gefälle (§ 25) ist der Wasserüberdruck in beiden Fällen  $W = 190 \text{ kg}$ , Schützöffnung 1,7 m. Ist  $G$  das Gewicht des Schützes,  $\mu'$  der Beiwert der Zapfenreibung,  $r$  der Halbmesser der Rollenzapfen,  $R$  der Halbmesser der Rollen,  $r'$  der Teilkreis halbmesser des Triebrades und  $L$  die Länge der Handkurbel, so ist ohne Rücksicht auf die Reibung des Wassers und die Steifigkeit der Ketten für Schütze, deren Gewicht durch Gegengewichte vollkommen ausgeglichen ist, die zum Heben nötige Kraft:

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

$\mu'$  ist hier groß zu nehmen.

Abb. 274 a (S. 292) zeigt ein Zylinderventil mit fester und beweglicher Glocke, das beim Bau der Schleuse zu Brieg zur Ausführung gekommen ist.

Ein Ventil für große Druckhöhen zeigt Abb. 274 b. Das große Ventil wird durch den Wasserdruck selbst abgehoben, wenn zuvor ein kleines Ventil geöffnet wird.

<sup>115)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1893 II. S. 82.



Da die Geschwindigkeit des einströmenden Wassers langsamer abnimmt, als die Druckhöhe  $H$ , weil die Strömung so lange anhalten wird, bis die lebendige Kraft des bewegten Wassers verbraucht ist, so folgert unsere Quelle, daß das sich selbst überlassene Ventil sich erst schließt, nachdem der Unterschied zwischen beiden Wasserständen bereits negativ geworden ist.<sup>116)</sup> Trotzdem wird es geraten sein, die Stange  $T$  so stark zu machen, daß man das selbsttätig geöffnete Ventil daran offen halten und zur Not auch samt dem Boden  $F$  nach oben heben kann, um es nachzusehen.

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

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

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

Zum Schluss muß noch hervorgehoben werden, daß alle Zylinderventile den Nachteil einer zweimaligen Änderung der Richtung des Wassers haben. Wenn man auch für möglichste Abrundungen Sorge trägt, so wird ein ziemlicher Druckhöhenverlust dennoch nicht zu vermeiden sein. In dieser Beziehung ist das Zugschütz mit großer Öffnung das vorteilhafteste, dem sich die zuletzt erwähnte Klappe und demnächst das einfache Drehschütz mit Drehachse in der Mitte anschließt.

**§ 24. Besondere Einrichtungen zur Wasserersparnis und zur Erleichterung des Durchschleusens.** Das Wasser für die Speisung von Schiffahrtskanälen ist oft schwer zu beschaffen und mitunter sind gewisse Kanallinien nur deshalb unausführbar, weil es ihnen an Speisewasser für ihre oberen Haltungen gebricht. Es ist deshalb eine wichtige Frage, wie die Kanalschleusen unter ungünstigen Wasserverhältnissen als besonders sparsam im Wasserverbrauch eingerichtet werden können. Diese Frage kann anscheinend in sehr einfacher Weise dadurch umgangen werden, daß man aus den unteren, genügend gespeisten Haltungen so viel in die oberen hineinschöpft, als diese zur Deckung ihrer Verluste erfordern. Man hat sogar versucht, die bei der Entleerung der Schleusenkammer in das Unterwasser fließende Wassermenge als Aufschlagwasser zum Betriebe von Wasserrädern zu benutzen, welche jenes Aufschöpfen besorgen sollten. Diese Versuche sind mißlungen und zwar größtenteils deshalb, weil auf diese Weise ein kleinerer Teil des Wassers der Schleusenkammer wieder gewonnen wird, als dies durch weit einfachere Mittel möglich ist. Die abnehmende Druckhöhe des Schleusenwassers gibt nämlich bei den unvermeidlich schädlichen Widerständen einen zu ungünstigen Nutzeffekt für das die Schöpfmaschine treibende Wasserrad, so daß es kaum möglich scheint, mehr als etwa 30 v. H. der ganzen mechanischen Arbeit des fallenden Wassers nutzbar zu machen, oder mehr als etwa ein Drittel dieses Wassers wieder zu

<sup>116)</sup> Tijdschr. van het koninkl. Inst. van ing. 1886/87, S. 48 und Revue industr. 1884, 23. Apr., S. 169.

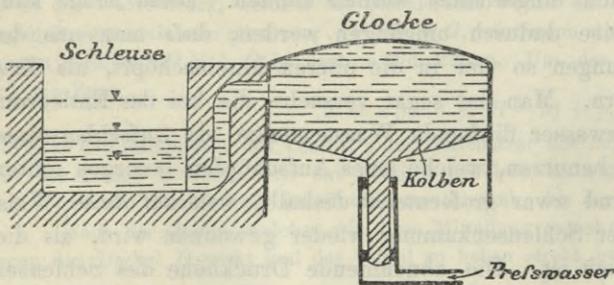
gewinnen. Das unmittelbare Aufpumpen des gesamten fehlenden Speisewassers wird aber wohl in den meisten Fällen als zu kostspielig erscheinen, weil diese Wassermenge ungleich größer ist, als die sich auf dem Kanal bewegenden Nutzlasten der Schiffe. Das Gewicht jeder Schleusenfüllung ist sehr gering gerechnet mindestens doppelt so groß wie die Nutzlast eines vollen Schiffes, und jedes durchgeschleuste Schiff verbraucht oft eine ganze, mindestens aber eine halbe Schleusenfüllung; ferner wird das nötige Speisewasser nur zum Teil zur Füllung der Schleusen, zum großen Teil dagegen zur Deckung sonstiger Verluste verbraucht. Das Aufpumpen des Speisewassers würde deshalb, zumal bei mehreren Haltungen hintereinander, den Betrieb des Kanals unverhältnismäßig verteuern. Unter besonders günstigen örtlichen Verhältnissen wird man vielleicht als billige Betriebskraft für Schöpfwerke auf den Wind rechnen können. Ferner steht zu hoffen, daß die sich schnell entwickelnde Elektrotechnik uns demnächst die Mittel an die Hand gibt, fern gelegene billige Wasserkräfte zum Speisen der oberen wasserarmen Haltung eines Kanals aus der unteren zu benutzen.<sup>116a)</sup>

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

Bei den Seitenbecken mit Schwimmern nach dem System Girard wird die Füllmasse der Kammer bald in das feste Seitenbecken hinabgelassen, bald wieder aus diesem in die Kammer hinaufgedrückt, je nachdem ein dieses Seitenbecken nahezu ganz ausfüllendes bewegliches Becken oder ein Schwimmer aufsteigt oder niedersinkt und in letzterem Falle auf die in dem festen Becken enthaltene Füllmasse drückt. Es handelt sich hier um eine sehr sinnreiche Anordnung, welche noch heute Beachtung verdient, obwohl sie nicht zur Ausführung gelangt ist. Wegen der betreffenden Einzelheiten muß indessen auf die 2. Auflage dieses Werkes (Kap. XXI, S. 461) und auf die unten erwähnten Quellen verwiesen werden.<sup>117)</sup> Zwei weitere ähnliche derartige Anordnungen skizziert Jébens in der Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1897, S. 292.

Das Seitenbecken mit Kolben von J. Nyssens-Hart besteht aus einer oben und an den Seiten luftdicht abgeschlossenen Glocke (siehe Abb. 275), in welcher

Abb. 275.



ein Kolben durch Prefswasser bewegt werden kann. Je nachdem der Kolben gehoben oder gesenkt wird, strömt das Wasser aus der Glocke in die Schleusen-kammer oder zurück.<sup>118)</sup>

Als vierte Einrichtung zur Wasserersparnis sind die beweglichen Kammern zu betrachten, bei denen unter vollstän-

<sup>116a)</sup> Über einen derartigen Versuch berichtete der Ingenieur Galliot in Dijon in der 2. Abteilung des Schiffahrtskongresses zu Brüssel 1898 (s. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 382).

<sup>117)</sup> Rapport et mémoire sur le nouveau système d'écluse à flotteur de M. D. Girard. Paris 1845. Über die Girard'sche Schiffsschleuse mit Schwimmer nach Poncelet, mit einigen Anmerkungen von Crelle. Berlin 1864.

<sup>118)</sup> Ann. des travaux publics de Belgique 1887, S. 301.

diger Trennung des Oberwassers vom Unterwasser die mit Wasser gefüllte Schleusen-kammer so vor die Haltungen geführt wird, daß eine Verbindung eintreten kann und daß ein voll hinabfahrendes Schiff, welches aus dem Oberwasser in die ohne Schiff vom Unterwasser nach oben gehobene Kammer fährt, einen großen Teil von deren Füll-masse in das Oberwasser drückt.

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

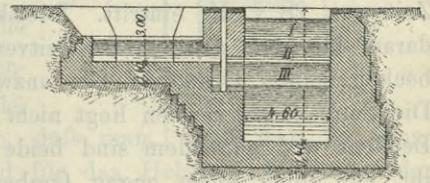
Von den aufgeführten verschiedenen Einrichtungen zur Wasserersparnis haben die beweglichen Kammern die größte Bedeutung und werden daher im nächsten Paragraphen, der von den Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle handelt, ein-gehender besprochen werden. Von den übrigen erscheint es ihrer allgemeinen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

Die einfachen festen Seitenbecken sind in ihren Grundzügen durch Abb. 276 dargestellt. Neben der Kammer liegt ein mit wasserdichten Wänden und Boden ver-sehenes und durch einen abschützbaren Kanal mit der Kammer verbundenes Becken. Wird die oberste mit *I* bezeichnete Schicht der Kammer in das Becken gelassen, so kann nach entleerter Kammer, aber auch nur dann, diese Wassermenge wieder in eine tiefere Lage, als Schicht *III*, in die Kammer zurückgeführt werden. Es ist ohne weiteres klar, daß, wenn alles in das Seitenbecken gelassene Wasser wieder in die Kammer zurückgeführt werden soll, die Oberfläche des Beckenwassers höchstens dem tiefsten Stande des aus der Kammer abzulassenden Wassers gleich kommen und daß das in die Kammer zurückgeführte Wasser höchstens die Höhe des Bodens im Seitenbecken annehmen kann. Besitzt also das Seitenbecken

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

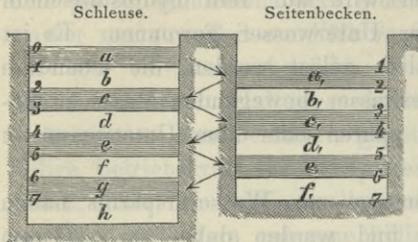
Günstiger stellt sich die Kostenfrage und zugleich die Größe der Ersparnis, wenn man nicht eins, sondern mehrere Becken nebeneinander, etwa zu beiden Seiten der Schleuse, herrichtet, und dann nicht eine sehr hohe Wasserschicht der Kammer verhältnismäßig tief hinabfallen läßt, sondern die Wassermenge der Kammer in mehrere dünne Schichten teilt, diese seitwärts mit möglichst kleinem

Abb. 276.



Fallverlust ablagert und dann bei der Wiederfüllung der Kammer die seitwärts gelagerten Schichten ebenfalls mit kleinstem Gefälle in die Kammer zurückleitet. Bei zunächst angenommener gleicher Oberfläche der einzelnen Becken wie die der Kammer und bei gleicher Schichtenhöhe wird nach nebenstehender Abb. 277 die Schicht *a* durch *a*, nach *c*, die Schicht *b* durch *b*, nach *d* u. s. w. gelangen, so daß bei *n* Seitenbecken *n* + 2 Schichten in der Kammer notwendig sind und daher die Ersparung des

Abb. 277.



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

Will man neben der Zahl der Becken auch deren Oberfläche vergrößern, so wird allerdings nach dem vorhergehenden die Ersparung noch mehr zunehmen, jedoch nicht in dem Maße, daß der Nutzen dem größeren Aufwande entsprechen dürfte. Wenn die Fläche der Becken z. B. doppelt so groß als die der Kammer, die Höhe also entsprechend kleiner genommen wird, so ergibt sich bei einer Höheneinteilung, in der die Beckenhöhe als Einheit zu-

grunde gelegt wird, leicht, daß die größte Ersparung sein wird  $\frac{2n}{2n+3}$ , also bei 1 Becken =  $\frac{2}{5}$ , bei 2 derselben =  $\frac{4}{7}$ , bei 3 =  $\frac{2}{3}$ , bei 4 =  $\frac{8}{11}$  u. s. w. Am größten ist also in den beiden obigen Beispielen der Unterschied bei zwei Becken, er wird aber bei zunehmender Zahl immer kleiner.

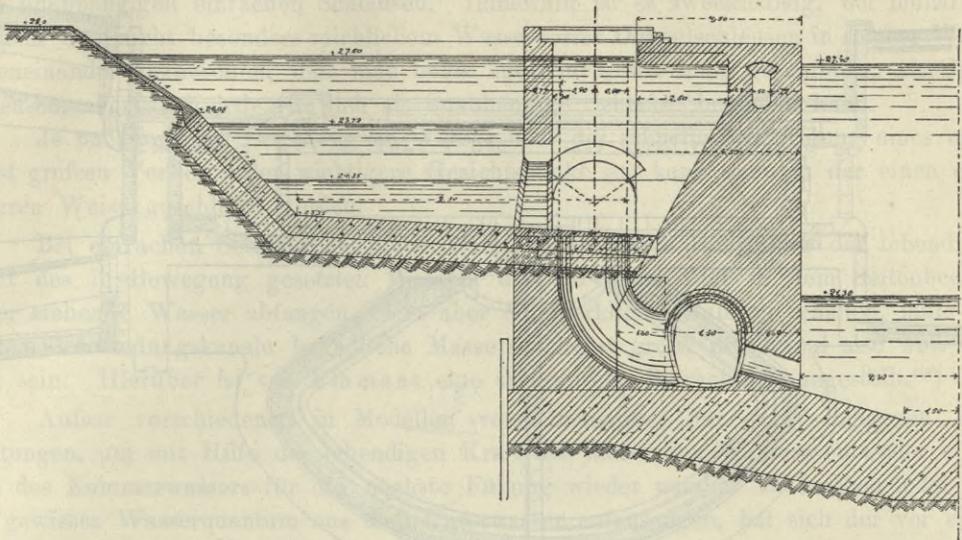
Regierungs-Baumeister Bergius hat die Wasserersparnis bei verschiedener Anzahl und Größe der Seitenbecken zeichnerisch dargestellt (Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 304). Es ergibt sich daraus, daß die Vermehrung und die Vergrößerung der Seitenbecken die Wasserersparnis nicht in angemessenem Verhältnis mit den Baukosten und Betriebserschwernissen zunehmen läßt, und daß es am zweckmäßigsten ist, nur zwei Seitenbecken von derselben Fläche wie die Kammer anzuwenden.

Unter den Bedenken, welche gegen die Anwendung von Sparschleusen erhoben werden, ist das gewichtigste der größere Zeitaufwand, welcher zum Füllen und Leeren der Schleuse gegenüber gewöhnlichen Schleusen erforderlich ist. Die Leistungsfähigkeit einer Sparschleuse ist daher eine geringere, als diejenige gewöhnlicher Schleusen. So dauert z. B. die Füllung der Kammer der Sparschleuse bei Obourg (Belgien) unter Benutzung der beiden Seitenbecken von gleicher Fläche wie die Kammer 7' 15'', dagegen ohne deren Benutzung nur 3' 5'', so daß für eine Doppelschleusung eine Versäumnis von  $2 \times 4' 10'' = 8' 20''$  oder bei einer Gesamtdauer von 30' ein Mehrverbrauch an Zeit von 28 v. H. eintritt. Lieckfeldt weist nun im Zentralbl. d. Bauverw. 1895 darauf hin, daß diese große Zeitvermehrung für das Füllen bei Verwendung der Sparbecken seinen Grund in der unzulässigen Gestalt der Becken bei Obourg hat. Die Sohle dieser Becken liegt nicht tiefer, als der untere Wasserstand des betreffenden Beckens und außerdem sind beide Becken von der Kammer ganz getrennt und mit ihr nur durch einen engen Graben verbunden. Der Abfluß des Wassers aus den Becken wird also durch zu große Reibung auf der Beckensohle und an den Grabenwänden außerordentlich verzögert. Außerdem darf man beim Füllen der Becken das Wasser nur langsam einlassen, weil sonst die Grabenwände zerstört würden.

Dieser Übelstand fällt fort, wenn die Becken, wie Abb. 278 zeigt, angeordnet werden (Schleuse bei Gleesen im Dortmund-Ems-Kanale). Die Becken liegen unmittelbar an der Schleuse, sind tiefer, als sie sich entleeren sollen, haben Gefälle in der Sohle nach der Kammer zu, und sind mit letzterer durch möglichst große Kanäle mit glatten Wänden verbunden. Die Krümmungen, welche das Wasser beim Ein- und Ausströmen zu durchlaufen hat, müssen möglichst große Halbmesser erhalten.

Es empfiehlt sich ferner, die Tore und Ventile von einer Zentralstelle aus zu bedienen, um Zeitverluste durch Wege des Schleusenwärters zu vermeiden.

Abb. 278. Sparbecken der Schleuse zu Gleesen.



Endlich empfiehlt Lieckfeldt mit Recht, nicht die volle Ausspiegelung der Wasserstände zwischen Kammer und Seitenbecken und umgekehrt abzuwarten, weil die dadurch verloren gehende Wassermenge nicht im richtigen Verhältnisse zu dem Zeitverluste steht, den das Einströmen des Wasserrestes erfordern würde.

Die schematische Darstellung einer derartigen Sparschleuse mit zwei Seitenbecken zeigt Abb. 279. Die Ersparnis berechnet sich dabei nicht mehr zu  $F \cdot \frac{h}{2}$ , wenn  $F$  der Flächeninhalt der Kammer und eines jeden Sparbeckens und  $h$  das ganze Gefälle ist, sondern nur noch zu  $F \left( \frac{h}{2} - e \right)$ , z. B. für  $h = 6$  m und  $e = 0,1$  m bzw.  $0,2$  m bzw.  $0,3$  m beträgt die Ersparnis  $0,484$  bzw.  $0,467$  bzw.  $0,45$  der Füllmasse.

Es muß dann die Wassermenge für ein Gefälle von  $\left( \frac{h}{2} + e \right)$  zur Verfügung stehen, also in vorstehendem Beispiele für  $3,1$  bzw.  $3,2$  bzw.  $3,3$  m Gefälle.

Versuche an einem Modelle haben ergeben, daß man, wenn man bei einer Schleuse von  $6$  m Gefälle  $e = 17\frac{1}{2}$  cm nimmt und für das Heben und Senken der Schützen zu den Seitenbecken je  $10''$ , des Oberhauptes  $40''$  rechnet, die Schleuse in  $4\frac{2}{3}'$  füllen kann.

Man wird also eine Doppelschleusung bei einer Sparschleuse in etwa  $30'$  ausführen können, welche Zeit auch bei gewöhnlichen Schleusen gerechnet werden muß. Die Leistungsfähigkeit einer Sparschleuse dieser Anordnung ist also nicht nennenswert geringer, als diejenige einer gewöhnlichen Schleuse.

Die Kosten einer Sparschleuse mit  $6$  m Gefälle für Schiffe von  $600$  t berechnet Lieckfeldt zu  $634000$  M., die Kosten von zwei einfachen Schleusen von je  $3$  m Gefälle zu  $632000$  M., also rund ebenso hoch. Bei der Sparschleuse werden aber ein Dienstgehöft, die Gehälter von  $1$  Schleusenmeister und die Löhne für  $1$  bis  $2$  Schleusenarbeiter gespart.

Abb. 279.

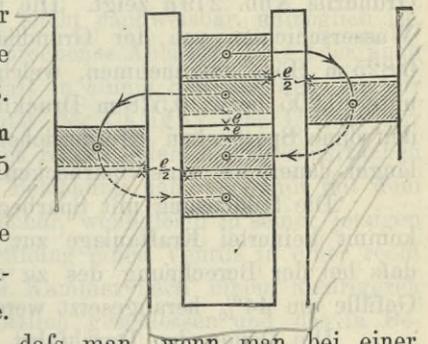
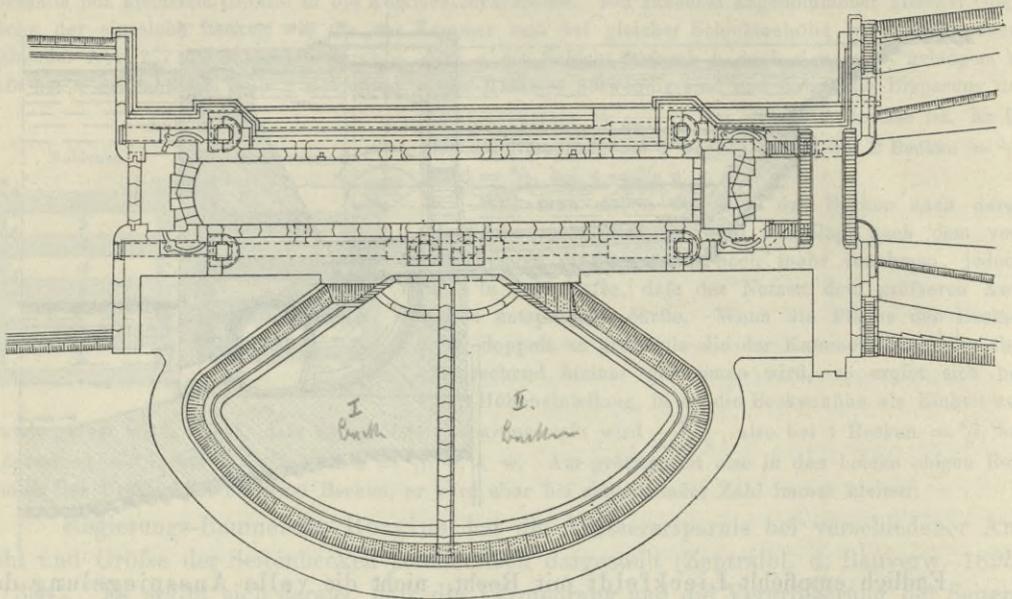


Abb. 279 a. Sparschleuse im Kanal Charleroi-Brüssel.



Sehr zweckmäÙig sind auch die neuen Schleusen für den vergrößerten Kanal von Charleroi nach Brüssel, welche Lefebvre in dem Berichte zur 1. Frage der ersten Abteilung für den IX. internationalen Schiffahrtskongress ausführlich beschreibt. Es sind hier 7 Sparschleusen mit je 4,10 m und 8 mit je 4,50 m Gefälle angeordnet, deren GrundriÙs Abb. 279 a zeigt. Die im Grundrisse fächerförmigen Sparbecken vermögen Wasserschichten von der Grundfläche der Schleusenammer und von 0,95 m bzw. 0,825 m Höhe aufzunehmen, welche beim Abfließen in die Kammer schließlich noch unter 0,205 bzw. 0,578 m Druckhöhe stehen. Dadurch werden 425 cbm Wasser von den ohne Sparbecken erforderlichen 980 cbm gespart, während die Füllung nur 2 Min. länger dauert als ohne Sparbecken.

Die Schleusung mit Sparbecken bei 4,10 m Gefälle dauert nur 15 Min. Dabei kommt keinerlei Kraftanlage zur Verwendung. Lefebvre kommt zu dem Schlusse, daß bei der Berechnung des zu den Schleusungen erforderlichen Wassers die hohen Gefälle um 44% herabgesetzt werden können, wenn man Sparbecken anwendet.

Die Dauer der Durchfahrt eines Schiffes wird dadurch nicht wesentlich vermehrt und sie bleibt stets unterhalb der Dauer, die Hebewerk und geneigte Ebene erfordern. Die Leistungsfähigkeit eines Kanals ist deshalb unter im übrigen gleichen Umständen am größten, wenn die Gefälle durch Schleusen überwunden werden, die hinreichend voneinander entfernt sind. Die Länge der Haltungen sollte mindestens so groß sein, als die Strecke, die die Schiffe in der Zeit zurücklegen können, welche eine Schleusung erfordert. (Vergl. auch den Abschnitt: Vergleichung der verschiedenen Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle.)

Unter Umständen ist in Kanälen mit so lebhaftem Verkehre, daß eine einfache Schleuse zur Bewältigung desselben nicht ausreicht, eine Doppelschleuse zweckmäÙig, bei der die eine Kammer immer als Sparbecken für die andere dienen kann. Auf diese Weise kann man das halbe Wasser ersparen; es geschieht dies aber auf Kosten der Leistungsfähigkeit der Anlage, denn nach genauen Ermittlungen von Lieckfeldt

ist die Leistung einer derartigen Doppelschleuse nur etwa gleich  $\frac{2}{3}$  der Leistung von zwei unabhängigen einfachen Schleusen. Immerhin ist es zweckmäfsig, bei lebhaftem Verkehr und nicht besonders reichlichem Wasservorrat Doppelschleusen in solcher Weise nebeneinander anzuordnen, dafs man beide zusammen, wie oben geschildert, als Sparschleusen, aber auch jede für sich als unabhängige Schleuse benutzen kann.

Je nachdem die Ersparung an Wasser oder die schnelle Bewältigung eines möglichst grofsen Verkehrs der wichtigere Gesichtspunkt ist, kann dann in der einen oder anderen Weise geschleust werden.

Bei einfachen Seitenbecken läfst sich endlich durch Benutzung der lebendigen Kraft des in Bewegung gesetzten Wassers das auf kurze Zeit in dem Seitenbecken höher stehende Wasser abfangen. Um aber ein merkliches Mafs zu erhalten, mufs die in dem Verbindungskanale befindliche Masse möglichst grofs, der Kanal also weit und lang sein. Hierüber ist von Flamant eine theoretische Betrachtung angestellt.<sup>119)</sup>

Aufser verschiedenen in Modellen versuchten oder nur vorgeschlagenen Einrichtungen, um mit Hilfe der lebendigen Kraft des fliefsenden Wassers entweder einen Teil des Kammerwassers für die nächste Füllung wieder nutzbar zu machen oder gar ein gewisses Wasserquantum aus dem Unterwasser aufzusaugen, hat sich der vor einer Reihe von Jahren an der Schleuse zu Aulois in dem Seitenkanal der Loire ausgeführte Umlaufapparat des Marquis de Caligny Beachtung erworben.<sup>120)</sup>

Er beruht darauf, dafs eine in Bewegung gesetzte Wassermenge nicht eher zur Ruhe kommt, bis der letzte Rest der lebendigen Kraft sich entweder durch Aufsteigen des Wassers über seine hydrostatisch bestimmte Oberfläche oder durch Reibungswiderstände u. s. w. verzehrt hat. Nebenbei wird der Druck der Atmosphäre benutzt, um unter einer aufsteigenden, aber im Zuflufs begrenzten Wassersäule ein Aufsaugen aus dem Unterwasser zu bewirken. Da es nun, wie leicht nachweisbar, unmöglich ist, die Füllmasse der Kammer durch einmaliges ununterbrochenes Ablassen ganz oder auch nur zum gröfsten Teil vermöge ihrer lebendigen Kraft in einem Seitenbecken bis zur Höhe des Oberwassers wieder aufzufangen, so benutzt der Caligny'sche Umlauf nur auf kurze Zeit die gröfste Entwicklung der lebendigen Kraft, indem er mit mehrfachen Wiederholungen ruckweise arbeitet. Er ist in dieser Beziehung nahe verwandt mit dem hydraulischen Widder und arbeitet ähnlich wie ein solcher, wenngleich in seiner jetzigen Gestalt noch nicht selbstwirkend. Es wird durch Öffnung eines Ventils in einer recht langen Röhre zunächst aus dem hohen Wasser der Kammer nach einem niedrigeren Becken hin ein Strom erzeugt, das Ventil wird plötzlich geschlossen und das in Bewegung gesetzte Wasser durch seine lebendige Kraft gezwungen, einen höheren Ausweg nach dem Oberwasser hin zu suchen. Sobald die lebendige Kraft hierzu nicht mehr ausreicht, wird das Spiel erneuert.

Hierzu dienen die in Abb. 280 a bis c (S. 300) dargestellten Einrichtungen.

Dieselben bestehen:

1. aus einem gemauerten, halbkreisförmig überdeckten Kanale von 1,2 m Weite und 1,55 m Höhe bis zum Scheitel; in der Torkammer des Unterhauptes beginnt derselbe mit einer Sohlentiefe von 1,8 m unter dem Unterwasser, zugleich mit einer wagerechten Erweiterung

<sup>119)</sup> Flamant, Über die Ersparung von Wasser beim Durchschleusen unter Benutzung eines Hilfsreservoirs und der lebendigen Kraft des Wassers. Ann. des ponts et chaussées 1881, Jan. S. 81—92; deutsch bearbeitet und ergänzt von Keck in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 677.

<sup>120)</sup> Vergl. Wochenschr. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 132 u. 142. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 39. — Ann. des ponts et chaussées 1886 II. S. 122.

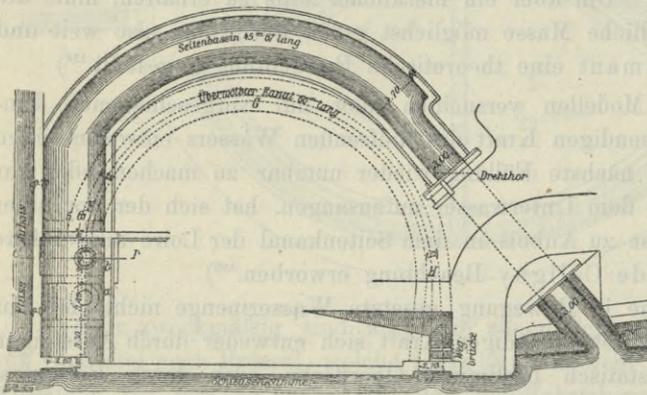
von 2,7 m; er fällt nach dem Oberhaupte hin auf seiner letzten Strecke bis auf etwa 3,8 m unter Unterwasserhöhe mit der Sohle hinab und endet neben dem Oberhaupte mit zwei durch Zylinderventile (s. Abb. 270, S. 288) verschließbaren Öffnungen *a* und *b* unter zwei besonderen, mit dem Oberwasser und mit einem großen Seitenbecken in Verbindung stehenden Räumen;

2. aus dem eben erwähnten Seitenbecken, auch Sparbecken genannt, welches unterhalb der Schleuse aus dem Unterwasser beginnt, bei einer passenden Stelle durch ein Drehthor abgeschlossen werden kann und sich, wie unter 1. erwähnt, am oberen Ende bis über die erste Öffnung *b* des genannten Kanals erstreckt;

3. aus den zwei über den Öffnungen *a* und *b* des gemauerten Kanals befindlichen, oben und

Abb. 280 a bis c. Caligny's Umlauf. Schleuse von Aubois.

Abb. 280 a. Grundrißs. M. 0,0015.

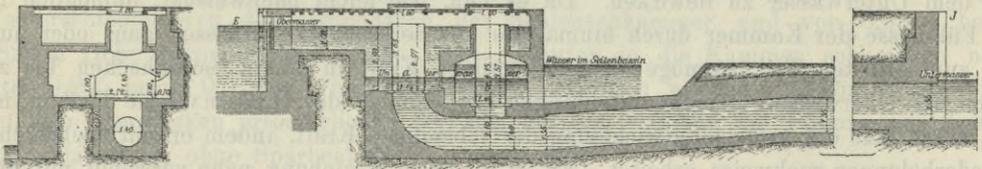


unten offenen Zylinderventilen, welche an Ketten hängen und durch einen Hebel mit Leichtigkeit gehoben werden können. Sie stehen mit ihren unteren Rändern mit Hilfe von Gummi wasserdicht auf den Rändern der Öffnungen des gemauerten Kanals und verschließen als Ventile diese Öffnungen, falls nicht etwa ein Wasserstrahl durch sie selbst hindurch und oben aus ihnen austritt. Die beiden Ventile, von denen *a* das Oberventil, *b* das Unterventil genannt werden mag, haben nicht gleichen Durchmesser, sondern es muß das Unterventil *b* etwas weiter sein als das Oberventil *a*.

Abb. 280 b. Schnitt CD.

M. 0,003.

Abb. 280 c. Schnitt EFGH.



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

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

Soll die Schleuse entleert werden, so wird das Unterventil gehoben. Das Kammerwasser durchläuft den Kanal und tritt in das leere Seitenbecken; nach einigen Sekunden ist die Geschwindigkeit groß genug, man läßt das Unterventil fallen und das in Bewegung gesetzte Wasser strömt vermöge seiner lebendigen Kraft durch beide Ventile in das Oberwasser. Sobald die lebendige Kraft hierzu nicht mehr ausreicht, wird das Spiel wiederholt, bis die Kammer so weit entleert ist, daß sich keine genügende Geschwindigkeit im Kanale mehr bildet. Man kann alsdann entweder einfach durch Hebung des Unterventils den Rest des Kammerwassers in das Seitenbecken und durch dieses in das Unterwasser ablassen, oder aber man kann eine fernere Ersparung herbeiführen. Hierzu schließt man das Drehthor zwischen Seitenbecken und Unterwasser und hebt dann das Unterventil. Das alsdann aus der Kammer in das Seitenbecken fließende Wasser nimmt in dem Kanal noch eine solche Geschwindigkeit an, daß das Wasser in dem Seitenbecken für kurze Zeit höher steigt, als es in der Kammer fällt; es wird dann

im richtigen Augenblick das Unterventil geschlossen, während gleichzeitig sich die Untertore selbstwirkend öffnen und aus der unteren Haltung so viel Wasser in die Kammer lassen, als deren Stand unter der Höhe des Unterwassers gesunken ist. Das in dem Seitenbecken bis 15 cm über Unterwasserhöhe gestiegene Wasser wird später zur ersten Füllung der Kammer wieder verwandt.

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

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

Ein Hauptvorteil des Apparates ist außer der Wasserersparung, daß für etwaige kurze obere Haltungen sehr geringe Schwankungen und an engen Stellen keine heftigen Geschwindigkeiten bei dem Durchschleusen eintreten und daß die Öffnung der Tore erleichtert wird. Übrigens dürfte sich empfehlen, noch gewöhnliche Torschützen anzubringen, um den Betrieb zu sichern, und die bedeutenden Kosten würden sich durch Vereinfachung der Anlage des Seitenbeckens wohl etwas verringern lassen.<sup>121)</sup>

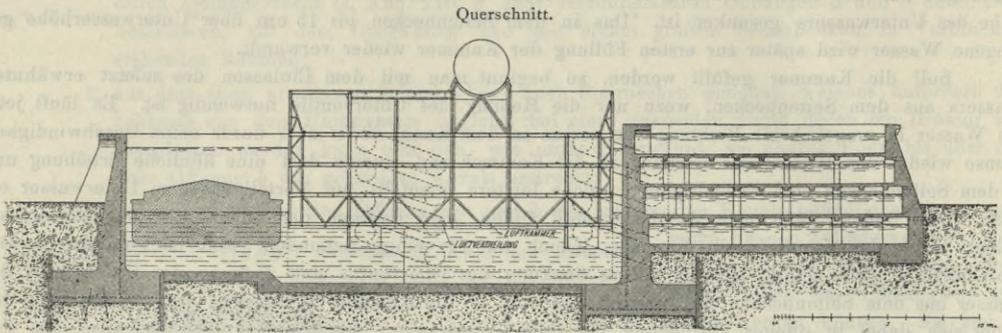
Mehr unter die Einrichtungen zur Wasserersparnis als unter die Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle gehört das Patent von Charles Antoine Cardot in Paris (D. R. P. No. 124818), welches im Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 588 beschrieben und dargestellt ist. Die Einrichtung — ein Schiffshebewerk ohne Wasserverbrauch für geringe Hubhöhen — ist zwar außerordentlich sinnreich, aber sehr kostspielig in Bau und Unterhaltung, denn sie erfordert nicht nur kostspielige Fundierungen, sondern auch viel Eisen; sie wird daher schwerlich ausgeführt werden.

Ähnlich verhält es sich mit der Schleuse ohne Wasserverbrauch von Schnapp-von Gerstenbergk, welche in dem Berichte des erstgenannten Herrn zur 1. Abteilung für den IX. Schiffahrtskongress eingehend behandelt ist, wiewohl diese für erheblich größere Gefälle Verwendung finden kann.

Das Prinzip dieser Schleuse zeigt Abb. 281. Neben der Schleusenkammer befinden sich Wasserbecken, deren Inhalt sich jedoch nicht in die Schleusenkammer entleert, sondern in eine gleiche Anzahl Wasserkammern eines Schwimmers, welcher hierdurch beschwert wird und beim Niedergange den Kammerwasserspiegel in die Höhe treibt. Die einzelnen Abteilungen des Schwimmers stehen mit den zugehörigen Seiten-

<sup>121)</sup> Näheres über die Einrichtung und die Theorie des Apparates s. Lagrené, Cours de navigation intérieure, III. Bd. — Ann. des ponts et chaussées (März 1869 und Sept. 1880). — Journ. de mathématiques de Lionville 1838. — Comptes rendus de l'Académie des sciences 1872/73.

Abb. 281. Schleuse ohne Wasserverbrauch nach Schnapp-von Gerstenbergk.



becken durch Gelenkrohre in Verbindung. Näheres über Berechnung, Betriebsweise und Kraftverbrauch s. die Quelle.

Auch diese Schleuse enthält neben viel Mauerwerk viel Eisen, und es erscheint fraglich, ob die Anlagekosten, kapitalisierten Unterhaltungs-, Abschreibungs- und Betriebskosten sich nicht höher stellen, als die gleichen Kosten für eine gewöhnliche Schleuse, bei der das Wasser wieder künstlich aufgepumpt wird.

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

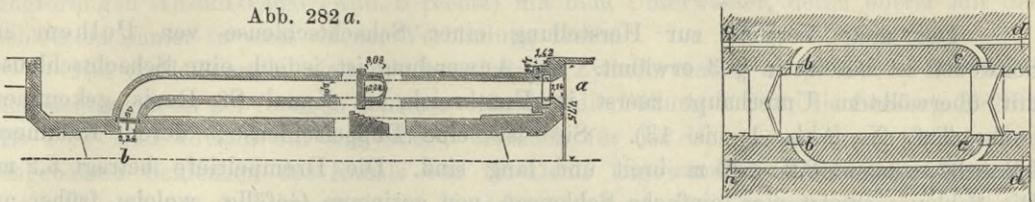
Die erste gelungene Anwendung hiervon ist durch den Ingenieur Maus bei den Schleusen zu Herbières und Ath in Belgien gemacht. Die Veranlassung hierzu gab die Schwierigkeit, mit welcher die sehr voll gebauten, bis 250 t haltenden belgischen Kanalschiffe in die nur um ein sehr geringes Maß weiteren Schleusen aus- und einfahren, indem die beladenen Schiffe sich ähnlich wie der Kolben in einem Zylinder verhielten. Es kam zunächst also darauf an, dem Wasser bei der Einfahrt eines Schiffes einen leichten Ausweg und ebenso bei der Ausfahrt ihm einen Zuweg in den hinteren Teil der Kammer zu gestatten. Hierzu dient bei der Schleuse zu Herbières der in Abb. 282 a skizzierte Seitenkanal *a b*, welcher 2 m breit und 2,22 m bis zum Scheitel seines halbkreisförmigen Gewölbes hoch ist. Die geradlinige Sohle befindet sich in der Höhe des Oberdempels und der Scheitel etwas über dem Oberwasserspiegel. An seinem unteren Ende bei *b* befindet sich das in Abb. 262 dargestellte Drehschütz, welches vom Wärter mit Hilfe einer Schraube bewegt werden kann. Bei der Füllung der Schleuse beginnt man mit der Öffnung der Torschützen und öffnet das Drehtor des Seitenkanals erst dann, wenn die Spiegeldifferenz auf etwa 0,5 m herabgesunken ist. Es füllt sich alsdann nicht nur rasch die Kammer, sondern es öffnen sich durch die entstandene Überhöhung des Kammerwassers die Obertore und das etwa in der Kammer befindliche Schiff wird sanft aus derselben in die obere Haltung getrieben. So notwendig die große Länge und Weite des Seitenkanals zur Erzeugung einer wirksamen lebendigen Kraft ist, so darf doch nicht bei einem größeren Gefälle als dem genannten von 0,5 m die Bewegung erfolgen, weil sonst eine zu heftige Bewegung in der Kammer entstehen und der Wärter nicht Herr über das Drehtor bleiben würde. Nach der Ansicht des Erfinders würde aber aufer einer etwas größeren Weite des Seitenkanals noch die Anbringung eines Schützes in dem größeren Flügel des Drehtores zweckmäßig sein, um das Tor jederzeit mit Leichtigkeit beherrschen zu können.

Bei der Schleuse zu Ath, welche vorzugsweise von beladen zu Berg fahrenden Schiffen benutzt wird, kommt es umgekehrt darauf an, die aus dem Unterwasser kommenden Schiffe leicht in die Schleuse einfahren zu lassen. Zu dem Zwecke geht ein ähnlicher Seitenkanal von dem oberen Ende der Kammer nach dem Unterwasser, um nach seiner Öffnung das Wasser in der Kammer so zu erniedrigen, daß das Unterwasser die Untertore öffnen und das Schiff in die Kammer hineindrängen muß. Nach den Angaben Lagrené's<sup>122)</sup> hierüber scheint die Tiefe des Seitenkanals jedoch nicht zu genügen.

Von demselben Schriftsteller wird zur Erlangung der meisten Vorteile die folgende, in Abb. 282 b dargestellte Anordnung empfohlen:

<sup>122)</sup> Lagrené, Cours de navigation intérieure. III. Bd., S. 126.

Abb. 282 b.



An jeder Seite der Schleuse geht ein Längskanal ganz vom Oberwasser bis zum Unterwasser. Dicht hinter dem Obertore und vor dem Untertore 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 abzusperrern 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. Das Wasser der Kammer überhört sich, öffnet die Obertore 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 Untertore 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 Untertore öffnen sich; es müssen dann aber die Schützen *bb* geschlossen und die Schützen der Obertore 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 Untertoren nach Öffnung der Obertore 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.

(55 Textabbildungen.)

§ 25. Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle. Schachtschleusen, 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 dem 18. Jahrhundert. Sie haben jedoch durch die Preisausschreiben für den Marne-Saone- und den Donau-Moldau-Elbe-Kanal, sowie überhaupt infolge der großen Kanalbauten, welche von allen Kulturstaaten geplant werden, nicht nur wesentliche vervollkommnung, sondern auch in einzelnen neuen Grundgedanken beachtenswerten Wettbewerb gefunden.

## 1. Schachtschleusen.

Der erste Versuch zur Herstellung einer Schachtschleuse von Polhem in Schweden ist bereits in § 3 erwähnt. Zur Anwendung ist jedoch eine Schachtschleuse mit überwölbtem Unterhaupt zuerst in Frankreich, im Kanal St. Denis gekommen (siehe Taf. X, Abb. 1 bis 13). Sie ist eine Doppelschleuse, deren Kammern  $5,2 \times 38,5$  bzw.  $8,2 \times 45$  m breit und lang sind. Die Drempttiefe 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, so dafs diese mit kurzer Unterbrechung bis zur Fertigstellung der gröfseren Kammer im Betriebe bleiben konnte.

In der Mauer, welche die beiden Kammern trennt (Abb. 11, Taf. X), 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, so dafs 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 Beckensohle 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 (Abb. 2 und 5 bis 10, Taf. X),
2. einen unteren Kanal, der durch Stichkanäle, welche auf der Kammersohle ausmünden, stets mit der Kammer in offener Verbindung ist (Abb. 3 und 5 bis 10).

Im oberen Kanale (Abb. 2) liegen nahe dem Oberwasser niedere Zylinder-ventile *a* (s. Abb. 271, S. 289), 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 (Abb. 9), der dazu dient, um überflüssiges Wasser aus dem Oberwasser mit Umgehung der Kammer abzulassen bzw. die untere Haltung zu speisen. Am äußersten Ende des Kanals liegt die Turbine *c* zum Bewegen der Tore, deren verbrauchtes Wasser ebenfalls frei in das Unterwasser gelangt (s. Abb. 10).

Der untere Kanal, durch Abb. 3, Taf. X im Horizontalschnitt dargestellt, enthält im mittleren Teile die Mündungen der aus dem Sparbecken kommenden Schächte (Abb. 6), deren obere in der Beckensohle liegende Öffnung *d* (Abb. 2) durch die in § 23 erwähnten niedrigen Zylinderventile (Abb. 273, S. 291) mit bis über Wasser reichendem festen Zylinder abgeschlossen sind. Diese empfangen inneren Druck, wenn die Kammer gefüllt, das Sparbecken aber leer ist, dagegen äußeren Druck im umgekehrten Falle.

Weiter zum Unterwasser liegen die Auslafsventile *f*, welche die Verbindung zwischen Schleusen-kammer und Unterwasser sperren. Abb. 8, Taf. X zeigt einen senkrechten Schnitt durch den Sitz eines Ventils *f*. Der untere Kanal ist hier der Höhe

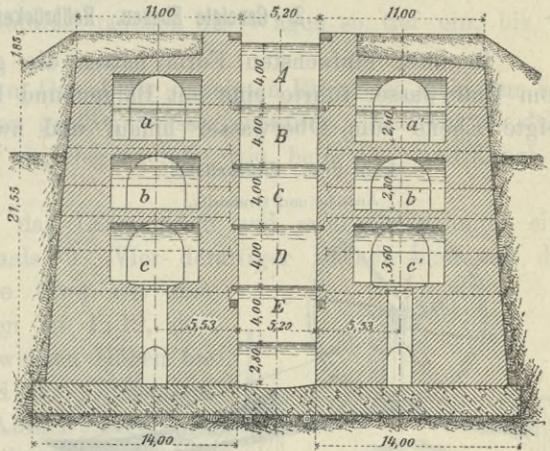
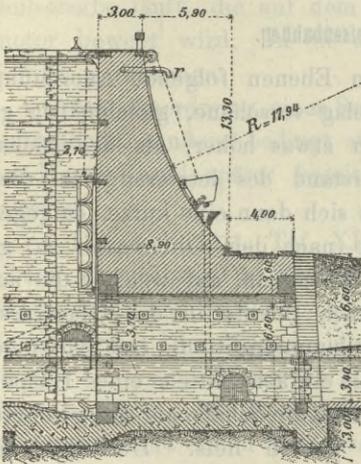
nach in zwei Teile zerlegt, deren unterer, von kreisförmigem Querschnitte durch den ringförmigen Ausflussskanal (Abb. 3 rechts) mit dem Unterwasser, deren oberer mit der Schleusenammer in stets offener Verbindung bleibt.

Die Auslassventile sind wieder niedrige Zylinderventile nach Abb. 271. Nach Beobachtungen an der fertigen Schleuse erfordert die Füllung 7' 20'', die Leerung 8' 20''. Als Tore sind sowohl für das Ober-, als auch für das Unterhaupt die bei fast allen umgebauten Schleusen des Kanals von St. Denis angewandten einflügeligen Drehtore mit senkrechter Achse benutzt. Im Unterhaupt liegt das Tor mit allen vier Seiten am Mauerwerke an, wodurch es wesentlich leichter ausgeführt werden kann. Die Wahl dieser Torart auch für das Unterhaupt der Schachtschleuse muß als verfehlt bezeichnet werden, da hier wegen der Höhe der Seitenmauern und des Gefälles die Nachteile dieser Bauweise (Verlängerung der Kammer, vergl. § 21) besonders groß werden. Man vergl. auch die Tabelle am Schlusse dieses Paragraphen.

Abb. 283 a u. b. Schleuse für 20 m Gefälle. M. 0,002 (1 : 500).

Abb. 283 a. Längenschnitt des Unterhauptes.

Abb. 283 b. Querschnitt.



Diese Unvollkommenheit hat Fontaine bei seinem Entwurfe einer Schachtschleuse von 20 m Gefälle vermieden, indem er für das Unterhaupt ein Schützentor anwandte, welches nach oben gezogen wird und durch einen Gegengewichtswagen ausgeglichen ist (s. Abb. 283 a). Dieser Wagen enthält drei Abteilungen, zwei seitliche für festen, eine mittlere für Wasserballast. Der Wagen mit dem festen Ballast allein ist leichter als das Tor, mit dem Wasserballast zusammen ist er schwerer. Soll das Tor gehoben werden, so wird aus dem Oberwasser der Wasserballastraum durch das Rohr r gefüllt. Soll das Tor sinken, so läßt man das Wasser aus dem Wagen ablaufen.

Diese für den Kanal von Burgund entworfene Schleuse hat 40 m Kammerlänge und 5,2 m Breite, sie enthält in jeder Seitenwand, wie Abb. 283 b 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, so daß 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 Zylinder-ventilverschluss in Verbindung mit einem unteren Kanal, von dem stets offene Stichkanäle zur Kammer führen. Die Verbindung dieses Kanals mit dem Ober- und Unter-

wasser 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 bezw. den Kanal und die Kammer selbst erfolgen.<sup>123)</sup> Über die Kosten und den Wasserverbrauch dieser Schleuse siehe die Tabelle am Schlusse des Paragraphen.

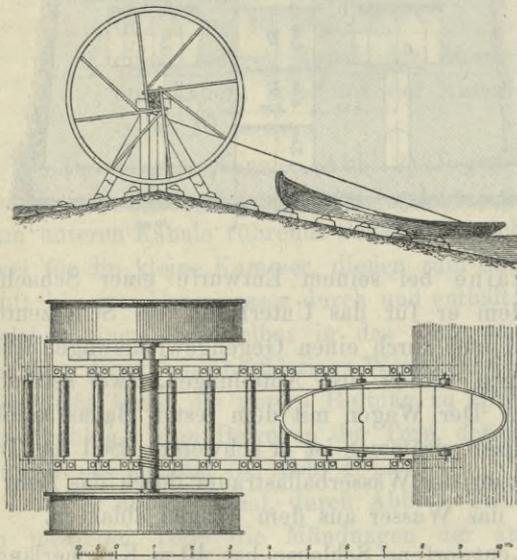
Die Schachtschleusen haben den Vorzug großer Einfachheit, sie verbrauchen aber trotz der Sparbecken ziemlich viel Wasser. Man war daher schon längst darauf bedacht, Vorkehrungen zu ersinnen, die bei Mangel an Wasser in den Scheitelhaltungen die Überwindung großer Gefälle ermöglichen, und hat in der Tat in den geneigten Ebenen, Druckwasser- und Schwimmerschleusen solche gefunden, die bei überwiegend talwärts gehendem Lastverkehr sogar eine Speisung der oberen Haltung aus der unteren bewirken. Während bei den Schachtschleusen wie bei den gewöhnlichen Kammerschleusen 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 Ebene zum Oberwasser hinauf und zwar noch etwas höher, als der höchste

Abb. 284. Rollbrücke.

Ansicht und Grundrifs.



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 geneigten Ebene gleiten ließ. Derartige einfachste Vorrichtungen sind in China seit Jahrhunderten im Gebrauch und auch in Belgien konnte man noch vor nicht langer Zeit solche finden, welche aus dem zwölften Jahrhundert stammten.

Eine Vervollkommnung dieser einfachen Schleppen sind die sogenannten Rollbrücken (Abb. 284), welche auch bereits seit langer Zeit verwendet sind.<sup>124)</sup> 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 infolgedessen sehr stark beansprucht wird. Sie eignen sich daher nur für ganz kleine Fahrzeuge.

<sup>123)</sup> Näheres siehe: Génie civil 1891, Bd. XVIII, S. 262. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891.

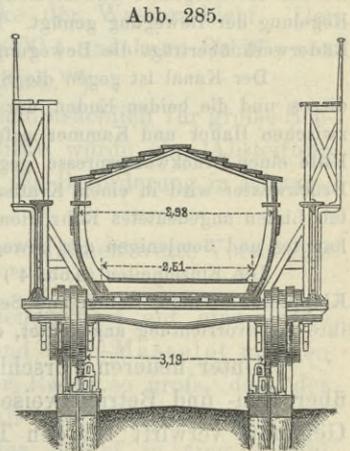
<sup>124)</sup> Vergl. Génie civil 1887, S. 319. Ebenen beim Bezon ud Suresnes.

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 Wagentafel 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 der geneigten Ebene bildet, abgeschlossen. Wenn aus dieser Schleuse das Wasser abgelassen war, wurde der Wagen hineingefahren, darauf das untere Tor geschlossen, die Schleuse voll Wasser gelassen und das Schiff nach Öffnung des oberen Tores eingefahren. Nach Schluß des letzteren und Ablassen des Wassers setzte sich das Schiff auf den Wagen und konnte nach unten befördert werden. Eine solche geneigte 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 Druckwassermotor 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 Abb. 1<sup>a-c</sup>, Taf. XI zeigen das Längenprofil und zwei Querschnitte einer Ebene des Elbing-Oberländischen Kanals.<sup>125)</sup> Vier derartiger Ebenen sind seit dem Jahre 1860 im Betriebe, eine fünfte etwa seit dem Jahre 1880. Die Neigung der ersteren ist 1:12, diejenige der neuen Anlage 1:11,6; es werden Höhen bis 25 m erstiegen. Die Betriebskraft wird dem Oberwasser entnommen und einem Wasserrade *R* (Abb. 1<sup>b</sup>) zugeführt, welches durch Vermittelung einer Seiltrommel die um die Seilscheiben *S* geleiteten Drahtseile in Bewegung setzt. An die letzteren sind die Schiffswagen *W* gekuppelt. Abb. 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 Achse talwärts 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 vergl. 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 fahr-

<sup>125)</sup> Hagen, Wasserbaukunst, III. Teil, 3. Bd. — 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 Schiffelevatoren. — H. Gruson et L. A. Barbet, Étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux. Paris 1890.

bare Kammer einführte. 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 der Kammer beträgt aber nur 61 cm, da nur die leeren Schiffe auf der geneigten Ebene, die vollen aber durch vier Doppelschleusen befördert werden. Die Ebene ist zweigleisig. Die Wagen tauchen im Unterwasser soweit ein, daß das Schiff ausschwimmen kann. Beim Oberwasser wird die fahrbare Kammer durch Druckwasserpressen stark gegen ein mit Toren versehenes Schleusenaupt 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.<sup>126)</sup>

Auch die geneigte Ebene am Potomac, die sogenannte Dodge-Schleuse, welche seit 1876 im Betriebe ist, hat eine ähnliche Bauart; die Abb. 4<sup>a-d</sup>, Taf. XI stellen sie dar. Sie vermittelt bei einem durchschnittlichen Höhenunterschiede von 11,6 m die Schifffahrt zwischen genanntem Flusse und dem Chesapeake-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 wagerechter Lage auf drei mit je 12 Rädern versehenen Unterstellen. 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 Talfahrt gibt 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 Abb. 4<sup>a</sup> u. 4<sup>b</sup> angedeutet; das in Abb. 4<sup>c</sup> gezeichnete Räderwerk überträgt die Bewegung von der Turbine auf die Seilscheiben.

Der Kanal ist gegen die Schiffseisenbahn durch ein Schleusenaupt abgeschlossen (Abb. 4<sup>a-c</sup>); dieses und die beiden Enden der beweglichen Kammer sind mit Klappstoren versehen. Die Dichtung zwischen Haupt und Kammer erfolgt durch Holzrahmen mit Gummiaufgabe, sobald die Kammer mit Hilfe einer Druckwasserpresse gegen die feststehenden Teile gedrückt wird. Das hierzu erforderliche Druckwasser wird in einem Kraftsammler (s. Abb. 4<sup>b</sup>) vorrätig gehalten. Ein in Abb. 4<sup>c</sup> mit gestrichelten Linien angedeutetes Rohr dient zur Entleerung des Raumes zwischen dem Klappstore des Schleusenauptes und demjenigen der beweglichen Kammer.

Die Einzelheiten (Abb. 4<sup>d</sup>) zeigen die Vorrichtung zum Niederlegen und Wiederaufrichten eines Klappstores (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 sechsendfünfzigrädrigen Wagens, dessen in angemessener Weise gegliederter Boden durch zwei Gruppen von je 14 Prefskolben gestützt wird. Die zugehörigen Prefszylinder sind am Untergestell des Wagens auf-

<sup>126)</sup> 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.

gehängt. Das Schiff nebst seiner Unterstützung schwimmt hierbei auf einer stark gepressten Flüssigkeit (Glycerin) und der Boden des Wagens paßt sich der unregelmäßigen Gestalt des Schiffbodens genau an.

Diese „hydrostatischen Wagen“ sollten 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 war das „System 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 Druckwasserpumpen, welche oben der Schiffsform entsprechende gelenkige Köpfe tragen, gleichmäßig abstützt und erst nachträglich die einzelnen Kolben durch Schrauben festlegt.<sup>127)</sup>

Kinipple dagegen sucht die gleichmäßige Auflagerung des zu tragenden Schiffes, welches ebenfalls trocken befördert 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 11000 t tragen. Jedes der 1400 Räder erhält 11,5 t Raddruck.<sup>128)</sup>

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, so daß für diese die Beförderung 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 gleichmäßig verteilt. Gouin und Huc-Masselet nehmen bei einem Entwurfe für den Kanal du Centre die Zahl der Räder so groß, daß der Raddruck unter 6 t bleibt und übertragen diese Last überall durch starke Federn auf die Achsen. 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 Achsen mit je vier Rädern, deren jedes 8 t zu tragen hat. Die Neigung der Ebene sollte  $\frac{1}{20}$  betragen, so daß das flache Drahtseil, welches er zum Ziehen des mit Wasser im ganzen 655 t

<sup>127)</sup> Näheres hierüber im Engineer 1882, S. 213. — Engineering 1885, S. 28—31 und S. 76—78. — Génie civil 1885, S. 181. — Zentrabl. d. Bauverw. 1884, S. 548. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885, S. 301. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 107.

<sup>128)</sup> Engineering 1893 II. S. 60—65. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 65.

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 talwärts 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 talwärts fahrende Kammer oder bei Wassermangel durch Maschinenkraft bewirkt werden. Hierfür ist eine Turbine von 110 PS. in Aussicht genommen. Ferner sind selbsttätige Luftdruckbremsen für die Räder, falls das Drahtseil reißen sollte, und vier Wasserdruckspills 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 Wasserdruckpresse mit liegendem, oben geschlitztem Zylinder zeigt, bei 18 m Hub für 350 t-Schiffe auf 1344000 Fr. oder 74000 Fr. für 1 m.

Bei dem Wettbewerbe für die Hebevorrichtungen des Marne-Saône-Kanals, der 1893 ausgeschrieben wurde und der in Nouv. ann. de la constr. 1898 von G. Cadart eingehend behandelt wird, sind auch 2 Entwürfe für geneigte Ebenen, auf denen die Schleusentröge in der Richtung ihrer Längsachse bewegt werden sollten, mit in Wettbewerb getreten. Der erste von Barvet und den Creusot-Werken bietet grundsätzlich wenig Neues.

Die Entwerfer beabsichtigten die ganze Steigung von 41 m in 2 Stéigungen von je 20,5 m zu zerlegen und auf jeder geneigten Ebene zwei miteinander verbundene Schleusentröge, die sich also gegenseitig das Gleichgewicht hielten, anzuordnen. Die Tröge sollten durch je 4 Galle'sche Ketten gezogen werden. Die 4 Ketten jedes Troges laufen am Oberhaupte über Kettenräder mit wagerechter Achse. Diese Achse geht von einem Troge zum anderen durch und stellt somit die Verbindung zwischen den beiden Trögen her. Durch Einschaltung eines Vorgeleges bei dem einen Troge ist in sehr zweckmäßiger Weise die Richtung der Kettenbewegung für diese Schleuse in die umgekehrte verwandelt, als bei der anderen. Die Ketten sind sämtlich ohne Ende angeordnet, so zwar, daß das ziehende Kettentrum über dem leer laufenden, welches nur zur Herstellung des Gleichgewichtes dient, läuft. Damit die Ketten nicht schleifen, ist je ein um das andere Glied mit kleinen Rollen versehen, die auf Bahnen von U-Eisen laufen. Im übrigen ist die ganze Anordnung zu verwickelt, namentlich durch die Lagerung des Schleusentrogtes auf den Rädern vermittelt Druckwasserpressen, um die Last gleichmäßig zu verteilen. Ohne die übrigen zahlreichen Druckwasserpressen gibt dies allein 448 Stück, von denen das Versagen einer einzigen mit danach folgendem Radbruche genügt, um den ganzen Kanal zu sperren.

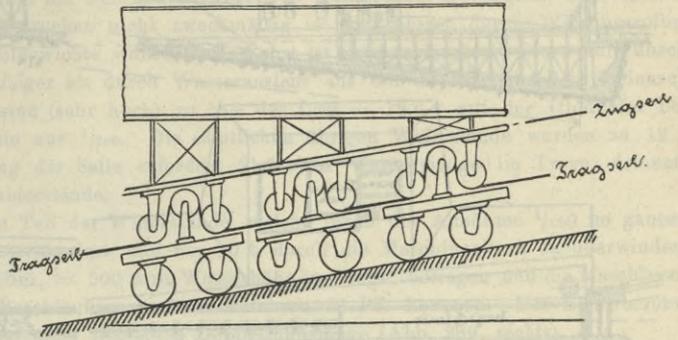
Der andere Entwurf von Thomasset, Vollot & Co. bietet nur insofern Interesse, als er eine neue Unterstützung für die Tröge einführt, nämlich die von Girard auf der Ausstellung 1889 zu Paris bei einer Eisenbahn vorgeführten Gleitschuhe mit Druckwasser anstatt der Räder. Im übrigen sind die beiden Entwürfe dieser Firma so wenig durchgearbeitet, daß sie wegen dieses Mangels von der Preisbewerbung von Anfang an ausgeschlossen wurden, ebenso wie der von Barvet und den Creusot-Werken wegen seiner großen Betriebsunsicherheit.

Während bei dem französischen Wettbewerbe die Entwürfe der geneigten Ebenen gegenüber den senkrechten Hebewerken unterlagen, sind bei dem Wettbewerbe für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal (Schiffe von 600 t Tragfähigkeit) nur die geneigten Ebenen in Frage gekommen.

Zuvor ist der für den Donau-Oder-Kanal von Peslin aufgestellte Entwurf kurz zu erwähnen, der eine neue Art der Verteilung der Last des Troges auf die Räder aufweist. Peslin wollte hierfür keine Federn verwenden, sondern 4 Stahldrahtseile von je 35 mm Stärke. Er verband je 2 Radachsen durch einen festen Rahmen, auf dessen Mitte eine mit 4 Rillen versehene Rolle gelagert war. Auf

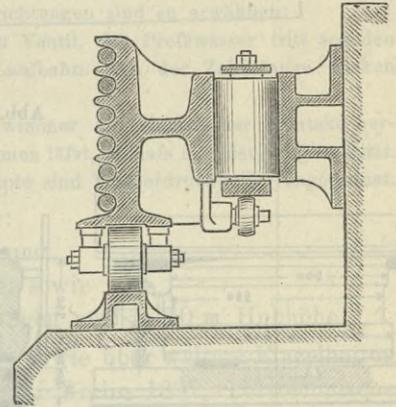
diesen Rollen lagen die 4 Drahtseile, in denen der Trog hängt (Abb. 286), der seinerseits unten ebenfalls mit Rollen versehen ist. Damit eine gleichmäßige Lastverteilung auch bei Unebenheiten in der Gleitoberfläche bestehen bleibt, ist in die Tragsseile eine Druckwasser-Spannvorrichtung eingeschaltet, welche die Seile in Spannung hält, dabei aber bis zu einer gewissen Grenze ein Anziehen oder Nachlassen derselben gestattet. Wenn ein Seil reißt, wird seine Belastung gleichmäßig von den anderen mit übernommen. Diese Lastverteilung würde nicht imstande sein, die Wirkung einzelner Stöße, z. B. an den Schienenstößen, unschädlich zu machen, da die Reibungswiderstände zu groß sind, um die Wirkung des Stoßes auf eine größere Seillänge zu verteilen. Nakonz (Zentralbl. d. Bauverw. 1896) empfiehlt daher mit Recht, die Tragsseilrollen auf Federn zu lagern oder noch einfacher, die Tragsseile ganz fortzulassen und nur Achsfedern anzuwenden. Der aufsteigende und der absteigende Trog sind durch 6 Seile von 54 mm Stärke miteinander verbunden, die ebenfalls durch eine Druckwasser-Spannvorrichtung in gleichmäßiger Spannung erhalten werden und am Oberhaupte über einen Walzenkranz von 12 m Durchmesser geführt werden (Abb. 287).

Abb. 286.



Da es schwer sein wird, so große Ringe so genau zu bearbeiten, daß eine genügende Anzahl der Rollen zwischen dem inneren, am Mauerwerke befestigten Ringe und dem äußeren Ringe gleichmäßig belastet werden, so empfiehlt Nakonz, den äußeren Ring ganz wegzulassen und die Drahtseile unmittelbar auf die mit Rillen versehenen Rollen zu legen. Selbstverständlich müßten die Stege zwischen den Rillen breit genug bleiben, um den Druck der Seile auf den Kranz am Mauerwerk übertragen zu können. Über die sehr sinnreiche Ausgleichung der Seilgewichte durch einen Kompensatorwagen, der zwischen den beiden Trogbahnen läuft, s. die Quelle. Die Bewegung mittels zweier besonderer Zugseile sollte durch Wasserübergewicht (15 bis 30 cm Höhe) im talwärts fahrenden Troge so weit erleichtert werden, daß nur noch eine Kraftmaschine von 25 bis 50 PS. erforderlich war, um den Rest der Reibung zu überwinden. Der Anschluß an die obere und untere Haltung gestattet aber nicht mit Sicherheit, den Wasserüberschuß in den Trog überzunehmen, wenn die Wasserstände der Haltungen wechseln. Auch die Reibungswiderstände sind mit  $\frac{1}{500}$  zu gering veranschlagt.

Abb. 287.



Der Entwurf von Haniel & Lueg (Abb. 288, S. 312), welcher bei dem Wettbewerb für den Donau-Moldau-Kanal den 2. Preis erhielt, verwendet wieder die Wasserdruck-Gleitschuhe. Während aber bei dem französischen Entwurfe die Gleitschuhe nicht gegen die Gleitfläche abgedichtet waren und infolgedessen sehr viel Druckwasser verloren ging, ist hier eine regelrechte Lederdichtung angewendet.

Die Prefszylinder, 17 auf jeder Seite, sind unter den Knotenpunkten des Troggerüsts angeordnet und stützen sich auf eine glatte Gleitbahn (Abb. 289, S. 312). Das Gewicht wird direkt von 34 offenen Ringkolben getragen, wenn diese nicht unter Druck stehen, dagegen vom Druckwasser (48 kg/qcm) in den Prefszylindern, wenn diese unter Spannung gesetzt werden. Die Schlittenbelastung (66,1 t auf jeden der 34 Schlitten) wird durch die 600 mm breiten glatten Gleitbahnen und durch ein 3 m breites, 2 m tiefes Betonfundament auf den Boden übertragen. Die Dichtung der Stosfugen in der Gleitbahn ist so geplant, daß schwalbenschwanzförmige Kupferstreifen eingesetzt und verstemmt werden. Die Gleitbahn, die übrigens durch Berieselung oder durch Schutzklappen, welche durch das fahrende Trog-

Abb. 288. *Geneigte Ebene mit Unterstützung des Troges durch Druckwasser-Gleitschuhe*  
(Entwurf von Haniel & Lueg).

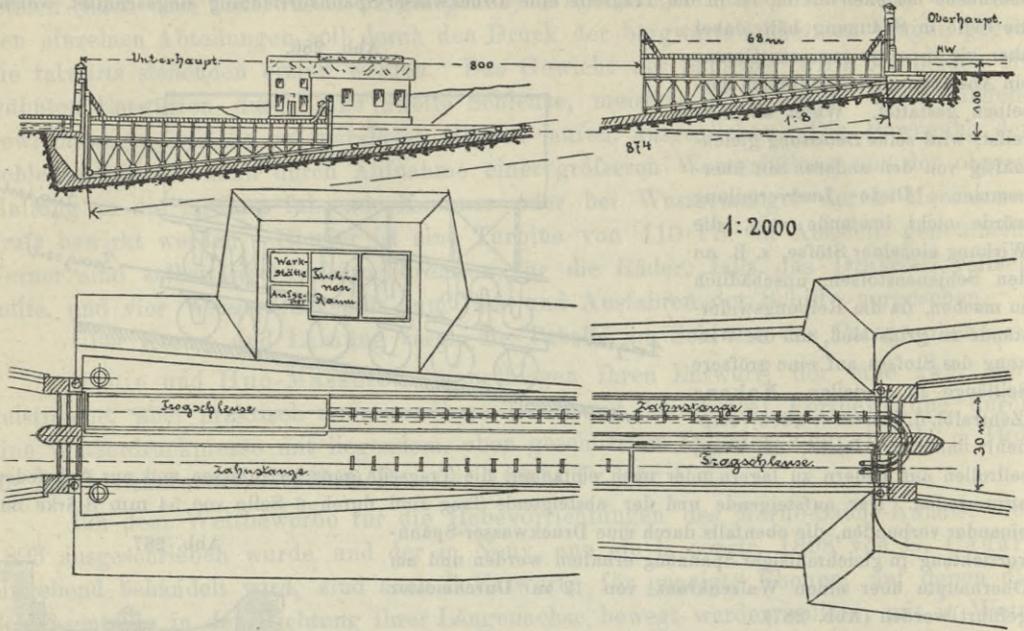
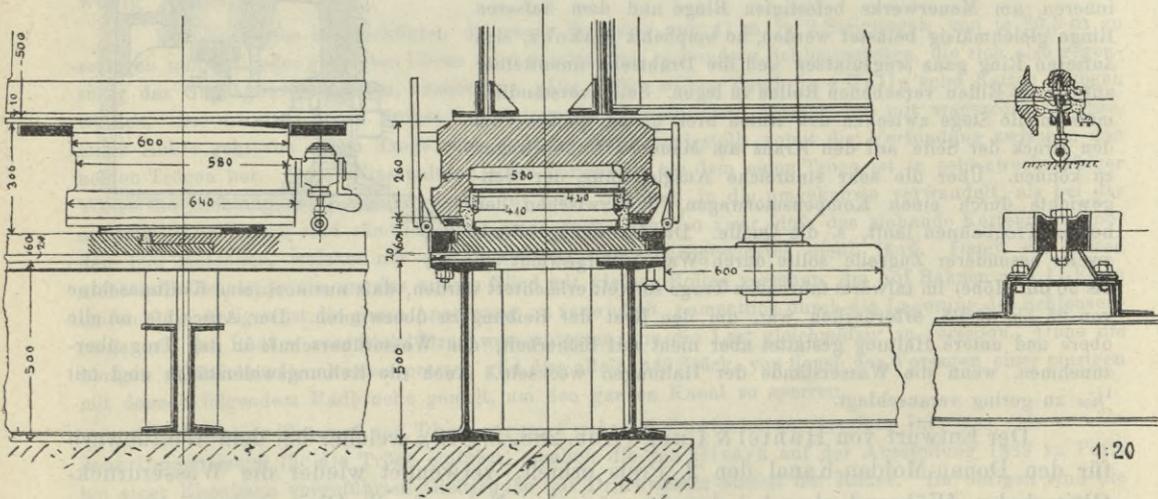


Abb. 289. *Druckwasser-Gleitschuh.*



gerüst selbsttätig geöffnet und geschlossen werden, vor starker Erwärmung geschützt werden könnte, ist durch supportartige Führung auf der eisernen Schiene (Abb. 289) so beschaffen, daß sie sich als Ganzes ausdehnen und zusammenziehen kann. Eine vollkommen gleichmäßige Abnutzung der Gleitbahn ist zwar nicht zu erwarten; das ist aber nicht so bedenklich, da die Ungleichmäßigkeit nur etwas größeren Verschleiß an der Lederdichtung zur Folge hat.

Die Parallelführung des Gerüsts erfolgt durch 18 Führungsrollen, die auf den bearbeiteten inneren Seitenflächen der Gleitbahnen laufen (Abb. 289). Die Rollen sind für 100 kg/qm Winddruck stark genug. Bei 200 kg Winddruck soll kein Betrieb mehr stattfinden, sondern nur die Standfestigkeit des Werkes gesichert sein. Die Beschleunigung beim Anfahren und die Verzögerung beim Anhalten soll 0,033 m betragen und durch die Bauart der elektrischen Antriebsmaschinen gesichert werden.

Der Aufstau in dem 69 m langen Troge ergibt sich dabei zu 230 mm. Die bis zur vollen Geschwindigkeit von 0,66 m beim Anfahren durchlaufene Strecke beträgt 20 m.

Zur Ausgleichung der Gewichte der beiden Tröge sind diese durch 4 Drahtseile von 70 mm Durchmesser (465 t Bruchlast) verbunden, die bei der Steigung 1 : 8 von der ganzen Last (2250 t) eine Komponente von 280 t (also jedes Seil nur 70 t) auszuhalten haben. Die Seile sind auf der Bahn durch Rollen in je 2 m Entfernung gestützt und laufen am Oberhaupte über 125 Rollen zum Nebengleis, eine Anordnung, die wegen des großen Zapfendruckes nicht zweckmäßig ist und besser durch Wälzungenrollen ersetzt würde. Ausgleichung der Seilgewichte während der Fahrt ist nicht vorhanden. Diese muß durch die Maschinen geschehen (zweckmäßiger als durch Wasserauslauf aus der zu Tal gehenden Schleuse).

Die Bewegungswiderstände sind (sehr hoch) zu  $\frac{1}{120}$  der Last = 18,6 t auf der Gleitbahn berechnet, möglicherweise betragen sie nur  $\frac{1}{300}$ . Die sämtlichen übrigen Widerstände werden zu 12 t berechnet. Die Gewichtsausgleichung der Seile erfordert 51,6 cbm Wassermenge im Troge, dementsprechend wachsen die Bewegungswiderstände.

Es wurde beabsichtigt, einen Teil der Widerstände, welche (nach der Annahme  $\frac{1}{120}$ ) im ganzen 50,9 t betragen würden, durch Wasserüberlast und nur 20 t durch die Maschinenkraft zu überwinden. Der Wasserballast müßte dann 247 cbm, = 500 mm Wasserhöhe im Troge, betragen und die Maschinenkraft 178 PS., wozu noch für die Beschleunigung beim Anfahren 33 PS. kommen. Der Elektromotor arbeitet mit 2 Horizontalgetrieben auf einer liegenden Doppelzahnstange (Abb. 289, rechts).

Um die Tröge vor den Haltungen genau einstellen zu können, waren die Tröge selbst in ihren Gerüsten auf 120 Wälzungenrollen verschiebbar. Zur Bewegung dienten 2 im Gerüst angebrachte Prefszylinder. Die größte Verschiebung beträgt 2 m und ermöglicht also ein genaues Einstellen bei Wasserstandsunterschieden in den Haltungen bis zu  $\pm \frac{2}{8} = \pm 0,25$  m, je nachdem der Trog vor- und das Gerüst zurückgeschoben wird oder umgekehrt. Von Sicherheitsvorrichtungen sind zu erwähnen:

1. Wenn die Verbindungsseile reißen, öffnet sich ein Ventil, das Prefswasser tritt aus den Gleitschuhen und das Gerüst setzt sich auf die Laufbahn. An der Zahnstange wirken außerdem Bremsen.
2. Wenn ein Trog leer läuft, wird durch einen Schwimmer ein elektrischer Kontakt hergestellt, der Prefswasser aus den Schlitten herausströmen läßt, so daß sich der Trog aufsetzt.
3. Gegen zu starkes Anfahren am Ober- und Unterhaupte sind Wasserdruckpuffer angeordnet.

Haniel & Lueg hatten Entwürfe vorgelegt für:

1. 2 Doppelhebwerke von je 50 m Hubhöhe und
2. für 1 Doppelhebwerk von 100 m Hubhöhe, sowie
3. 2 einfache Hebwerke mit Gegengewichtswagen von je 50 m Hubhöhe.

Über die Preise vergl. die Tabelle hinter S. 368, sowie über weitere Einzelheiten die Quelle: Neuere Schiffshebwerke von A. Riedler, Berlin 1897, Polytechnische Buchhandlung A. Seydel, Mohrenstr. 9.

Als neueste und zwar meiner Ansicht nach ganz aussichtsvolle Anordnung einer Längsbahn möge die von Nakonz im Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 357 mitgeteilte Erwähnung finden. Er hat den glücklichen Gedanken gehabt, den Trog nicht auf Wasserflächen von hohem Drucke, sondern auf solchen von dem Drucke, welchen das Trogwasser selbst erzeugen kann, gleiten zu lassen. Dadurch wird die ganze Konstruktion nicht nur einfacher und infolgedessen viel betriebssicherer, sondern infolge des geringen Druckes auf die Gleitbahn viel leichter ausführbar.

Abb. 290 bis 295 zeigt den Entwurf von Nakonz. Die Tröge haben 64 m Nutzlänge und 8,6 m Nutzbreite bei 2 m Wassertiefe. In dem Untergestelle befinden sich dicht über der Gleitbahn 2 getrennte wasserdichte Zwischenböden, die an ihren 4 Seiten durch Lederdichtungen *s* (Abb. 295) wasserdicht gegen die Gleitbahn abgedichtet sind. Der bergseitige Zwischenboden erstreckt sich über die Felder 2 bis 7 des Trogestelles und hat in Richtung der Gleitbahn gemessen 24,42 m Länge, der talseitige in den Feldern 11 bis 14 hat 16,38 m Länge. Die Breite ist bei beiden 9,20 m. Der Auftrieb auf dem oberen Zwischenboden beträgt  $9,2 \cdot 24,42 \frac{3,9 + 6,3}{2} = 1146$  t, auf dem unteren aber  $9,2 \cdot 16,38 \frac{7,5 + 9,1}{2} = 1251$  t, zusammen also 2397 t, während die ganze Last auf etwa 2000 t geschätzt wird. Der Auftrieb ist also erheblich größer, als die Last. Die Lage der Zwischenböden ist eine solche, daß die Mittelkraft aus den beiden Auftrieben sich unter der Schwerpunktslage des Troges befindet. Zur Bewegung des auf dem Wasser schwimmenden Troges ist also nur die Reibung in der Lederdichtung zu überwinden. Die Dichtungslänge ist bei diesem Entwurfe allerdings dreimal so groß, als bei den sämtlichen Schlitten

Abb. 290 bis 295. Geneigte Ebene nach dem Vorschlage von Nakonz.

Abb. 290.

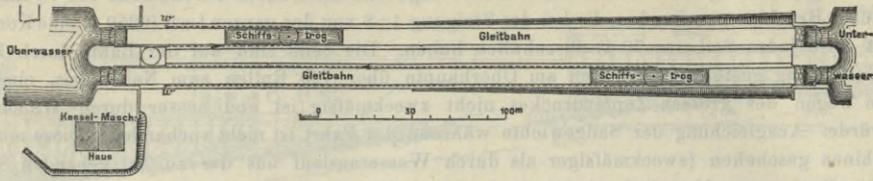


Abb. 291.

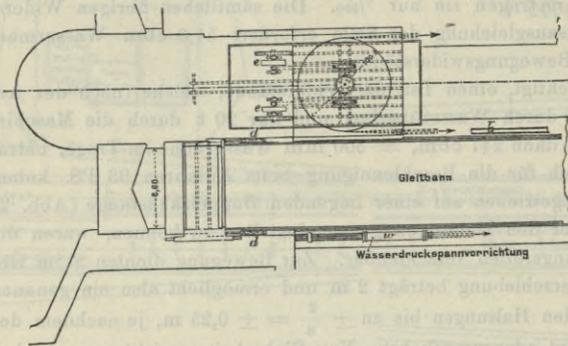


Abb. 292.

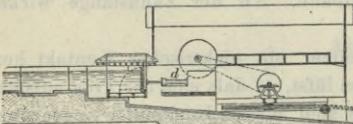


Abb. 293.

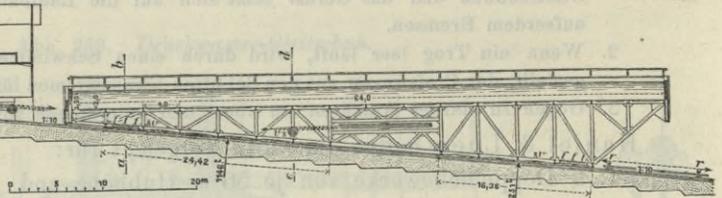


Abb. 294.

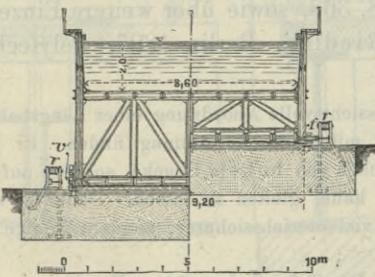
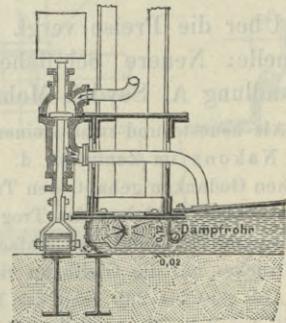


Abb. 295.



des vorigen Entwurfes, der Wasserdruck beträgt aber hier nur 0,64 kg/qcm im Mittel, gegen 50 kg/qcm bei dem vorigen Entwurfe. Dementsprechend wird auch der Reibungswiderstand und die Abnutzung geringer sein. Die notwendige Begrenzung des durch den Auftrieb bewirkten Hubes des Troges erfolgt in der Weise, daß bei Erreichung der Hubhöhe von 2 cm (Abb. 294 u. 295) sich ein im Wasserzuleitungsrohre befindliches Ventil *v* selbsttätig schließt und den Wasserzutritt abschneidet. Das Ventil sitzt fest an einer senkrechten Kolbenstange, die mittels einer auf der Gleitbahn laufenden Rolle und durch ein oben angebrachtes Belastungsgewicht eine unveränderte Höhenlage gegen die Gleitbahn beibehalten muß. Der obere Druckwasserboden hat auf jeder Seite je 2 solcher Ventile, der untere nur je 1.

Die Dichtung besteht aus dem Lederstulp *s*, der, am Außenrande eines 12 cm hohen eichenen Rahmens mittels Holzschrauben befestigt, vom Druckwasser gegen die Gleitbahn geprefst wird. Damit

das Leder vom Wasserdruck nicht gänzlich herausgedrückt werden kann, ist er auf der inneren Seite durch einen aufgeschraubten Blechstreifen versteift. Zweckmäßig bei der Dichtung ist auch die Anordnung doppelter Lederstreifen mit versetzten Stüßen.

Die Gleitbahn, 1 : 10 geneigt, besteht aus Beton, der an der Oberfläche mit reinem Zement glatt gebügelt ist. Da die Gleitbahn durch die Reibung des Leders an den Längsseiten stärker angegriffen wird als an den Querseiten, ist an den letzteren ein I-Eisen, auf dem das Leder gleitet, angeordnet. Auf einem zweiten I-Eisen laufen die Fußrollen der Ventile. Die Häupter der Haltungen macht Nakonz beweglich mit Lederstulpendichtung, um auch bei wechselnden Kanalwasserständen dem talwärts gehenden Troge Überwasser geben zu können.

Die Tröge sind durch 4 Drahtseile von 5 cm Stärke verbunden, deren Enden am Oberhaupte an beiden Aufsenseiten der Bahnen festsitzen und über Rollen unter beiden Trögen und am Oberhaupte gehen (Abb. 290). Wasserdruckspannvorrichtungen regeln die Länge der Seile und geben ihnen stets gleichmäßige Spannung. Rollen *r* (Abb. 294) stützen die Seile, von denen eins allein imstande ist, die ganze Last von 100 t aufzunehmen.

Die Bewegung erfolgt — abgesehen von dem Überwasser im talwärts gehenden Troge — mittels Elektromotor, der so eingerichtet ist, dafs er selbsttätig auf einer Länge von 30 m die Geschwindigkeit von 0 bis 1 m/Sek. steigert bzw. umgekehrt verlangsamt. Dabei wird sich ein ungefährlicher einseitiger Aufstau von 11 cm im Troge ergeben. Ebenso grofs würde etwa der Aufstau, wenn der Maschinenantrieb plötzlich aussetzte und die lebendige Kraft des in Bewegung befindlichen Troges durch die Reibung aufgezehrt würde. Bei Frostwetter wird das Druckwasser durch ein Dampfrohr längs der Lederdichtung erwärmt (Abb. 295), welches beim Aufenthalte am Oberhaupte mit dem dortigen Dampfkessel in Verbindung gebracht wird. Nakonz glaubt, dafs dies für die Dauer einer Tal- und Bergfahrt genügen wird, um Eisbildung im Druckwasser zu verhindern. Trog und Druckwasserboden sollen durch schlechte Wärmeleiter gegen Kälte geschützt werden. Eisbildungen auf der Gleitbahn sollen durch federnde Schaber und Streichen derselben mit Fett leicht beseitigt werden. Während der Nacht wird bei Frost das Druckwasser unter den Zwischenböden entfernt; die Tröge stehen dann auf den Holzleisten. Die Undichtigkeiten in den Stützen können übrigens keine grofsen Wasserverluste bringen.

Die Fahrt auf der geneigten Ebene würde 6 Min. dauern. Rechnet man 3 Min. für Öffnen bzw. Schliefsen der Tore u. s. w. und 9 Minuten für Ein- und Ausfahren des Schiffes, so würde die Hebung eines Schiffes auf 30 m in etwa 18 Min. erfolgen können.

Endlich sei noch die Schiffseisenbahn über den Isthmus von Chignecto erwähnt, die aber mehr in das Kapitel „Kanäle“ gehört, als in das vorliegende. Dort sollen die Schiffe zunächst durch Wasserdruck gehoben und dann von zwei Lokomotiven trocken auf einem Schiffswagen über die Landenge befördert werden. Näheres hierüber bringt die Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1895, S. 455. Ob die Schiffseisenbahn fertiggestellt oder unfertig liegen geblieben ist, liefs sich nicht feststellen.

Denselben Zweck verfolgt die Schiffseisenbahn von Smith, welche im Modell auf dem IV. internationalen Schifffahrtkongresse ausgestellt war. Das Schiff ruht hier zwischen Kautschukkissen, die mit Wasser gefüllt sind, eine Unterstützung, die dem Schwimmen möglichst nahekommen soll (s. ebenda).

Diese Arten der geneigten Ebenen haben die Eigentümlichkeit, dafs sie ein gleich langes Stück des Kanals ersetzen. Man mufs also die Kosten dieses Stückes von den Kosten der geneigten 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 geneigten Ebene keinen Zeitverlust für das Schiff, falls die Bewegung ebenso schnell erfolgt, als im Kanal.<sup>129)</sup>

<sup>129)</sup> Näheres in dem obengenannten Werke von H. Gruson u. 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: Génie civil 1891, Bd. XIX, S. 289, auszüglih Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1892, S. 479.

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

1. Bei ansehnlicher Länge der Schleusentröge werden die talwärts stehenden Wagen sehr hoch.
2. Mit zunehmendem Gewichte der Tröge werden die Zugkabel, deren Zahl nur eine beschränkte sein kann, sehr stark, so daß 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 Tore durch das gegen diese stoßende Schiff stattfinden können. Letztere lassen sich allerdings durch Festlegen der Schiffe an Druckwasser- oder Federbremsen vermeiden.<sup>180)</sup>

Man hat nun versucht, diese Mängel durch geneigte, mit Gleisen ausgestattete Ebenen zu beseitigen, bei welchen die beweglichen Kammern quer zur Fahrrihtung stehen. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß die Bewegung der Kammern in der Richtung ihrer Längsachse 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.

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 Literatur verwiesen wird.<sup>181)</sup> Diese betrifft auch die senkrechten Hebewerke, für welche die Parallelführungen ebenfalls von Bedeutung sind.

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

<sup>180)</sup> Siehe hierüber Jebens' Aufsatz in der Zeitschr. f. Gewässerkunde 1898, S. 331.

<sup>181)</sup> Ernst, Hebezeuge. — P. Pfeifer, Hydraulische Hebungen, in den Verhandl. des Vereins für Gewerbeleiß 1890, auch als Sonderdruck bei A. Seydel-Berlin erschienen. — Ruprecht, Über Anlagen zur Schiffshebung mittels senkrecht bewegter Schleusenammern. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, S. 26 u. 53. — L. Brennecke, Über wagerechte Führung hydraulischer Hebevorrichtungen. Deutsche Bauz. 1885, S. 272, 277 u. 286. — Scientific american 1884, 27. Dec. — Hoppe, Selbststeuerung für Wasserdruckpressen zum Bewegen von Lasten nach bestimmten Gesetzen. Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 300. — Hoech, Zur Frage der Parallelführung von Trogschleusen. Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 142 u. f.

Für die geneigte Ebene mit quer fahrender Kammer ist nur eine Parallelführung in dieser Ebene notwendig. Drehung und Senkung verhindern die Schienen und Radflanschen. In jener Ebene ist die Parallelität am einfachsten durch die Schlitten- oder Gleitführung (Abb. 296) zu erreichen. Bezeichnen  $Z$  die in der Querachse 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.

Abb. 296.

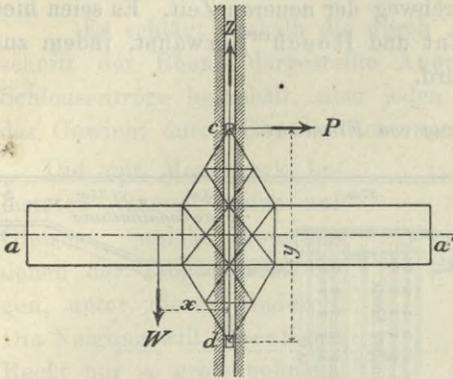
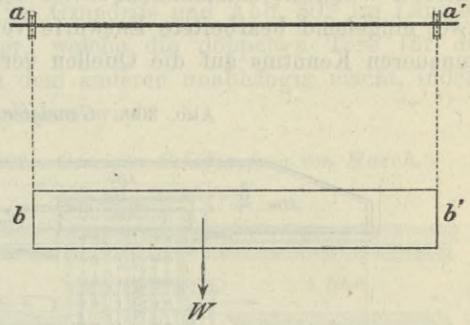


Abb. 297.



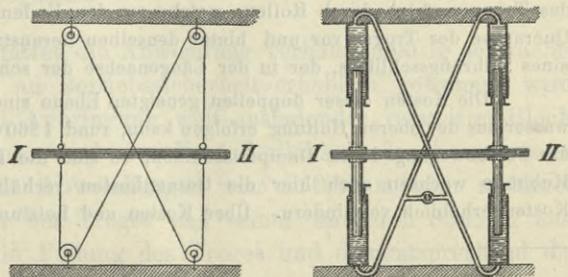
Dieselbe Wirkung wird offenbar erreicht, wenn der Körper durch zwei oder mehrere Verbindungsteile  $ab$  und  $a'b'$  (Abb. 297) so vorwärts bewegt wird, daß diese Längen sich zwar ändern, aber stets unter sich gleich bleiben. Verändert die Mittelkraft  $W$  während der Bewegung ihren Ort im bewegten 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 bezw. Muttern wieder zwangläufig miteinander verbunden sind.

Eine vierte Art der parallelen Fortbewegung wird durch Druckwasserpressen erreicht, deren Kolben genau gleichen Durchmesser haben und deren Zylindern 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 Zylinder 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 selbsttätig ablaufen, die Bewegung auch beim Niedergange durch eine geringe Kraft herbeiführen müssen.

Mit Hilfe von Tauen, Ketten oder Druckwasserpressen kann man in solchem Falle die parallele Bewegung durch die in Abb. 298 u. 299 schematisch dargestellten Anordnungen

Abb. 298 u. 299.





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,
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 Schleusenammern auf nur zwei Ketten, weil sie geringe Betriebssicherheit gewährt.

Er schlägt deshalb die durch Abb. 301 im Grundrifs und Abb. 302 im Längenschnitt der Ebene dargestellte Anordnung vor, welche die doppelten Tore für die 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.

Abb. 301 u. 302. *Geneigter Schiffsaufzug von Hoech.*

Abb. 301. Grundrifs.

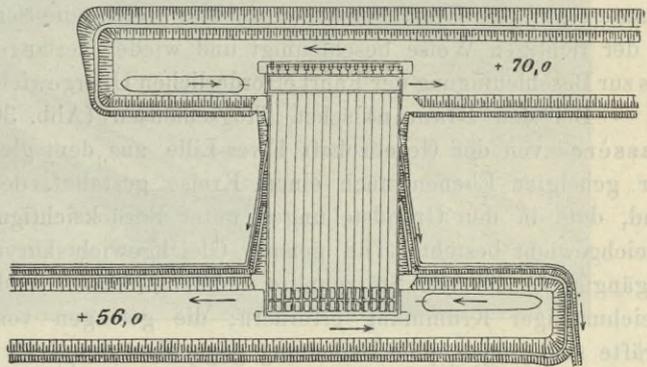
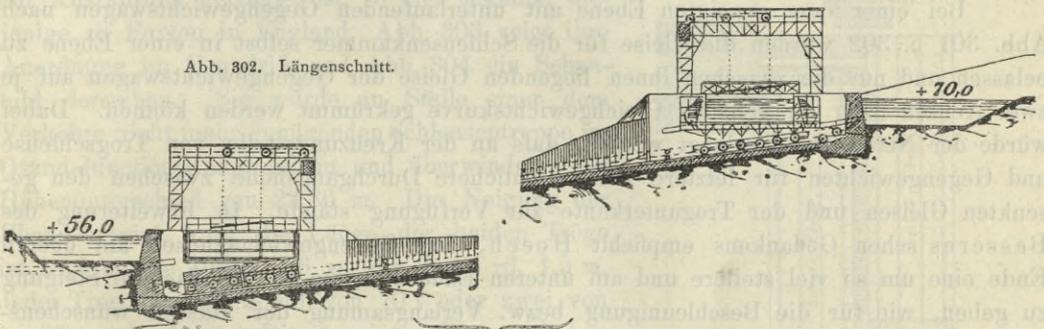


Abb. 302. Längenschnitt.



Die Anordnung von Hoech gestattet die Anwendung verhältnismäßig schwacher Drahtseile in großer Anzahl, wodurch an Betriebssicherheit erheblich gewonnen wird. Durch Verbreiterung der Kanaltore 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 talwärts gehenden Troge Übergewichtswasser in solcher Menge mitgibt, daß der Trog mit der Überlast die Gegengewichtswagen die geneigte Ebene hinaufzieht; bei fehlender Überlast wird dagegen der Trog hochgezogen. 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, so daß also bei jeder Schließung (Tal- und Bergfahrt zusammen) 317 cbm Wasser aus dem Oberwasser verbraucht werden.

Während beim Senken von Druckwasserschleusen der eintauchende Kolben die Bewegung verlangsamt, wirkt das Abfließen der Tragseile bei den fahrbaren auf eine weitere Beschleunigung der talwärts 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, so daß 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 (Abb. 300, S. 318) 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 zugänglich, 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 quer geneigten Ebene mit unterlaufenden Gegengewichtswagen nach Abb. 301 u. 302 würden die Gleise für die Schleusenammer selbst in einer Ebene zu belassen und nur die zwischen ihnen liegenden Gleise der Gegengewichtswagen auf je zwei Achsen 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 bzw. Verlangsamung der Massen wünschenswert erscheint.

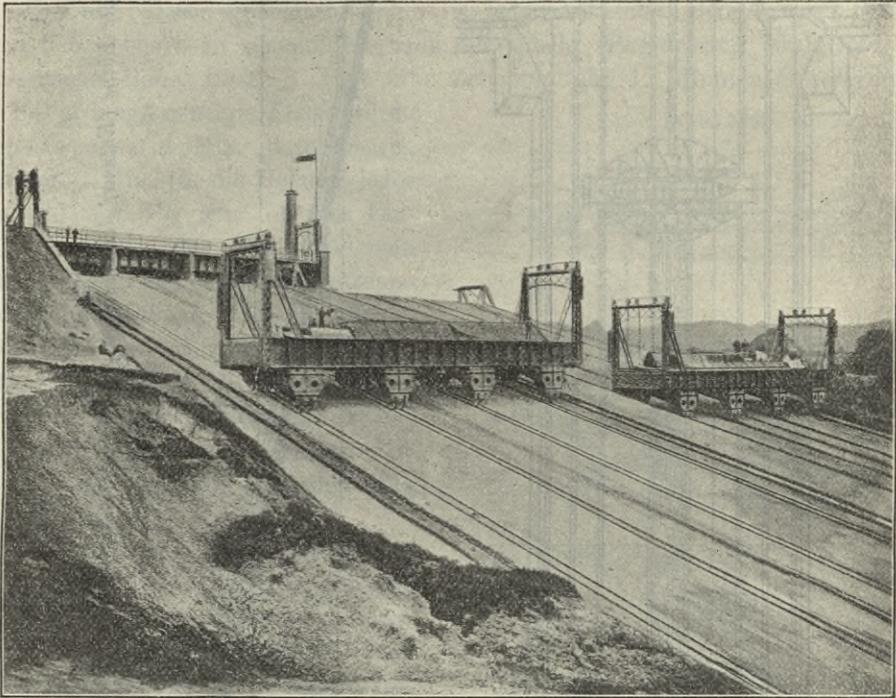
Das Übergewichtswasser wird bei dem Entwurf von Hoech, wie aus Abb. 302 rechts zu sehen ist, in zwei neben dem Schleusentroge liegenden tornisterartigen Ballasträumen aus dünnem Eisenblech aufgenommen. Ihre Füllung erfolgt durch je zwei Rohrstützen, das Entleeren unter dem unteren Umfahrtskanale hindurch nach einem Vorfluter durch ähnliche Einrichtungen. Füllen und Leeren erfolgt ohne Zeitverlust während des Schiffwechsels.

Die Kosten einer solchen Trogschleuse sind wesentlich geringer als die einer doppelten, während ihre Leistungsfähigkeit mit Hinterhäfen eine so bedeutende bleibt,

dafs eine einzelne für einen ziemlich lebhaften Kanalverkehr ausreicht (siehe den Schluss des Paragraphen).

Abb. 303 u. 304. *Geneigte Ebene zu Foxton im Grand-Junction-Kanal.*

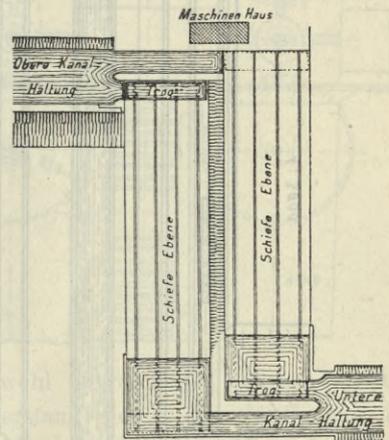
Abb. 304.

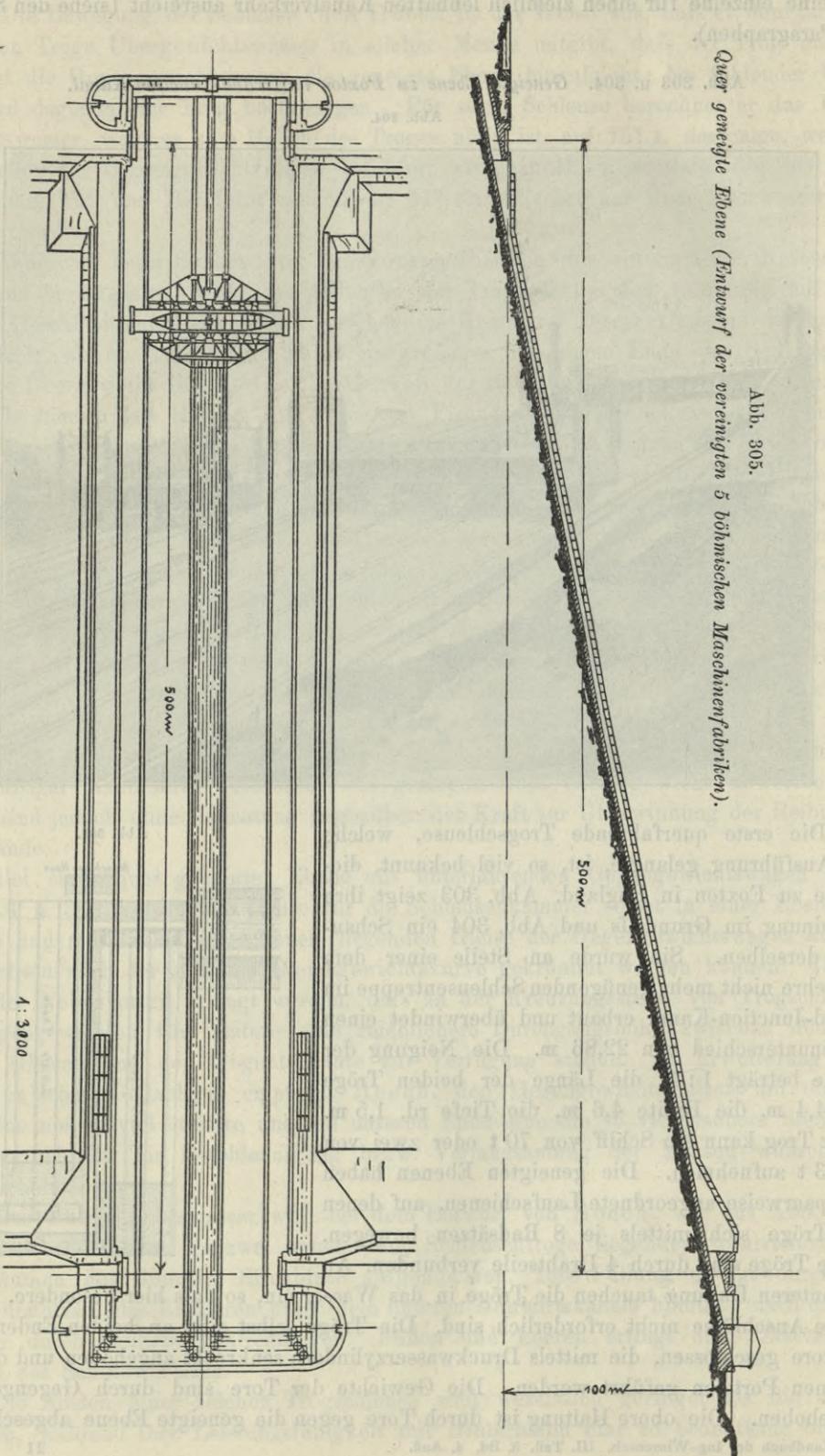


Die erste querfahrende Trogschleuse, welche zur Ausführung gelangte, ist, so viel bekannt, diejenige zu Foxton in England. Abb. 303 zeigt ihre Anordnung im Grundrifs und Abb. 304 ein Schaubild derselben. Sie wurde an Stelle einer dem Verkehre nicht mehr genügenden Schleusentreppe im Grand-Junction-Kanal erbaut und überwindet einen Höhenunterschied von 22,86 m. Die Neigung der Ebene beträgt 1 : 4, die Länge der beiden Tröge ist 24,4 m, die Breite 4,6 m, die Tiefe rd. 1,5 m. Jeder Trog kann ein Schiff von 70 t oder zwei von je 33 t aufnehmen. Die geneigten Ebenen haben je 8 paarweise angeordnete Laufschienen, auf denen die Tröge sich mittels je 8 Radsätzen bewegen. Beide Tröge sind durch 4 Drahtseile verbunden. An

der unteren Haltung tauchen die Tröge in das Wasser ein, so dafs hier besondere, wasserdichte Anschlüsse nicht erforderlich sind. Die Tröge selbst sind an beiden Enden durch Hubtore geschlossen, die mittels Druckwasserzylindern senkrecht angehoben und dabei in eisernen Portalen geführt werden. Die Gewichte der Tore sind durch Gegengewichte aufgehoben. Die obere Haltung ist durch Tore gegen die geneigte Ebene abgeschlossen,

Abb. 303.





Quer geneigte Ebene (Einbau der vereinigten 5 böhmischen Maschinenfabriken).

Abb. 303.

die in gleicher Weise wie die Trogtore gehoben werden. Mittels Druckwasserpressen werden die Tröge, wenn sie bei der oberen Haltung angekommen sind, gegen Rahmen geprefst, welche aufsen an der Abschlufswandung der oberen Haltung angebracht sind, und auf diese Weise der wasserdichte Anschluß erzielt. Als Triebkraft dient eine Dampfmaschine.

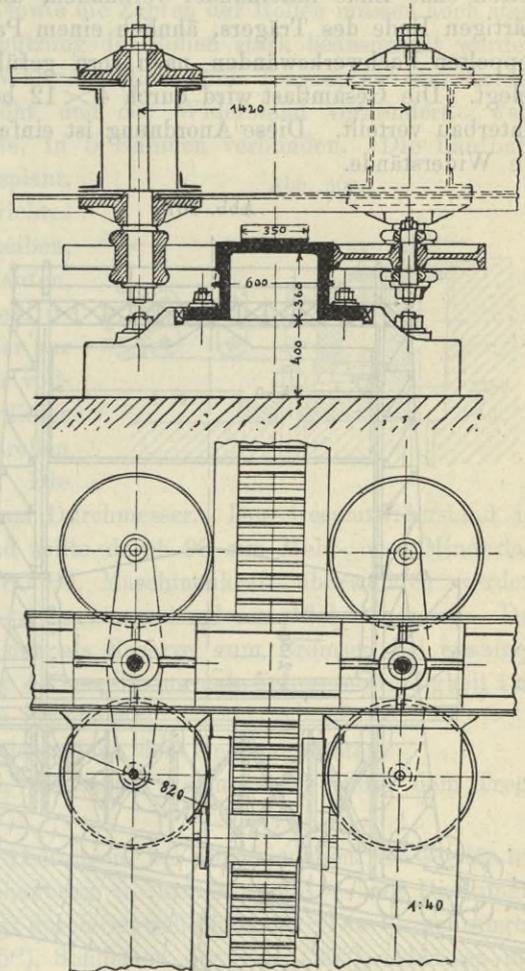
Um auf dieser geneigten Ebene in jeder Richtung gleichzeitig 2 Schiffe von 33 t zu heben bzw. zu senken, ist nach der Quelle (Engineering 1901 vom 25. Jan. und Deutsche Bauz. 1901, S. 158) eine Zeit von nur 12 Minuten erforderlich. Die etwa 100 m lange geneigte Ebene würde danach in etwa 4 Min. durchfahren, wenn man 1 Min. für die Hebung jedes Tores und nur  $3\frac{1}{2}$  Min. für das Ein- bzw. Ausfahren der beiden kleinen Schiffe rechnet. Bei der Schleusentreppe erforderte die Hebung eines der kleinen Schiffe  $1\frac{1}{4}$  Stunden und eines Paares Schiffe  $1\frac{1}{3}$  Stunden. Bei 12 stündiger Arbeitszeit kann die geneigte Ebene 3000 t in jeder Richtung befördern. Die Betriebskosten betragen für den Tag etwa 24,50 M.

Einen weiteren Fortschritt in der Anordnung der quer geneigten Ebenen zeigt der Wettbewerbs-Entwurf der vereinigten 5 böhmischen Maschinenfabriken für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal, mit welchem diese Fabriken den ersten Preis gewannen (Abb. 305).

Der Entwurf behandelt eine einfache Querbahn mit Gegengewichtsausgleichung. Die ganze Höhe von 100 m wird mit einer Stufe bei Steigung 1:5 überwunden. Der Schiffswagen läuft auf 4 Schienen. Die Parallelführung erfolgt durch wagerechte Leitrollen an Längsschienen und zwar an den Seitenflächen der Zahnstange, die für den motorischen Angriff in der Bahnmitte angebracht ist (Abb. 306).

Unter der — allerdings willkürlichen, aber wohl ausreichend sicheren — Annahme, daß im äußersten Gleise ein Bewegungswiderstand gleich dem fünffachen des normalen auftritt, sind die Führungen berechnet. Die Leitrollen werden dann mit 6,2 t beansprucht. Wegen des nicht berücksichtigten Winddruckes empfiehlt Riedler mit Recht eine größere Anzahl Rollen oder feste Gleitschuhe als Reserve. Die Triebkraft greift in der Wagenmitte mit entsprechender Übersetzung auf Zahnstangen an, deren Seitenflächen für die Parallelführung dienen. Da die Trieb- und Bremskräfte sehr bedeutende sind, findet ihr Angriff auf 3 Stellen der Zahnstange durch 3 getrennte Ge-

Abb. 306.



triebe statt, von denen das mittlere unter dem Troge selbst liegt. Die Seile der Gegengewichte greifen an einem besonderen wagerechten Träger rechts und links von der Leit- und Zahnstangenmitte an. Es sind 6 Gruppen Gegengewichte vorhanden, jede von 360 t Gewicht wird durch 2 Drahtseile (72 t Seilzug) mit dem Wagen unabhängig von den anderen verbunden. Aufser dieser Anordnung, die eine gleichmäßige Seilspannung herbeiführt, ist noch wie bei dem Peslin'schen Entwurfe ein gemeinsamer Druckwasser-Spannungsausgleicher angeordnet. Eine wichtige Neuerung zeigt die Anlage in den Wälzungsrollen, die sich zwischen den Untergurten der Stützjoche des Gerüsts und den Laufschiene abwälzen (Abb. 307). Diese Wälzungsrollen sind durch Gliederketten ohne Ende miteinander verbunden, und werden durch Führungsrollen am rückwärtigen Ende des Trägers, ähnlich einem Paternosterwerke, aufgehoben, zwischen den doppelten Fachwerkwänden nach vorn geführt und wieder unter die Laufflächen eingelegt. Die Gesamtlast wird durch  $4 \times 12$  belastete Rollen auf die 4 Schienen und den Unterbau verteilt. Diese Anordnung ist einfacher als Räder mit Zapfen und vermindert die Widerstände.

Abb. 307.

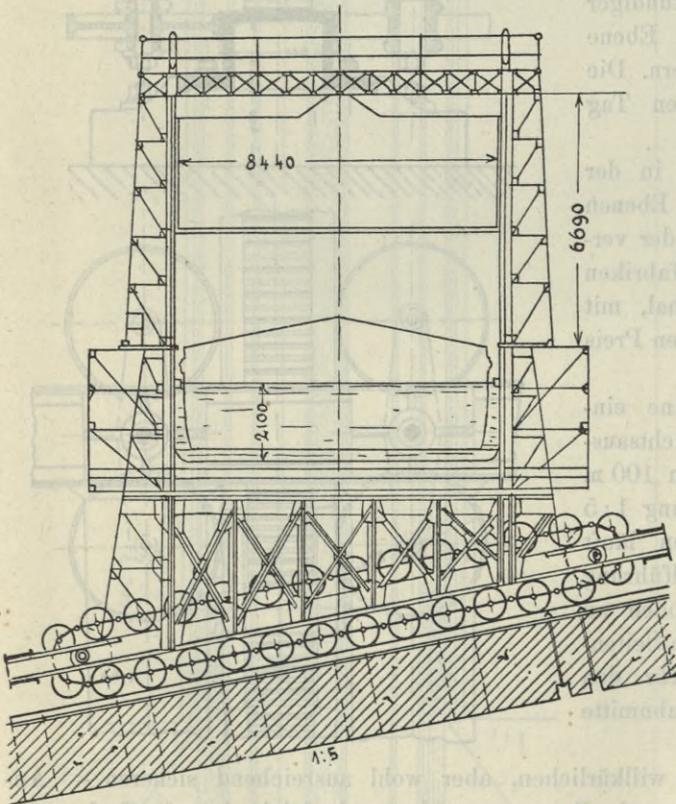
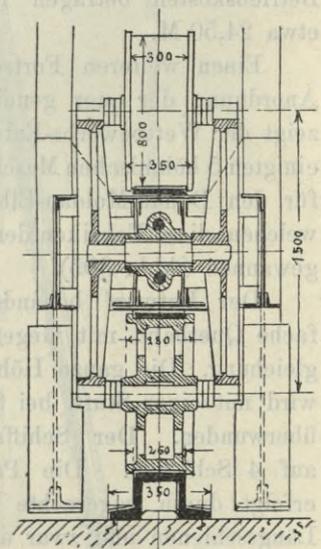


Abb. 308.

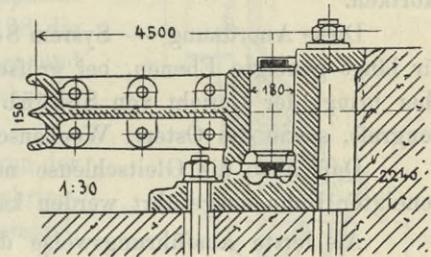


Jede Rolle (Abb. 308) bekommt 45 t Belastung. Zur größeren Sicherung einer gleichmäßigen Lastverteilung auf die 4 Rollbahnen und die 4 Schienen ist der Trog aus 2 getrennten, elastisch miteinander verbundenen Hälften hergestellt. Jede Troghälfte hängt zwischen 2 Trägern, die auf dem Wagengestell wie Brückenträger auf Rolllagern ruhen. Die Laufschiene für die Rollen üben, wenn ihr Hohlraum mit Beton ganz ausgefüllt ist, einen Druck von 7,1 kg/qcm auf das Fundament, und dieses einen

solchen von 2,3 kg/qcm auf den Baugrund aus. Die Zahnstange hat im ungünstigsten Falle (bei ganz leergelaufenem Troge) 252 t Schub und den Winddruck aufzunehmen, welcher durch Ansätze auf die in den Beton eingelassenen Lagerstühle übertragen wird. Die Wälzungsrollen erhalten bei 45 t Last für die Rolle 1,735 t Belastung für 1 cm Laufbreite. Zur Führung haben die Rollen auf beiden Seiten Spurkränze, es ist aber zweckmäßiger, diese fortzulassen, und statt derselben der Laufbahn seitliche Ränder zu geben. Der Einlauf der Wälzungsrollen muß besonders genau (senkrecht zur Lauffläche) erfolgen, weshalb die Kettentrommeln, welche dies bewirken, verstellbar und sehr sorgfältig gearbeitet sein müssen. Ebenso sauber müssen die Ketten gearbeitet sein, welche die Rollen miteinander verbinden. Diese, sowie die Zapfen der Rollen müssen auch stark ausgebildet sein, da sie bei ungleicher Abnutzung der Rollen stark beansprucht werden.

Die Gegengewichte sind auch als Wälzungsrollen ohne Tragzapfen und Achsen geplant, dadurch ist die Sicherheit erhöht und der Widerstand vermindert. Jede Gruppe enthält 18 rollende Gegengewichte, in 5 Rahmen verbunden. Die Laufbahn

Abb. 309.



der Gewichte ist um 1,135 m konkav geplant, um den Einfluß des ungleichen Seilgewichtes aufzuheben. Die schräg liegenden Seilscheiben, über welche die Seile am Oberhaupte laufen, sind ähnlich angeordnet, wie bei der Peslin-schen geneigten Ebene. Sie haben aber hier nur 4,5 m Durchmesser, und sind infolgedessen vollkommen genau abzdrehen. Die Gewichte dieser Scheiben (Abb. 309) und der Wälzungsrollen werden durch Kugellager aufgenommen. Die patentgeschlossenen Drahtseile haben 54 mm Durchmesser. Der Gesamtwiderstand ist etwas zu knapp zu 16,447 t berechnet und sollte durch 95 mm Mehr- oder Minderlast im Troge (3 t Widerstand) und durch 180 PS. Maschinenkraft überwunden werden. Für den normalen Antrieb genügen 2 von den 3 vorhandenen Elektromotoren. Der dritte läuft dann stromlos mit und dient nur als Reserve zum Bremsen bei etwaigen Unfällen. Die größte Beschleunigung beträgt 44 mm, die normale Fahrgeschwindigkeit 1 m.

Als Sicherheitsvorrichtungen sind zu erwähnen:

1. Bremsen an jeder Vorgelegewelle und an den Gegengewichten,
2. Sicherheitsstützen für den Fall, daß eine Wälzungsrolle unter dem Troge brechen sollte.

Zum Anschlusse des Troges an die Haltungen bei verschiedenen Wasserständen ist — ähnlich dem Hebewerke bei Henrichenburg (s. weiter unten) — ein Dichtungskeil vorhanden. Der dichte Abschluß erfolgt durch Schwellschläuche. Die Vorkehrungen zum Aus- und Einfahren der Schiffe (1' 15''), Schließen der Tore (20''), Ablassen der Schlauchdichtung, Leeren des Spaltes, Senken der Dichtungskeile bzw. Heben derselben (20'' bzw. 30'') sind so gut eingerichtet, daß die kurzen in Klammern angegebenen Zeiten wohl innegehalten werden können. Über näheres vergl. die Quelle: Riedler, Neuere Schiffshebewerke, Berlin bei A. Seydel.

Es sei hier bemerkt, daß in dem Entwurfe, der neuerdings von dem Kanalaussschusse für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal ausgearbeitet ist, Hebewerke vorgesehen sind, die in ihrer Ausbildung wesentlich von den ursprünglichen Entwürfen abweichen. Es sind 4 geneigte Ebenen von 63 bis 107 m Hubhöhe mit Steigungen von 66,6 bis 350‰ vorgesehen. Drei Hebewerke sollen mit quer geneigter, eins mit längs geneigter

Ebene ausgeführt werden. Die Schiffe werden nicht mehr schwimmend, sondern im Trocknen gefördert. Bei der längs geneigten Ebene fährt der Trog in das Unterwasser hinein, bei der Oberhaltung aber preßt er sich mit federnden Stulpen aus Leder an das Oberhaupt. Nach dem Unterhaupte zu ist der Trog durch ein Tor verschließbar. Das Wasser tritt bei der Füllung bzw. Entleerung des Troges vor der oberen Haltung durch Öffnungen in dem doppelten Trogboden gleichmäßig aus, so daß das Abheben des Schiffes vom Trogboden bzw. das Niedersetzen auf denselben durchaus ruhig erfolgt.

Die Bewegung erfolgt durch 4 Elektromotore mittels Zahnradgetriebes an einer auf der ganzen Bahnlänge liegenden Zahnstange. Gewichtsausgleich durch Gegengewichte oder einen zweiten Trog findet nicht statt, dagegen wird die lebendige Kraft des Troges bei der Talfahrt zur Ladung einer Sammelzellen-Batterie mit Hilfe der als Dynamomaschinen wirkenden Antriebsmotore benutzt, wodurch zugleich eine kräftige Bremsung des zu Tal gehenden Troges erfolgt. Die Abstützung gegen die Fahrbahn erfolgt durch das oben erwähnte Rollenband der vereinigten böhmischen Maschinenfabriken.

Diese Anordnung — System Schönbach — eignet sich bei Steigungen bis 1:8 für längs geneigte Ebenen, bei größeren Steigungen für quer geneigte. Näheres hierüber bringt der Bericht von Schönbach zu Abt. 1, Frage 1 für den IX. Schiffahrtskongress, sowie die Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1902, S. 1.<sup>189)</sup>

Daß auch die Gleitschleuse nach der Ausführungsweise von Nakonz mit quer geneigter Bahn ausgeführt werden kann, soll nur kurz erwähnt werden.

Als letzte Ausführungsweise der geneigten Ebenen mit Bewegungsrichtung quer zur Schiffsachse sei endlich noch die Schiffstrommel von Teutschert & Crisehek mitgeteilt, die eine außerordentliche Abkürzung der zum Ein- und Ausfahren der Schiffe erforderlichen Zeit gewährt, weil sie weder Schützen noch Tore hat und außerdem ohne jeden Wasserverbrauch arbeitet.

Abb. 310 u. 311 zeigen die Anordnung im Längenschnitt und Querschnitt. Die Trommel besteht aus einem 70 m langen Blechzylinder von 16 m Durchmesser, dessen Stirnwände ebenfalls durch Blechböden bzw. Ringe bis auf kreisrunde, zentrische Öffnungen von 9,5 m geschlossen sind. Abb. 310 zeigt den Zylinder bis zur Achse in das Unterwasser eingetaucht. Bei dieser Eintauchung können die Schiffe durch die Öffnungen in den Böden ein- oder ausfahren. Wird nun die Trommel mittels der um sie geschlungenen Drahtseile auf der geneigten Ebene aufwärts gerollt, so läuft das Wasser bis zu den Rändern der beiden Bodenöffnungen ab. Es bleibt aber so viel darin zurück, daß das Schiff schwimmt. Der Querschnitt (Abb. 311) zeigt diesen Zustand. Die Trommel wird in dieser Weise die geneigte Ebene, bei der selbst Wechsel in der Neigung vorkommen können, hinauf über den Rücken vor dem Oberwasser hinweg in dieses wieder so weit hineingerollt, bis sie wieder bis zur Achse voll Wasser gelaufen ist, so daß das Schiff ausfahren kann.

Der Blechzylinder, welcher außen durch Ring- und Längsträger versteift ist, soll auf 4 starken Schienen laufen. Zur Parallelführung in ihrer Lage sind zwischen den Schienen 2 Zahnstangen eingelegt, auf denen sich um den Trommelumfang angebrachte Zahnringe abwälzen. Der Durchmesser der Zahnringe und Ringträger ist 20 m.

<sup>189)</sup> Neuerdings ist übrigens ein neuer Wettbewerb für Einrichtungen zur Überwindung großer Gefälle ausgeschrieben (s. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 234).

Ein Bedenken gegen diese Anordnung bildet der Druck zwischen den 4 Rollkränzen der Trommel und den 4 Schienen, der bei einem Gesamtgewichte von 3000 t einen außerordentlich starken Flächendruck auf den Schienenköpfen und eine nicht minder ungewöhnlich hohe Belastung der Schienenunterlage und des Baugrundes abgeben müßte. Die Verfasser nehmen aber an, daß die Berührung zwischen den Laufkränzen und den 0,5 m breiten Schienen nicht eine Linie, sondern infolge der Deformation eine Fläche von 0,2 m Breite sein werde und schlagen ferner vor, zwischen Laufringen und Blechmantel starke Federn einzuschalten, um eine gleichmäßige Verteilung auf alle 4 Schienen zu erreichen. Zur Verstärkung der Betonunterlage unter den Schienen behufs gleichmäßiger Verteilung der Belastung auf den Baugrund, wenn er nicht etwa aus Felsen besteht, empfiehlt Wohrl in der Deutschen Bauzeitung 1900, S. 178 die Einlage von Eisenrosten aus Schienen in der Längs- und Querrichtung. Allerdings würde dies die Fahrbahn erheblich verteuern.

Die Abb. 310 u. 311 zeigen nur den Gedanken der ganzen Anordnung. Über die Einzelheiten, wie Anbringung der Gegengewichte, welche das ganze Trommelgewicht samt Wasserfüllung aufheben, so daß der Zug der Maschine nur die Bewegungswiderstände zu überwinden hat, sowie über die ganze Seilführung s. die Quelle: Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 421.

Die Vorzüge der querfahrenden Trogschleuse sind im allgemeinen:

1. Billige Herstellungsweise, weil geringere 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 mit Ausnahme der Schiffstrommel keine besonders großen Beanspruchungen vorkommen;
3. verhältnismäßig geringe Kostenvermehrung durch größere Hubhöhe, weil nur die Gleise und Drahtseile verlängert werden müssen;
4. der große wagerechte Abstand zwischen Ober- und Unterwasser läßt die bei allen senkrechten Hebungen nahegerückte Gefahr von Unterspülungen (s. weiter unten) nicht befürchten.

Während sie diese Vorzüge mit der längsfahrenden Schleuse teilt, hat die querfahrende die folgenden vor ihr voraus:

Abb. 311.

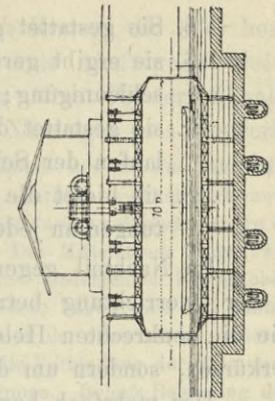
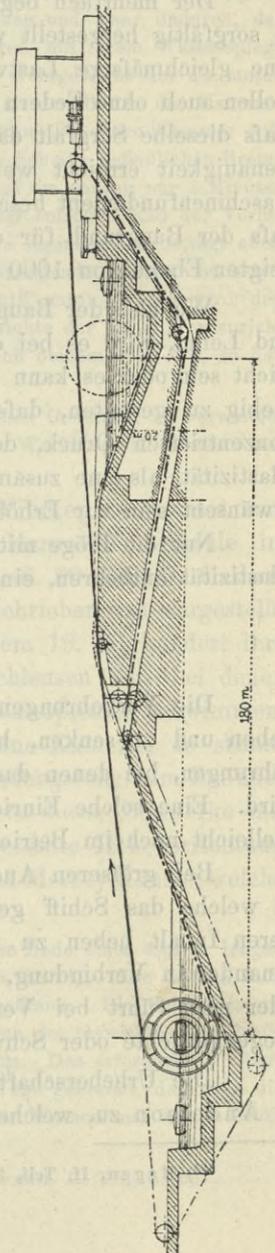


Abb. 310.



5. Sie gestattet gröfsere Steigungen und daher kürzere Bahnlänge;
6. sie ergibt geringere Wasserschwankungen und gestattet daher gröfsere Beschleunigung;
7. sie gestattet die Anordnung von Hinterhäfen, durch die das Aus- und Einlaufen der Schiffe gleichzeitig erfolgen kann;
8. sie bietet die Möglichkeit, zwischen zwei hoch übereinanderliegenden Haltungen an jeder Stelle Zweigkanäle, ebenfalls mit Hinterhäfen, anzuschliessen.

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

Der mehrfach begegneten Ansicht, dafs die Fundamente der geneigten Bahnen so sorgfältig hergestellt werden müßten und könnten wie Maschinenfundamente, so dafs eine gleichmäfsige Lastverteilung über mehrere Bahnen hinweg auf die Räder oder Rollen auch ohne Federn möglich sei, kann nur mit Einschränkungen begetreten werden. Dafs dieselbe Sorgfalt darauf verwandt werden mufs, ist zuzugeben, ob aber dieselbe Genauigkeit erreicht werden kann, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. Ein Maschinenfundament beschränkt sich auf eine kleine Fläche, man kann daher annehmen, dafs der Baugrund für dieses überall derselbe ist. Dies braucht aber bei einer geneigten Ebene von 1000 m Länge keineswegs immer zuzutreffen.

Wo also der Baugrund wechselt vielleicht zwischen Felsen und Geröll oder Kies und Lehm, wird es bei der grofsen Längen- und Breitenausdehnung der Bahn nicht so leicht sein oder es kann wenigstens sehr kostspielig werden, das Fundament so unnachgiebig zu gestalten, dafs Räder und Rollen, oder gar die Schiffstrommel mit ihrem konzentrierten Druck, der Federn ohne Gefahr entbehren könnten. Etwas gröfsere Elastizität, als eine zusammengenietete Eisenkonstruktion an sich bietet, kann daher nur erwünscht sein zur Erhöhung der Sicherheit.

Nur die Tröge mit Druckwassergleitschuhen können bei ihrer Eigenart die gröfsere Elastizität entbehren, ein weiterer Vorzug dieser Anordnung.

### 3. Senkrechte Schiffshebewerke.

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.<sup>134)</sup>

Bei gröfseren 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, dafs das Gewicht des einen dasjenige des anderen ausgleicht, oder man führt bei Verwendung nur eines Kastens zum Ausgleiche des Gewichtes Gegengewichte oder Schwimmer ein.

Die Urheberschaft der Anordnung mit Doppelkästen kommt wahrscheinlich J. Anderson zu, welcher bereits im Jahre 1796 einen Entwurf aufstellte, bei welchem

<sup>134)</sup> Hagen, II. Teil, 3. Bd., S. 352.

zwei Kästen, welche einander das Gleichgewicht hielten, durch Ketten, die über hoch gelagerte Rollen liefen, 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. Abb. 2<sup>a u. b</sup>, Taf. XI zeigen dies Bauwerk.

Es dient zur Hebung und Senkung kleiner, 8 t ladender und beladen nur zu Tal 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 Kettenscheiben; die Ketten tragen die zu beiden Seiten der Mauer auf- und absteigenden beweglichen Kammern *K* und *K*<sub>1</sub>. Diese bestehen aus hölzernen Seitenwänden und Böden, haben vorn und hinten ein Schütz *s* und werden durch einfache Vorrichtungen gegen die Schützrahmen der oberen bezw. unteren Haltung geprefst. Sobald dies geschehen ist, wird sowohl oben als unten die Verbindung der Haltungen mit je einer Kammer hergestellt, so daß 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 geregelt 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 so viel Wasser zugeführt, als dem Gewichte der Ladung entspricht. Dieses beträgt, wie gesagt, im Durchschnitt 8 t, die Verluste betragen nach obigem rund 2 t, so daß für die obere Haltung noch ein Gewinn von 6 t verbleibt.<sup>185)</sup>

Für größere Fahrzeuge von 300 t Tragfähigkeit hat Barret denselben Gedanken zu verwenden gesucht. Man findet diese Ausführungsweise in dem schon früher angezogenen Werke von H. Gruson und L. A. Barbet: Étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux.

Derselbe Entwurf ist von Barret im Vereine mit den Werken zu Creusot zum Wettbewerbe für die Überwindung von 41 m Gefälle im Marne-Saône-Kanale im Jahre 1893 eingereicht und in Nouv. ann. de la constr. 1898, S. 90 von G. Cadart mit den anderen Mitbewerbsentwürfen zusammen eingehend beschrieben und dargestellt.

Eine zweite Art der Hebung mit Doppelkästen, welche dem 19. Jahrhundert ihre Entstehung verdankt, liegt in den sogenannten Druckwasserschleusen vor, bei denen zwei bewegliche Schleusenkammern auf den Kolben von Druckwasserpressen schwimmen, welche untereinander in Verbindung stehen. Senkt sich die eine Kammer, so strömt das Druckwasser von dem zugehörigen Zylinder durch ein Verbindungsrohr zum Zylinder der anderen Kammer und hebt diese entsprechend. Das erste dieser Bauwerke mit 0,915 m Kolbendurchmesser war die in Abb. 3<sup>a-s</sup>, Taf. XI 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 (Abb. 3<sup>a u. b</sup>). Die beweglichen Kammern sind 4,72 m breit, 22,7 m lang und für 1,50 m Wassertiefe bestimmt. Die Schiffe haben 80 bis 100 t Tragfähigkeit. Das zu hebende Gewicht beträgt einschließlic des Gewichtes des Prefskolbens 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, daß man die sinkende Kammer mit normaler Füllung versieht, während die steigende einen Wasserstand hat, welcher

<sup>185)</sup> Transactions of the inst. of civ. eng. II. Bd. — Hagen, Wasserbaukunst, II. Teil, 3. Bd.

um 15 cm gegen den normalen erniedrigt ist. Der letztere stellt sich zu Anfang des Hubes unter der Wirkung der in Abb. 3<sup>a</sup> 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 (Abb. 3<sup>a</sup>) ersichtlich Weise bewerkstelligt. Beim Unterwasser angekommen, hört die schwerere Kammer auf zu sinken, alsdann wird die Verbindung zwischen den beiden Prefszylindern abgesperrt und jene Kammer, indem man das Druckwasser aus ihrem Prefszylinder entweichen läßt, vollends gesenkt. Die steigende Kammer aber muß nunmehr auf volle Höhe gehoben werden. Dies geschieht durch bereit gehaltenes Druckwasser, welches einem Kraftsammler (s. Abb. 3<sup>b</sup> u. 3<sup>c</sup>) entnommen wird. Kammer und Aquadukt haben nunmehr die in Abb. 3<sup>a</sup> gezeichnete Stellung, die an einem Ende schräg abgeschnittene Kammer ist dicht gegen ein am Aquadukt befindliches Gummiband geprefst. Durch Anhebung der Schützen stellt man schließlic in 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 bezw. Senken der Kammern einschließlic der Nebenarbeiten sind 8 Minuten erforderlich, während man bei Anlage von Schleusen 1 $\frac{1}{2}$  Stunden nötig hätte. Das Hebewerk ist seit dem Jahre 1875 in erfolgreicher Tätigkeit. Die jährlichen Betriebskosten sollen mit Einschlufs aller Arbeitslöhne nur 10500 M. betragen.

Weitere Ausführungen bezw. 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 nachstehender Tabelle sind einige wichtige Daten von Anderton, La Louvière und Les Fontinettes nach der Deutschen Bauzeitung 1890, S. 623 zusammengestellt.

|   |                       | Schiffshebewerke von  |  |                              |       |
|---|-----------------------|---|--|------------------------------|-------|
|   |                       | Anderton  | La Louvière                              | Les Fontinettes              |       |
| Errichtet . . . . .                             |                       | 1875 bezw. 82   | 1880—88                                  | 1880—88                      |       |
| Hubhöhe . . . . .                               | m                     | 15,35   | 15,40                                    | 13,13                        |       |
| Kammer-<br>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                         |       |
| Zylinderdurchmesser . . . . .                   | mm                    | 925   | 2060                                     | 2060                         |       |
| Betriebsdruck . . . . .                         | Atm.                  | 37,4  | 34,0                                     | 25,0                         |       |
| Wanddicke . . . . .                             | mm                    | 95  | 150                                      | 57 $\frac{1}{2}$             |       |
| Wasserbedarf für eine Schließung . . . . .      | cbm                   | 150   | 300                                      | 100                          |       |
| Dichtungsart . . . . .                          |                       | Voller Kautschukzylinder, welcher gegen eine schiefe Ebene geprefst wird. | Hydraulisch bewegte Keile mit Kautschuk. | Kautschuksack mit Luftdruck. |       |

Bei Anderton taucht, wie aus Abb. 3<sup>b</sup>, Taf. X ersichtlich, die sinkende Kammer in das Wasser des Flusses Weaver ein, so daß hier nur die Kammer mit Toren versehen ist. Diese Anordnung bedingt einen großen Verbrauch an Druckwasser. Bei den späteren Ausführungen konnte man dies dadurch vermeiden, daß die sinkende Kammer in eine trockene Grube eintaucht, welche von der Kanalhaltung durch Tore 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 Prefszylinder verbunden, so daß 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.

In Anderton ereignete sich an einem Zylinder ein Bruch am Anschlusse des Verbindungsrohres in dem Augenblicke, als die Kammer oben angelangt, das Tor aber noch nicht geöffnet war. Infolgedessen sank die Kammer samt dem Schiffe darin, ohne daß letzteres Schaden nahm. Es erklärt sich dies daraus, daß die Anlage infolge des verhältnismäßig kleinen Loches im Zylinder wie eine Wasserbremse wirkte<sup>136)</sup>, sowie auch daraus, daß 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, daß das Wasser stets nur durch ein verhältnismäßig enges Rohr entweichen, mithin die sinkende Kammer auch stets nur eine mäßige 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.<sup>137)</sup>

Alle angeführten Druckwasserhebewerke zeigen den Schleusentrog fest mit dem Kolben verbunden. Infolgedessen müssen schiefe Belastungen des Troges im Kolben Biegungsspannungen erzeugen, die vermieden werden sollten. Pfeifer empfiehlt daher, die Tröge mittels Kugelgelenken auf den Kolben zu lagern und die Parallelführung der Tröge gesondert auszuführen (s. oben).<sup>138)</sup> Das ist zweckmäßig, sein Vorschlag, auch die Prefszylinder unten auf Kugellager zu stellen, ist dagegen bedenklich. Der Zylinder muß 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 Zylinder 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 erreichten<sup>139)</sup>, so hat doch die Schwierigkeit, große Prefszylinder für hohen inneren Druck genügend sicher herzustellen, bei anderen Entwürfen dazu geführt, für jeden Trog mehrere Pressen anzuordnen.<sup>140)</sup> Von dahin zielenden Entwürfen seien kurz die folgenden unter Angabe der Quellen, welche näheres über dieselben mitteilen, erwähnt.<sup>141)</sup>

Bei einem Entwurf vom Ingenieur Sydengham Duer für die Schleuse bei Les Fontinettes muß die Parallelführung ungenügend genannt werden. Dasselbe gilt von einem Vorschlage Bellingraths, welche je zwei Pressen hintereinander (in der Längen-

<sup>136)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 231 u. 232.

<sup>137)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1891.

<sup>138)</sup> P. Pfeifer, Hydraulische Hebungen und Trogschleusen mit lotrechttem Hub. Berlin 1891.

<sup>139)</sup> H. Gruson und L. A. Barbet, Étude u. s. w. und P. Pfeifer, Hydraulische Hebungen.

<sup>140)</sup> Über die Herstellungsweise der Zylinder siehe Mitteilungen über die hydraulischen Schiffsselevatoren von Carl Fréson.

<sup>141)</sup> Schemfil, Kanal- und Hafen-Werkzeuge. — P. Pfeifer, Hydraulische Hebungen. — E. Bellingrath, Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes.

achse) zeigt, und ein Entwurf mit je zwei Pressen nebeneinander von E. Clark für Heuilley Cotton zeigt ebenfalls nur wenig nutzbringende Änderungen.

Auf mehrere Entwürfe von C. Hoppe in Berlin muß etwas näher eingegangen werden. Der erste derselben wendet ebenfalls zwei Pressen hintereinander unter jedem der beiden gekuppelten Schleusentröge an.<sup>142)</sup>

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

Hoppe hat daher später seinen Entwurf dahin abgeändert, daß er jeden Trog auf sechs Zylinder stellt, von denen je drei gruppenweise hintereinander unter der Längsachse jeder Troghälfte stehen. Die Zylinder sind so stark bemessen, daß bereits je zwei einer Gruppe die Last mit derselben Sicherheit tragen, wie in dem ersten Entwurfe der eine Zylinder unter einer Troghälfte. Bei dem Bruche irgend eines Zylinders, einer Rohrleitung, eines Schiebers u. s. w. tritt zwar der betreffende Zylinder außer Tätigkeit, es kann aber auf keine Weise eine Gefährdung des Bauwerks eintreten, selbst wenn der Maschinist den Bruch nicht bemerkt und die Steuermaschine weiter laufen läßt.<sup>143)</sup> 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 Druckwasser-Hebewerk 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 Hebezylindern. Bei diesem Entwurf dürften die Tröge gegen Kippen um ihre Längsachse 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.<sup>144)</sup>

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 Druckwasserpressen, sowie bei den Hebevorrichtungen eines Docks in San Franzisko mit 36 Druckwasserpressen 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 Druckwasser-Hebewerken ist dieser Übelstand am schwierigsten zu beseitigen, da dies hier nur durch sehr kostspielige Kraftsammler 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.<sup>145)</sup>

<sup>142)</sup> Dinger's polyt. Journ. Bd. 281, S. 240. — Glaser's Annalen 1888, S. 43.

<sup>143)</sup> Hydraulische Schiffshebewerke, Entwurf von C. Hoppe. Berlin 1890, Eigenverlag der Firma. — Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 119.

<sup>144)</sup> Hydraulische Schiffshebewerke, II. Entwurf von C. Hoppe (für Seeschiffe). Juni 1890. Selbstverlag der Firma. — Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 119. — P. Pfeifer, Hydraulische Hebungen. S. 69.

<sup>145)</sup> Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 230.

Es ist daher wohl fraglich, ob man Druckwasser-Hebewerke in Zukunft noch bauen wird, und zwar um so mehr, als ein Hebewerk mit einer Kammer, deren Gewicht durch Gegengewichte oder Schwimmer ausgeglichen wird, bedeutend billiger ist, als ein gekuppeltes Druckwasser-Hebewerk, und doch bereits einem erheblichen Verkehre genügt: zwei dergleichen sind zwar teurer als ein gekuppeltes Druckwasser-Hebewerk, aber auch ungleich leistungsfähiger. Näheres hierüber siehe weiter unten.

Es sei jedoch erwähnt, dafs auf dem IX. internationalen Schifffahrtkongresse sich die belgischen Berichterstatter über ihre Druckwasser-Hebewerke nach System Clark sehr günstig äufserten. In anderen Ländern scheint man trotzdem wenig Neigung zu haben, sie nachzuahmen.

Bei dem Wettbewerb von Entwürfen für den Marne-Saône-Kanal im Jahre 1893 sind zwar noch von 3 Firmen (1. M. Barret und die Werke zu Creusot, 2. die Werke zu Fives-Lille, 3. Clark, Standfield und Clark im Verein mit den Werken Cail) Druckwasser-Hebevorrichtungen mit verschiedenen Anordnungen vorgeführt, ohne dafs jedoch ein Entwurf Erfolg gehabt hätte. Es seien daher hier nur kurz einige Mitteilungen über dieselben gemacht, im übrigen aber auf die Quelle: *Nouv. ann. de la constr.* 1898, S. 66 u. f. verwiesen, wo die Entwürfe eingehend behandelt werden.

Das ganze durch Schleusen oder Hebewerk zu überwindende Gefälle betrug, wie schon erwähnt, 41 m, die Schiffsgröfse 300 t. Entwurf 1 von Barret und den Creusotwerken will das ganze Gefälle mit 2 Doppelhebewerken von je 20,5 m Hubhöhe überwinden. Die beiden Tröge jedes Doppelhebewerkes liegen nebeneinander auf einem Prefszylinder festgelagert. Um die Ausdehnung des Troges zu ermöglichen, sind die Tröge nicht wie bei Anderton an den Enden, sondern nur in der Mitte neben den Zylindern geführt. Die Prefszylinder der beiden Tröge stehen, wie üblich, miteinander in Verbindung, um die Gewichte bis auf die Unterschiede, welche durch das Ein- bzw. Austauchen der Kolben in das Druckwasser bedingt sind, auszugleichen. Um auch diese Unterschiede zu beseitigen und damit eine gleichmäfsige Hubgeschwindigkeit möglich zu machen, sind Ausgleichvorrichtungen mit Hilfe von schweren Ketten angebracht. Der Kolbendurchmesser beträgt 1,8 m, die Pressung 34 kg/qcm.

Alle derartig gekuppelten Vorrichtungen haben ihre Bedenken. Sie sehen leistungsfähiger aus, als sie in Wirklichkeit sind, weil, wenn ein Trog den Dienst versagt, der andere auch nicht zu benutzen, mithin der ganze Kanal gesperrt ist. Dies haben auch wohl die Mitbewerber eingesehen und deshalb neben den Doppelhebewerken auch Entwürfe von billigeren, einfachen aufgestellt.

Der zweite Entwurf derselben Firma zeigt daher zwei einzelne Hebewerke von je 20,5 m Hub. Um nun bei dieser Anordnung den Kraftsammler mit grofser Belastung zu sparen, der dem einfachen Troge das Gleichgewicht hält, sind die Prefszylinder der beiden verschiedenen Haltungen durch eine Druckrohrleitung von nicht weniger als 1718,24 m Länge miteinander verbunden. Es ist dies jedenfalls eine sehr gewagte Anordnung, die leicht Störungen durch Undichtigkeiten veranlassen kann. Zur Herstellung des Gleichgewichts zwischen dem höher liegenden Troge der oberen Haltung und dem tieferen der unteren ist dem Troge der letzteren noch ein fester Ballast von 52,16 t aus Roheisen hinzugefügt. Um einen Trog durch Überlast zum Sinken und den anderen zum Aufsteigen zu bringen, mußte der zu senkende 10 cm höhere Wasserfüllung erhalten, als der andere. Der Wasserdruck in den Prefszylindern betrug bei dieser Anlage 37 kg/qcm.

Entwurf 3 von den Fives-Lille-Werken zeigt auch 2 Paar Doppelschleusen von je 20,5 m Hub, aber ohne Gewichtsausgleicher, und infolgedessen nicht mit gleichmäfsiger, sondern allmählich abnehmender Hubgeschwindigkeit. Kolbendurchmesser nur 1,20 m, bzw. nach einer späteren Anordnung 1,40 m, Wasserdruck 59 kg/qcm bzw. 51 kg/qcm.

Entwurf 4 derselben Firma zeigt die gleiche Anordnung wie Entwurf 2 — für jede Haltung nur 1 Trog, beide durch lange Druckleitung verbunden. Bei 1,20 m Kolbendurchmesser und 0,18 m Durchmesser des langen Verbindungsrohres zwischen beiden Hebewerken würde die Pressung auf 71 kg/qcm steigen und der Schleusenhub 3' 25" dauern.

Die Entwürfe 5, 6 u. 7 von Clark, Standfield u. s. w. haben sämtlich grofse Kolbendurchmesser und infolgedessen niedrigen Wasserdruck. Die Gewichtsausgleichung für die Kolben erfolgt durch Wasserzuführung, wie oben von Les Fontinettes geschildert. Bei Entwurf 5 wird das Gesamtgefälle

von 41 m durch 4 Einzelhebwerke von je 10,25 m Hubhöhe überwunden. Zum Ausgleich der Troggewichte sind hier, wie bei Entwurf 2 und 4, die Prefszylinder der Hebwerke *A* u. *B* bzw. *C* u. *D* miteinander durch Druckrohrleitungen verbunden, die jedoch hier nur 919 bzw. 800 m lang zu sein brauchen. Mitten unter den Trögen ist nur je ein Kolben vorhanden von 2 m Durchmesser. Der Wasserdruck im Zylinder und den Verbindungsleitungen beträgt nur 25 kg/qcm. Der ständige Ballast, welcher den tiefer liegenden Trögen *B* und *D* der beiden gekuppelten Hebewerkepaare gegeben werden muß, beträgt nur 32,22 t.

Die beiden Entwürfe 6 und 7 von denselben Verfassern zeigen nur 2 einfache Hebwerke von je 20,5 m Hub, bei denen aber die Tröge durch zwei neben denselben in der Mitte angebrachte Druckwasserpressen gehoben werden. Infolgedessen brauchen die Prefszylinder 7,5 m weniger tief fundiert zu werden, sind leichter zugänglich und können immer nachgesehen werden. Die beiden zu einem Troge gehörenden Pressen stehen 8,92 m von Mitte zu Mitte auseinander, die Kolben haben 1,42 m Durchmesser, der größte Wasserdruck beträgt 30 kg/qcm. Bei Entwurf 6 sind die Zylinder der beiden Hebevorrichtungen wieder durch eine lange Druckrohrleitung von 0,35 m Weite miteinander verbunden, was wieder wegen der großen Länge trotz des geringeren Druckes wie bei Entwurf 2 u. 4 seine Bedenken hat. Der Ballast der tiefer liegenden Hebevorrichtung beträgt 64,932 t. Bei Entwurf 7 sind ebenfalls 2 einzelne Hebevorrichtungen von je 20,5 m Hub vorhanden, die aber nicht durch eine Druckrohrleitung verbunden sind. Das Gewicht jedes einzelnen Troges wird vielmehr durch 2 Akkumulatoren (für jede Presse einen) aufgehoben, welche sich in Türmen neben dem Oberhaupte befinden.

Bei allen 7 Entwürfen tauchen die Tröge nicht in das Unterwasser ein, sondern in eine stets wasserfreie, ausgemauerte Grube.

In die unten folgende vergleichende Tabelle sind diese Entwürfe, soweit die Quelle die nötigen Unterlagen gab, mit aufgenommen.

Das Bedenken, welches die Doppelschleusen einerseits und die Unbequemlichkeit der hohen Wasserpressungen andererseits erregte, führte zu der Ausführung der senkrechten Hebwerke mit einfachem, durch Gegengewichte ausbalanciertem Troge und zu den Schwimmerschleusen.

Um dünnere Drahtseile und kleinere Rollen zu erhalten, hängen bei einem Entwurfe von Hoppe 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 Druckwasserpressen, je zwei auf jeder Seite des Troges, an, welche durch die der Firma patentierte Steuerung die Parallelführung des Troges bewirken.<sup>146)</sup>

Auch Hoech behandelt im Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 155 den Entwurf einer Trogschleuse mit Gegengewichten, bei welchem das Heben durch einen Prefswasserzylinder geschehen soll, der mitten unter dem Troge steht.

Ebenso ist Leslie bei dem mehrfach erwähnten Wettbewerbe für den Marne-Saône-Kanal mit 2 derartigen Hebwerken von je 20,5 m Hub aufgetreten und hat mit seinem Entwurfe den ersten Preis gewonnen, wiewohl schließlich keines der künstlichen Hebwerke, sondern 8 gewöhnliche Schleusen von je 5,125 m Gefälle mit je 1 Sparbecken nicht nur als billiger, sondern auch als leistungsfähiger zur Ausführung gekommen sind. Für die Schiffer ist allerdings mit den 8 Schleusen ein Zeitverlust von 1 Stunde gegenüber den Hebwerken verbunden. Der Kasten hängt bei dem Entwurf von Leslie an 22 Galle'schen Ketten — 11 auf jeder Seite —, an deren anderen Enden die Gegengewichte befestigt sind. Die Gegengewichte bestehen aus mit Sand gefüllten Blechkästen. Auf jeder Seite des Hebegerüsts hängen 12 Gegengewichtskästen, von denen die beiden äußeren rechteckigen Grundrifs von  $2,5 \times 1$  m, die üb-

<sup>146)</sup> Schück, Karlsruhe, ein Rhein-Hafenplatz. Karlsruhe 1893.

rigen runden Grundrifs von 2,5 m Durchmesser haben. Die Galle'schen Ketten gehen zwischen den Gewichten herunter und jede ist mit den beiden benachbarten Gegengewichten durch einen Zwischenträger verbunden, der einerseits stark genug ist, falls eine Kette reißt, deren Last auf die Nachbarketten zu übertragen, andererseits aber auch nachgiebig genug, um ungleiche Längungen der Ketten auszugleichen. Jeder Aufhängekette entspricht eine Gleichgewichtskette von gleicher Länge und gleichem Gewicht, welche mit einem Ende unten an den Seitenwänden des Troges festsetzt, mit dem anderen zwischen den Gegengewichten in der Nähe der Tragketten befestigt ist. Unten laufen die Gleichgewichtsketten über Rollen, sie sind aber ohne Spannung.

Die Bewegung des Troges auf- und abwärts sollte durch Minder- bzw. Mehrlast an Wasser geschehen. Zur Regelung und zum Anhalten in jeder Stellung dienten 22 Druckwasserbremsen, welche an den Unterkanten der 22 Rollen angriffen, über die die Tragketten laufen. Näheres in der mehrfach genannten Quelle.

Hebewerke mit Gegengewichten sind wegen der einfachen Gründung in der Anlage billiger.

Die Gewichtsausgleichung für senkrecht zu hebende einfache Trogschleusen läßt sich auch durch einen oder mehrere Schwimmer, welche mit dem senkrecht darüber liegenden Troge durch eiserne Zwischentragwerke verbunden sind, bewerkstelligen und dieser Grundgedanke ist bereits im 18. Jahrhundert aufgetaucht. Derartige Schwimmer wurden zuerst 1794 von den Ingenieuren Rowland und Pickering vorgeschlagen, ohne jedoch zur Ausführung zu kommen.<sup>147)</sup> 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.<sup>148)</sup> 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, zylinderförmige Schwimmer mit senkrecht stehenden Achsen 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 wagrecht 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 Forderungen<sup>149)</sup> wäre vielleicht noch hinzuzufügen:

<sup>147)</sup> Gruson u. Barbet, S. 28.

<sup>148)</sup> Über den ersten Entwurf des Gruson-Werkes siehe Dingler's polyt. Journal, Bd. 281, S. 255. —

P. Pfeifer, Hydraulische Hebungen, S. 75.

<sup>149)</sup> Deutsche Bauz. 1893, S. 591.

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 fortfiele.

Der erste Entwurf einer Schwimmerschleuse, welcher im 19. Jahrhundert aufgestellt wurde, stammt aus dem Jahre 1883 und rührt vom Ingenieur Seyrig her.<sup>150)</sup> Dieser wollte damit Schiffe von 300 t Ladefähigkeit 20,5 m hoch heben. Er ordnete vier zylindrische Schwimmer in ebensoviel 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 Prefszylinder von nur 1,15 m Kolbendurchmesser und 5 bis 6 Atm. Wasserspannung überwunden wurde.

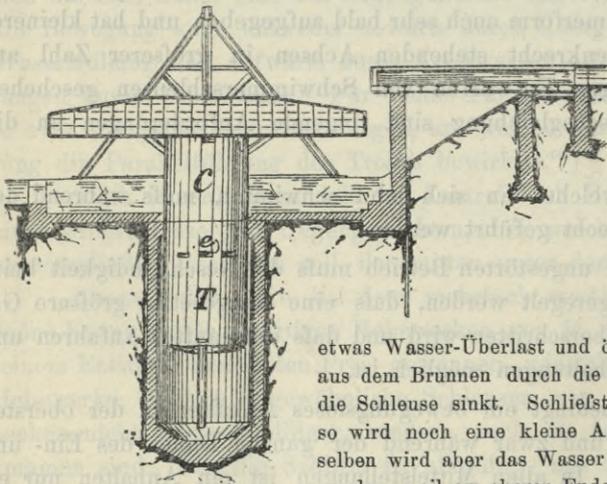
Mit diesem Entwurfe hat sich Seyrig an dem Wettbewerb für den Marne-Saône-Kanal 1893 beteiligt, jedoch ohne Erfolg. Näheres findet man in *Nouv. ann. de la constr.* 1898, S. 76 (vergl. auch die folgende Tabelle).

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 Jebens<sup>151)</sup>, welcher nur einen großen Schwimmer mitten unter dem Troge vorsieht. Diese Anordnung stellt zu hohe Anforderungen an die Gleichförmigkeit der Brunnenwände und genügt auch der Forderung 3 nicht.

Der zweite Entwurf von Jebens<sup>152)</sup> vermeidet diese Schwierigkeit in der Herstellung der Brunnenwand.

Abb. 312. Schwimmerschleuse von Jebens.



Auch bei diesem Entwurfe ist nur eine große zylindrische Trommel mit stehender Achse 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 Decke des Schwimmers *T* (Abb. 312) sind in der Verlängerung des Mantels Öffnungen *e* angebracht, die durch Schützen geschlossen werden können. Gibt man

etwas Wasser-Überlast und öffnet die Schützen, so dringt das Wasser aus dem Brunnen durch die Öffnungen *e* in den Zylinder *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 Zylinders schnell gehoben werden, weil am oberen Ende des Brunnens der Zwischenraum zwischen

Brunnen und Zylinderwand sehr verengt ist. Der vergrößerte Auftrieb wird also die lebendige Kraft der niedergehenden Kammer schnell vernichten. Vor der unteren Haltung wird die Kammer so an-

<sup>150)</sup> Comptes rendus de la société des ingénieurs civils, Mai 1883. Ferner H. Gruson u. L. A. Barbet und P. Pfeifer.

<sup>151)</sup> Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 301. — P. Pfeifer, *Hydraulische Hebungen*, S. 72.

<sup>152)</sup> Deutsche Bauz. 1890, S. 144. — P. Pfeifer, *Hydraulische Hebungen*, S. 73.

gehalten, daß die Wasserfüllung etwas geringer wird, so daß nach Öffnung der Schützen *e* der Auftrieb die Schleuse hebt. Das Schließen der Schützen an den Enden des Hubes sollte selbsttätig eingerichtet werden. Die Führung durch Gleitbacken in der Mitte kann sehr dauerhaft ausgebildet werden. Die Dichtung zwischen Trog und Haltung soll durch Gummischläuche mit Prefswasser geschehen.

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

Prüsmann hat die Schwimmerschleuse von Jebens weiter ausgebildet und sie für Trogschleusen verwendet, welche von Schiffen mit 600 bzw. 1000 t Tragfähigkeit benutzt werden sollen.<sup>159)</sup> Bei dem ersteren 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 gespärt; diese sind an ihrem oberen Ende durch Eisenzylinder verlängert, um die genügende Eintauchungstiefe für die Schwimmer zu beschaffen. Die Öffnung der Ventile, durch welche das Brunnenwasser in den Zylinder über dem Schwimmer aus- und einströmt, wird selbsttätig 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 Zylinder an. Es sind dies oben geschlossene, unten offene Kästen, in welche unter Zusammenpressung der Luft um so mehr Wasser eintreten wird, je tiefer sie 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 Tore 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 Ballastzylinder auf den Schwimmern . . .     | 710 t |
| Gewicht der beiden Abschlußstore . . . . .                    | 14 t  |
| Ausrüstung des Troges . . . . .                               | 90 t  |

<sup>159)</sup> Das Schiffshebewerk auf Schwimmern (Patent Prüsmann). 1892. Selbstverlag der Gutehoffnungshütte. — Deutsche Bauz. 1891, S. 505 u. 522.

|  |          |
|--|----------|
| Fahrgeschwindigkeit 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 . . . . .                                | 1 200 000 M. |
| Zwei Wohnhäuser für den Schleusenführer und den Maschinisten . . . . . | 28 000 „     |
| Eine Bude für den Gehilfen . . . . .                                   | 1 500 „      |
| Für Brunnen, Einfriedigung u. s. w. . . . .                            | 1 000 „      |
| Zusammen . . . . .   | 1 230 000 M. |

#### Unterhaltungskosten.

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Für das Hebewerk . . . . .   | 4 200 M. |
| Zwei Dienstgebäude . . . . . | 400 „    |
| Geräte, Tauwerk . . . . .    | 600 „    |
| Fernsprecher . . . . .       | 100 „    |
| Zusammen . . . . .           | 5 300 M. |

#### Betriebskosten.

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| Gehalt des Führers . . . . .       | 2 000 M. |
| Gehalt des Maschinisten . . . . .  | 2 000 „  |
| Zwei Gehilfen zusammen . . . . .   | 1 800 „  |
| Für Kohlen, Öl u. s. w. . . . .    | 1 600 „  |
| Für Hilfsarbeiter u. s. w. . . . . | 600 „    |
| Zusammen . . . . .                 | 8 000 M. |

Leider sind die Anlagekosten für Eisen, Mauerwerk und Gründungskosten nicht getrennt angegeben, so daß 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 Schleuse<sup>154)</sup> nicht ganz ohne Grund den Vorwurf, daß sie der Einfachheit entbehre. 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. 336 als erforderlich bezeichnet wurde, ist weder bei dem Prüsmann'schen, noch bei dem Hoech'schen Entwurfe 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 Druckwasserzylinder an den vier Ecken, Schlittenführungen und außerdem noch Seilführung vorgesehen war, ist die Aufgabe bei dem zweiten<sup>155)</sup> einfacher und klarer gelöst. Es sind vier doppelt

<sup>154)</sup> Zentrabl. d. Bauverw. 1891, S. 514.

<sup>155)</sup> Deutsche Bauz. 1894, S. 590, 602 u. 609.

ausgeführte, feststehende, senkrechte Zahnstangen angebracht, in welche je ein Triebbad eingreift. Die 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 zwangsläufig und zwar zu beiden Längsseiten des Troges in entgegengesetztem Sinne drehen. Zahnräder und Zahnstangen sind ähnlich den Abt'schen für Zahnradbahnen (also als Staffelhäder) ausgebildet. Die Steuerung erfolgt von einer Brücke über dem Troge. Neben dieser Parallelführung durch die Zahnstangen hat der Trog noch Rollenführungen, welche alle wagerechten Verschiebungen 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 beeinträchtigen. Der Betrieb kann durch den Unterschied 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 zylindrische Schwimmer mit senkrechter Achse 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, so daß 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).

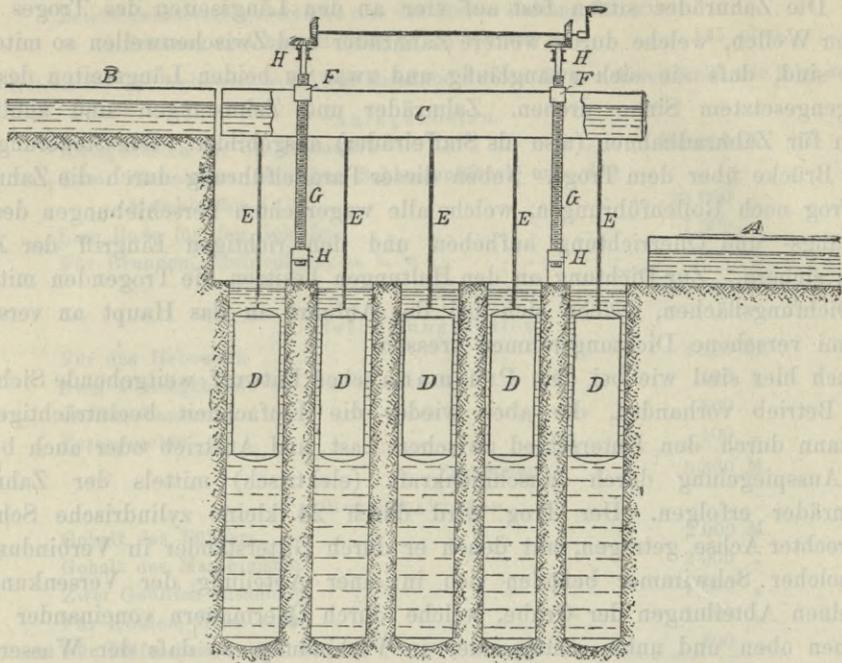
Auch bei dieser Anordnung wird der Trog nach erfolgter Ausspiegelung zwischen Kammer und Haltung wegen des Spielraums zwischen den Zähnen der Räder und der Zahnstangen eine Bewegung von 4 bis 5 cm machen, die für die Dichtungen ungünstig ist. Diese Bewegung kann man aber durch Benutzung des Motors vermeiden (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. 336 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 Wettbewerbs-Entwurfe einer Schwimmerschleuse für den Dortmund-Ems-Kanal bei Henrichenburg durch Anwendung von Schraubenführungen nach Jebens Angabe zu genügen gewußt, und deshalb ist wohl diesem Entwurfe seitens der Akademie des Bauwesens vor dem Entwurfe des Gruson-Werkes und dem Prüsmann'schen der Preis zuerkannt worden.

Die Abb. 313 zeigt in einfachen Linien den Grundgedanken der Anordnung. *A* ist die untere Haltung in Höhe der Scheitelhaltung des Kanals zwischen Münster und Dortmund, *B* die obere Haltung, also der Zweigkanal nach Dortmund. Der Höhen-

Abb. 313.



unterschied der Wasserspiegel zwischen *A* und *B* beträgt je nach den Wasserständen in den Haltungen höchstens 16 m. *C* ist ein beweglicher, mit Wasser gefüllter Kasten, in dem das Schiff von *A* nach *B* gehoben oder umgekehrt gesenkt werden kann. *DD* sind die Schwimmkörper, die in die ganz mit Wasser gefüllten Brunenschächte vollständig eintauchen; sie sind mit dem Wasserkasten *C* durch die Tragstützen *E* verbunden. Die stets nahezu gleichbleibende Schwimmkraft der 5 Schwimmer *D* hat die gesamte bewegte Last zu tragen, welche sich aus dem Wassergewicht des Troges (1540 t), dem Eisengewicht der 5 Schwimmer und dem Eisengewicht des Troges u. s. w. (etwa 1560 t) zusammensetzt. Eine geringe Kraftäufserung genügt also, um den Trog auf- oder abwärts zu bewegen. Die bewegende Kraft für den Niedergang kann leicht dadurch erreicht werden, daß man dem Troge oben etwas gröfsere Wasserfüllung gibt, so daß das Gesamtgewicht gröfsere als der Auftrieb wird. Umgekehrt kann man für die Auffahrt dem Troge eine zu kleine Füllung geben, so daß der Auftrieb überwiegt.

Die Bewegung kann aber auch ohne jede Mehr- oder Minderlast unmittelbar durch die sehr leicht arbeitende Schraubensführung erzeugt werden. Diese besteht aus 4 starken Schraubenspindeln *G*, welche oben und unten in kräftigen Halslagern *H* mit Kragenbunden in starken Gerüsten gehalten werden. Ihre Höhenlage ist also unveränderlich. Die 4 Schraubenspindeln sind zu einem gemeinsamen Getriebe verbunden, so daß ihre Drehung eine ganz gleichmäfsige ist. *FF* sind 4 am Troge befestigte Schraubenmutter, welche bei der Drehung der Spindeln *G* die genau wagerechte Lage des Troges bei der Hebung oder Senkung sichern. Die Schraubenspindeln und die Halslager haben solche Abmessungen, daß von ihnen das gesamte Gewicht des Troges oder auch der ganze Auftrieb der Schwimmkörper im Notfalle aufgenommen werden kann. Dadurch ist auch der vierten, oben von uns für Schwimmerschleusen aufgestellten Forderung Genüge geleistet.

Die Gesamtanordnung dieser Schwimmerschleuse zeigen die Abb. 14 bis 17, Taf. X.

Des weiteren sei über die Anlage noch folgendes bemerkt: Die Hubhöhe beträgt bei gewöhnlichen Wasserständen 14 m, sie kann aber bei hohem Oberwasser und niedrigem Unterwasser, wie schon bemerkt, auf 16 m steigen und bei umgekehrten Verhältnissen auf 12 m sinken, doch ist der letztere Fall nicht vorgesehen. Es ist also ein Unterschied von 4 m in der Hubhöhe möglich. Die Anschlüsse des Troges an die Haltungen sind für die oben angegebenen Wasserstandsunterschiede ausgebildet, wobei noch eine Änderung des Wasserstandes im Troge um 0,4 m durch Einlassen von Wasser aus dem Troge in die Schwimmer erreicht werden kann. Die Wassertiefe im Troge beträgt bei gewöhnlichem Wasserstande 2,5 m, die größte Tauchtiefe der Schiffe 1,75 m.

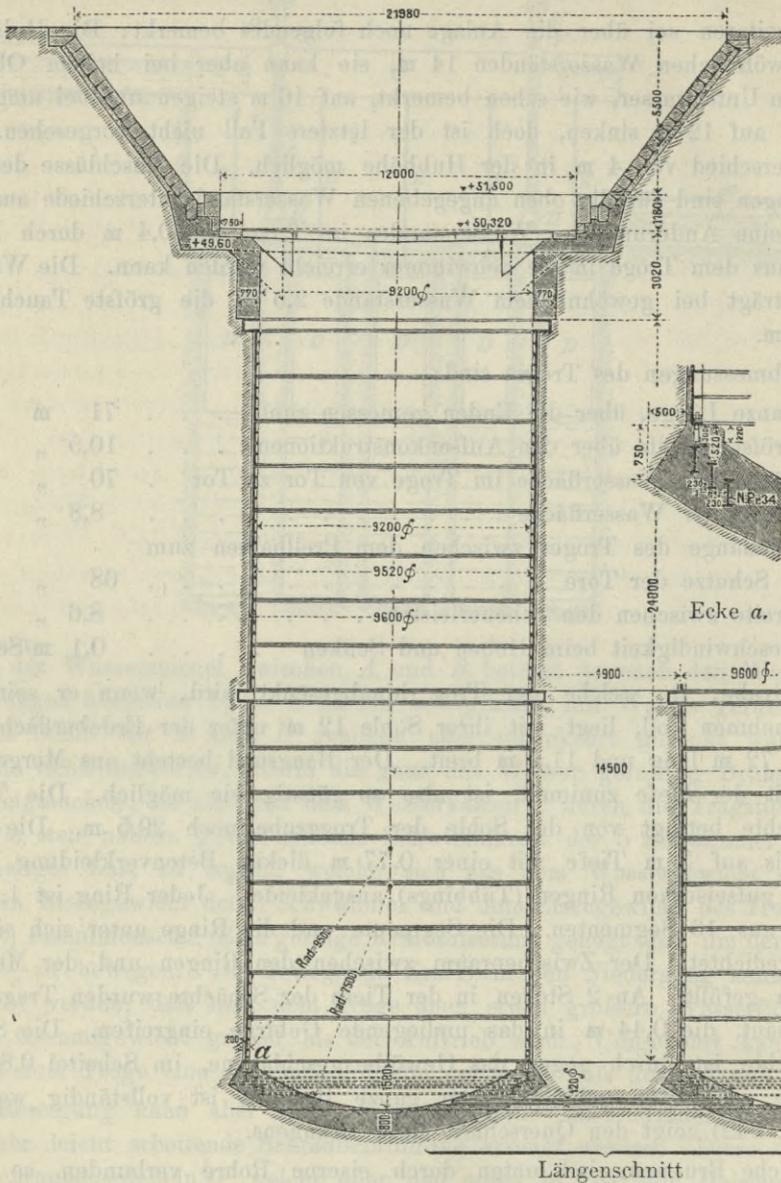
Die Abmessungen des Troges sind:

|   |      |        |
|---|------|--------|
| Ganze Länge, über die Enden gemessen rund . . .                                 | 71   | m      |
| Größte Breite über den Aufsenkonstruktionen . . .                               | 10,5 | „      |
| Länge der Wasserfläche im Troge von Tor zu Tor . . .                            | 70   | „      |
| Breite der Wasserfläche . . . . .   | 8,8  | „      |
| Nutzlänge des Troges zwischen dem Prellbalken zum<br>Schutze der Tore . . . . . | 68   | „      |
| Breite zwischen den Scheuerleisten . . . . .                                    | 8,6  | „      |
| Geschwindigkeit beim Heben und Senken . . . . .                                 | 0,1  | m/Sek. |

Die Grube, in welche der Trog hinabgesenkt wird, wenn er seine untere Stellung einnehmen soll, liegt mit ihrer Sohle 12 m unter der Erdoberfläche und ist in der Sohle 72 m lang und 11,4 m breit. Der Baugrund besteht aus Mergel, dessen Festigkeit mit der Tiefe zunimmt, ist also so günstig wie möglich. Die Tiefe der Brunnenschächte beträgt von der Sohle der Trogrube noch 29,5 m. Die Brunnen sind oben bis auf 3 m Tiefe mit einer 0,77 m dicken Betonverkleidung versehen, darunter mit gußeisernen Ringen (Tübbings) ausgekleidet. Jeder Ring ist 1,5 m hoch und besteht aus 16 Segmenten. Die Segmente und die Ringe unter sich sind durch Bleiplatten gedichtet. Der Zwischenraum zwischen den Ringen und der Mergelwand ist mit Beton gefüllt. An 2 Stellen in der Tiefe der Schächte wurden Tragringe von 0,4 m eingebaut, die 0,44 m in das umliegende Gebirge eingreifen. Die Sohle der Brunnenschächte ist durch gegen das Gewölbe geschlagene, im Scheitel 0,8 m dicke Kugelgewölbe aus Beton gebildet. Der ganze Brunnen ist vollständig wasserdicht. Abb. 314 (S. 342) zeigt den Querschnitt eines Brunnens.

Sämtliche Brunnen sind unten durch eiserne Rohre verbunden, so daß der Wasserstand in allen gleich bleiben muß. Für die Verankerung der unteren Halslager der 4 Schraubenspindeln sind auf der Sohle der Trogkammer neben den Brunnenschächten an 4 Stellen noch je 2 kleinere, 11 m tiefe, viereckige, unten erweiterte Schächte abgeteuft, die oben  $2,7 \times 2$  m, unten  $4,3 \times 3,7$  m im Geviert messen. Diese Schächte nehmen eiserne Anker auf und sind ganz mit Beton gefüllt. Beide Häupter sind aus Stampfbeton mit Quaderverblendung hergestellt. Die Türen an den Häuptern dienen zur Aufnahme der Gegengewichte für die Hubtore und außerdem zur Befestigung der Führungen für die Hebevorrichtungen. Sie enthalten am Oberhaupte auch die Treppen, über die man zu den oberen Plattformen des Hebewerks gelangt.

Abb. 314.



Die Seitenwände des Troges sind im oberen Teile aus ebenen 10 mm, im unteren aus 12 mm Blechen, der Boden an den Seiten aus 14 mm, sonst aus 8 mm starken Buckelblechen gebildet. Boden und Seitenwände sind durch I-förmige Längsbalken unterstützt, die in Verbindung mit den Seitenwänden und dem Boden die auf den Endabschlüssen des Troges lastenden Kräfte aufnehmen und den Längsschub, den der Trog bei der Herstellung der Verbindung zwischen ihm und der Haltung erleidet, in die ihn umgebenden Fachwerkträger und von hier in die Führungssäulen und weiter überleiten. Dieser Schub beträgt etwa 66 t. Der Trog ruht auf 16 U-förmig gebogenen Blechträgern, an die auch die I-förmigen Längsversteifungen schliessen. Aus den senkrechten

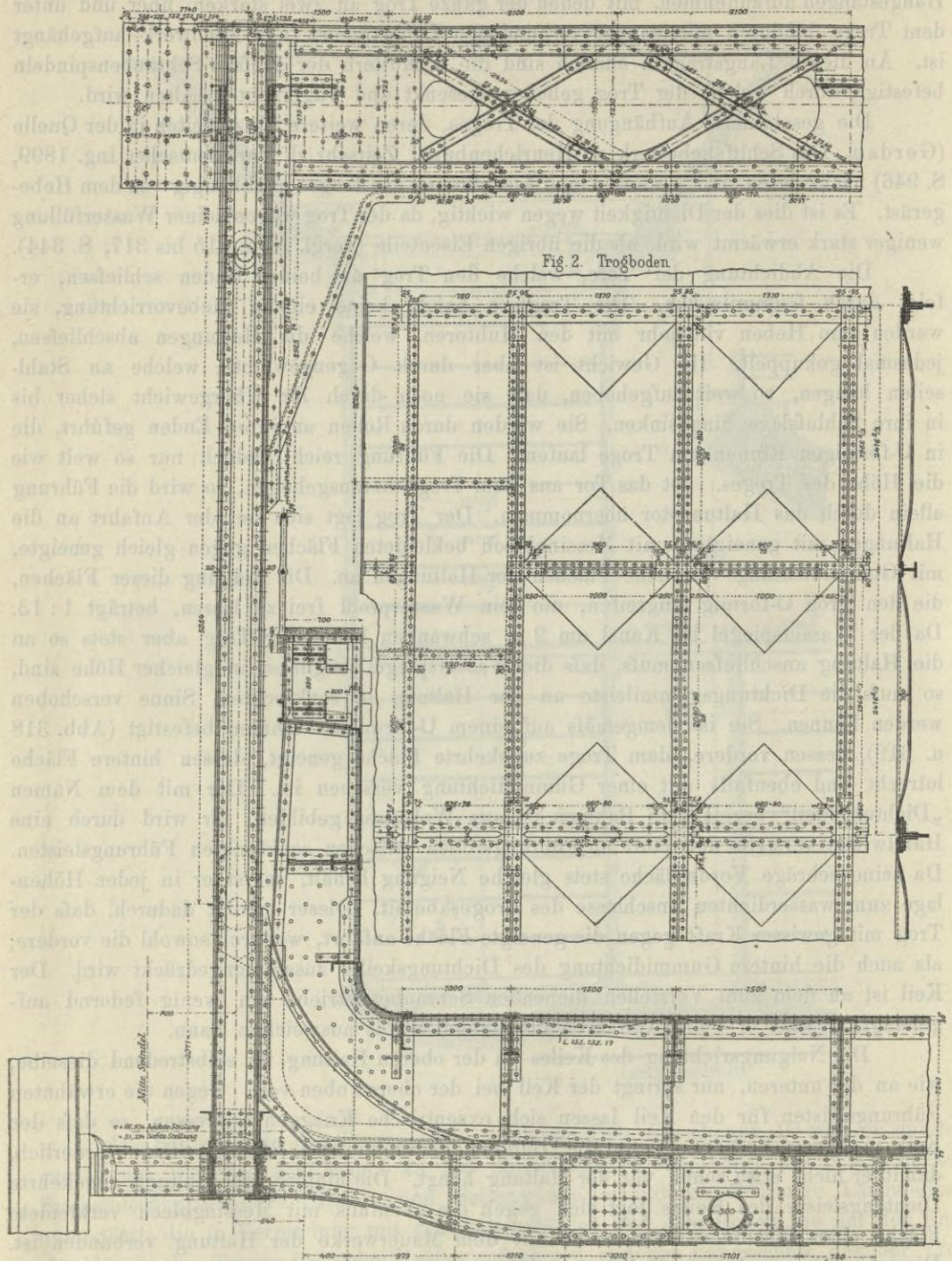
Schenkeln dieser U-förmigen Träger treten die Wandbleche seitlich hervor, um die Hängestangen aufzunehmen, mit denen der ganze Trog an zwei starken, über und unter dem Troge hindurch miteinander verbundenen Längsträgern aus Fachwerk aufgehängt ist. An diesen Längsträgern endlich sind die 4 Muttern der großen Schraubenspindeln befestigt, durch welche der Trog gehoben, gesenkt und wagrecht erhalten wird.

Die geschilderte Aufhängung des Troges, deren weitere Einzelheiten in der Quelle (Gerdau, Das Schiffshebewerk zu Henrichenburg. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 946) nachzulesen sind, gestatten eine Ausdehnung des Troges unabhängig von dem Hebe-gerüst. Es ist dies der Dichtigkeit wegen wichtig, da der Trog wegen seiner Wasserfüllung weniger stark erwärmt wird, als die übrigen Eisenteile (vergl. Abb. 315 bis 317, S. 344).

Die Abdichtung der Tore, welche den Trog an beiden Enden schließsen, erfolgt durch Gummileisten. Die Trogtore haben keine eigene Hebevorrichtung, sie werden zum Heben vielmehr mit den Hubtoren, welche die Haltungen abschließsen, jedesmal gekuppelt. Ihr Gewicht ist aber durch Gegengewichte, welche an Stahlseilen hängen, so weit aufgehoben, daß sie noch durch ihr Übergewicht sicher bis in ihre Schlußlage hinabsinken. Sie werden durch Rollen an ihren Enden geführt, die in U-förmigen Rinnen am Troge laufen. Die Führung reicht jedoch nur so weit wie die Höhe des Troges. Ist das Tor aus dem Troge herausgehoben, so wird die Führung allein durch das Haltungstor übernommen. Der Trog legt sich bei der Anfahrt an die Haltungen mit geneigten, mit Messingblech bekleideten Flächen gegen gleich geneigte, mit Gummidichtung versehene Flächen der Haltungen an. Die Neigung dieser Flächen, die den Trog U-förmig umgreifen, um sein Wasserprofil frei zu lassen, beträgt 1:13. Da der Wasserspiegel im Kanal um 2 m schwanken kann, der Trog aber stets so an die Haltung anschließsen muß, daß die Wasserspiegel möglichst in gleicher Höhe sind, so muß die Dichtungsgummileiste an der Haltung in senkrechtem Sinne verschoben werden können. Sie ist demgemäß auf einem U-förmigen Rahmen befestigt (Abb. 318 u. 319), dessen vordere, dem Troge zugekehrte Fläche geneigt, dessen hintere Fläche lotrecht und ebenfalls mit einer Gummidichtung versehen ist. Der mit dem Namen „Dichtungskeil“ bezeichnete Rahmen ist aus Walzeisen gebildet. Er wird durch eine Handwinde verstellt und läuft an Führungsrollen zwischen senkrechten Führungsleisten. Da seine schräge Vorderfläche stets gleiche Neigung behält, so ist er in jeder Höhenlage zum wasserdichten Anschlusse des Troges bereit. Dieser erfolgt dadurch, daß der Trog mit gewisser Kraft gegen die geneigte Fläche anfährt, wodurch sowohl die vordere, als auch die hintere Gummidichtung des Dichtungskeiles zusammengedrückt wird. Der Keil ist an dem zum Verstellen dienenden Schraubenge triebe ein wenig federnd aufgehängt, so daß er beim Auffahren des Troges etwas ausweichen kann.

Die Neigungsrichtung des Keiles an der oberen Haltung ist selbstredend dieselbe, wie an der unteren, nur springt der Keil bei der oberen oben vor. Gegen die erwähnten Führungsleisten für den Keil lassen sich exzentrische Knaggen anpressen, so daß der Keil in seiner Endlage gegen die Haltung gedrückt wird. Es ist dies erforderlich, damit er nicht etwa schief vor der Haltung hängt. Die hintere, der Haltung zugekehrte Dichtungsleiste des Keiles legt sich gegen die ebenfalls mit Messingblech verkleidete Fläche einer Eisenkonstruktion, die mit dem Mauerwerke der Haltung verbunden ist. Diese Eisenkonstruktion, „Haltungsschild“ genannt, hat gleichfalls U-Form, um das Kanalprofil freizulassen. An ihrem Umfange ist sie mit einem dicken Gummiwulste gegen das Mauerwerk, das hier aus sauber bearbeiteten Quadern besteht, abgedichtet. Wegen der Ausdehnung des Eisens ist die Gummidichtung der Dichtung mit Zement vorgezogen.

Abb. 315, 316 u. 317.



Der Haltschild enthält auch die Hubtore, welche die Haltung schliessen, und ihre Abdichtungsleisten (Abb. 318), die ebenfalls durch Messingstreifen gebildet werden. Die Haltungstore ähneln den Trogtoren, ihre Führung und Dichtung weicht jedoch

Abb. 318.

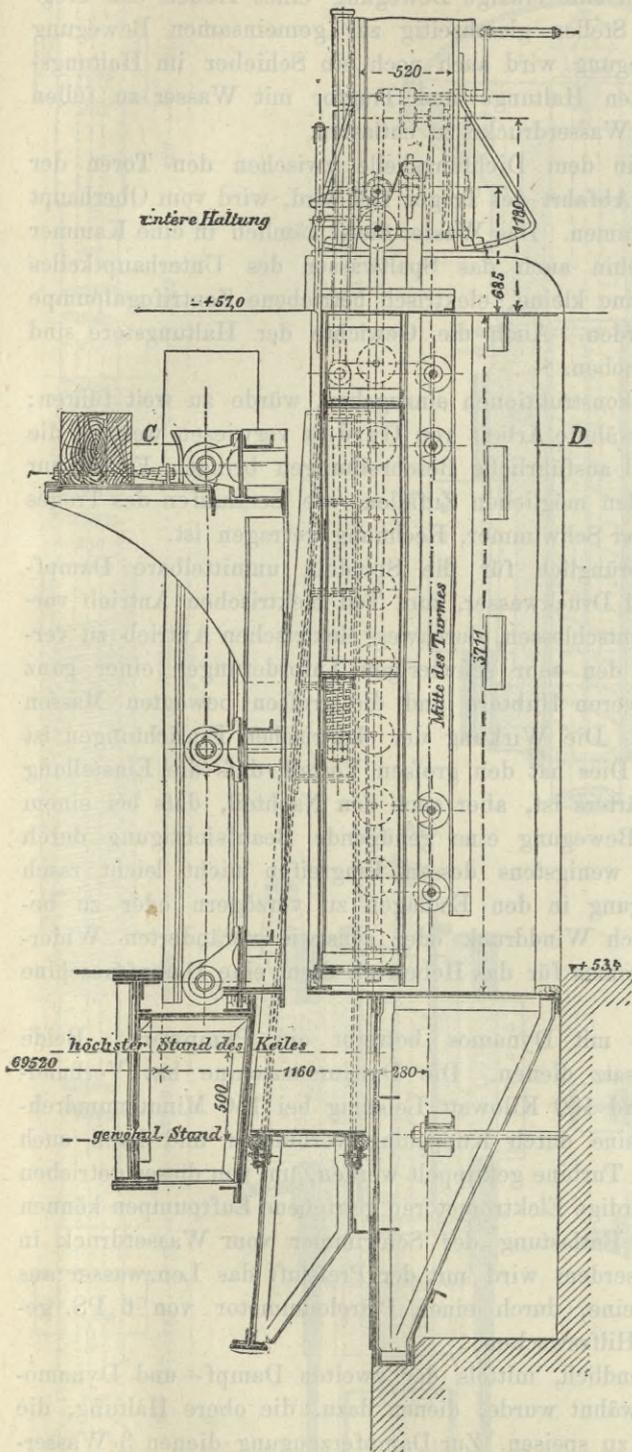


Abb. 319.

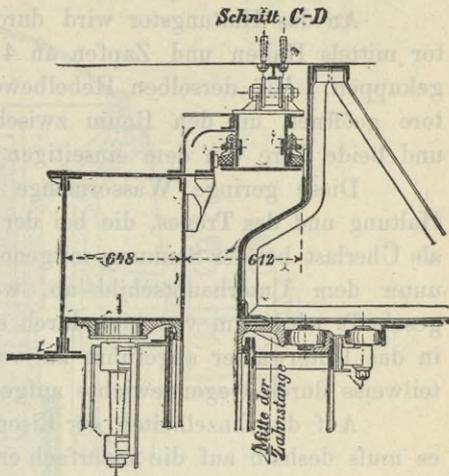
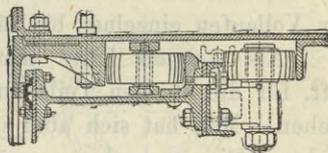


Abb. 320.



etwas ab. Sowohl im Haltungsschild, als auch oberhalb desselben, ist eine kräftige Führung vorgesehen. Um die Reibung an den Führungsleisten so zu vermindern, daß die Tore auch gegen den vollen Wasserdruck geschlossen und gehoben werden können, ist diese Führung, soweit das Tor im Wasser sich befindet, durch Walzrollen bewirkt. Es ist dies zur Sicherung der Haltungen geschehen, bei etwaiger Zerstörung des der offenen Haltung abgewendeten Trogtores durch ein eingefahrenes Schiff.

Da die Führung des Schützentores durch Walzrollen verhindert, daß sich das geschlossene Tor gegen die messingenen Dichtungsflächen preßt, so ist die Gummidichtung selbst so angeordnet, daß sie durch den Wasserdruck gegen die Dichtungsfläche getrieben wird (siehe Abb. 320).

Auch sind Dichtungsfläche und Gummi etwas geneigt, so daß sie dadurch schon in der unteren Stellung sehr nahe aneinander rücken.

An das Haltungstor wird durch eine einzige Bewegung eines Hebels das Trogtor mittels Haken und Zapfen an 4 Stellen gleichzeitig zur gemeinsamen Bewegung gekuppelt. Mit derselben Hebelbewegung wird auch noch ein Schieber im Haltungstore geöffnet, um den Raum zwischen Haltungs- und Trogtor mit Wasser zu füllen und beide Tore von dem einseitigen Wasserdrucke zu entlasten.

Diese geringe Wassermenge in dem Dichtungskeile zwischen den Toren der Haltung und des Troges, die bei der Abfahrt des Troges frei wird, wird vom Oberhaupt als Überlast bei der Senkung mitgenommen. Das Wasser fließt nämlich in eine Kammer unter dem Unterhauptschild ab, wohin auch das Spaltwasser des Unterhauptkeiles geschafft wird, um von hier durch eine kleine, elektrisch betriebene Zentrifugalpumpe in das Unterwasser abgeführt zu werden. Auch die Gewichte der Haltungstore sind teilweise durch Gegengewichte aufgehoben.

Auf die Einzelheiten der Eisenkonstruktionen einzugehen, würde zu weit führen; es muß deshalb auf die mehrfach erwähnte Arbeit von Gerdau verwiesen werden, die sehr viele bildliche Darstellungen und ausführliche Beschreibungen bringt. Es sei nur bemerkt, daß bei der Berechnung allen möglichen Zufällen, wie Leerlaufen des Troges oder Vollaufen einzelner bis sämtlicher Schwimmer, Rechnung getragen ist.

Als Antrieb hatte man ursprünglich für die Spindeln unmittelbare Dampfkraft, für die übrigen Teile zum Teil Druckwasser, zum Teil elektrischen Antrieb vorgesehen. Man hat sich aber später entschlossen, durchweg elektrischen Antrieb zu verwenden. Dieser macht es möglich, den sehr schwierigen Anforderungen einer ganz genauen Hubeinstellung für die schweren Hubtore und die großen bewegten Massen des Troges mit Zubehör zu genügen. Die Wirkung der elektrischen Einrichtungen ist in dieser Hinsicht ganz selbsttätig. Dies hat den großen Vorteil, daß die Einstellung unabhängig von der Willkür des Wärters ist, aber auch den Nachteil, daß bei einem Wechsel in den Widerständen der Bewegung eine genügende Beaufsichtigung durch den Wärter schwierig ist oder daß wenigstens dessen Eingreifen nicht leicht rasch genug erfolgen kann, um die Bewegung in den Endlagen zu verzögern oder zu beschleunigen, entsprechend jenen durch Winddruck oder sonstwie veränderten Widerständen. Zur Erzeugung des Gleichstromes für das Hebewerk dient eine Dampfmaschine von 220 PS.

Eine gleiche Dampfmaschine mit Dynamos betreibt ein Pumpwerk. Beide Maschinen können einander als Ersatz dienen. Die Dynamomaschine hat Verbundwicklung für 230 Volt Spannung und 150 Kilowatt Leistung bei 150 Minutenumdrehungen. Sie ist mit der Dampfmaschine durch Kuppelung verbunden und kann auch mit einer später noch aufzustellenden Turbine gekuppelt werden, um von dieser getrieben zu werden. Zwei kleine, durch 5 pferdige Elektromotoren getriebene Luftpumpen können Luft von 3 Atm. erzeugen, die zur Entlastung der Schwimmer vom Wasserdruck in diese eingeführt werden kann. Außerdem wird mit der Prefsluft das Lenzwasser aus den Schwimmern entfernt. Eine kleine, durch einen Petroleummotor von 6 PS. getriebene Dynamomaschine dient zu Hilfszwecken.

Zwei große Kreiselpumpen endlich, mittels der zweiten Dampf- und Dynamomaschine betrieben, welche oben erwähnt wurde, dienen dazu, die obere Haltung, die keine Zuflüsse hat, aus der unteren zu speisen. Zur Dampferzeugung dienen 3 Wasserröhrenkessel von je 100 qm Heizfläche.

Abb. 321.

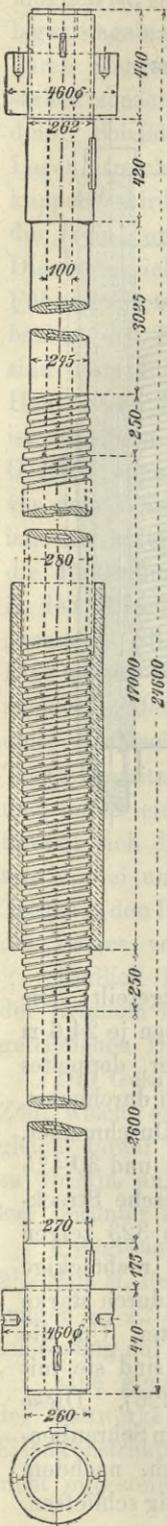


Abb. 322.

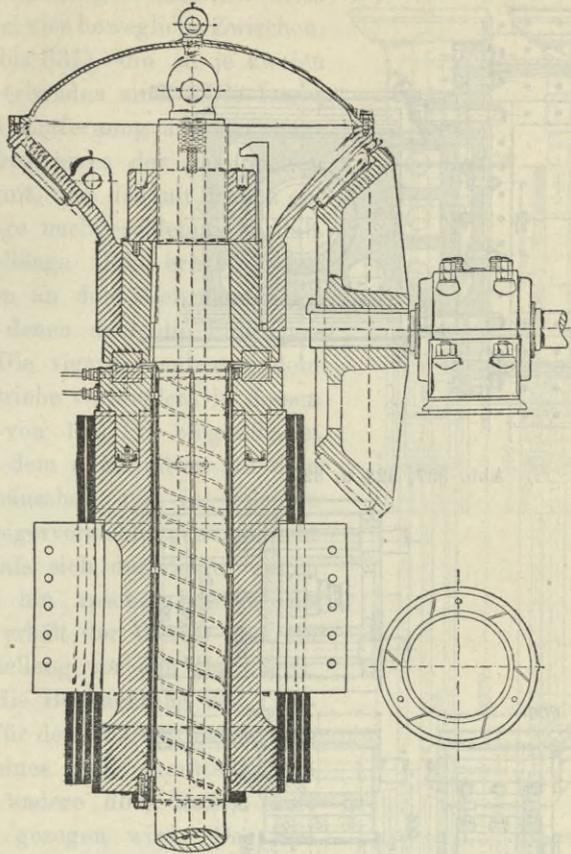


Abb. 323.

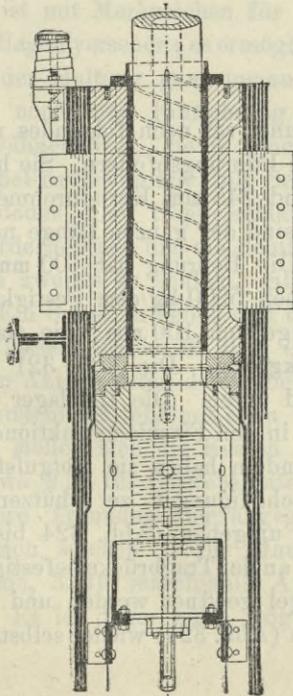


Abb. 324.

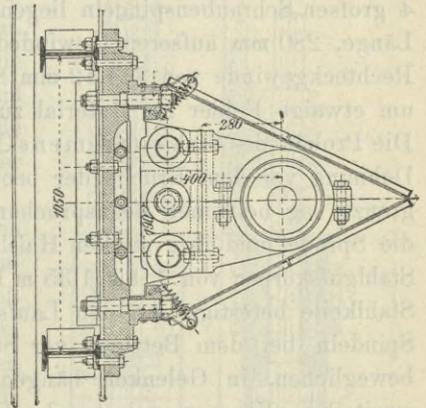


Abb. 325.

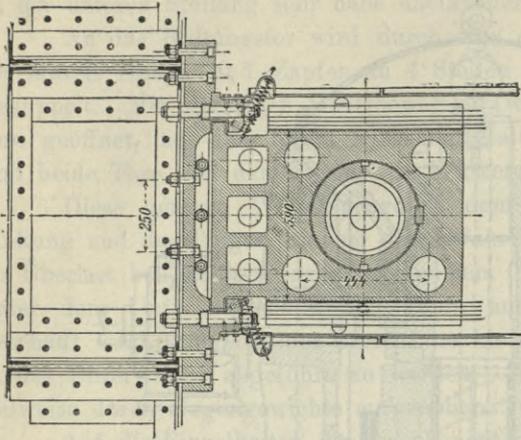


Abb. 326.

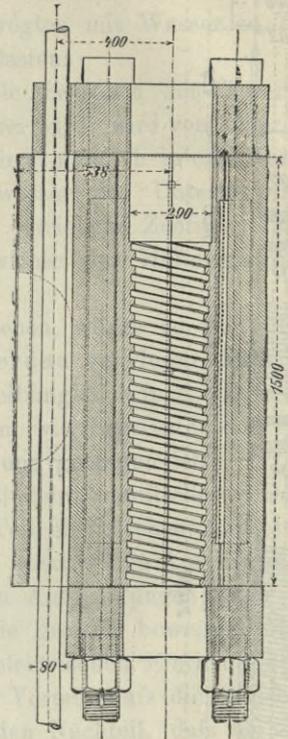
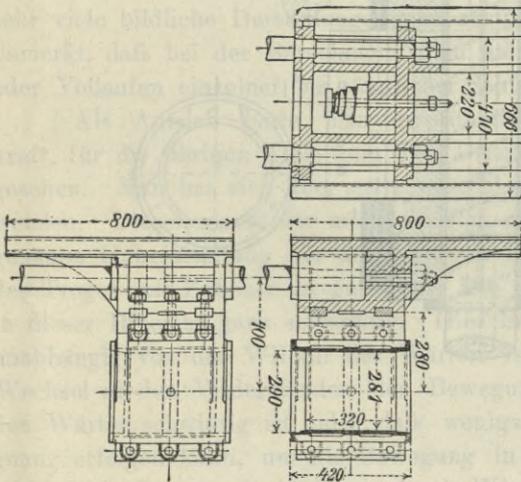


Abb. 327, 328 u. 329.



Über die Einrichtung für die Trogbewegung sei noch folgendes mitgeteilt: Die 4 großen Schraubenspindeln liegen vor 4 starken Führungspfählern. Sie haben je 24,6 m Länge, 280 mm äußeren Gewindedurchmesser und 245 mm Kerndurchmesser, doppeltes Rechteckgewinde von 111,12 mm Steigung und sind der ganzen Länge nach durchbohrt, um etwaige Fehler im Material zu entdecken. Die Bohrung hat 100 mm Durchmesser. Die Proben des Stahls (Siemens-Martin) ergaben 5200 kg/qcm Festigkeit und 30,4% Dehnung vor dem Bruche der beobachteten Länge von 100 mm; die elastische Streckgrenze lag bei einer Beanspruchung von 3000 kg/qcm. Die Abb. 321 bis 323 zeigen die Spindel und ihre starken Halslager oben und unten. Die Halslager — rechteckige Stahlgußkörper von 1 bis 1,35 m Höhe — sind in den Eisenkonstruktionen durch starke Stahlkeile befestigt. An den Laufstellen der Spindeln haben sie Rotgußfutter. Um die Spindeln bei dem Betriebe vor Staub und Beschädigungen zu schützen, sind sie mit beweglichen, in Gelenken hängenden Klappen umgeben (Abb. 324 bis 326). Diese zweiteiligen Klappen gestatten den Durchgang der an der Tragbrücke befestigten Schraubennuttern, indem sie gleich Türen durch Gleitbügel geöffnet werden und sich, nachdem der Trog vorbeigefahren, durch die kleinen Federn (Abb. 324) wieder selbsttätig schließen.

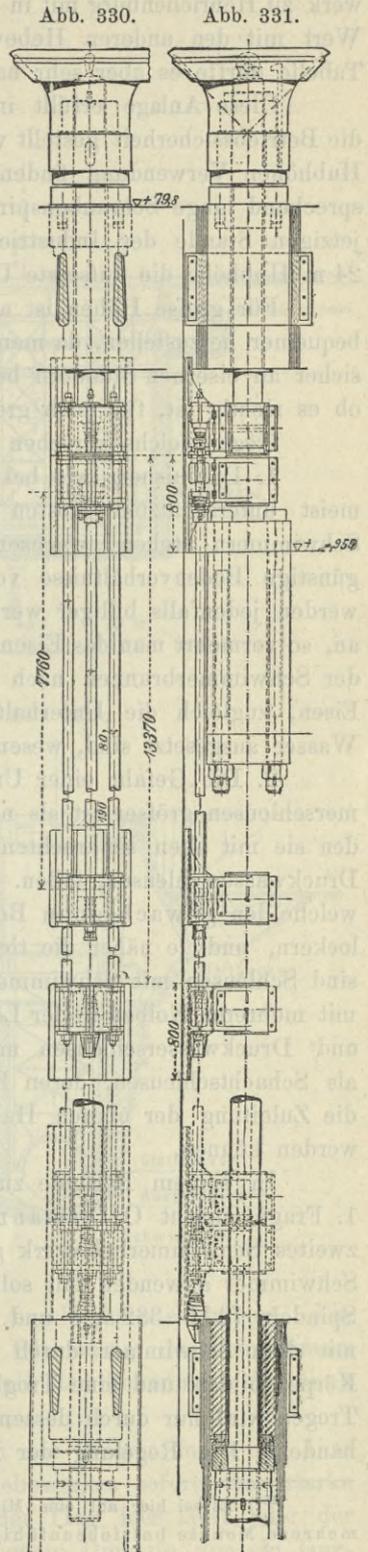
Um die Schrauben bei ihrer großen Länge nachzuführen, was durch feste Zwischenlager natürlich nicht möglich ist, sind für jede Spindel vier bewegliche Zwischenlager angebracht (Abb. 327 bis 331), die zu je zweien durch Stangen miteinander verbunden sind. Die Lager stehen sonach in je etwa 5 m Entfernung auf den Spindeln. Sobald der bewegte Trog eines der gekuppelten Lager erreicht, nimmt er es mit, und das mit diesem gekuppelte wird durch die Stange nachgeschleppt, so daß die freie, ungestützte Spindellänge nicht erheblich ist. Die beweglichen Lager werden an den Gleitrahmen der Führungsgerüste geführt, auf denen auch die Führungsbacken des Troges gleiten. Die vier Schraubenspindeln sind oben durch Kegelrädernetze verbunden, in dessen Hauptwelle der Elektromotor von 150 PS. eingeschaltet ist. Die Steuerung erfolgt von dem oben mitten auf dem Gerüste angebrachten Steuerhäuschen aus, in welchem vor dem Wärterstande eine Zeigervorrichtung angebracht ist, die so eingerichtet ist, daß sich der Zeiger gegen die Endstellungen des Troges hin rascher bewegt, als in den Mittellagen. Dadurch erhält der Wärter hier ein genaueres Bild von der Trogstellung vor den Haltungen. Eine zweite Einrichtung für die Beobachtung des Trogstandes in den Endstellungen für den Wärter besteht aus einer Drahtseilschnur, deren eines Ende unmittelbar am Troge festsetzt, während das andere über Rollen läuft und durch ein Gewicht straff gezogen wird. Das Seil bewegt sich durch ein Glasrohr vor dem Stande des Wärters vorbei und ist mit Merkzeichen für die Stellung des Troges in den Endlagen versehen; es ermöglicht, die Stellung des Troges vor der Haltung ganz genau zu beobachten.

Endlich ist noch eine Einrichtung zum Entleeren der Brunnen erwähnenswert, die in einer elektrisch angetriebenen Doppel-Kreiselpumpe mit Senkzeug besteht.

Die Gesamtdauer einer Doppelschleusung, d. h. die Zeit, welche erforderlich ist, um ein Schiff zu heben und gleich darauf ein zweites zu senken, gibt unsere Quelle zu 25 Min. an. Ein Schiff zu heben und den Trog wieder leer herunter zu lassen, würde 16 Min. erfordern.

Die gesamten Anlagekosten des Hebewerkes betragen  $2\frac{1}{2}$  Mill. M. Bei vollem Betriebe mit etwa 50 Einzelschleusungen in 12 St. stellen sich die Kosten für jede Einzelschleusung auf etwa 2 M. für Betriebsmaterial und Löhne.

Eine genauere Trennung der angegebenen Kosten des Bauwerks nach solchen 1. für Mauerwerk, 2. für Eisenkonstruktionen, 3. für maschinelle Anlagen ist leider nicht mitgeteilt. Es ist daher nicht möglich, das Hebe-



werk zu Henrichenburg mit in die weiter unten folgende Tabelle aufzunehmen und seinen Wert mit den anderen Hebewerken zu vergleichen. Dem Hebewerke No. 12 b der Tabelle dürfte es aber sehr nahe kommen, wiewohl dessen Hub gröfser ist.

Diese Anlage erfüllt in der Tat 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 Trogschleusen (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 zylindrischen Aufsätze zur Verlängerung der Schwimmerbrunnen nach oben und damit, aufser den Beschaffungskosten für das Eisen, zugleich die Unterhaltungskosten, denn letztere sind für Eisenteile, die dem Wasser ausgesetzt sind, wesentlich höher als für Mauerwerk (vergl. § 5).

2. Die Gefahr einer Unterspülung.<sup>156)</sup> In dieser Gefahr, welche bei den Schwimmerschleusen gröfser ist als namentlich bei den geneigten Ebenen, liegt ein Übelstand, den sie mit allen senkrechten Hebevorrichtungen, auch den Schachtschleusen und den Druckwasserschleusen, 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 Druckwasserhebewerke mit mehreren Kolben in der Längsachse in dieser Beziehung ungünstiger, als Schwimmer- und Druckwasserschleusen mit nur einem Stützpunkte in der Mitte und namentlich als Schachtschleusen, deren Fundierung weniger tief reicht, während die Dämme für die Zuleitung der oberen Haltung im Trocknen ausgeführt und sorgfältig überwacht werden können.

In seinem Berichte zum IX. Internationalen Schifffahrtkongress, 1. Abteilung, 1. Frage, macht Offermann erhebliche Änderungsvorschläge für den Fall, dafs ein zweites Schwimmerhebewerk gebaut werden sollte. Er will nur einen einzigen grofsen Schwimmer anwenden mit solider seitlicher Gleitbackenführung nur in der Mitte, ohne Spindeln (Abb. 332 a, b und c). Der Trog wird, wie aus den Skizzen ersichtlich ist, mit dem Schwimmer durch die Trogstützen so verbunden, dafs beide einen festen Körper bilden und eine Trogbrücke ganz entbehrt werden kann. Die Bewegung des Troges wird nur durch dessen Wasserlast bewirkt, eine Antriebsmaschine ist nicht vorhanden. Die Regelung der Bewegung erfolgt durch die Kolbenwirkung des ganzen

<sup>156)</sup> 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.

Abb. 332 a.

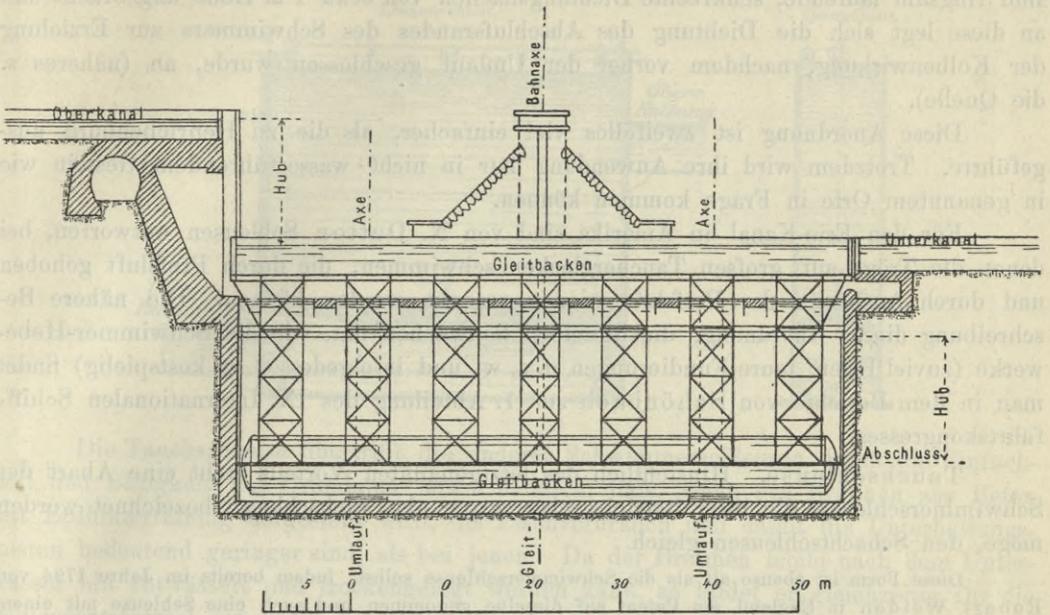


Abb. 332 b.

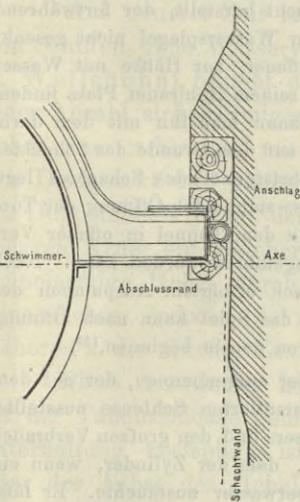
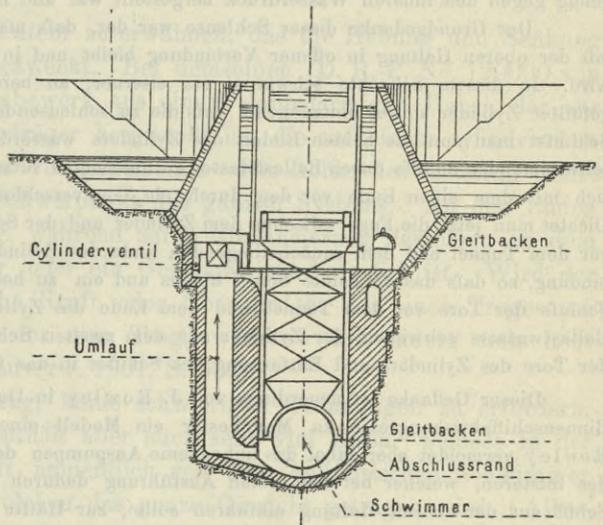


Abb. 332 c.



Schwimmers, der sich den Schachtwänden mittels eines Anschlusses nähert. Ein senkrechter Umlauf, seitlich am Schachte, verbindet das Oberwasser des Schwimmers mit dem Unterwasser. Die Anordnung des Umlaufes durch den Schwimmer hindurch ist ebenfalls möglich.

Bewegt sich der Schwimmer im Schacht, so strömt das Wasser durch den Umlauf. Schließt man diesen, so ist die Bewegung des Hebewerkes sofort ohne starke Beanspruchung einzelner Teile gehemmt. Auch wenn der Trog leer läuft oder der Schwimmer sich mit Wasser füllte, könnte bei geschlossenem Umlaufe nur ein lang-

samer Auf- oder Abstieg des Hebewerkes stattfinden. Oben und unten im Schachte sind ringsum laufende, senkrechte Dichtungsflächen von etwa 1 m Höhe angebracht und an diese legt sich die Dichtung des Abschlufsrandes des Schwimmers zur Erzielung der Kolbenwirkung, nachdem vorher der Umlauf geschlossen wurde, an (näheres s. die Quelle).

Diese Anordnung ist zweifellos viel einfacher, als die zu Henrichenburg ausgeführte. Trotzdem wird ihre Anwendung nur in nicht wasserführendem Gestein wie in ganantem Orte in Frage kommen können.

Für den Erie-Kanal in Amerika sind von N. Dutton Schleusen entworfen, bei denen die Tröge auf großen Taucherglocken schwimmen, die durch Prefsluft gehoben und durch Auslassen der Prefsluft wieder gesenkt werden können. Die nähere Beschreibung dieser Anordnung, die dieselben Schwächen hat, wie die Schwimmer-Hebwerke (zuviel Eisen, teure Fundierungen u. s. w. und infolgedessen zu kostspielig) findet man in dem Berichte von Schönbach zur 1. Abteilung des IX. Internationalen Schiffahrtkongresses.

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 infolgedessen zerstört wurde.

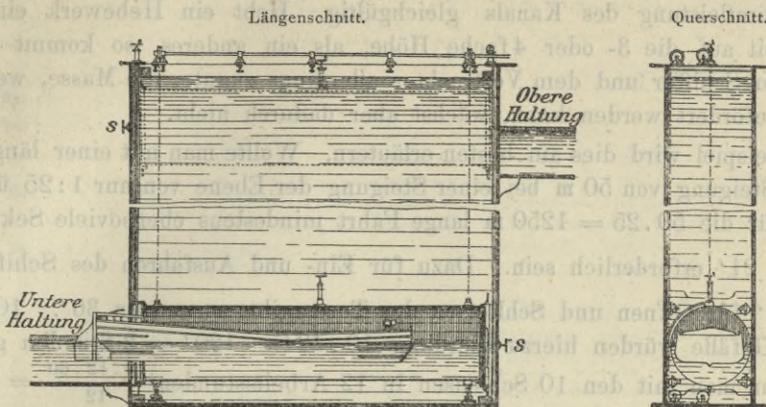
Der Grundgedanke dieser Schleuse war der, daß man einen Schacht herstellt, der fortwährend mit der oberen Haltung in offener Verbindung bleibt und in dem also der Wasserspiegel nicht gesenkt wird. In diesem Schachte schwimmt ein eiserner, an beiden Enden offener, zur Hälfte mit Wasser gefüllter Zylinder so tief eintauchend, daß die zu schleusenden Schiffe in seinem Hohlraum Platz finden. Schließt man nun die beiden Enden des Zylinders wasserdicht ab, so kann man ihn mit dem darin schwimmenden Schiffe durch Ballastwasser an Führungen versenken, bis er auf dem Grunde des Schachtes sich mit dem einen Ende vor den durch ein Tor verschlossenen Ausfahrtstunnel des Schachtes legt. Dichtet man jetzt die Fuge zwischen dem Zylinder und der Schachtwand, so steht nach Öffnung der Tore vor dem Tunnel und dem zunächstliegenden Ende des Zylinders dieser mit dem Tunnel in offener Verbindung, so daß das versenkte Schiff hinaus und ein zu hebendes hineingefahren werden kann. Nach Schluß der Tore vor dem Tunnel und dem Ende des Zylinders und nach erfolgtem Auspumpen des Ballastwassers schwimmt der Zylinder mit dem zweiten Schiffe auf und das Spiel kann nach Öffnung der Tore des Zylinders und Entfernung des Schiffes in das Oberwasser von neuem beginnen.<sup>157)</sup>

Dieser Gedanke ist neuerdings von J. Rowley in Dukinfield wieder aufgenommen, der auf dem Binnenschiffahrtkongresse 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, daß der Zylinder, wenn ein Schiff 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, daß der Zylinder 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 Abb. 333 a u. b dargestellt ist, wird der Wasserverbrauch offenbar ebenso eingeschränkt, wie bei den Schwimmer- und den Druckwasserschleusen, 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 Tore in beiden dienen die Schrauben s in Abb. 333 a.<sup>158)</sup>

<sup>157)</sup> H. Gruson und L. A. Barbet, S. 27. — P. Pfeifer, S. 72.

<sup>158)</sup> Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 273.

Abb. 333 a u. b. Tauchschleuse von Rowley.



Die Tauchschleuse übertrifft die anderen Schwimmerschleusen durch die Einfachheit und Billigkeit der Gründung, sowie dadurch, daß, 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, so daß auch deren Unterhaltung keine Schwierigkeiten bietet, was von den anderen Schwimmerschleusen nicht behauptet werden kann.

Aus neuerer Zeit ist noch ein Patent zu erwähnen, das die Hebung und Senkung von Schiffen ohne Wasserverbrauch bezweckt. Bei demselben (D. R.-P. No. 120090 von C. Weifshuhn) besteht das Schiffshebewerk aus einem doppelarmigen Hebel, der aus einer Anzahl sichelförmiger Fachwerkträger hergestellt ist, die auf einem zylindrischen Schwimmer ruhen und mit diesem fest verbunden sind. Die Achse des letzteren bildet den Drehpunkt und gleichzeitig den Schwerpunkt des ganzen Systems. An den Enden des Doppelhebels hängt der Schiffstrog, während zur Ausbalancierung desselben an dem anderen Arme ein gleicher Schiffstrog oder ein Gegengewicht befestigt ist. Wird der doppelarmige Hebel durch mechanische Kraft oder Übergewicht des einen Troges um seine Achse gedreht, so senkt sich der eine Trog, während der andere sich hebt (näheres s. die Quelle, Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 500).

Diese Anordnung hat den Vorzug, keine schwierigen Gründungen zu erfordern, mit der Tauchschleuse gemein. Sie enthält aber auch sehr viel Eisen, welches in der Unterhaltung kostspielig ist. Dies gilt namentlich von dem zylindrischen Schwimmer unter der Achse des Hebels, durch welchen das ganze Gewicht getragen wird. Allerdings ist dieser liegende Zylinder leichter zugänglich, als die stehenden Zylinder von Hebewerken, wie das zu Henrichenburg.

#### 4. Vergleichung der verschiedenen Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle.

Bevor wir zur Vergleichung der Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle übergehen, muß eine Betrachtung allgemeinerer Art vorausgeschickt werden.

Die Leistungsfähigkeit eines Kanals in seiner ganzen Länge ist ausschließlich von der Leistungsfähigkeit desjenigen Hebewerkes oder derjenigen Schleuse abhängig, bei dessen Benutzung das einzelne Schiff die längste Zeit gebraucht. Die Höhe, auf

welche das einzelne Hebewerk oder die einzelne Schleuse das Schiff fördert, ist dabei für die Gesamtleistung des Kanals gleichgültig. Hebt ein Hebewerk ein Schiff in derselben Zeit auf die 3- oder 4fache Höhe, als ein anderes, so kommt diese Zeitersparnis dem Schiffer und dem Verfrachter allerdings zugute, die Masse, welche durch den Kanal gefördert werden kann, wächst aber dadurch nicht.

Ein Beispiel wird dies am besten erläutern. Wollte man mit einer längsgeneigten Ebene eine Steigung von 50 m bei einer Steigung der Ebene von nur 1:25 überwinden, so würden für die  $50 \cdot 25 = 1250$  m lange Fahrt mindestens ebensoviele Sekunden oder  $\frac{1250}{60} =$  rund 21' erforderlich sein. Dazu für Ein- und Ausfahren des Schiffes  $2 \times 3' = 6'$  und 3' für Öffnen und Schliessen der Tore, gibt zusammen 30'. 10 Schleusen von je 5 m Gefälle würden hierzu allerdings  $10 \cdot 12' = 120' = 2$  Stunden gebrauchen. Dagegen kann man mit den 10 Schleusen in 12 Arbeitsstunden  $\frac{10 \cdot 12 \cdot 60}{12} = 600$  Schiffe von dem Gewichte  $Q$  zur Hälfte je 5 m heben, zur Hälfte senken, also eine Arbeit von  $600 \cdot 5 \cdot Q = 3000 \text{ m} \cdot Q$  verrichten, mit der geneigten Ebene dagegen nur  $\frac{12 \cdot 60}{30} =$  rund 24 Schiffe zur Hälfte 50 m heben, zur Hälfte ebensoviel senken. Die Arbeit der schiefen Ebene beträgt also nur  $24 \cdot 50 \cdot Q = 1200 \cdot Q$ , ist also nicht halb so groß, als die der Schleusen.

Aus obiger Erwägung folgt ferner, dass man bestrebt sein muss, nicht nur die Schleusungszeit aller Schleusen und Hebewerke möglichst zu verkürzen, sondern auch die Schleusungszeiten sämtlicher Schleusen und Hebewerke ein und desselben Kanals gleich groß zu machen. Aus der gleichen Gröfse der Schleusungszeiten ergibt sich wieder, dass auch bei den geneigten Ebenen in einem noch außerdem mit Schleusen versehenen Kanale der Hubhöhe durch die Dauer der Schleusungszeit in den gewöhnlichen Schleusen eine obere Grenze gesetzt wird, deren Überschreitung die Leistungsfähigkeit des ganzen Kanals herabdrücken würde.

Die Schleusungszeit bei einer gewöhnlichen, gut eingerichteten Kammerschleuse mit maschineller Einrichtung für das Ein- und Ausfahren der Schiffe wird höchstens 12' betragen, wovon je 3' für das Ein- und Ausfahren und 6' für Öffnen bzw. Schliessen der Tore und Schützen und das Füllen und Leeren der Kammer. Man wird also auf einer geneigten Ebene desselben Kanals auch nicht mehr Zeit verbrauchen dürfen für die entsprechenden Verrichtungen. Da weiter diese Zeit verhältnismässig kurz ist, wird man, um große Höhen in so kurzer Zeit überwinden zu können, stärkere Steigungen anwenden müssen. Hierfür eignen sich aber besonders die quergeneigten Ebenen, bei denen man außerdem durch Anordnung von Hinterhäfen die Zeit für das Ein- und Ausfahren der Schiffe bedeutend abkürzen kann. Rechnet man nämlich bei der längsgeneigten Ebene für das Ein- und Ausfahren des Schiffes wie bei der Kammerschleuse je 3' und für Schliessen und Öffnen der Tore und den event. Wasserausgleich 3', so bleiben von 12 nur noch 3' für die Fahrt übrig. Da diese nun mit mehr als 1 m Geschwindigkeit im Mittel nicht wohl ausgeführt werden kann, so würde die Länge der schiefen Ebene (ausschl. der Troglänge) nicht über  $3 \cdot 60 = 180$  m sein dürfen. Der längsgeneigten Ebene eine stärkere Steigung als 1:10 oder höchstens 1:8 zu geben, ist aber nicht ratsam, weil schon bei dieser Steigung und einigermaßen langen Trögen die Fundierungen am Unterhaupte oder aber die Zuführung der unteren Haltung als Aquadukt kostspielig und auch der Unterbau des Troges am unteren Ende sehr hoch werden wird. Bei 1:10 als Steigung würde also





mit 3' Fahrzeit nur eine Höhe von  $\frac{180}{10} = 18$  m, bei 1:8 aber von  $\frac{180}{8} = 22,5$  m erstiegen werden können.

Bei der quergeneigten Ebene mit Hinterhäfen kann das Ein- und Ausfahren zweier Schiffe gleichzeitig geschehen. Auch ist der Wasserwiderstand viel geringer. Für Ein- und Ausfahren zusammen genügen 3', dazu für Öffnen und Schließen der Tore wie oben 3', gibt zusammen 6', so daß für die Fahrt 6', oder 360" übrig bleiben, in der 360 m zurückgelegt werden können. Die Steigung kann 1:5 bis 1:4 genommen werden und somit  $\frac{360}{5} = 72$  m bis  $\frac{360}{4} = 90$  m Höhe erstiegen werden.

Noch größere Höhen wird man mit der Schiffstrommel von Teutschert und Czischek überwinden können, wenn man dieselbe Geschwindigkeit und dieselben Steigungen anwendet. Hier fallen die drei Minuten für Öffnen und Schließen der Tore weg, die der Fahrt zugute kommen. Man wird also eine um  $3 \cdot 60 = 180$  m längere Strecke zurücklegen können. Dagegen muß allerdings an der oberen Haltung ein verlorenes Gefälle überwunden werden (vergl. Abb. 310). Nimmt man den Scheitel dieses Gefälles 1 m über dem Wasserspiegel des Oberwassers und den Durchmesser der Trommel zu 20 m an, so beträgt das verlorene Gefälle, wenn die Trommel bis zur Achse ins Oberwasser hineintauchen soll,  $\frac{20}{2} + 1 = 11$  m. Bei einer Steigung 1:5 würden also  $2 \cdot 55 = 110$  m, bei 1:4 aber  $2 \cdot 44 = 88$  m Weg zur Überwindung des verlorenen Gefälles verbraucht werden. In ersterem Falle blieben von den gewonnenen 180 m Weg noch 70 m oder  $\frac{70}{5} = 14$  m Steigung übrig, so daß in 12', also bei Steigung 1:5, im ganzen  $72 + 14 = 86$  m Höhenunterschied erstiegen werden könnten, bei Steigung 1:4 aber  $180 - 88 = 92$  m Weg oder  $\frac{92}{4} = 23$  m Höhe und die Gesamtsteigung betrüge  $90 + 23 = 113$  m. Bei Steigung der Bahn von 1:3, wie die Erfinder annehmen, würde die Hubhöhe noch etwa 40 m mehr betragen können.

Haben wir so gesehen, welche Grenzen den geneigten Ebenen unter sich durch die Bedingung gestellt werden, daß die Leistungsfähigkeit des ganzen Kanals durch sie nicht herabgedrückt werden darf, so wollen wir jetzt zu ermitteln versuchen, welche Grenzen den sämtlichen Hebewerken durch die Kosten gesteckt werden.

In der beigefügten Tabelle ist versucht, für eine größere Anzahl ausgeführter und entworfenen Hebewerke die wichtigsten Daten zusammenzustellen, um daraus nach diesem Gesichtspunkte ein Bild über ihren verhältnismäßigen Wert zu gewinnen. Leider konnten 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 worden. 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 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 Erneuerungskosten, welche zusammen mit den gesamten Baukosten aus Spalte 6 die mit  $\Sigma(K)$  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  $\Sigma(K)$  allein zur Entscheidung dienen. Würste 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 Kosten für Metertonnen, welche auch die Anzahl der in 12 Stunden möglichen Schleusungen  $s'$  bzw.  $s''$  berücksichtigen, ein besseres Bild.

Da diese Kosten für die Metertonne 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  $\Sigma(K)$  die Betriebskosten noch nicht enthält, die bei den Schachtschleusen am geringsten sind, während die übrigen sich etwa in folgender Ordnung folgen werden: Schwimmerschleusen, Druckwasser-Schleusen, geneigte Ebenen mit Maschinenbetrieb.

Ein Vergleich der Kosten für die Metertonne der wagerechten Spalte 6 b. mit 5 c. und 7, sowie 8 mit 9, 10 und 11 a. u. b. zeigt, daß die Kosten für die Metertonne desto günstiger (kleiner) werden, je größer bei sonst gleicher Bauart der Hebewerke die zu hebenden Schiffe sind. Ein Vergleich der Kosten für die Metertonne verschiedenartiger Hebewerke ist daher nur dann zulässig, wenn diese für Schiffe gleicher Größe bestimmt sind, und wenn die Hubhöhe nahezu dieselbe ist, z. B. bei den einfach unterstrichenen in der wagerechten Spalte 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 geneigten 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 geneigten Ebenen jeder Art die Kosten für die Metertonne 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 sind<sup>159)</sup> (Querspalte 4 b. und 4 d.). Dabei haben diese geneigten Ebenen noch vor allen anderen

<sup>159)</sup> Diese Kosten sind ausschließlich von den Kosten für Erd- und Mauerarbeiten abgesetzt, weil dies in Bezug auf Unterhaltungs- und Erneuerungskosten am richtigsten erschien.

Hebewerken den schon erwähnten Vorzug voraus, daß die Fahrt auf der geneigten Ebene, während der die Hebung vor sich geht, in Richtung der Kanallinie erfolgt, also für den Schiffer gar keinen Zeitverlust bedeutet, wenn die Geschwindigkeit auf der geneigten Ebene ebenso groß gewählt wird, als die der im Kanal schwimmenden Schiffe.

Aus vorstehenden Betrachtungen ergibt sich nun kurz folgendes Urteil: Bis zu Höhen von 20 m ist überall, wo reichlich Wasser vorhanden und wo nicht besonders eilige Beförderung geboten ist, eine möglichst vollkommen ausgestattete Schleuse (maschineller Betrieb für die Schiffsverholung, Tore und Schützen) noch immer das einfachste und daher sicherste und billigste Beförderungsmittel. Bei 9 bis 20 m Höhe wird man natürlich anstatt der gewöhnlichen die Schachtschleuse anwenden, wenn man nicht eine Schleusentreppe vorzieht.

Muß man bei geringeren Höhen als 15 m wegen Mangel an Wasser oder wegen des Bedürfnisses einer schnelleren Hebung eine andere Hebevorrichtung wählen, so kommen hierfür in Frage

1. die längsgeneigte Ebene,
2. die quergeneigte Ebene,
3. das senkrechte Hebewerk mit Gegengewichten,
4. Druckwasser-Hebewerke nach Clark,
5. die Tauschschleuse.

Die Schwimmerschleusen werden der hohen Kosten wegen sich nicht empfehlen, oder sicher nur unter ganz besonders günstigen Bodenverhältnissen.

Dieselben 5 Hebevorrichtungen dürften auch noch bei Höhen von mehr als 15 m bis zu 20 m in Wettbewerb treten, über 20 m bis zu 30 m sind nur noch längs- und quergeneigte Ebenen zweckmäßig. Über 30 m empfehlen sich nur noch quergeneigte Ebenen bis zu 90 m. Über 90 m endlich von den quergeneigten nur noch die Schiffstrommel bis zu 150 m bei Anwendung einer Steigung 1:3.

Neben künstlichen Hebevorrichtungen wird man zweckmäßig noch eine Schleusentreppe anbringen, wenn ein starker Verkehr von teilweise wertvollen, schnell zu befördernden Gütern und mittlerer Wasservorrat vorhanden ist, der ziemlichem Wechsel unterliegt.

Die wertvollen Güter können dann gegen verhältnismäßig hohe Abgabe die Hebevorrichtung, die Massengüter die Schleusentreppe benutzen. Letztere bildet die sichere Reserve für die leichter versagende Hebevorrichtung. Die Maschinenanlage der Hebevorrichtung anderseits kann, wenn diese versagt, zum Aufpumpen von Wasser für die Schleusentreppe bei Wassermangel dienen.

Zum genaueren Studium der künstlichen Hebewerke wird auf den Literatur-Nachweis am Schlusse dieses Bandes verwiesen.

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

Signalvorrichtungen. Je stärker der Betrieb einer Schleuse, desto vollständiger muß sie mit gewissen Vorkehrungen zur Sicherheit des Betriebes ausgestattet sein, weil die Gefahr des gegenseitigen Anstosens der Schiffe eine größere wird und außerdem die Zeit um so besser ausgenutzt werden muß. Es ist also bei möglichst großer Geschwindigkeit aller Bewegungen und der Benutzung auch der dunkleren Tagesstunden, vielleicht gar der Nacht, eine genügende Sicherheit der Schiffe und der

Schleusentore 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 Schiffern die Fahrriichtung 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 Tore der Schleuse und die Einfahrten genügend beleuchtet sind. Die etwaige Kammer bedarf in der Regel keiner Erleuchtung. Ein gutes Beispiel gibt Abb. 10, Taf. III von der Geestemünder Schleuse, wobei alle Tore 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 Kaiser Wilhelm-Kanals wird nicht nur eine ausgiebige Beleuchtung der Vorhäfen durch zahlreiche elektrische Bogenlampen, sondern auch der Schleusen selbst ausgeführt, so dafs auch des Nachts ein bequemer Verkehr gesichert ist. Ausserdem 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 Köln geliefert wurde, 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, dafs 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, dafs 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 Normkerzen vorgesehen, von denen etwa ein Drittel auch bei Tage brennen muß. Endlich erhalten noch die Zentral-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 Abb. 1, Taf. II trifft es sich günstig, daß die Mauern des Unterhauptes wegen des durch die untere Toranlage abzuhaltenen äußeren Hochwassers eine größere Höhe als die Mauern der Kammer erhalten haben, so daß hier eine lichte Höhe von etwa 3,3 m zwischen Unterwasser und Brückenunterkante bleibt.

Sobald die Brücke beweglich wird, ist ihre Stelle von den Wasserverhältnissen fast unabhängig. Dann richtet es sich nach der Anordnung und Bauart 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 Verwendung schwerfälliger Bauteile geht, sollten die Drehbrücken einflügelig genommen werden, wie z. B. nach Abb. 15, Taf. II. 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 ausgeführt 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 Druckwasservorrichtung (zwei Zylinder zum Hin- und Herschieben mit vierfacher Übersetzung und zwei Zylinder 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.<sup>160)</sup>

Seltener noch als Brücken sind Unterführungen von Bächen oder sonstigen Wasserläufen bei Schiffsschleusen erforderlich. Sie kommen nur bei den Schleusen in Schiffahrtskanälen 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 Torkammerbodens 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 Unter-

<sup>160)</sup> Wegen der Einzelheiten der beweglichen Brücken vergl. Kap. XI des II. Bandes (2. Aufl.).

führung fast stets eine dükerartige sein, weil meistens der Schiffahrtskanal und der Bach nahezu gleiche Spiegelhöhe besitzen werden. Nach den für Wasserleitungen in Kap. IV der 3. Aufl. 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 Abb. 16 u. 17, Taf. II gegebene Beispiel einer Bachunterführung der Emskanäle<sup>161)</sup> (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 Abb. 17 die Betonsohle entsprechend vertieft und nach Abb. 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 oberer Seite. Bei stärkerem Zufluss des Kanals läuft dessen Wasser über den rechtsseitigen Rand der Torkammer 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 Torkammerboden besonders sorgfältig und wasserdicht hergestellt sein müssen.

Größere Düker müssen später nachgesehen werden 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 Abb. 16, Taf. I zeigt in dem Oberhaupt einer Schleuse des Marne-Saône-Kanals ebenfalls eine Bachunterführung, welche 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.

Schleusenwärterwohnungen. Was endlich die Wohnungen der Schleusenwärter anlangt, so sind diese 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 Wirtschaftsbetrieb eingerichtet, wobei der Gehalt des Wärters entsprechend verkürzt wird.

Für die Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals ist eine Gruppe von Beamten-Doppelwohnhäusern errichtet, wie auf dem Lageplan der Brunsbütteler Schleusen (Taf. IX, Abb. 7) ersichtlich ist.

Von sonstigen neben den Schleusen zu errichtenden Hochbauten wird bei Behandlung der Schiffahrtskanäle die Rede sein.

<sup>161)</sup> Die Schleusen der Schiffahrtskanäle im mittleren Emsgebiet. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, Mai.

**§ 27. Betrieb und Unterhaltung.** Bei dem Betriebe der Schleusen ist vor allen Dingen im Auge zu behalten, daß sie möglichst uneingeschränkt dem Verkehre zu dienen haben, und daß fast jede Beschränkung zum Nachtheile 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 Schiffahrtsbetrieb, als der eines freien Gewerbes, getrennt ist von dem Besitz und dem Betriebe der baulichen Einrichtungen für die Schiffahrt, so wird man in den meisten Fällen unbedingt darauf 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 Binnenschiffahrt angewiesen ist, vertragen keine hohe Schleusengebühr. Die auch die wertvollsten Güter befördernde Seeschiffahrt 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 diese Aufgabe zum kleinsten Theile dem Ingenieur zur Lösung vor. Es ist jedoch dessen Sache, genau die Kosten des Betriebes der baulichen Anlagen zu ermitteln, sie möglichst zu verringern und die Leichtigkeit des Verkehres zu fördern.

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, so daß 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 Tore 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 Schiffahrt 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 tätig, wogegen sie in der übrigen Zeit nur geringere Leistungen zu beschaffen haben.

Für die Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals zu Brunsbüttel sind als Schleusen- und Maschinenpersonal 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 zylindrisch runden Holze. Bei großen Schleusen, wo die Berührung fast an jedem Punkte möglich ist, 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 aufsen 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 Tore, besonders ihre Beweglichkeit, große Aufmerksamkeit, weil andernfalls bedenkliche Zerstörungen eintreten können. Sodann empfiehlt es sich, Holztore jährlich nach trockenem Wetter mit gutem Holzteer soweit hinunter als möglich zu teeren, das Eisenzeug aber mit Steinkohlenteer zu überstreichen. Eiserner Schleusentore, 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. 166). Um im Innern das Tor zu erwärmen, werden am besten erhitzte Ziegelsteine hineingebracht. Für die außerordentlichen Unterhaltungsarbeiten, wie z. B. Aushängen

der Tore u. s. w., lassen sich allgemeine Regeln nicht aufstellen. Man vergl. hierzu die Mitteilungen über Arbeiten an den Schleusen zu Calais, Breslau, Dieppe, sowie an der Kammerschleuse „Willem III“ im nordholländischen Kanal, welche nachstehend unter „Literatur“ näher bezeichnet sind.

Bei sehr großen Schleusenanlagen mit starkem Verkehre muß man Reservetore vorrätig haben (Kaiser Wilhelm-Kanal). Um aber nicht zu viele Reservetore beschaffen zu müssen, empfiehlt es sich, die sämtlichen Tore ganz gleich zu machen (neue Seeschleuse bei Ymuiden).

## Literatur.

### I. 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.
- Schleusentore im Flutgebiete. Compte rendu des travaux des ing. civ. 1873, S. 319.
- Die Konstruktion der Schleusentore. Engineer 1873, Febr., März u. Juli, S. 93 u. a.
- Schiffahrtsschleusen der Sone-Kanäle von Stony (auf Brunnen fundiert). Engng. 1873, Okt.
- Dichtung der Sandschleuse zu Breslau durch Zementmörtel. Zeitschr. f. Bauw. 1873, Heft VI.
- Über Schleusentore. Nouv. ann. de la constr. 1874, S. 137; 1875, S. 24.
- Schleusentore aus Blech und Holz für den Kanal St. Martin. Nouv. ann. de la constr. 1875, Febr.
- Mohr, Beschläge, Gegengewichte und Drehschützen an den Toren der Pinnower Schleuse. Zeitschr. f. Bauw. 1878, S. 370.
- Über Schleusentore. 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 noord-hollandsch 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 Schiffahrtskanäle im mittleren Emsgebiete. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, S. 13, 163 u. 172.
- Schleuse des Marne-Saône-Kanals. Zentralbl. 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.
- Préaudeau, 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. Zentralbl. 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. Génie civil 1885, Bd. VI, S. 220.
- Die Schleusengrößen der neuen Kanalentwürfe in Preußen. Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 180.

- Die Eichhorster Schleusenanlage an der oberen Netze. Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 392.
- Die Schleusen des Kanals von St. Dizier nach Wassy. Génie 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. Zentralbl. 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. — Zivilingenieur 1888, S. 623.
- Warnow-Schleuse bei Rostock. Zentralbl. 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. — Génie 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.
- Die neuen Schleusen des Kanals von St. Denis. Ann. industr. 1893, II. S. 804.
- VIII. Internationaler Schiffahrtskongress zu Paris. Verhandlungen auf technischem Gebiete. Vortrag von Prof.  
Bubendey. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1900, S. 358, 380, 405.
- Bau des Dortmund-Ems-Kanals, ausführliche Beschreibung. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 38.
- Kuhn, Die Binnenschifffahrtskanäle auf der Pariser Weltausstellung 1900. Ausführliche Besprechung der einzelnen  
Ausstellungsgegenstände. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1901, S. 9, 64.
- Neue Schiffsschleusen bei Sault am St. Mary. Engng. news 1895, II. S. 194, 238, 255, 292, 356.
- Drittes Hafenbecken bei Rochefort (Schleusenbeschreibung). Ann. des ponts et chaussées 1895, S. 459—602.
- Freycinet-Becken und Trystram-Schleuse in Dünkirchen. Génie civil 1896, Bd. 30, S. 81 u. 87.
- Schleuse von Davenport (gleichzeitig als Trockendock benutzbar). Engineer 1897, II. S. 564.
- VII. Internationaler Schiffahrtskongress in Brüssel. Bericht von Prof. Bubendey über Flufs- und Kanalbau.  
Deutsche Bauz. 1898, S. 255 u. f.
- Berichte über denselben Kongress: Allg. Bauz. 1899, S. 45 u. f. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver.  
1899, S. 65 u. f. — Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1898, Okt., Nov., Dez.
- Verlegung der Stadtschleuse in Berlin. Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 286.
- Eröffnung des Dortmund-Ems-Kanals (Bauwerke beschrieben). Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 378.
- Seehafen-Einfahrten (Besprechung von Schleusen und Trockendocks). Engineer 1899, I. S. 754.
- Roloff, Mitteilungen über nordamerikanisches Wasserbauwesen. Ergänzungsheft zur Zeitschr. f. Bauw. 1895.
- Schleuse zu Ymuiden. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1896, S. 23.
- Schiebetor der neuen Docks zu Glasgow. Engineering 1898, Sept. S. 287.
- Schiebetor der neuen Seeschleuse bei Brügge. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 266.
- Schiebetor der neuen Kaiserschleuse in Bremerhaven. Zeitschr. f. Arch.- u. Ing.-Wesen, Hannover 1900, S. 634.
- Symphor, Wirtschaftlicher Einfluß von Schleusen und Umwegen bei künstlichen und natürlichen Wasserstraßen.  
Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 423, 433.
- Schiffahrtsschleuse ohne Wasserverbrauch. Zeitschr. f. Binnenschiff. III, 1896/97, S. 242 u. f.
- Lieckfeldt, Über Sparschleusen. Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 303.
- Schleuse des neuen Hafenbeckens in Cardiff. Engineer 1902, I. S. 8.

*Über die Literatur der Schleusen mit eisernen Stemmtoren vergl. auch Fortschritte der Ingenieurwissenschaften, zweite Gruppe, 3. Heft, S. 134.*

## II. Vorrichtungen zum Bewegen der Tore.

- Hydraulischer Apparat zum Bewegen von Schleusentoren. Colyer. Hydraulic machinery, Pl. 15.
- Wasserdruckvorrichtungen zur Bewegung der Tore 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 Tore. Ann. industr. 1889, Juli, S. 50—57, 124—128, 155—159 u. 180—189.
- Keck, Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Schleusentore. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 102.
- Über hydraulische und elektrische Bewegungsvorrichtungen für große Schleusentore. Glasers Ann. Juli 1895, S. 34.
- Elektrische Bewegung der Tore der Schleuse zu Sault-Saint-Marie. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 202. — Desgleichen der Tore der neuen Seeschleuse bei Ymuiden. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 37.
- Die Hotopp'sche Betriebseinrichtung der Schleusen des Elbe-Trave-Kanals. Zeitschr. f. Arch.- u. Ing.-Wesen (Wochenausgabe) 1899, S. 162. — Desgl. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 733.
- Elektrische und Wasserdrucks-Bewegungsvorrichtungen an Schleusen. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1894/95, Heft 3, S. 206.
- Schleuse von Rochefort. Ann. des pont et chaussées 1895, Mai. — Deutsche Bauz. 1896, S. 562.

### III. Schützen.

- Verbesserte Schützen für Kanalschleusen. Scientific american 1870, Sept. S. 194.
- Mohr, Schieberschützen mit Hebelaufzug in Schleusen-Obertoren. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 178.
- Jalousieschützen an den Schleusentoren zu Hansweerd. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1886/87, I. Lief. 2. Teil, S. 22.
- Rollvorhangschützen. Engng. news 1896, Dez. S. 386.
- Drehschützen. Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 10.
- Drehschütz im Umlaufkanale der Schleuse zu Conty. Zeitschr. f. Bauw. 1896.
- Drehschütz der neuen Schleuse am Mühlendamm. Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 54.

### IV. Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle, Schiffseisenbahnen, schiefe Ebenen, Hebewerke, Kuppelschleusen.

- Entwurf einer Schiffseisenbahn zur Umgehung der Stromschnellen des Columbia-Flusses. Engineering news 1891, II. S. 228—230. — Auszüglich: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1892, S. 313.
- Die Schiffseisenbahn über die Landenge zu Chignecto in Neuschottland. Génie civil 1891, Nov. S. 17.
- Schiffseisenbahnen anstatt der Kanäle. Ann. industr. 1891, März, S. 323.
- Die Hebevorrichtung zu Fontinettes bei St. Omar. Engineer 1882, S. 247.
- Hydraulischer Aufzug auf dem Morris-Kanale. Scientific american 1882, S. 307.
- Über die senkrechte Hebung der Schiffe. Vortrag von Badois in Mémoires de la société des ing. civils 1883.
- Die Hebevorrichtungen bei La Louvière in Belgien. Techniker 1885, Nov. S. 1—2.
- Le Chatelier, Über die Anordnung der Wasserdruck-Hebeschleusen. Ann. des ponts et chaussées 1885, Mai, S. 1029.
- Gollner, Über Wasserdruckschleusen. Dingler's polyt. Journ. 1887, Bd. 263.
- Das Schiffshebewerk bei La Louvière im Kanal du Centre. Engineering 1888, Febr. S. 201.
- Gruson (Lille), Hubschleuse bei Fontinettes. Ann. des ponts et chaussées 1888, April, S. 694.
- Wasserdruck-Schiffshebewerke und ihre Anwendbarkeit für deutsche Schiffahrtskanäle. Veröffentl. d. Centralver. für Hebung der deutschen Fluß- und Kanalschiffahrt 1888, Lief. 4.
- Die Gruson'sche Hubschleuse. Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 512.
- Petri, Über Schiffshebewerke (Vortrag). Deutsche Bauz. 1888, S. 538.
- Die Schiffshebewerke bei Fontinettes und La Louvière nach französischen Quellen. Deutsche Bauz. 1888, S. 591 u. 625.
- K. Pestalozzi, Kanalschleusen mit beweglichen Kammern. Schweiz. Bauz. 1889.
- Die Wasserdruck-Hubschleuse bei Houdeng-Goegnies im Kanal du Centre. Génie civil 1889. — Ann. des travaux publics 1889, S. 2294.
- Petri, Leipzigs Kanalfolge und die Anwendung von Schiffshebewerken. Deutsche Bauz. 1889, S. 369.
- A. Ernst, Schiffshebewerke bei Les Fontinettes und La Louvière. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1890, S. 280.
- Die Trogschleuse von Fontinettes. Engng. news 1891, I. S. 442.
- Prüsmann, Bemerkungen zur Schleusungsdauer von Trogschleusen. Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 445.

- Überwindung der Gefälle beim Donau-Moldau-Elbe-Kanal. Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 415.
- G. Tolkmitt, Kuppelschleusen an Stelle beweglicher Schleusenkammern. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1896, S. 81.
- B. Gerdau, Schiffshebewerke. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1896, S. 57.
- Hebewerk und schiefe Ebenen. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1897.
- Die Schwankungen des Wasserspiegels in bewegten Schleusentrögen. Deutsche Bauz. 1897, S. 165.
- A. Samuelson, Stufenschleuse oder Schiffshebewerk. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1896, Okt. S. 14.
- Bubendey, Gegenwärtiger Stand der Mittel zur Überwindung großer Gefälle. Zeitschr. f. Binnenschiff. III, 1896/97, S. 147.
- Das Hebewerk in Henrichenburg. Ebenda S. 150.
- Symphor, Geneigte Ebenen. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1898, herausgegeben Okt. 1897, S. 2.
- P. Möller, Wirtschaftliche Seite der Stufen-Doppelschleuse. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1896/97, S. 155.
- Schiffshebewerke u. s. w. Ergebnisse eines Wettbewerbes. Nouv. ann. de la constr. Mai 1898, S. 65.
- Jebens, Schiefe Ebenen und Hebewerke. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1898, S. 331. — Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1898, Okt., Nov., Dez.
- B. Weifshuhn, Schiffshebewerk mit ausbalanciertem, zweiarmigem Hebel. Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 500.
- Überwindung großer Gefälle bei Binnenschiffahrts-Kanälen. Vorschlag von Reg.- u. Baur. Mau. Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 108.
- Schiffshebewerk nach Teutschert u. Czischek. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 421.
- Steiner, Die großen technischen Aufgaben Österreichs (Donau-Oder-Kanal, Moldau-Donau-Kanal). Technische Blätter 1894, Heft II, S. 84.
- Diskussion über die schiefe Ebene als Schiffshebewerk. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1895. — Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 93.
- Radinger, Die schiefe Ebene als Schiffshebewerk. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1895, S. 292.
- Über Anlage der Fahrbahn und der Häupter von Schiffshebewerken auf geneigter Ebene. Deutsche Bauz. 1900, S. 166.
- Das Schiffshebewerk bei Foxton in England. Deutsche Bauz. 1901, S. 158. — Engineering 1901, I. S. 111. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 188.
- Nakonz, Schiffshebewerk auf schräger Gleitbahn mittels des Trogwasserdruckes. Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 357, 361.
- Riedler, Neuere Schiffshebewerke unter besonderer Berücksichtigung der Entwürfe für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal vom maschinellen und betriebstechnischen Standpunkte. Polytech. Buchhandlung v. A. Seidel, Berlin 1897.
- A. Schromm, Die für die deutschen Schifffahrtskanäle geplanten Hebewerke. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, S. 195, 209.
- L. Freytag, Schifffahrtsschleusen und Schiffshebewerke. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1894, S. 1333.
- A. Wöhler, Parallelführung und Hubgeschwindigkeitsregelung bei Schiffshebewerken mit Schwimmern. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1894, S. 1070. — Ebenda eine Arbeit von Muschat, S. 1229.
- Das Schiffshebewerk zu Henrichenburg. Schweiz. Bauz. 1898, S. 73. — Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 509, 522, 533. — Deutsche Bauz. 1896, S. 65. — Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1896, S. 57, 165. — Ann. f. Gew. u. Bauw. 1896, I. S. 109. — Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1899, S. 941.
- Dortmund-Rhein-Kanal und Schiffshebewerke. Deutsche Bauz. 1900, S. 113.
- Luftdruck-Trogenschleuse für den Erie-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1900, S. 65.
- Jebens, Schiffshebewerke: Überanstrengung der Konstruktionsteile bei leerem Trog und vollaufender unterer Kammer und Mittel dagegen. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1900, S. 198.
- J. Gröger, Trogenschleusen auf geneigter Fahrbahn mit besonderer Rücksichtnahme auf Erhaltung eines ruhigen Wasserspiegels. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 725.
- Eine kalifornische Schiffseisenbahn, dieselbe dient zum Docken. Scientific american 1901, II. S. 277.
- V. Schönbach, Neue Entwürfe für Hebewerke des Donau-Moldau-Kanals. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1902, S. 1.
- Bau geneigter Ebenen für die Schiffsbeförderung. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1902, S. 216.

### V. Über den Schiffswiderstand.

- F. Fink, Untersuchungen über die Widerstände im Wasser bewegter Flächen und Körper. Zivilingenieur 1894, S. 117, 399.
- Das Gesetz des Schiffswiderstandes. Deutsche Bauz. 1897.

- Engels, Modellversuche über den Einfluß der Form und Größe des Kanalquerschnittes auf den Schiffswiderstand. Zeitschr. f. Bauw. 1898, S. 655. — Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 176.
- Der Schiffswiderstand und sein Einfluß auf den Bau und Betrieb von Kanälen. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 485, 494.
- R. Haak, Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1900, S. 851.
- F. C. Busser, Widerstandsformeln für Binnenschiffe. Zeitschr. f. Binnenschiff. 1901, S. 365.

## VI. Zur Theorie der Beton-Eisen-(Verbund-)Konstruktionen.

### A. Sonderschriften.

- Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen. Berlin, Toeche 1899.
- Erich Turley, Anleitung zur statischen Berechnung armerter Betonkonstruktionen unter Zugrundelegung des Systems Hennebique. Leipzig 1902, Arthur Felix.
- G. A. Wayss, Ingenieur. Das System Monier. Berlin NW., Alt-Moabit 97.
- Planat, Recherches sur la théorie des ciments armés. Paris 1894.
- Gewölbebericht des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Sonderabdruck a. d. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Im Selbstverlage des Vereins.
- Revue technique de l'Exposition universelle de 1900, 1. partie, Tome II. Paris, E. Bernard & Cie. 1900, S. 36 u. f.
- Fritz v. Emperger, Neue Bauweisen und Bauwerke aus Beton und Eisen nach dem Stande bei der Pariser Weltausstellung 1900. Wien 1901, Lehmann & Wentzel (P. Krebs).
- Dr. H. Walter und P. Weiske, Statische Berechnung der Träger und Stützen aus Beton mit Eiseneinlagen im stabilen Spannungszustande. Kefslersche Buchhandlung, Kassel.
- M. Finkenstein, Armierter Beton und armierte Betonbauten, System Hennebique. K. K. Universitätsbuchhandlung H. Pardini, Czernowitz-Bukowina. — Siehe auch Handbuch der Architektur, Teil III, Abt. 3, 2. Aufl., A. Bergsträßer Stuttgart.

### B. Zeitschriften.

- Kurze Mitteilung im Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 462.
- Wagner, Neue Vorschläge für Eisenbalkendecken. Deutsche Bauz. 1886, S. 297.
- P. Neumann, Oberingenieur, Über die Berechnung der Monier-Konstruktionen. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 209.
- Melan, Zur rechnungsmäßigen Ermittlung der Biegungsspannungen in Beton- und Monier-Konstruktionen. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 209, 223—226.
- Möller, Empirische Untersuchungen im Bauingenieurfach, insbesondere an Beton-Eisenbauten ausgeführte Bruchbelastungen. Deutsche Bauz. 1894, S. 600, 607, 621.
- Belastungsversuche mit Bogen und Platten aus Eisengerippen mit Betonumhüllung. Engineering 1894, II. S. 615.
- C. Bach, Versuche über die Elastizität von Beton. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1895, S. 489.
- Fr. v. Emperger, Belastungsproben mit Melan-Bogen. Engng. record 1895, Bd. 31, S. 185. — Ann. des ponts et chaussées 1895, S. 604. — Schweiz. Bauz. 1895, Bd. XXV, S. 31.
- Brückentafel aus Eisen und Beton nach Melan. Engng. news 1895, I. S. 106.
- Mitteilungen über Belastungsversuche mit Monierplatten. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 6—9.
- Prof. M. R. v. Thullie, Berechnung der Biegungsspannungen in Beton- und Monier-Konstruktionen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 365—369.
- J. Mandl, Zur Theorie der Zement-Eisen-Konstruktionen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 593, 605. (S. a. daselbst S. 647.)
- J. Melan, Über die Berechnung der Beton-Eisen-Konstruktionen. Österr. Monatsschr. f. d. öffentl. Baudienst 1896, S. 465.
- Thullie, Über die Berechnung der Beton-Eisen-Konstruktionen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, S. 193.
- Ing. S. Rappaport, Berechnung der Hennebique'schen Monierträger. Schweiz. Bauz. 1897, Bd. 29, S. 61, 68.
- Ing. J. A. Spitzer, Theorie der Zement-Eisenbauten (Monier-Bauten). Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, S. 26.
- Möller, Gurträgerdecken, System Möller. Zeitschr. f. Bauw. 1897, S. 143.
- Fr. v. Emperger, Zur Theorie der verstärkten Betonplatte. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, S. 351, 364, 402. (Zusammenfassung des Erreichten.)
- Eine neue Fahrplananordnung für eiserne Strafenbrücken. Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 190.
- A. Ostenfeld (Kopenhagen), Zur Berechnung der Monier-Konstruktionen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1898, S. 22—25.

- M. R. v. Thullie, Über die Berechnung von Spannungen in den Monier-Gewölben. Zeitschr. d. österr. Ing.-u. Arch.-Ver. 1898, S. 549. — Revue industr. 1898, S. 48; 1899, S. 28, 108, 109. — Ann. des travaux publics de Belgique 1898, Bd. III, S. 487.
- M. F. Chaudy, Berechnung von Eisen- und Betonträgern (kurze Erörterung über die zweckmäßige Verteilung von Eisenquerschnitten und den Rechnungsvorgang). Mém. de la soc. d. ing. civ. 1899, II. S. 487.
- Considère, Untersuchungen über Verbundkörper aus Mörtel und Eisen. Génie civil 1898/99, I. No. 14—17. — Revue industr. 24. Dez. 1898, Jan. 1899, Bd. XXX, S. 28, 108, 119. — Glasers Ann. f. Gew. u. Bauw. 1899, Bd. 45, S. 216. — Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 83, 93. — Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Masch.-Industr. 1900, S. 10.
- Wattmann, Die Verwendung von Monier-Platten und ähnlichen Bauweisen zu Uferschälungen und anderen Wasserbauten. Zeitschr. f. Bauw. 1899, S. 609.
- Gerard Lavergne, Über die Verwendung von Beton mit Eiseneinlagen. Génie civil 1899, S. 86. — Nouv. ann. de la constr. 1899, S. 1.
- M. R. v. Thullie, Kritische Untersuchung der gerippten Beton-Eisenträger, Bauweise Hennebique. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.- Ver. 1899, S. 457, 539.
- Prof. Dr. W. Ritter (Zürich), Die Bauweise Hennebique. Schweiz. Bauz. 1899, S. 41, 49, 148, 189. — Génie civil 1899, Bd. XXXIV S. 213, 229, 244, 260.
- Der Einfluß der Eiseneinlagen auf die Eigenschaften des Mörtels und Betons (Zusammenstellung der Arbeiten von Considère). Schweiz. Bauz. 1900, Bd. 35, S. 235, 245.
- Ing. J. Roschänder, Anwendung und Theorie der Beton-Eisenbauten. Schweiz. Bauz. 1900, Bd. 36, S. 93, 101, 109, 129 (Bd. 35, S. 235). — Bauingenieurzeitg. 1901, S. 9.
- Prof. G. Barkhausen, Die Verbundkörper aus Mörtel und Eisen im Bauwesen. Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1901, S. 133. — Desgl. 1902, S. 245.
- Pfahlrost in Beton-Eisenbau (Rotterdam). Deutsche Bauz. 1901, S. 412.
- Kaimauern und Futtermauern aus Beton und Eisen, System Hennebique (Hafen von Southampton und Quai Debilly in Paris). Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 135.
- Über Eisenbeton-Spundbohlen (Hafenbau in Kiautschou). Deutsche Bauz. 1902, S. 148.

# Sachregister.

(Die Ziffern bedeuten die Seiten.)

- A**bfallboden. 4.  
Abfallmauer. 4, 68.  
Abmessungen der Schiffschleusen. 16.  
Abtreppe steinerner Schleusenwände. 81.  
Aigues-Mortes, Schleuse. 6.  
Amsterdamer Nordsee-Kanal, Seeschleuse. 15.  
Andel, Schiffschleuse mit eisernen Fächertoren. 204.  
Anderson, Entwurf zu Schiffshebewerken. 328.  
Anderton (England), Druckwasserhebewerk. 330.  
Apparat, Druckwasser-, zum Bewegen der Schleusentore. 238.  
Apremont, Schleuse. 6.  
Arten der Schleusen. 4.  
Aufstellung eiserner Stemmtore. 181.  
Aufsenhaupt. 4.  
Ausführung eiserner Stemmtore. 166.
- B**augrund der Schiffschleusen. 20.  
Baustoffe der Schleusenkörper. 22.  
— der steinernen Böden. 63.  
Barry-Dock (England), Zapfen der Tore. 194.  
Bebohlung. 157.  
Bedeutung der Schleusen. 24.  
Beschlüge der Schleusentore. 159.  
Betonierung bei Schleusen. 86.  
—, Einzelheiten. 88.  
—, unter Wasser. 88.  
Betrieb der Schiffschleusen. 361.  
Bewegungsvorrichtung der Tore. 229.  
Bezier (Frankreich), Schleuse. 6.  
Binnenhaupt. 4.  
Boden der Schiffschleusen, hölzerner. 69.  
—, besondere Konstruktionen. 97.  
—, steinerner. 63.  
Bohlenbelag hölzerner Schleusenböden. 73.  
Böhmische Maschinenfabriken, Entwurf zu geneigten Ebenen. 323.  
Börssumer Schleuse. 22.
- Bordeaux, Bewegungsvorrichtung der Schleusen. 246.  
—, Seeschleuse. 14.  
Brandenburg a. H., Kesselschleuse. 10.  
Bremerhaven, Bewegungsvorrichtung der Schiebetore. 264.  
—, Fächerschleuse. 205.  
—, Kaiserschleuse. 13, 22, 102.  
—, —, Zugschützen. 277.  
Breslau, Ventilverschluss der Schleusenumläufe. 288.  
Bromberg, Drehschützen für die Stadtschleuse. 285.  
—, Zylinderventile d. Stadtschleuse. 288.  
Brunnengründung. 91.  
Brücken der Schleusen. 359.  
Brücke, Schiebepontons des Kanals. 222.  
Bügel an Wendeschleusen. 160.
- C**abstan. 111.  
Caligny, Umlaufapparate. 299.  
Cardiff, Barry-Dock, Bewegungsvorrichtung. 241.
- D**amm Balken. 116.  
Dammfalze. 83, 115.  
Dockhafen. 13.  
Dockschleuse. 4.  
Doppelschleuse. 7, 10, 16.  
Doppeltore. 198.  
Dortmund-Ems-Kanal elektrischer Antrieb der Tore. 252.  
Drehachse der Torflügel. 127.  
Drehbaum. 232.  
Drehklappe. 281.  
Drehponten. 121, 205.  
Drehschütz. 281.  
Drehtore, einflügelige. 205.  
—, —, Theorie. 143.  
DrempeL. 3.  
—, falscher. 68.  
— bei Holzböden. 67.  
— bei Steinböden. 67.  
—, steinerner. 67.  
DrempeLanschlag. 67.
- DrempeLstein. 67.  
Druckwasserschleusen. 329.  
Dükdalben. 102, 110.  
Dünkirchen, Schleuse. 6.  
Durchschleusen, Einrichtungen zur Erleichterung des —s. 302.
- E**bene, geneigte. 306.  
Ehlers Anordnung v. Zugschützen. 275.  
Einfahrten nebst Zubehör. 107.  
Eisenbeschläge der Schleusentore. 159.  
Elbe-Trave-Kanal, Schleusen. 22.  
Elbing-Oberländischer Kanal, geneigte Ebene. 307.  
Emden, Seeschleuse. 14.  
Ems-Jade-Kanal, Kesselschleuse. 106.
- Entwicklung gekrümmter Stemmtore. 153.  
— gerader Stemmtore aus Walzeisen. 149.  
Erddruck bei Schleusenwänden. 27.  
Erie-Kanal (Nordamerika), Drehschützen der Schleusen. 286.  
Erleuchtung der Schleusen. 358.  
Evry-Schleuse. 100.  
—, gezahnter Quadrant. 236.  
Exzentrizität des Torrückens. 127.
- F**ächerschleuse. 5.  
Fächertore. 120, 199.  
—, Vorrichtung zum Bewegen des —s. 257.  
Fender. 83.  
Flamant, geneigte Ebenen. 318.  
Flügel der Schleusen. 115.  
Flügelspundwand. 71.  
Flufschleuse. 10.  
— im engeren Sinne. 11.  
—, Weserschleuse bei Hameln. 11.  
—, Moorkanal bei Papenburg. 12.  
— an der Oder bei Breslau. 12.  
Fontaine, Entwurf einer Schachtschleuse. 305.  
Fontinettes, Les, Druckwasserhebewerk. 330.

- Foxton (England), querfahrende Trogschleuse 321.  
 Füllen der Schleusenammer. 51.  
**G**angspill. 112.  
 Geestemünde, Seeschleuse. 14.  
 —, Bewegungsvorrichtung der Tore. 237.  
 Gegentore bei Dockschleusen. 5, 129.  
 Geneigte Ebene. 306.  
 Gestaltung der steinernen Böden. 63.  
 Girard, Vorschlag zur Wasserersparnis. 294.  
 Gleesen, Sparbecken der Schleuse. 297.  
 Gleitponton. 224.  
 Glockenventil. 287.  
 Grundbalken. 71.  
 Grundläufe. 51, 56.  
 Gründungen auf Brunnen. 91.  
 Gruson-Werke, Schwimmerschleusen. 338.  
**H**albtidedock. 13.  
 Halsband eiserner Tore. 190.  
 Halszapfen. 124.  
 Haltung. 2.  
 Hamburg, Bewegung der Schiebetore. 266.  
 —, Schiebetore. 213.  
 Haniel und Lueg, Wasserdruck-Gleitschuhe geneigter Ebenen. 311.  
 —, Entwurf einer Schwimmerschleuse. 339.  
 Harburg, Kammerschleuse. 15.  
 —, Bewegungsvorrichtung der Schleuse. 243.  
 Haupt. 2.  
 Hauptteile der Schleusen. 2.  
 Hauptschwelle. 78.  
 Hebewerke, künstliche. 10, 303.  
 Herstellungsweise der Schleusen. 85.  
 Hinterfüllungsmaterial bei Kammermauern. 80.  
 Hoech's, geneigte Ebenen. 318.  
 Höhe der Schleusentore. 128.  
 Hölzerne Böden der Schleusen. 49, 69.  
 Holzschleuse zu Papenburg. 84.  
 Holztore. 123, 155.  
 —, Einhängen des —s. 164.  
 —, Form. 123.  
 —, Gangbarmachen. 164.  
 Hoppe, Entwürfe zu Druckwasserhebewerken. 332.  
 Hotopp, Füllen und Leeren der Schleusen. 59.  
 Hotopp, selbsttätige Bewegung der Klappstore. 260.  
 —, selbsttätige Bewegung der Schleusentore. 254.  
 Hubtore. 226.  
**J**ebens, Schwimmerschleusen. 336.  
 Jalousieschütz. 287.  
 Jarrow-Dock an der Tyne, Bewegungsvorrichtung. 244.  
**K**aiser Wilhelm-Kanal, Druckwassereinrichtung, Dreizylindermaschinen. 243.  
 —, Kammerschleuse. 15.  
 —, Halsbänder, Pfannenzapfen. 192.  
 —, Schleusentore. 177.  
 —, Stemmlager. 195.  
 —, Vergleich der Bewegungseinrichtungen bei den Schleusen. 239.  
 —, Zahnstangen der Schleusentore. 235.  
 Kammer der Schiffsschleusen 2, 3, 4.  
 —, Füllen und Leeren der —. 51.  
 — ohne festen Boden und Seitenwände. 98.  
 Kammerlänge. 18.  
 Kammerschleuse. 2, 4.  
 —, Spülanlage. 61.  
 Kanalschleuse. 8.  
 Kegelveile. 288.  
 Keilvorrichtung (bei Zugstangen der Schleusentore). 160.  
 Keokuk, Moines-Kanalschleuse, Bewegungsvorrichtung. 245.  
 Kesselschleuse. 5, 7.  
 Kinipple, Bewegungsvorrichtung der Schiebetore. 263.  
 —, Schiebetore. 216.  
 —, Schiffswagenentwürfe. 309.  
 Klaibalken. 71.  
 Klappenventil. 288.  
 Klappstore, Beispiele. 209.  
 —, Theorie. 144.  
 Königstück. 78.  
 Koppelschleuse. 6.  
 Koppelschleuse. 5.  
 Kostenvergleichung bei Schiffsschleusen. 25.  
 Kreuzungs- und Weichenschleuse. 7.  
 Krumesserschleuse, Zapfenanordnung. 194.  
 Kuppelschleuse. 5, 9.  
**L**andfesten. 114.  
 La Louvière, Druckwasserhebewerk. 330.  
 Laufbrücke bei Schleusentoren. 125.  
 Laufrollen der Schleusentore. 196.  
 Leer, Spülkanal der Hafenschleuse. 62.  
 Leeren der Schleusenammer. 51.  
 — —, Zeit hierzu. 52.  
 Lefebvre, Sparschleusen des Kanales von Charleroi. 298.  
 Lieckfeldt, Konstruktion von Drehschützen. 282, 283, 286.  
**M**arne-Saône-Kanal, Entwürfe zu Druckwasserhebewerken. 333.  
 Mauloy, Schiffsschleuse. 101.  
 Merwedekanal (Holland), Kesselschleuse. 10.  
 Mittelschwelle. 78.  
 Mühlendammschleuse (Berlin), Bewegungsvorrichtung der Tore. 242.  
**N**akoncz, Vorschläge für geneigte Ebenen. 311, 313.  
 Nebenanlagen der Schleusen. 357.  
 Nyssens-Hart, Einrichtung zur Wasserersparnis. 294.  
**O**'Beese, Schiebetore der Kuppelschleuse. 215.  
 —, Schleusentreppe bei —. 8.  
 Oberhaupt. 4.  
 Oder-Spree-Kanal, Bewegungsvorrichtung für Klappstore. 259.  
 —, Drehschütze der Schleusentore. 286.  
 Offermann, Entwurf einer Schwimmerschleuse. 350.  
 Ostseeschleuse d. Kaiser Wilhelm-Kanals, Herstellungsweise. 86.  
**P**anama-Kanal, Schiebetorentwurf. 215.  
 Papenburg, Seeschleuse. 14.  
 — —, hölzernes Torschütz. 269.  
 Parallelführung bei geneigten Ebenen. 316.  
 Peslin, Vorschläge für Schiffseisenbahnen. 309.  
 Pfahlrost bei hölzernem Boden. 71.  
 Pfannen der Schleusentore. 183.  
 — der hölzernen Schleusentore. 188.  
 — der eisernen —. 190.  
 Pfannenbalken. 78.  
 Pfostenstemmtor. 125.  
 Poller. 111.  
 Pontons, freischwimmende. 227.  
 Poplar-Dock, Bewegungsvorrichtung der Tore. 248.

- Portsmouth, Schiebeponton. 225.  
 Potomac (Amerika), geneigte Ebene. 308.  
 Prefsluftgründung. 91.  
 Prüssmann, Schwimmerschleuse. 337.  
**Q**uadrant, gezahnter. 236.  
 Querspundwand. 65.  
**R**ahmenstück des Torflügels. 124.  
 Rahmholz. 124.  
 Registerschütz. 270.  
 Reibung, Gröfse der — bei Zugschützen. 271, 273.  
 Riegel der Schleusentore. 124, 156.  
 Riegeltor (Riegelstemmtor). 124.  
 Rollbrücken. 306.  
 Rollen der Schleusentore. 183, 196.  
 Rowley, Tauchschleuse. 352.  
**S**ackschleuse. 6.  
 Sandstraken d. hölzernen Schleusenböden. 73.  
 Schachtschleuse. 9, 304.  
 Schiebbaum mit Winde. 233.  
 Schiebeponton. 216.  
 — der Kaiserschleuse in Bremerhaven. 219.  
 Schiebbestange. 232.  
 Schiebetore. 7, 69, 121, 145, 212.  
 —, Vorrichtung zum Bewegen der —. 261.  
 Schiffseisenbahnen. 307 ff.  
 Schiffshebewerke. 10, 328.  
 —, Hebevorrichtung mit Doppelkästen. 328.  
 —, —, Druckwasser. 332.  
 —, senkrechte m. einfachem Troge. 334.  
 Schiffsschleuse (Schleuse). 1.  
 —, Abmessungen. 16.  
 —, Anwendung und Lage der Arten. 7.  
 —, Arten. 3.  
 —, Baugrund. 20.  
 —; Baustoffe. 22.  
 —, Bedeutung. 24.  
 —, Beispiele. 14.  
 —, Benennung der Teile. 4.  
 —, Betrieb. 361.  
 — mit beweglichen Kammern. 7.  
 —, Bewegungsvorrichtung der Tore. 229.  
 —, Boden. 63, 69.  
 —, —, hölzerner. 69.  
 Schiffsschleuse, Boden, steinerner. 63.  
 —, Brücken und Unterführung von Bächen bei —n. 359.  
 —, Druckwasser. 329.  
 —, Einfahrt. 107.  
 —, Einrichtungen z. Erleichterung des Durchschleusens. 302.  
 —, — zur Wasserersparnis. 293.  
 —, Entleerung. 51.  
 —, Erleuchtung. 358.  
 —, Flügel. 115.  
 —, Füllen u. Leeren der Kammer. 51.  
 —, Grundläufe. 51, 56.  
 —, Hauptteile. 2.  
 —, Herstellung mittels Betonierung. 86.  
 —, Gründung auf Brunnen. 91.  
 —, — mittels Prefsluft. 91.  
 —, Höhe. 19.  
 —, Kammerlänge. 18.  
 —, Kostenvergleichung. 25.  
 —, Nebenanlagen. 357.  
 —, Schleusenkörper. 20.  
 —, Seitenbassin. 295.  
 —, Signalvorrichtung. 357.  
 —, Spülvorrichtung. 61.  
 —, Tiefe. 17.  
 —, Tore. 2, 3, 118.  
 —, Treppen. 117.  
 — zur Überwindung großer Gefälle. 304.  
 —, Umläufe. 51.  
 —, Umlauf von Caligny. 299.  
 —, Untergrund. 20.  
 —, Unterhaltung. 362.  
 —, Vergleichung der Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle. 353.  
 —, Verschlussvorrichtungen. 268.  
 —, Wärtterwohnungen. 360.  
 —, Weite. 16.  
 Schlagsäule. 124.  
 Schlagschwelle. 78.  
 Schleuse siehe Schiffsschleuse.  
 Schleusenhaupt. 2.  
 Schleusenammer. 2, 3, 4.  
 —, Wände. 79, 83.  
 —, Zeit zur Füllung und Leerung. 53.  
 Schleusenkörper. 20.  
 —, Baustoffe des —s. 20, 22.  
 —, graphische Untersuchung. 32.  
 —, Theorie. 26.  
 —, Untergrund. 20.  
 Schleusentor s. Tor, auch Stemmtor.  
 Schleusenwärterwohnung. 360.  
 Schlüsselkeile. 74.  
 Schnapp und v. Gerstenbergk, Schleuse ohne Wasserverbrauch. 301.  
 Schraubenschlofs an Zugstangen. 160.  
 Schütz der Tore. 54, 125.  
 Schutzschleuse. 4, 5, 11, 13.  
 — in Bremerhaven. 13.  
 Schwelle. 3.  
 Schwellrahmen. 124.  
 Schwimmerschleuse. 334.  
 — des Grusonwerkes. 338.  
 — von Haniel u. Lueg. 339.  
 — von Jebens. 336.  
 — von Prüssmann. 337.  
 Schwimmtore. 174.  
 Seeschleuse. 12.  
 —, Spülanlage bei einer —. 62.  
 Seitenbecken der Schiffsschleusen. 295.  
 Senkkasten. 92.  
 Signalvorrichtung bei Schiffsschleusen. 357.  
 Spannbalken. 70, 74.  
 Sparbecken. 10, 295 ff.  
 Sparbeton. 30, 80.  
 Sparschleuse, schematische Darstellung. 297.  
 Sperrschleuse. 4, 5.  
 Sperrtore des Kaiser Wilhelm-Kanals. 7, 16, 179.  
 Spielraum für Schleusenammer. 17.  
 Spill. 111.  
 Spitzbolzen. 74.  
 Sprossenbaum mit Zahnstange. 235.  
 Spülschleuse. 1, 2.  
 Spülvorrichtung der Schiffsschleuse. 61.  
 Spundwände bei Schleusen. 65, 72.  
 Spurpfanne. 124, 183.  
 Ständerstemmtore. 125.  
 Stemmlager. 183, 195.  
 Stemmtor, siehe auch Tor. 119.  
 —, eisernes, Aufstellung. 181.  
 —, —, Entwicklung. 149, 153.  
 —, —, Ausführung. 166.  
 —, hölzernes, Ausführung. 155.  
 —, Theorie. 130.  
 —, Vorrichtung zum Öffnen und Schließen. 230.  
 —, zweiflügeliges, Form. 123.  
 St. Denis, Kanalschleuse. 57.  
 —, niedrige Zylinderventile der Kanalschleusen. 289.  
 —, Schachtschleusen des Kanals. 304.

- St. Mary-Falls (Nordamer.), Kanalschleuse. 58.
- Strebe bei Schleusentoren. 125, 157.
- Stützen der offenen Schleusentore. 197.
- Stützwinkel d. Wendesäule. 83, 169.
- Tancarville**, Kanal von Havre, Schleuse mit einflügeligem Drehator. 206.
- Taucherglocke. 94.
- Tauchschleuse. 352.
- Teutschert und Czischek, Schiffstrommel. 326.
- Tolkmitt, Anordnung von Zugschützen. 274.
- , Bewegungsvorrichtung für Hubtore. 267.
- , — für Tore ohne Maschinenkraft. 253.
- Tor der Schleusen. 2, 3.
- , Bewegungsvorrichtungen. 229.
- , einflügeliges mit senkrechter Achse. 121, 143, 205.
- , —, Vergleich mit Stemmtoren. 154.
- , Entwicklung. 147.
- , gerades, eisernes mit einfacher Haut. 167.
- , gekrümmtes, eisernes mit einfacher Haut. 171.
- , geöffnetes, Verhalten desselben. 140.
- , schmiedeisernes. 119, 166.
- , Theorie. 130.
- , Wirkung des geschlossenen — auf die Seitenwände. 138.
- , zweiflügeliges, Höhe. 128.
- Toranschlag. 67.
- Torflügel, Benennung der einzelnen Teile. 124.
- , Bestimmung der Breite. 126.
- , Lage der Drehachse. 126.
- Torkammer. 3.
- Torkammerboden. 3.
- Torkammernische. 3.
- Torrücken, Exzentrizität des —. 127
- Torsäule. 4.
- Torschiff. 122, 227.
- Torschütz. 54.
- Treibapparate, Druckwasser-. 240.
- Treppen bei Schleusen. 117.
- Trogschleuse. 7, 307 ff.
- Tür der Schleusen. 3.
- Überwindung** großer Gefälle. 303, 353.
- Umfangsholz. 158.
- Umlauf. 51, 52, 54.
- Überführung von Bächen bei Schiffschleusen. 359.
- Untergrund des Schleusenkörpers. 20.
- Unterhaltung der Schleuse. 362.
- Unterhaupt. 4.
- Unterspülung bei Grundläufen. 59.
- Untertor. 121.
- Untertramen. 124.
- Ventilverschlufs**. 287.
- Verankerung der Schleusentore. 183, 187.
- Versandung. 59.
- Verschlussvorrichtung bei Schleusen 2, 3.
- bei Torschützen und Umläufen. 268.
- bei Zugschützen. 268.
- Vorrichtung zum Bewegen der Tore. 229.
- — —, Drehbaum. 233.
- — —, Druckwasserapparate. 238.
- — — bei einflügeligen Dreh-toren. 257.
- — — bei Fächertoren. 257.
- — —, gezahnter Quadrant. 236.
- — — bei Hubtoren. 266.
- — —, Ketten. 237.
- — — bei Klapptoren. 257.
- — —, Schiebbaum m. Winde 233.
- — —, Schiebestange. 232.
- — —, bei Schiebetoren. 261.
- — — Sprossenbaum u. Zahnstange. 235.
- Vorrichtungen zum Stützen der offenen Tore. 197.
- Vorschleuse. 4.
- Wände** der Schiffschleusen, besondere Bauweisen. 97.
- — —, hölzerne. 83.
- — —, steinerne. 79.
- Wärterwohnungen. 360.
- Wagen, hydrostatischer. 309.
- Wassersersparnis, Einrichtung z. —. 293.
- Weichenschleuse. 5, 7, 8.
- Wendenische. 3, 82.
- , Bestimmung der Form der —. 127.
- Wendesäule. 124.
- Wendeschleuse. 6, 8.
- Wernsdorf, Schleuse des Oder-Spree-Kanals, Torbewegung. 248.
- Wilhelmshaven, Anordnung der Zugschützen. 281.
- , freischwimmende Pontons. 227.
- , Zapfen der Schleusentore. 193.
- Winde oder Gangspill. 110.
- Ymuiden**, elektrischer Antrieb der Stemmtore. 249.
- , Umlaufschütz, elektrisch betrieben. 281.
- Zangen** der hölzernen Schleusenböden. 73.
- Zapfen der Schleusentore. 183.
- — —, Form und Berechnung. 184.
- der eisernen Tore. 190.
- der hölzernen Tore. 188.
- Zapfenpfanne. 78, 188, 190.
- Zapfenplatte. 78.
- Ziegler, Schiffschraube zur Torbewegung. 256.
- Zugband. 125, 159 ff.
- Zugstange. 159.
- Zugschütz. 268.
- Zwillingschleuse. 7, 10.
- Zwischenriegel des Torflügels. 124.
- Zylinderventile. 288.
- , doppelwirkende. 291.

# Inhalt der Zeichnungstafeln.

## Band VIII. Schiffsschleusen.

# Atlas

### Tafel I.

|   |  |
|---|--|
| 1-10. Schutz- und Kammersehleuse mit Pflanzschleuse zum | 16. 20. 71. 72. 73. 74. 75. 81. 82. 84. 85. 267. |
| 11-14. Kammersehleuse bei Harburg.                      | 15. 54. 86. 87. 101. 102. 103. 178. 248.         |

## Handbuch des Wasserbaues.

### VIII. Band:

## Schiffsschleusen.

### Tafel III.

|  |  |
|--|--|
| 1-4. Schleusen der Amsterdamer <u>Nordsee-Kanals</u> bei Yantloo | 15. 85. 81. 82. 89. 108. 117.                  |
| 4-8. Hafenschleuse zu Bordeaux                                   | 44. 91. 216.                                   |
| 7, 8, 9 u. 21. Neue Schiffschleuse bei Emden                     | 14. 39.  |
| 10-13. Schleuse des Hafensystems zu Gostenrode                   | 14. 34. 81. 83. 87. 88. 89. 89. 103. 109. 116. |
| 16-20. Hafenschleuse des Yantloo-Kanals zu London                | 113. 175. 237. 238. 252.                       |

### Vierte vermehrte Auflage.

### Tafel IV.

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1-4. Schleuse in der Oder zu Breslau                                   | 120. 239. 255. 256. 274. 282.      |
| 7-9. Holzener Torflügel der Canada-Docks zu Liverpool                  | 163. 212.                          |
| 10 u. 11. Holzener Torflügel einer 50,5 m weiten Schleuse zu Antwerpen | 163. 212.                          |
| 12. Holzener Torflügel einer 50,5 m weiten Schleuse zu Havre           | 193. 242. 281.                     |
| 13-15. Steirner Torflügel der Schleuse zu Abbeville                    | 197. 152. 110. 171. 190. 231. 259. |
| 16-19. Steirner Torflügel der Schleuse zu Willemswerd                  | 174.                               |

### Tafel V.

|  |                        |
|--|------------------------|
| 1-10. Steirer Kammerschleuse zu Bruchmarva | 19. 78. 102. 212. 234. |
|--|------------------------|

### Tafel VI.

|  |                          |
|--|--------------------------|
| 1-4. Holzener Torflügel der Weichsel-Schleuse bei Hameln     | 159. 171.                |
| 1-3. Kammers Tor der Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals | 159. 174.                |
| 10-12. Kammers Tor der Schleuse zu Gostenrode                | 159. 152. 175. 176. 217. |
| 13-15. Kammers Schleuse der Schleuse zu Dordrecht und Oude   | 159. 217.                |

### Tafel VII.

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1-3. Schleuse von Werschoff  | 159. 171.          |
| 4-11. Kammers Tor der Schleuse bei Werschoff                             | 159. 171. 174.     |
| 12-15. Holzener Torflügel der oberen Weichsel der Schleuse von Werschoff | 171. 217.          |
| 16-22. Holzener Torflügel der oberen Schleuse bei Fürstenberg            | 23. 211. 252. 253. |



# Inhalt der Zeichnungstafeln.

## Band VIII.

### Schiffsschleusen.

#### Tafel I.

|   | Seite<br>im Text  |
|---|---|
| Abb. 1—10. Schutz- und Kammerschleuse bei Papenburg | 14. 66. 71. 72. 73. 74. 77. 81. 82. 84. 98. 107.<br>114. 115. 117. 165. 233. 268. 269 |
| „ * 11—14. Kammerschleuse bei Harburg . . . . .     | 15. 54. 66. 67. 107. 115. 153. 176. 243   |
| „ 15 u. 16. Schleuse im Marne-Saône-Kanal . . . . . | 55. 360   |

#### Tafel II.

|   |   |
|---|---|
| Abb. 1—8. Kammer- und Schutzschleuse der Mosel-Kanalisation                     | 12. 64. 65. 67. 68. 80. 82. 107. 117. 359 |
| „ 9. Längenschnitt des Oberhauptes der Weichselschleuse bei Rothebude . . . . . | 55. 72. 74. 77. 129                       |
| „ 10—15. Weserschleuse bei Hameln . . . . .                                     | 11. 12. 55. 64. 81. 89. 107. 359          |
| „ 16—19. Schleuse im Emskanal mit Bachunterführung . . . . .                    | 99. 106. 360                              |
| „ 20—23. Binnenkanalschleuse bei Papenburg . . . . .                            | 12. 71. 72. 74. 77. 84. 85. 128. 130      |

#### Tafel III.

|  |   |
|--|---|
| Abb. 1—3. Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden . . . . . | 15. 65. 81. 82. 99. 109. 117  |
| „ 4—6. Hafenschleuse zu Bordeaux . . . . .                               | 14. 91. 246   |
| „ 7, 8, 9 u. 21. Neue Seeschleuse bei Emden . . . . .                    | 14. 99  |
| „ 10—15. Schleuse des Hafenbassins zu Geestemünde                        | 14. 54. 62. 65. 67. 69. 83. 89. 108. 109. 116.<br>153. 175. 237. 238. 358 |
| „ 16—20. Schleuse der Viktoria-Docks in London . . . . .                 | 14. 103. 153  |

#### Tafel IV.

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Abb. 1—6. Schleuse in der Oder zu Breslau . . . . .                                 | 12. 235. 268. 269. 271. 288       |
| „ 7—9. Hölzerner Torflügel der Canada-Docks zu Liverpool . . . . .                  | 164. 268                          |
| „ 10 u. 11. Hölzerner Torflügel einer 24,4 m weiten Schleuse zu Antwerpen . . . . . | 162. 190                          |
| „ 12. Hölzerner Torflügel einer 30,5 m weiten Schleuse zu Havre . . . . .           | 130. 163. 181                     |
| „ 13—15. Eiserner Torflügel der Schleuse zu Ablon . . . . .                         | 137. 152. 170. 171. 190. 231. 268 |
| „ 16—19. Eiserner Torflügel der Schleuse zu Willemsoord . . . . .                   | 174                               |

#### Tafel V.

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Abb. 1—10. Grofse Kaiserschleuse zu Bremerhaven . . . . . | 19. 22. 102. 219. 264 |
|---|-----------------------|

#### Tafel VI.

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Abb. 1—6. Eiserner Torflügel der Weserschleuse bei Hameln . . . . .          | 150. 171                |
| „ 7—9. Eisernes Tor der Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals . . . . .    | 150. 174                |
| „ 10—19. Eisernes Tor der Schleuse zu Geestemünde . . . . .                  | 150. 153. 175. 176. 237 |
| „ 20—23. Hölzernes Schiebeter der Schleuse zu Davis Island am Ohio . . . . . | 216. 283                |

#### Tafel VII.

|   |                   |
|---|-------------------|
| Abb. 1—3. Schleuse bei Wernsdorf . . . . .  | 248. 286          |
| „ 4—14. Eisernes Tor der Schleuse bei Wernsdorf . . . . .                                   | 154. 172. 190     |
| „ 15—20. Bewegungsvorrichtungen des eisernen Untertores der Schleuse zu Wernsdorf . . . . . | 67. 248           |
| „ 21—23. Oberhaupt mit hölzernem Klapptor der oberen Schleuse bei Fürstenberg               | 56. 211. 259. 286 |

Tafel VIII u. IX. Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals.

Tafel VIII.

Abb. 1—12. Fächertor der Schleuse zu Rendsburg . . . . . 201. 257  
 „ 13. Grundrifs der Schleusen zu Brunsbüttel . . . . . 15. 63. 83. 110. 117  
 „ 14—17. Eisernes Fluttore der Schleusen zu Brunsbüttel . . . . . 126. 150. 177. 178. 192. 193

Tafel IX.

Abb. 1—6. Längsschnitt und Querschnitt der Schleusen zu Brunsbüttel . . . . . 56. 63. 83. 88. 117  
 „ 7. Lageplan der Schleusen zu Brunsbüttel . . . . . 15. 109. 360  
 „ 8—12. Eisernes Sperrtor der Schleusen zu Brunsbüttel . . . . . 125. 126. 177. 179. 272  
 „ 13—16. Eisernes Ebbetor der Schleusen zu Brunsbüttel . . . . . 125. 126. 177. 178

Tafel X.

Abb. 1—13. Schachtschleuse von 9,92 m Gefälle im Kanal von St. Denis . . . . . 57. 207. 289. 304  
 „ 14—17. Schwimmerschleuse für den Dortmund-Ems-Kanal bei Henrichenburg . . . . . 341

Tafel XI.

Abb. 1<sup>a</sup>—1<sup>c</sup>. Geneigte Ebene des Elbing-Oberländischen Kanals . . . . . 307  
 „ 2<sup>a</sup> u. 2<sup>b</sup>. Schleuse mit beweglichen Kammern des Grand Western-Kanals . . . . . 329  
 „ 3<sup>a</sup>—3<sup>c</sup>. Druckwasserschleuse am Weaverflusse bei Anderton . . . . . 329. 330  
 „ 4<sup>a</sup>—4<sup>d</sup>. Dodge-Schleuse am Chesapeake-Ohio-Kanal . . . . . 308

11—14. Kammerschleuse bei Hamburg . . . . .  
 15 u. 16. Schleuse im Marie-Buons-Kanal . . . . .

Tafel XII.

Abb. 1—8. Kammern- und Fächertor der Mosel-Kanalisierung . . . . .  
 9. Längsschnitt des Oberlaufes der Weichsel bei Kötze . . . . .  
 10—12. Weichsel bei Hainau . . . . .  
 13—15. Schleuse im Rijnkanaal mit Hochwasserflutung . . . . .  
 16—22. Rhein-Kanalisierung bei Papenburg . . . . .

Tafel XIII.

Abb. 1—3. Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden . . . . .  
 4—6. Haken-Schleusen zu Rotterdam . . . . .  
 7, 8 u. 9. Kleine Haken-Schleusen bei Eindhoven . . . . .  
 10—12. Schleuse des Hakenkanals zu Gooisland . . . . .  
 13—15. Schleuse der Victoria-Docks in London . . . . .

Tafel XIV.

Abb. 1—3. Schleuse in der Ober- und Unter-Elbe . . . . .  
 4—6. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 7—9. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 10 u. 11. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 12. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 13—15. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 16—18. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 19—21. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .

Tafel XV.

Abb. 1—10. Große Haken-Schleuse zu Hamburg . . . . .

Tafel XVI.

Abb. 1—6. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 7—9. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 10—12. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .  
 13—15. Haken-Schleuse bei Hamburg . . . . .

Tafel XVII.

Abb. 1—3. Schleuse bei Wehrhede . . . . .  
 4—11. Haken-Schleuse bei Wehrhede . . . . .  
 12—20. Haken-Schleuse bei Wehrhede . . . . .  
 21—23. Haken-Schleuse bei Wehrhede . . . . .



Abb. 1. Ansicht des Aussenhauptes.

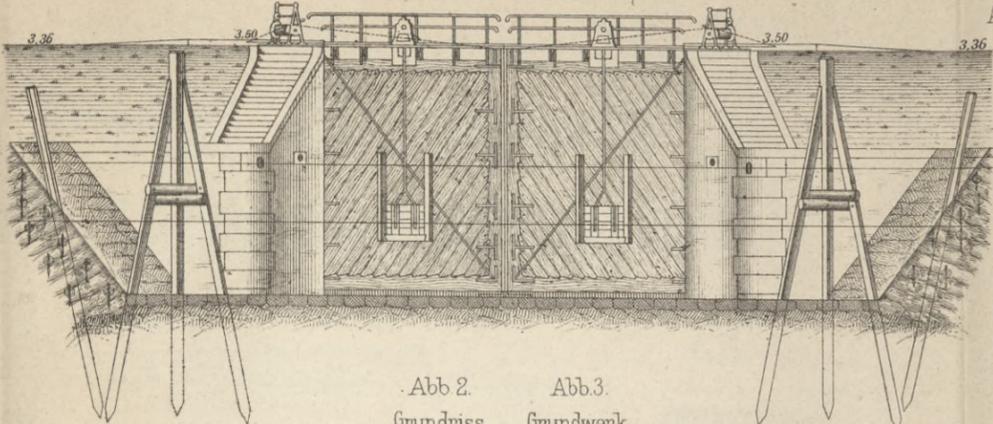
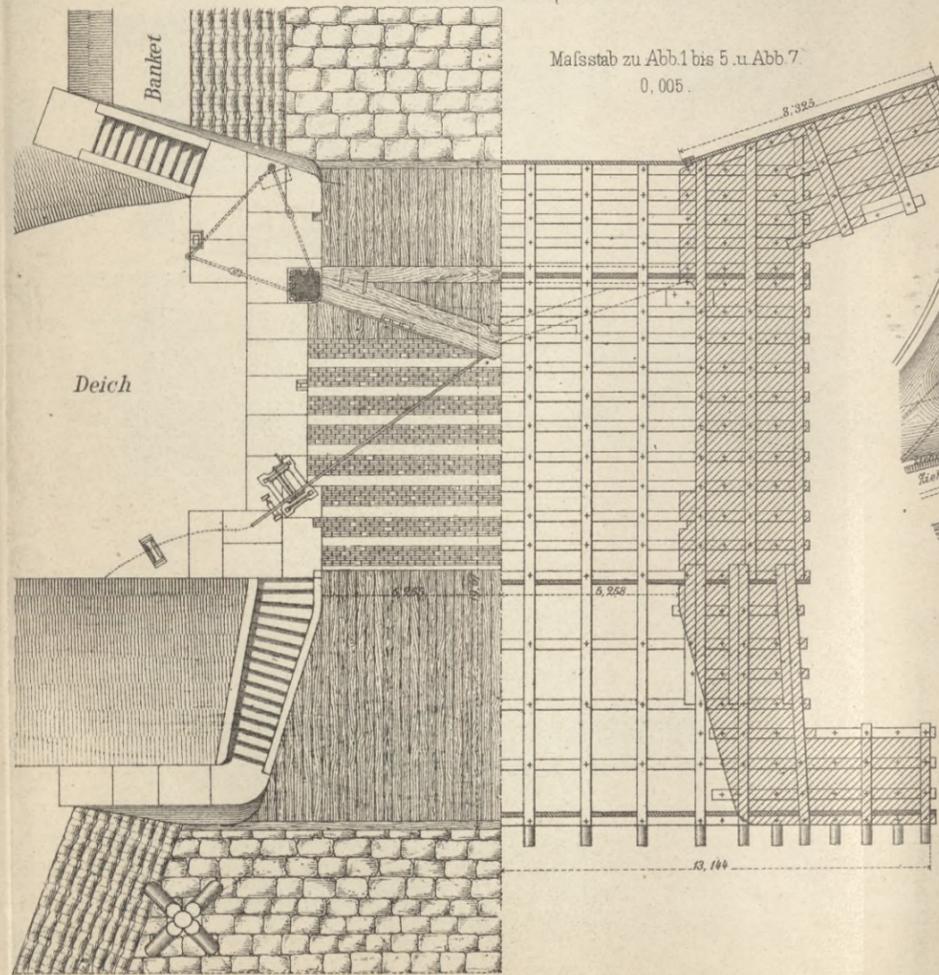


Abb. 2. Grundriss des Aussenhauptes.



Mafsstab zu Abb. 1 bis 5 u. Abb. 7. 0,005.

Abb. 1-10. Schutz- und Kammerschleuse bei Papenburg.

Abb. 4. Schnitt durch die Thorkammer.

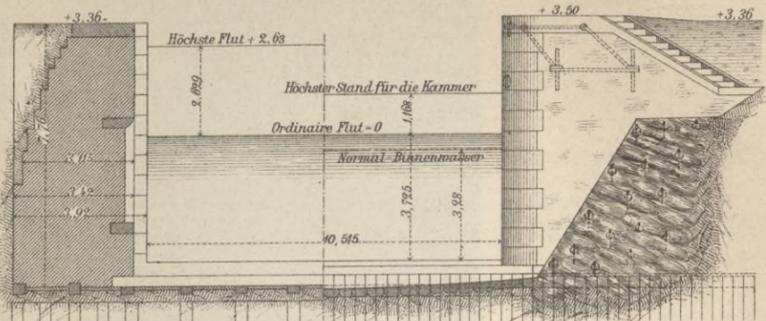
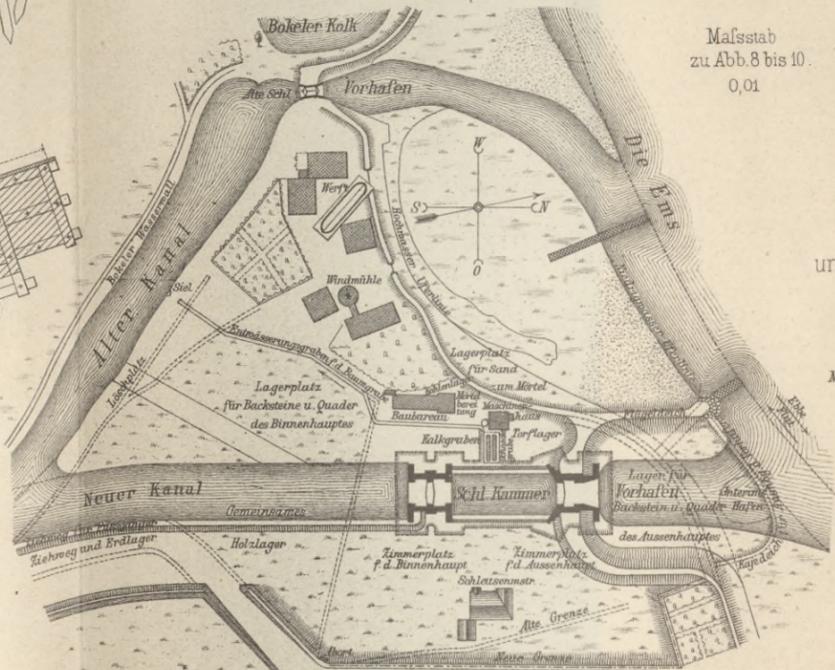


Abb. 5. Schnitt durch die Kammer.

Abb. 6. Situation und Bauplatz. M. 1:3000.



Mafsstab zu Abb. 8 bis 10. 0,01.

Abb. 8. Grundwerk des Binnenhauptes.

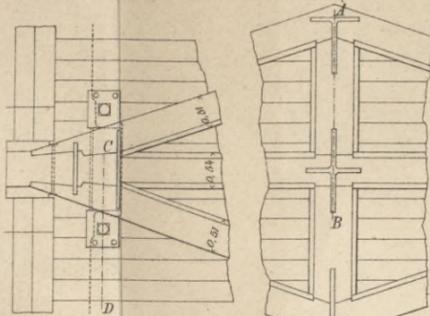


Abb. 9. Schnitt A B.

Abb. 10. Schnitt C D.

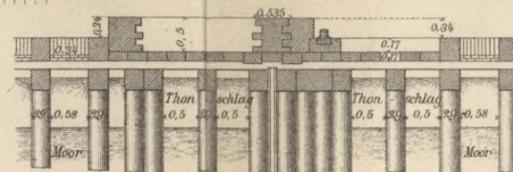


Abb. 13. Situation der alten und der neuen Schleuse. M. 0,0002.

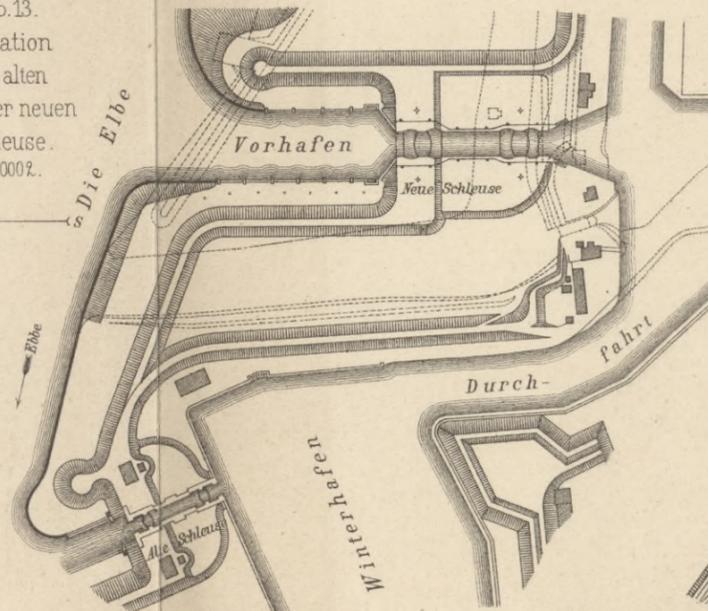
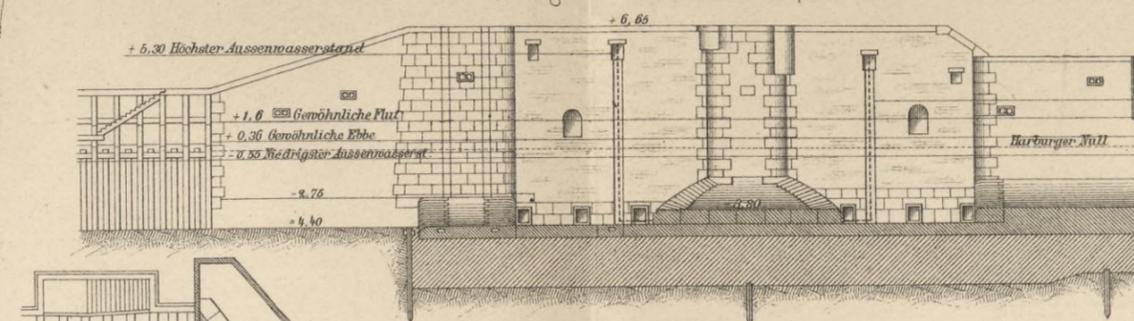


Abb. 11-14. Kammerschleuse bei Harburg.

Abb. 11. Längenschnitt des Aussenhauptes.



Mafsstab zu Abb. 11, 12, 14 - 0,0025.

Abb. 12. Grundriss des Aussenhauptes.

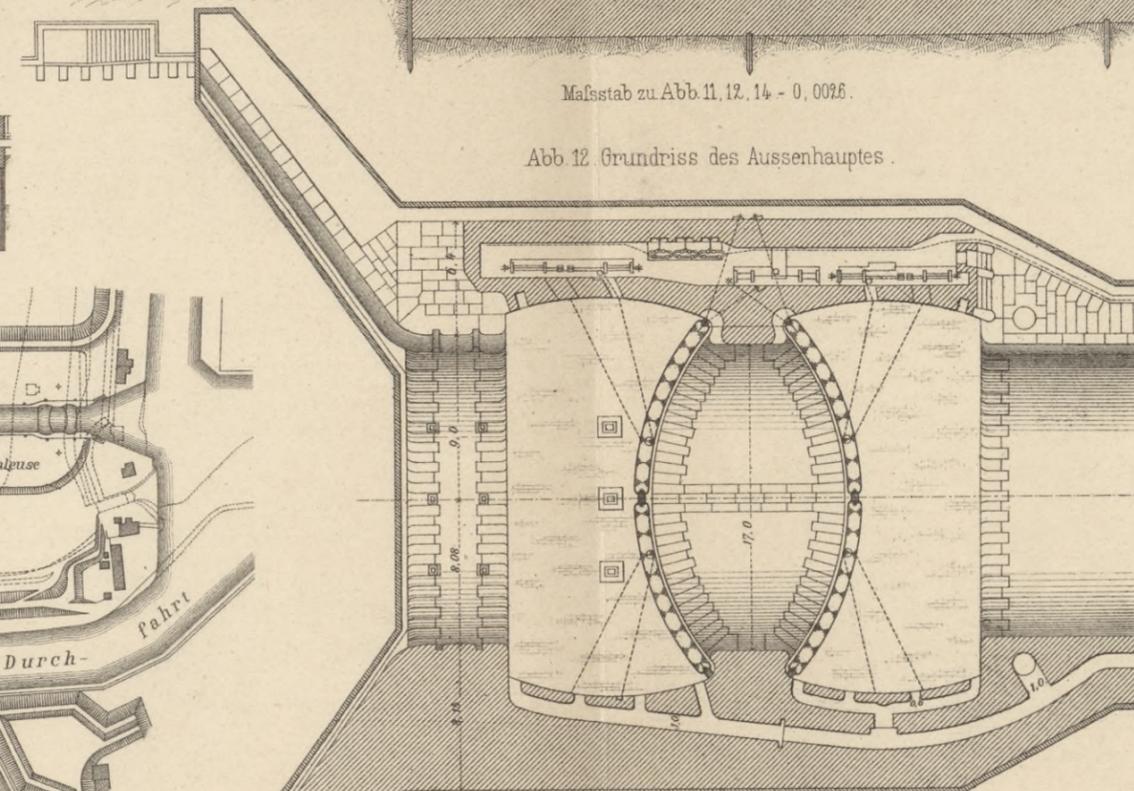


Abb. 7. Längenschnitt des Aussenhauptes.

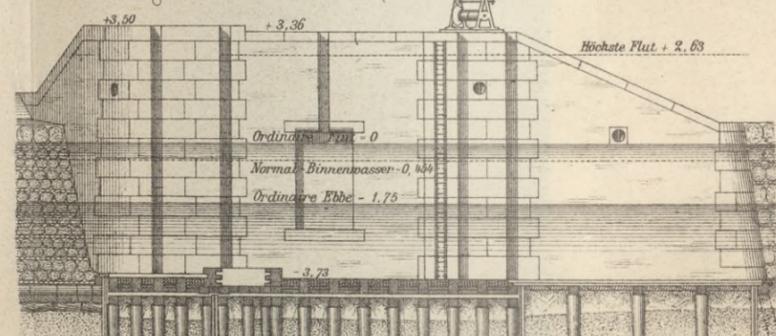


Abb. 15 u. 16. Schleuse im Marne-Saône-Kanal.

Abb. 15. Ansicht u. Querschnitt des Oberhauptes.

Abb. 16. Längenschnitt.

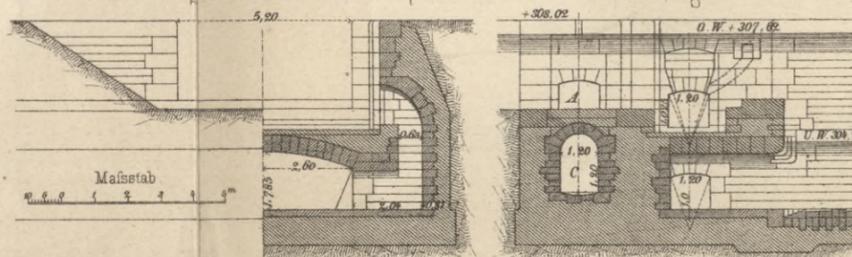
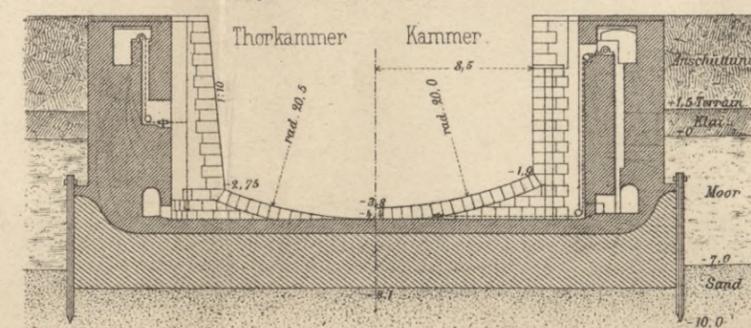


Abb. 14. Schnitt durch die Thorkammer.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schiffsschleusen.

Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. III. Teil. Wasserbau. 4<sup>te</sup> Aufl.

Abb. 1-8. Kammer- und Schutzschleuse der Mosel-Kanalisation.

M. 0.005.

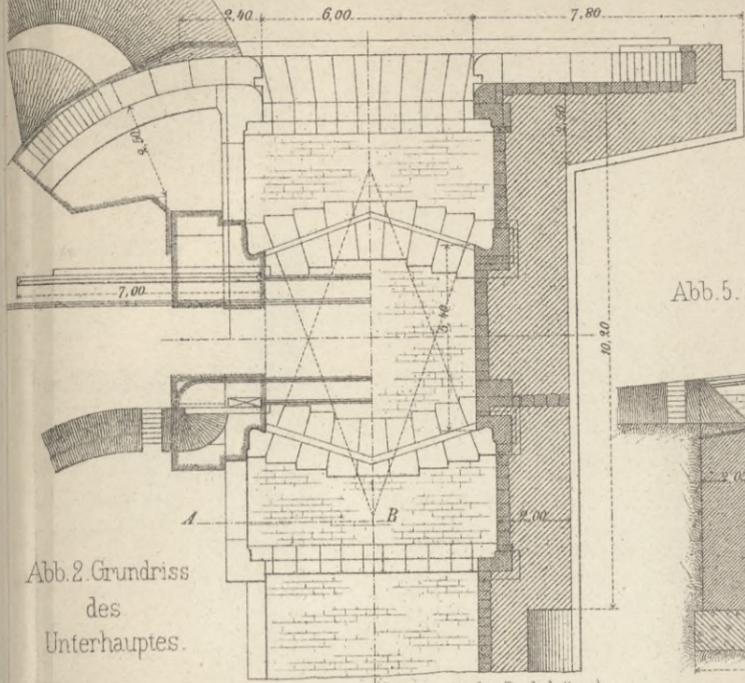


Abb. 1. Längenschnitt.

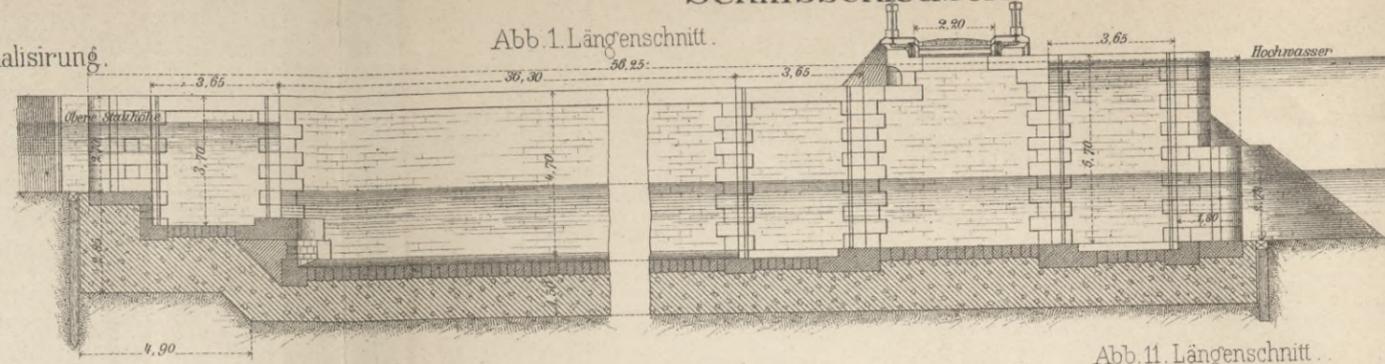


Abb. 5. Schnitt AB.

Abb. 6. Ansicht d. Unterhauptes.

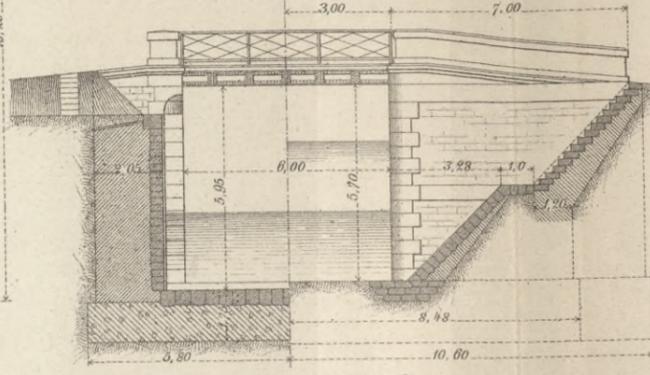


Abb. 7. Ansicht d. Oberhauptes.

Abb. 8. Schnitt C-D.

Abb. 10-15. Weser-Schleuse bei Hameln.

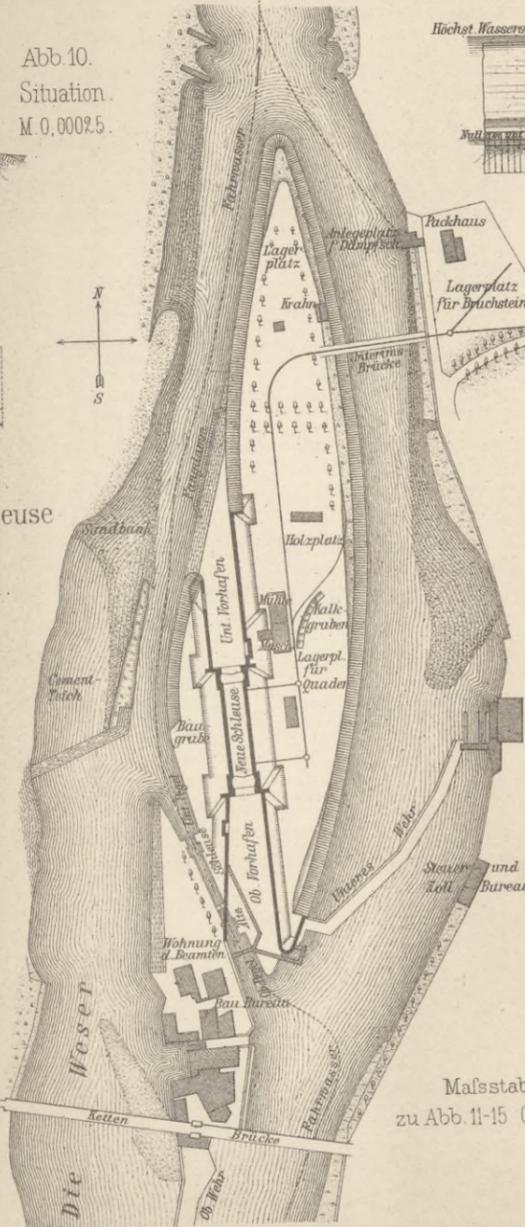
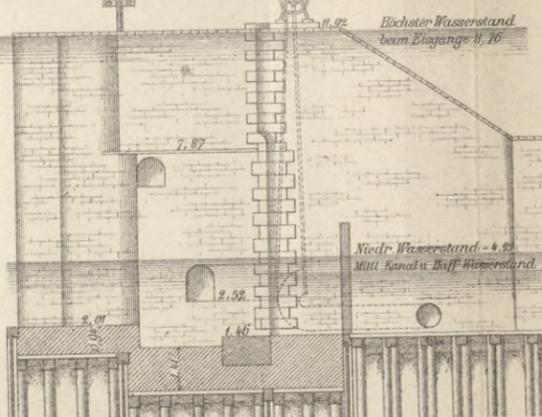


Abb. 9. Längenschnitt d. Oberhauptes der Weichelschleuse bei Rothebude. M. 0.004.



Maisstab zu Abb. 11-15 0.0025.

Abb. 16-19. Schleuse im Emkanale mit Bachunterführung.

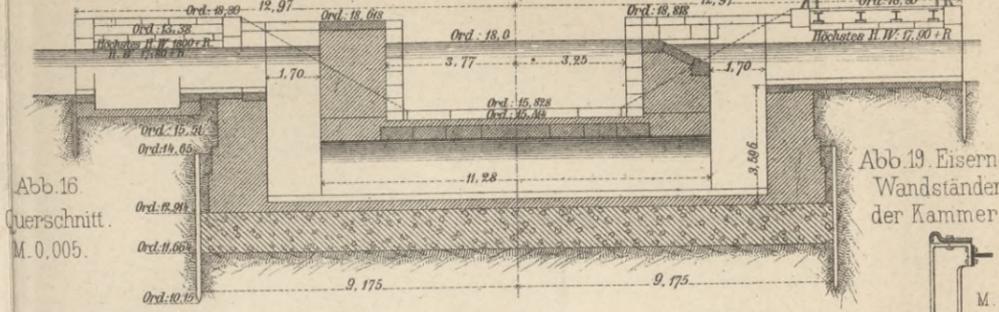


Abb. 11. Längenschnitt.

Abb. 12. Schnitt E-F.

Abb. 13. Schnitt G-H.

Abb. 15. Grundriss d. Oberhauptes.

Abb. 14. Schnitt durch d. Kammer.

Abb. 20. Schnitt E-F.

Abb. 21. Schnitt G-H. (s. Abb. 23.)

Abb. 22. Längenschnitt.

Abb. 23<sup>a,b</sup> Grundrisse.

Abb. 23<sup>a</sup>

Abb. 23<sup>b</sup>

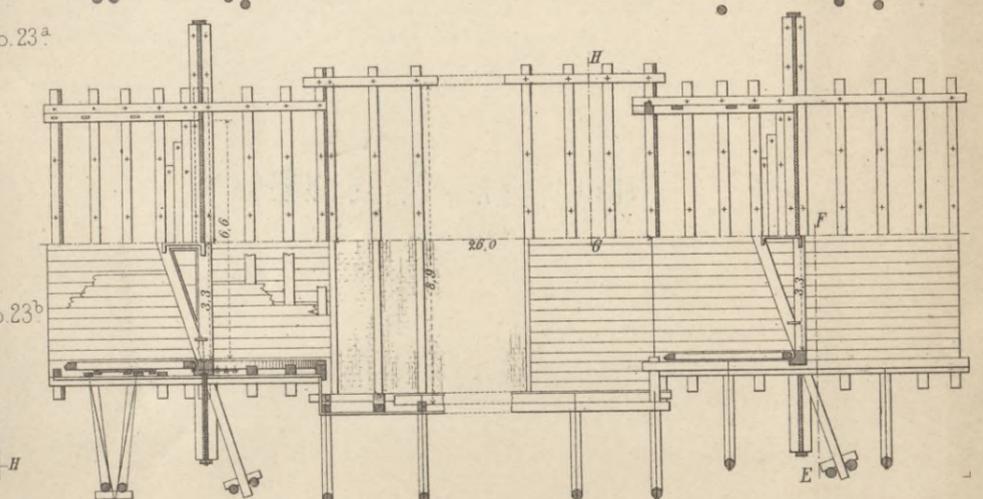


Abb. 19. Eiserner Wandständer der Kammer.   
 M. 0.025.

Abb. 18. Querschnitt der Kammer.

Abb. 17. Längenschnitt des Oberhauptes.   
 M. 0.005.

Abb. 16. Querschnitt.   
 M. 0.005.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Abb.1. Schnitt G H (s Abb.2.)

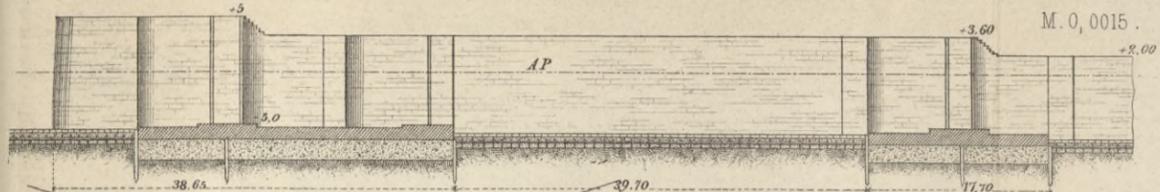


Abb. 1, 2, 3. Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden. M. 0, 0015.

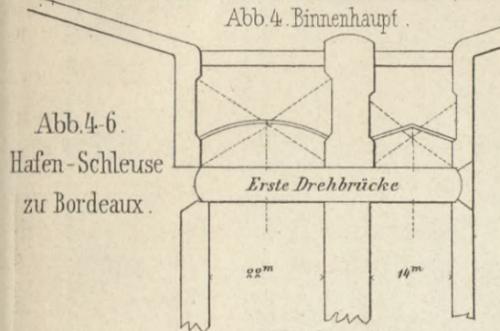


Abb.4-6. Hafen-Schleuse zu Bordeaux.

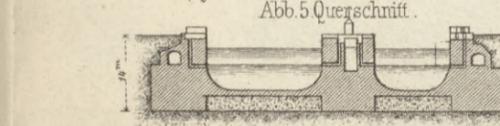
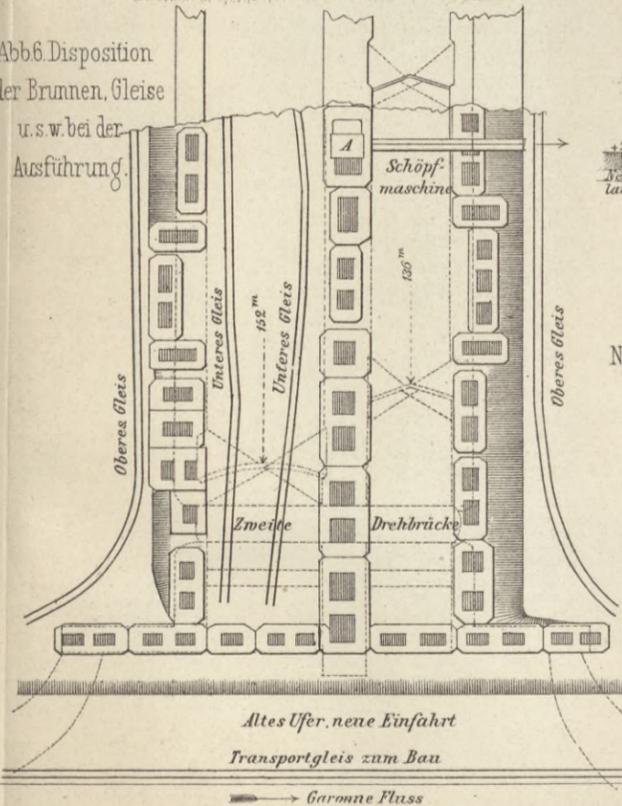


Abb.6. Disposition der Brunnen, Gleise u. s. w. bei der Ausführung.



Zith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

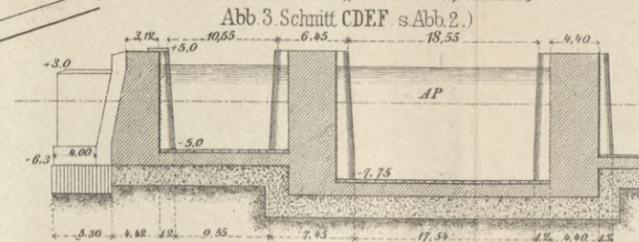


Abb.3. Schnitt CDEF (s Abb.2.)

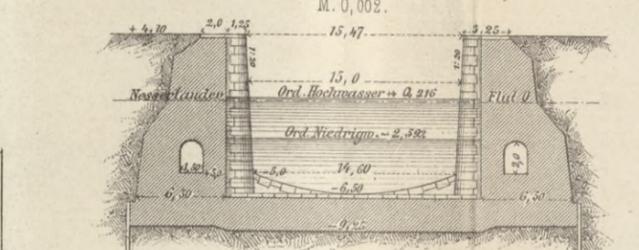


Abb.7. Schnitt durch das Aussenhaupt. M. 0, 002.



Abb.8. Schnitt durch die Kammer. M. 0, 002.



Abb.7, 8, 9, 21. Neue Seeschleuse bei Emden.

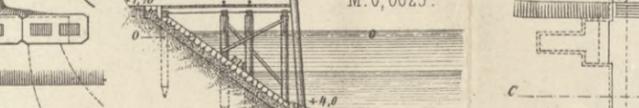


Abb.9. Querschnitt der Ladebühne (s Abb.21) M. 0, 0025.

Abb.2. Grundriss.

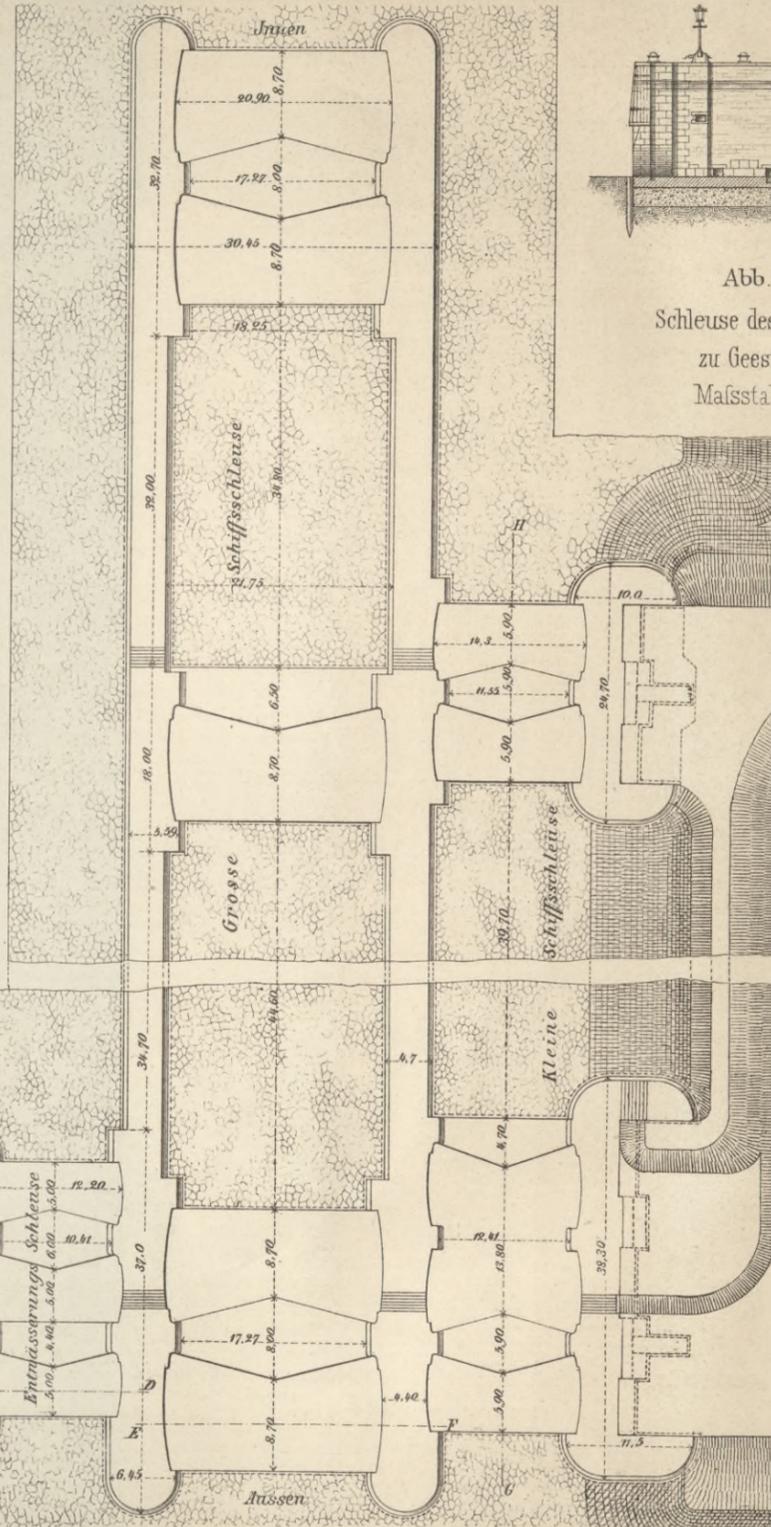


Abb.10. Längenschnitt.

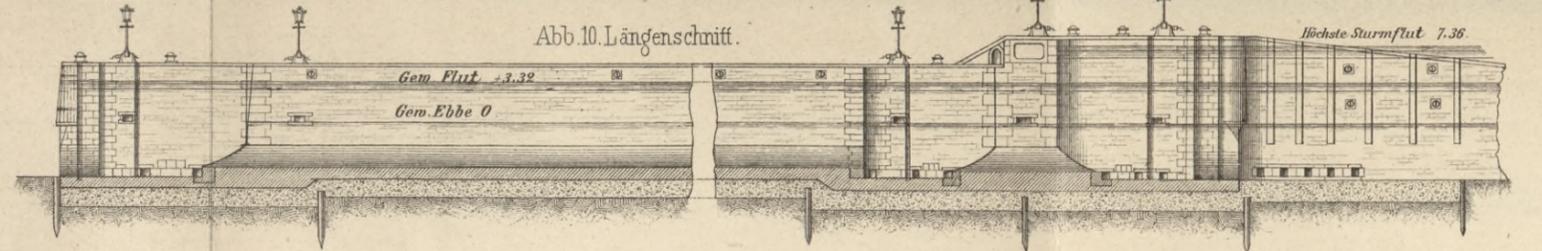


Abb.10-15. Schleuse des Hafenbassins zu Geestemünde. Maßstab 0.0015.

Abb.11. Schnitt JK.

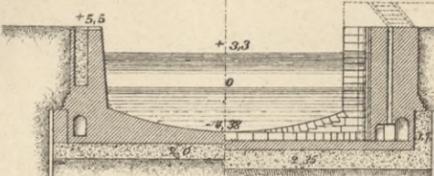


Abb.12. Schnitt LM.

Abb.13. Schnitt NO.

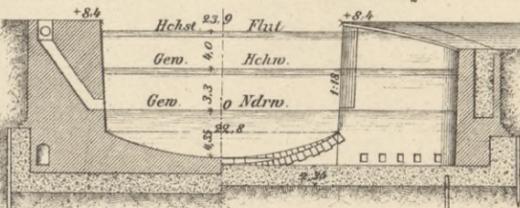


Abb.14. Schnitt PQ.

Abb.15. Teil des Grundrisses.

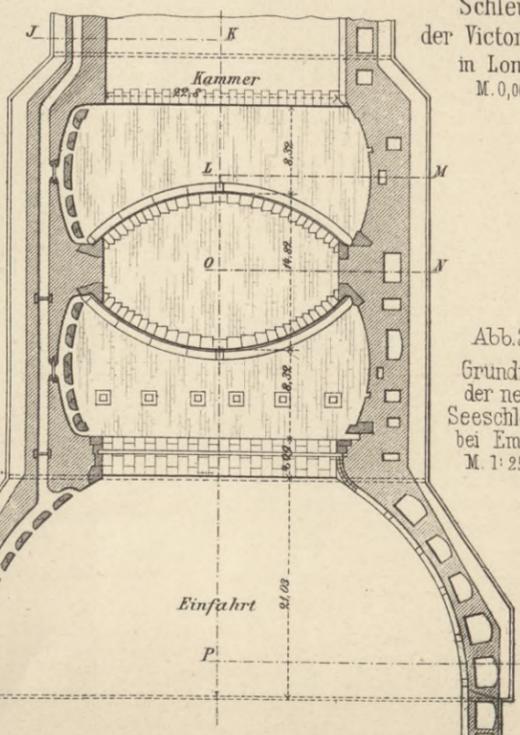


Abb.16. Längenschnitt RS.

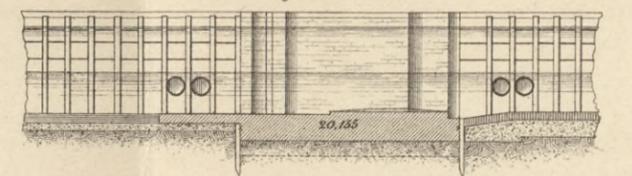


Abb.17. Schnitt TU.

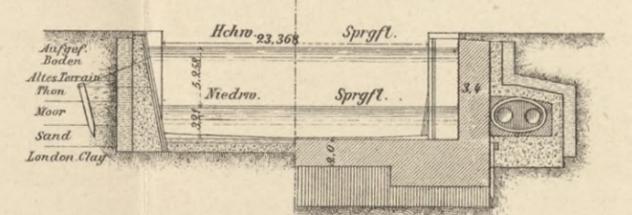


Abb.18. Schnitt VW.

Abb.19. Grundriss. Ansicht von oben.

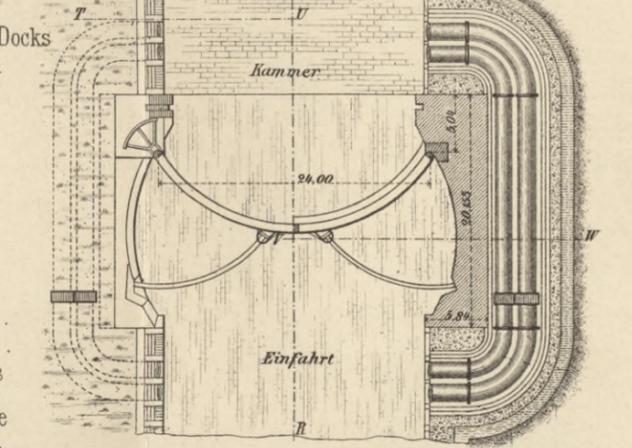
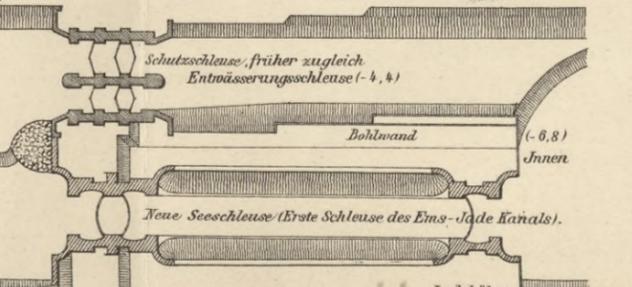


Abb.20. Horizontalschnitt. Schleuse der Victoria-Docks in London. M. 0, 0015.

Abb.21. Grundriss der neuen Seeschleuse bei Emden. M. 1: 2500.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schiffsschleusen.

Abb. 7-9. Thorflügel der Canada-Docks zu Liverpool. M. 0,0094.

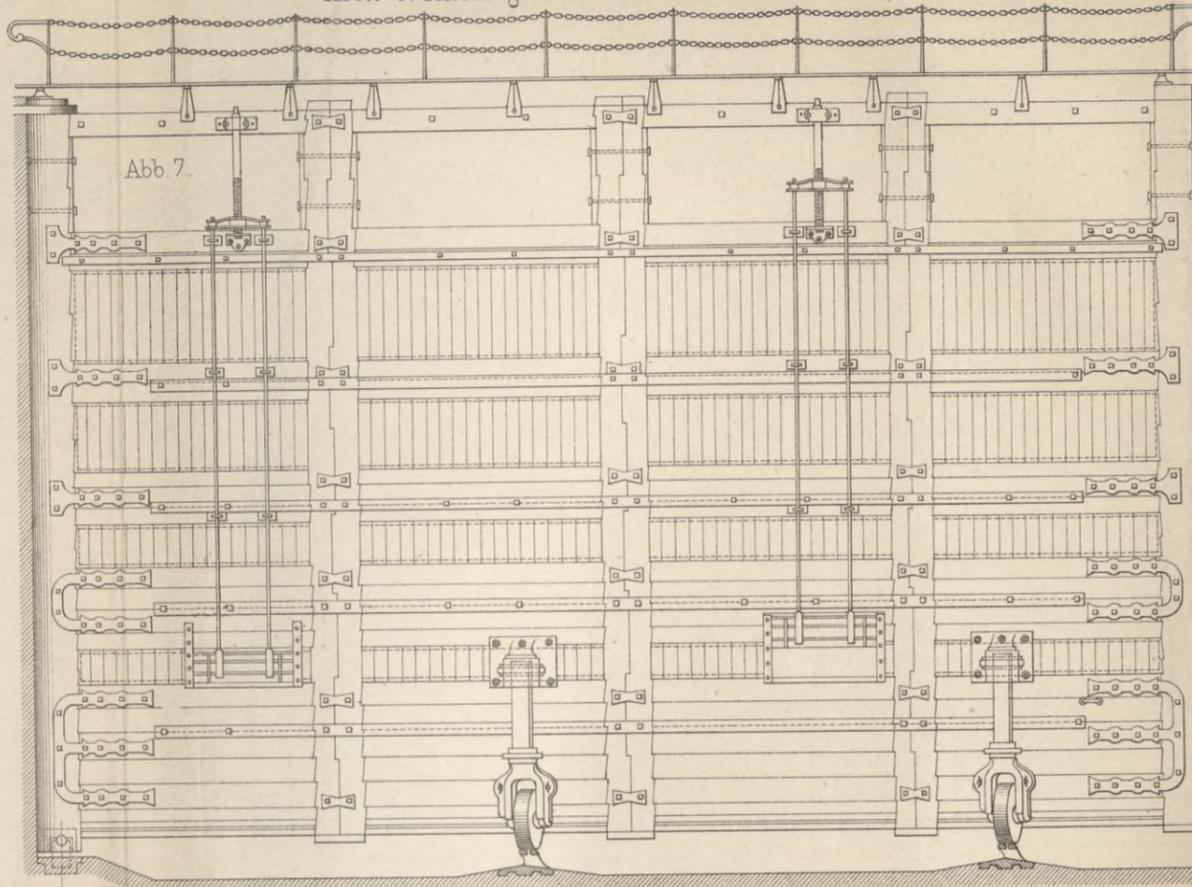


Abb. 7.

Abb. 9.

Abb. 8.

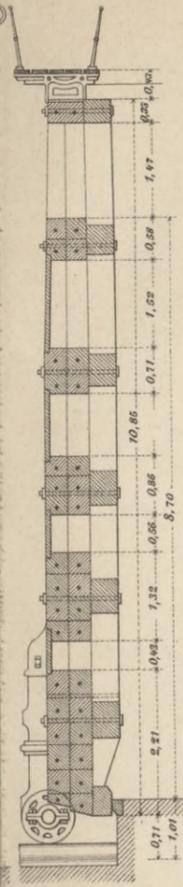


Abb. 13-15. Thorflügel der Schleuse zu Ablon. M. 0,0125.

Abb. 13 Ansicht der Unterwasserseite.

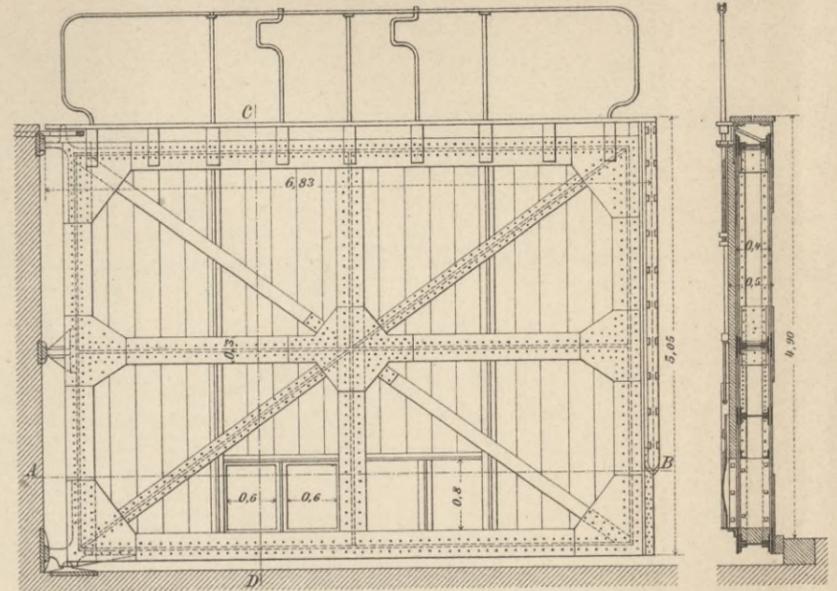


Abb. 14 Horizontalschnitt A B.

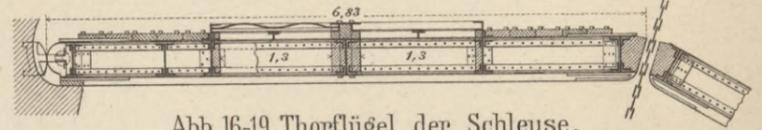


Abb. 16-19. Thorflügel der Schleuse zu Willemsoord.

Abb. 16. Innere Ansicht. Abb. 17. Äussere Ansicht. M. 0,008.

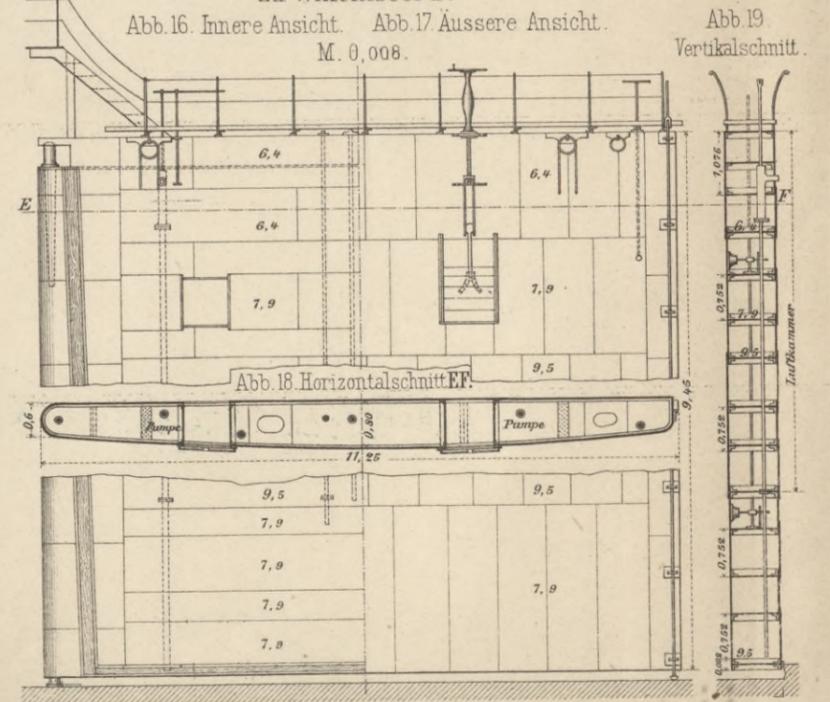


Abb. 19  
Vertikalschnitt.

Abb. 18 Horizontalschnitt EF.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften III Teil Wasserbau. 4. Aufl.  
Abb. 1. Unterhaupt. Abb. 1-6. Schleuse in der Oder zu Breslau.

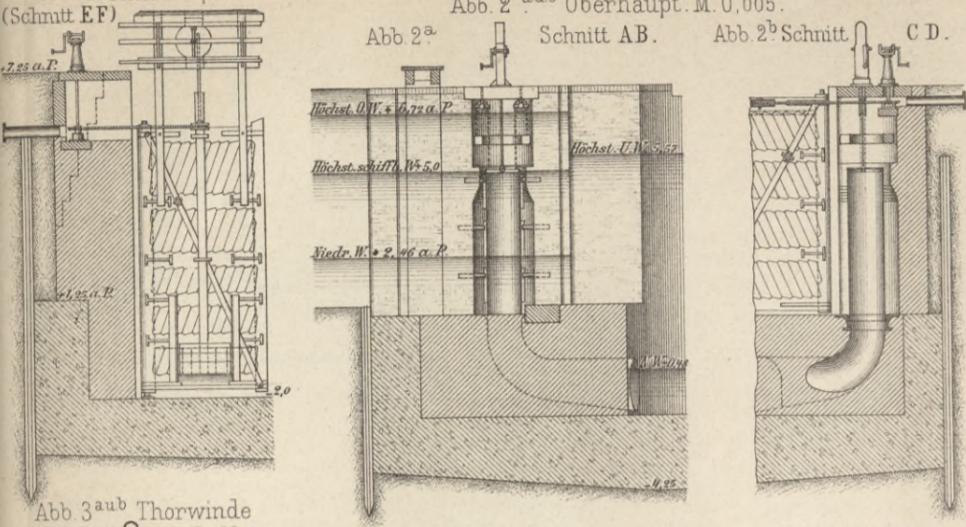


Abb. 3<sup>a</sup> Thorwinde und Umlaufventil. M. 0,015.  
Abb. 3<sup>b</sup> Schnitt GH.

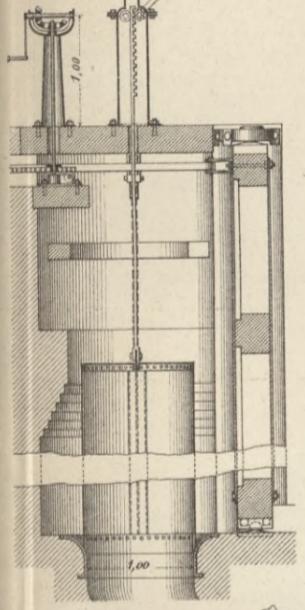
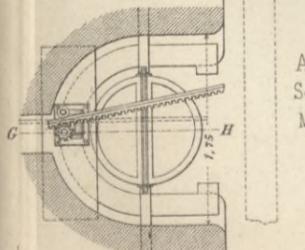


Abb. 3<sup>b</sup> Grundriss der Ventilmische.



lith. Anst. v F Wirtz, Darmstadt.

Abb. 2<sup>a</sup> Oberhaupt. M. 0,005.

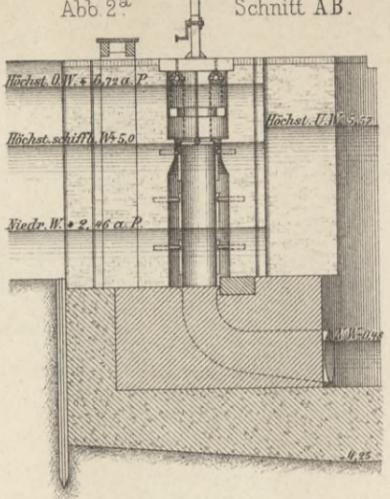


Abb. 4 Grundriss. M. 0,005.

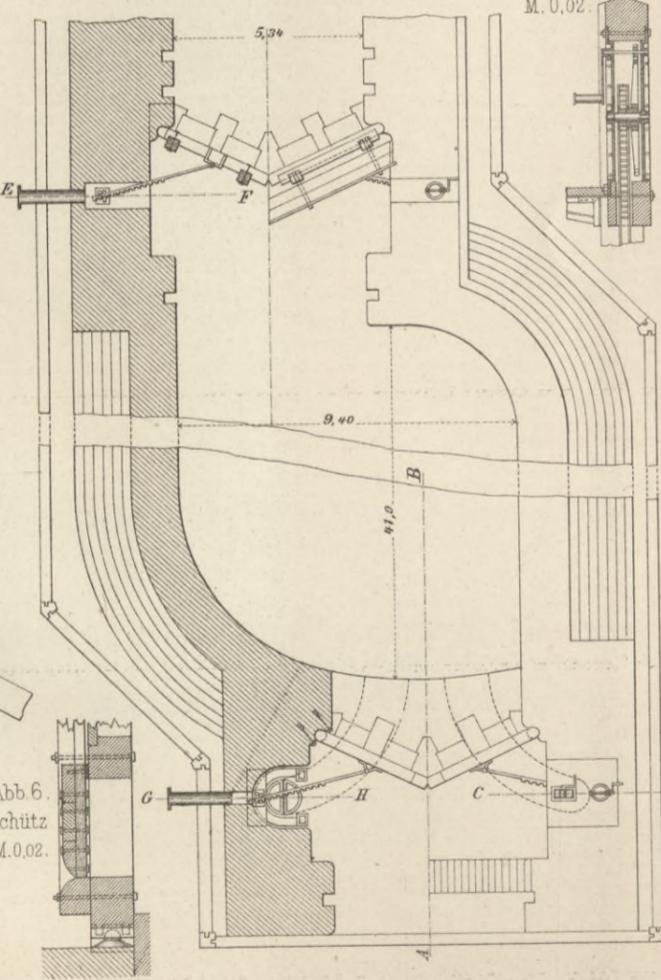


Abb. 5 Schützwinde M. 0,02.

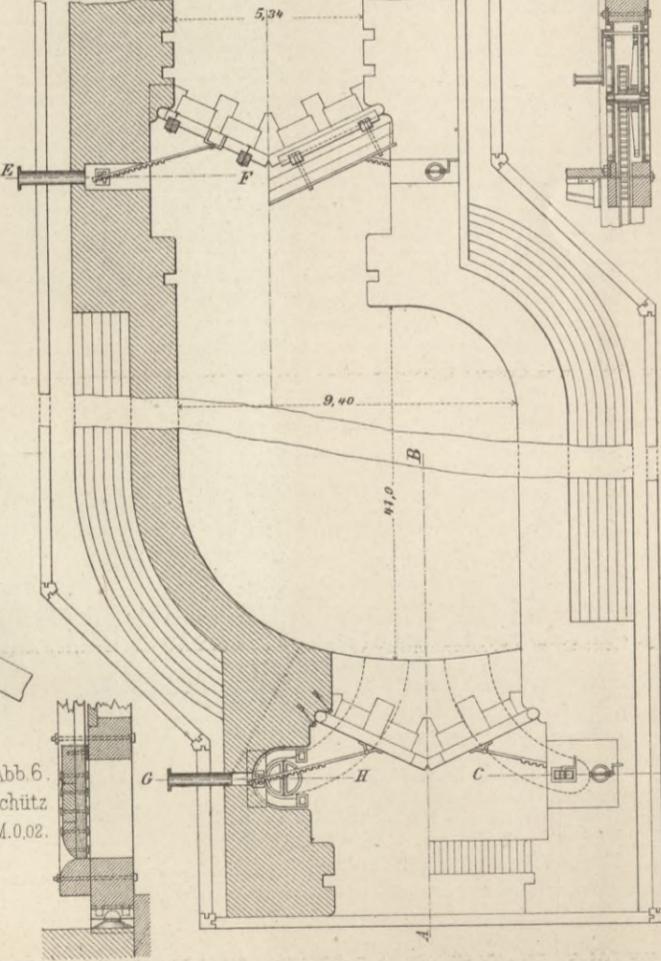


Abb. 6. Schütz M. 0,02.

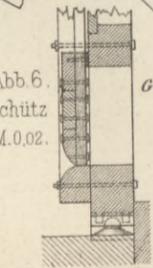


Abb. 10 u. 11. Thorflügel einer 24,4m weiten Schleuse zu Antwerpen.  
Abb. 10. Horizontalschnitt. M. 0,01.

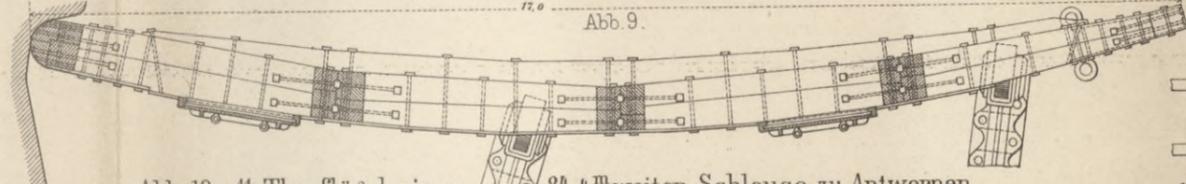
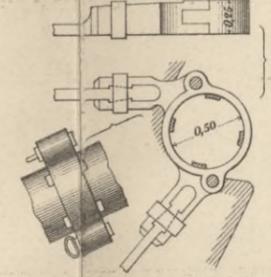


Abb. 12. Thorflügel einer 30,5m weiten Schleuse zu Havre. M. 0,0107.



Abb. 11. Halsband. M. 0,02.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schiffsschleusen.

## Große Kaiserschleuse zu Bremerhaven.

Abb. 1. Längenschnitt in der Schleusenachse.

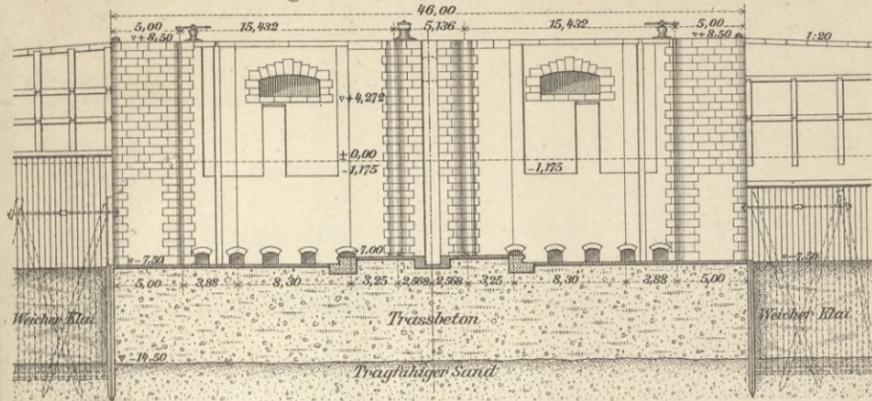


Abb. 2. Querschnitt durch die Schleusenachse.

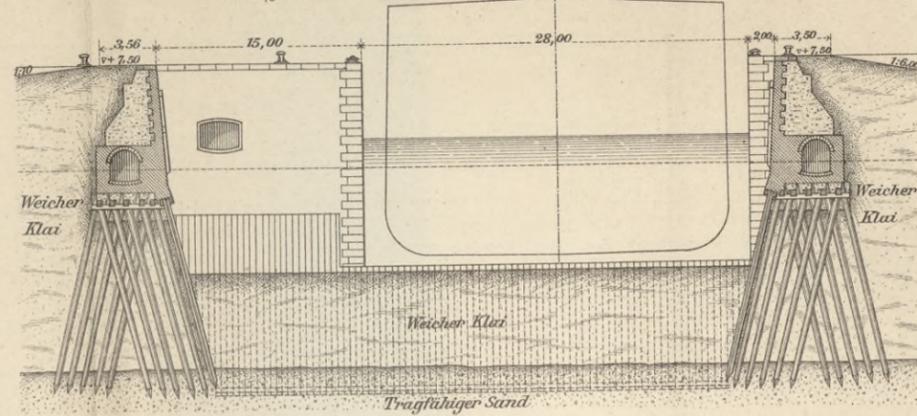


Abb. 3. Binnenhaupt.

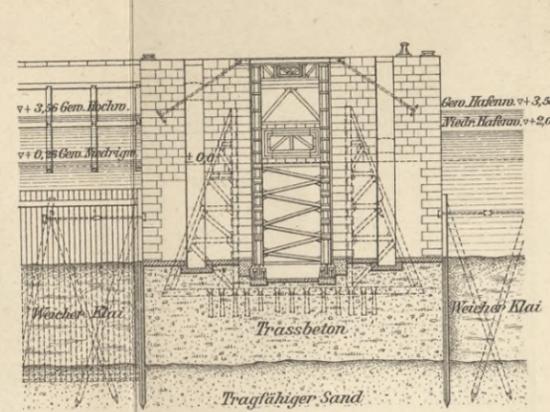
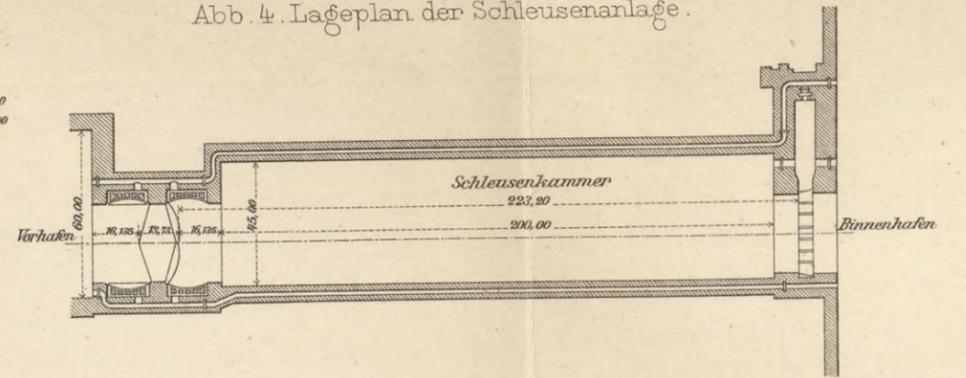


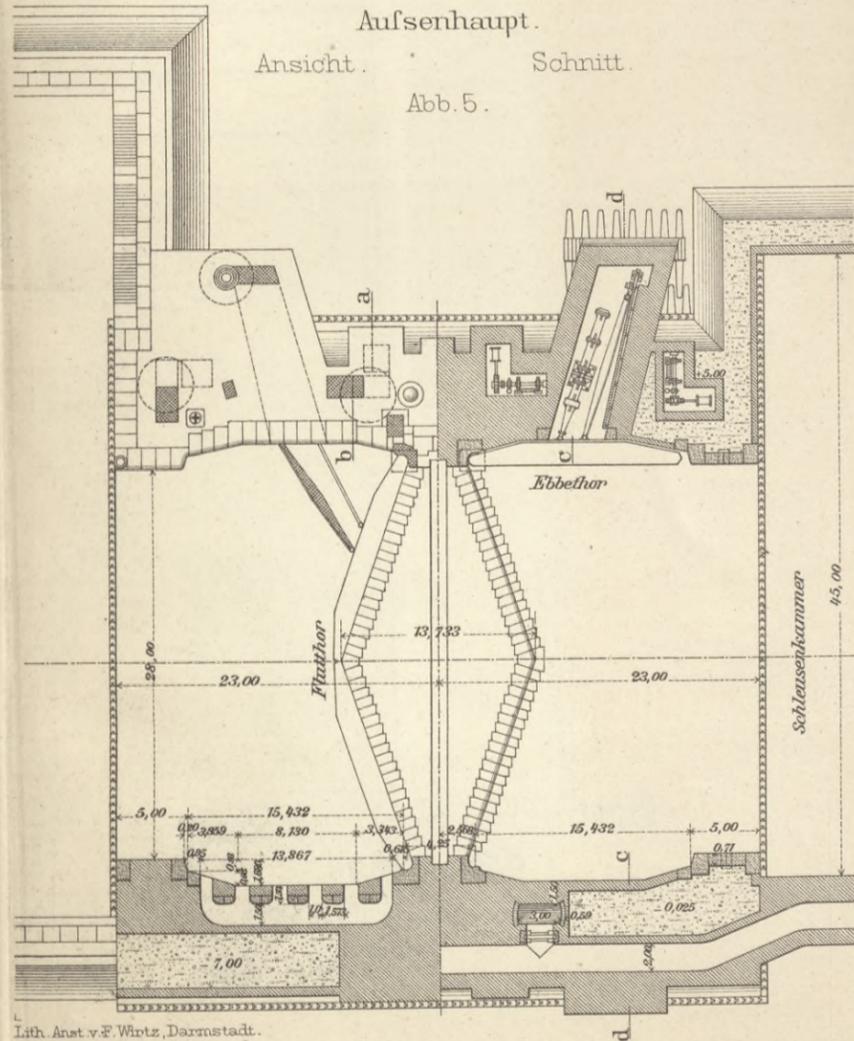
Abb. 4. Lageplan der Schleusenanlage.



Aufsenhaupt.

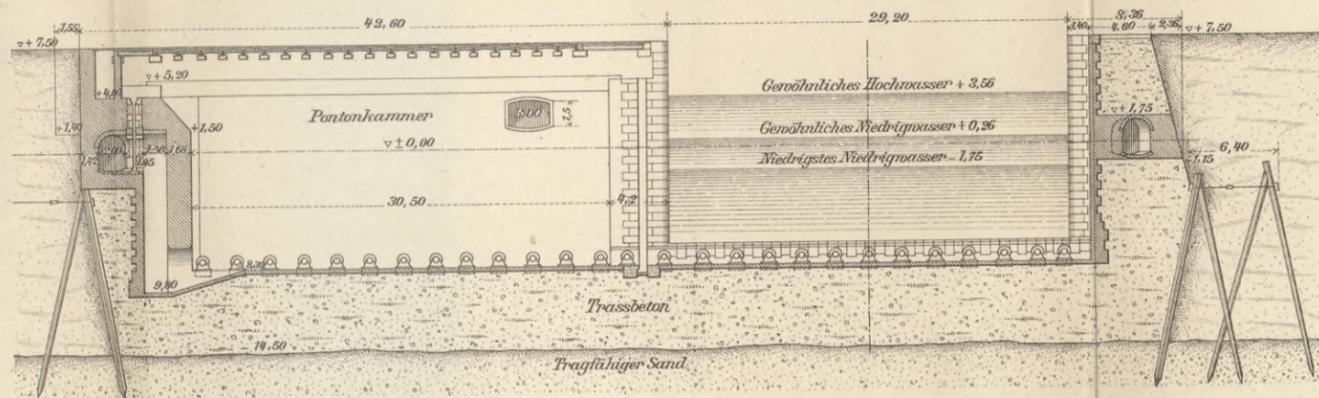
Ansicht. Schnitt

Abb. 5.



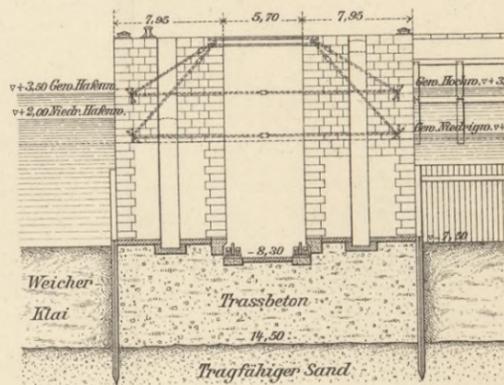
Binnenhaupt.

Abb. 6. Schnitt e-f in der Mitte des Pontonschlitzes.



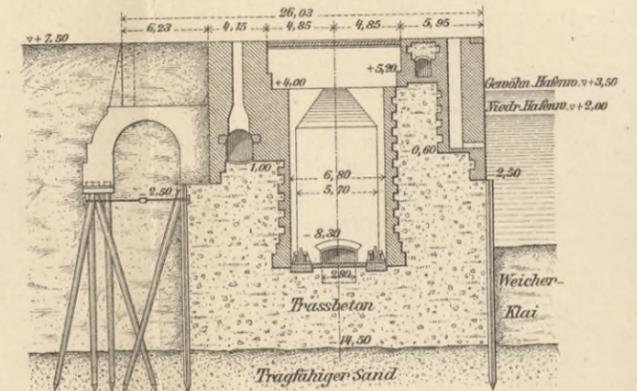
Binnenhaupt.

Abb. 7. Ansicht der Ostseite. Schnitt g-h.



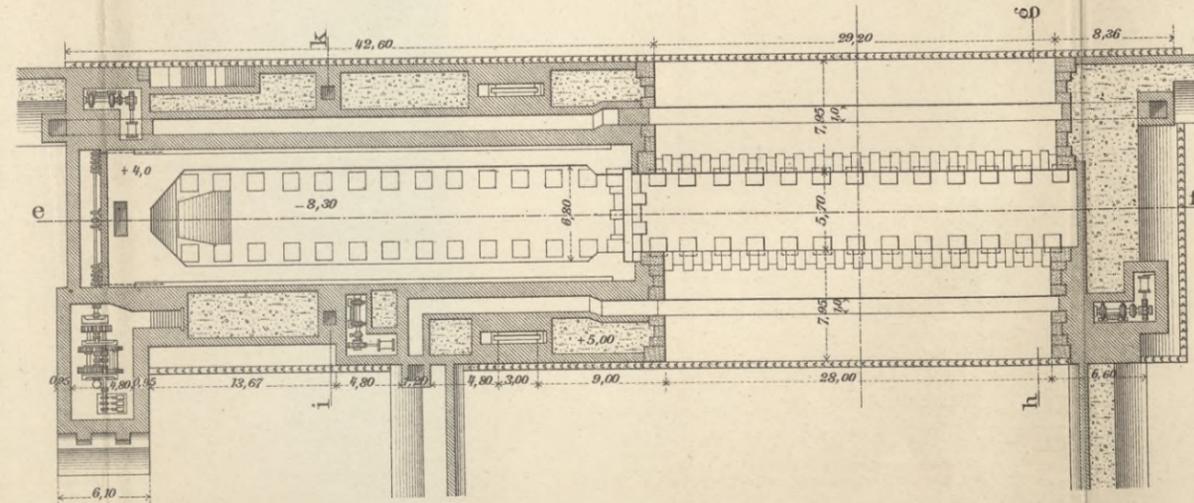
Binnenhaupt.

Abb. 8. Schnitt i-k durch die Pontonkammer.



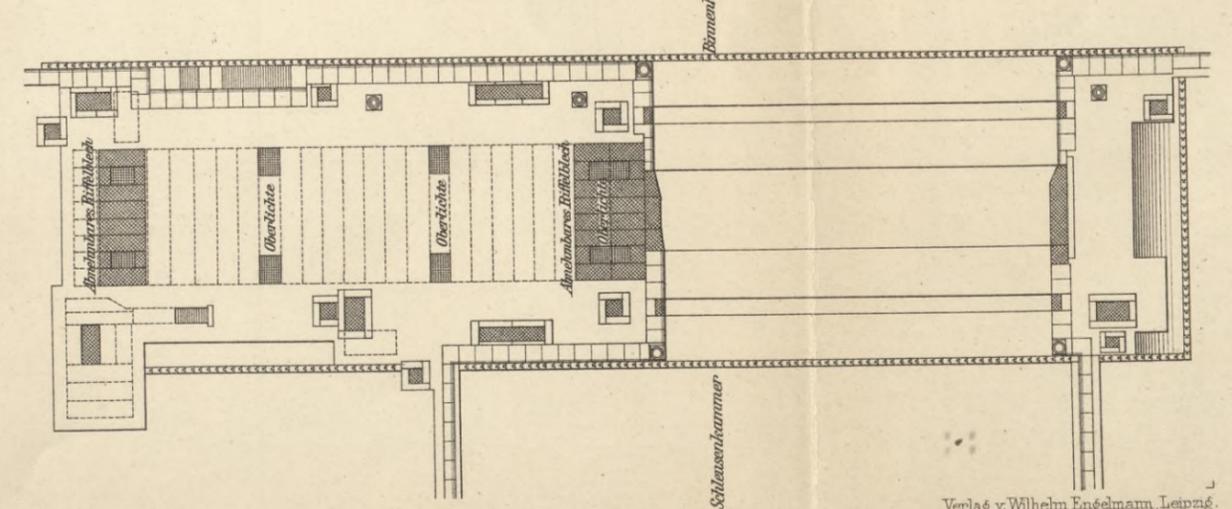
Binnenhaupt.

Abb. 9. Horizontalschnitt in Höhe + 5.0.



Binnenhaupt.

Abb. 10. Aufsicht.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schiffsschleusen.

Eiserne Thore. Hölzernes Schiebethor.

Abb 1 bis 6. Thorflügel der Weserschleuse bei Hameln.

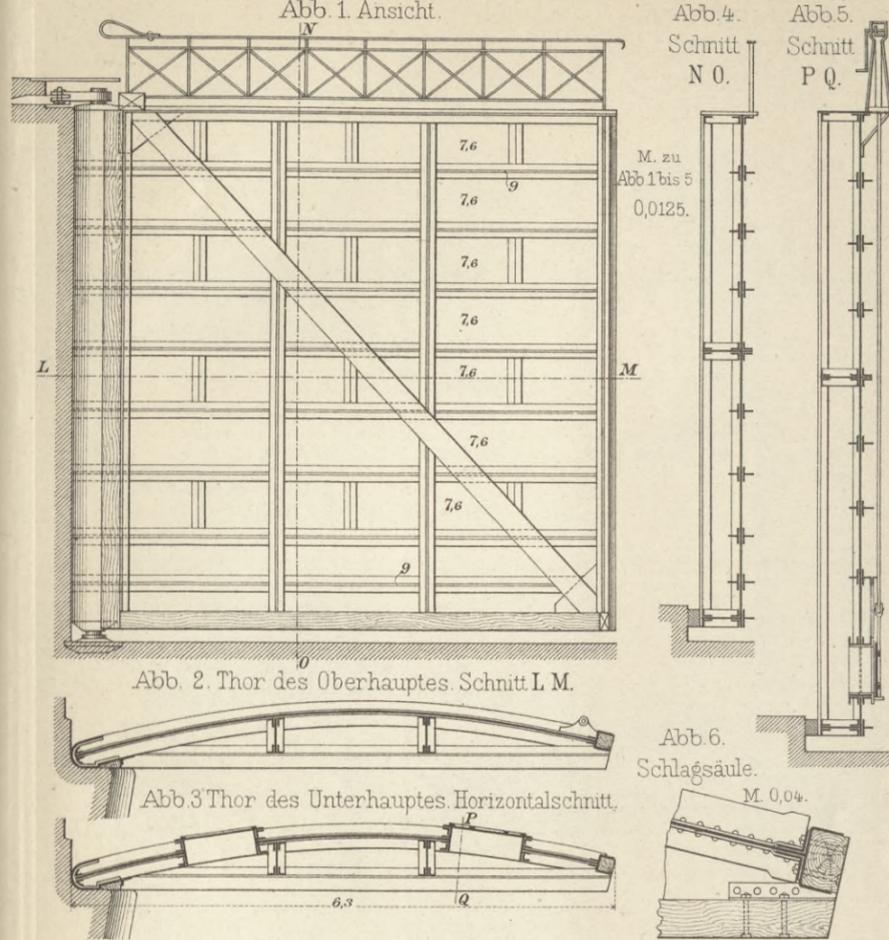


Abb. 7 bis 9. Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals. (18,0 weit).

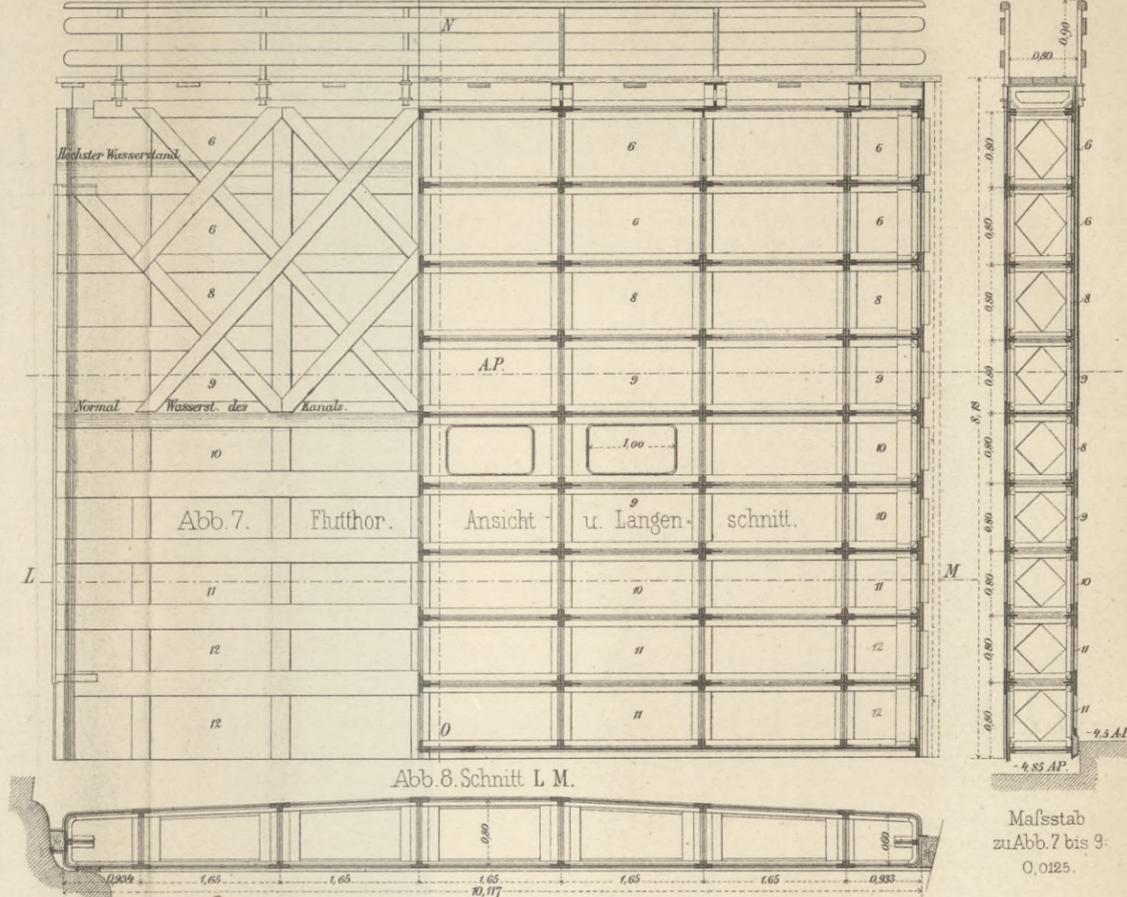


Abb. 10 bis 19. Schleuse des Hafenbassins zu Geestemünde. (23,94<sup>m</sup> weit).  
Abb. 10. Ebbthor. Längenschnitt und Ansicht. (ausgestreckt).

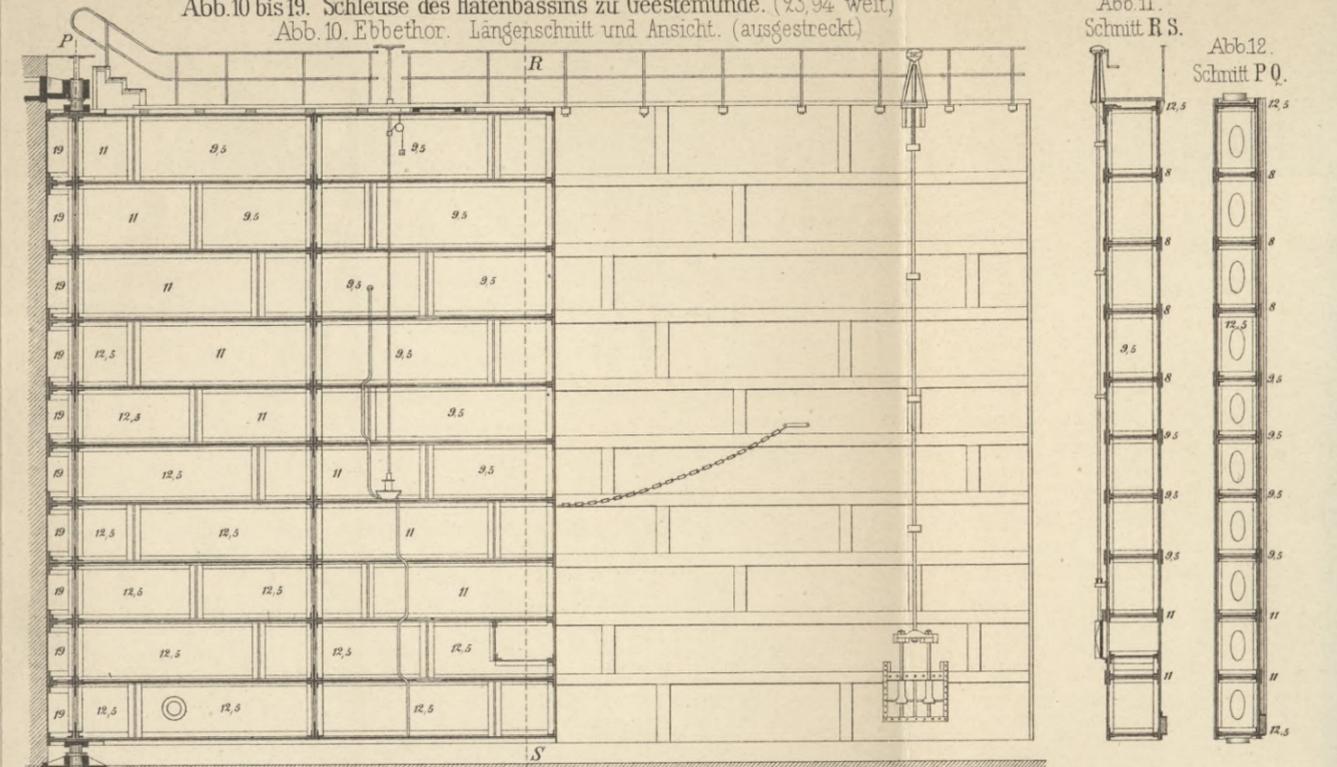
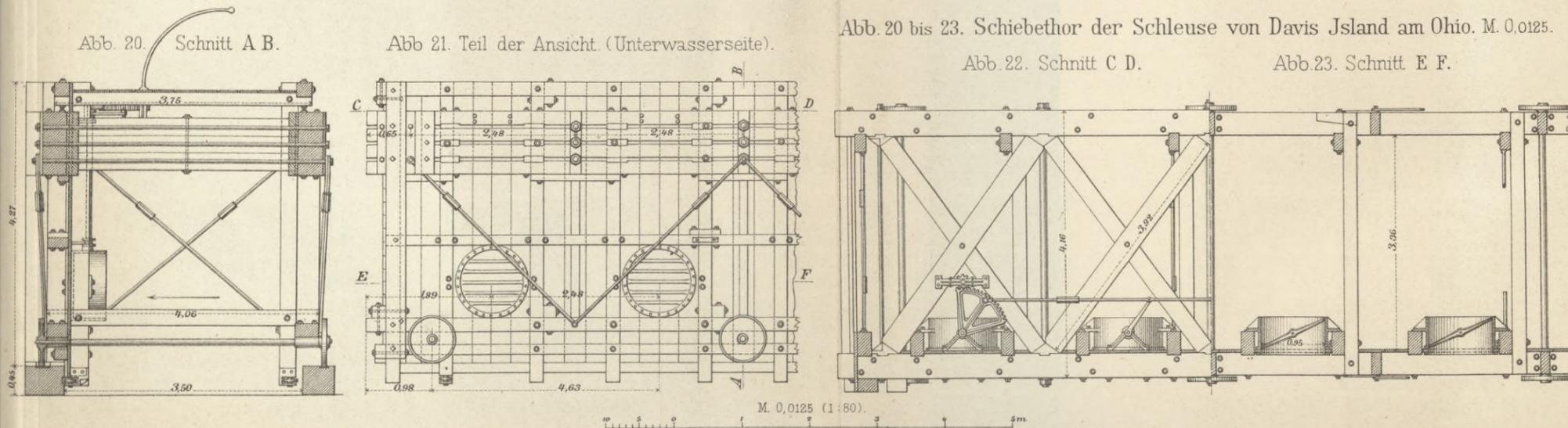


Abb. 20 bis 23. Schiebethor der Schleuse von Davis Island am Ohio. M. 0,0125.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Abb. 1-20. Schleuse bei Wernsdorf.

Abb. 21-23. Obere Schleuse bei Furstberg a. d. Oder, Oberhaupt. M. 0,00833 (1:120).

Abb. 1. Längenschnitt durch die Mitte.

Abb. 21. Längenschnitt. (Schnitt g h).

Abb. 22. Schnitt c d (halb).

Abb. 23. Grundriss.

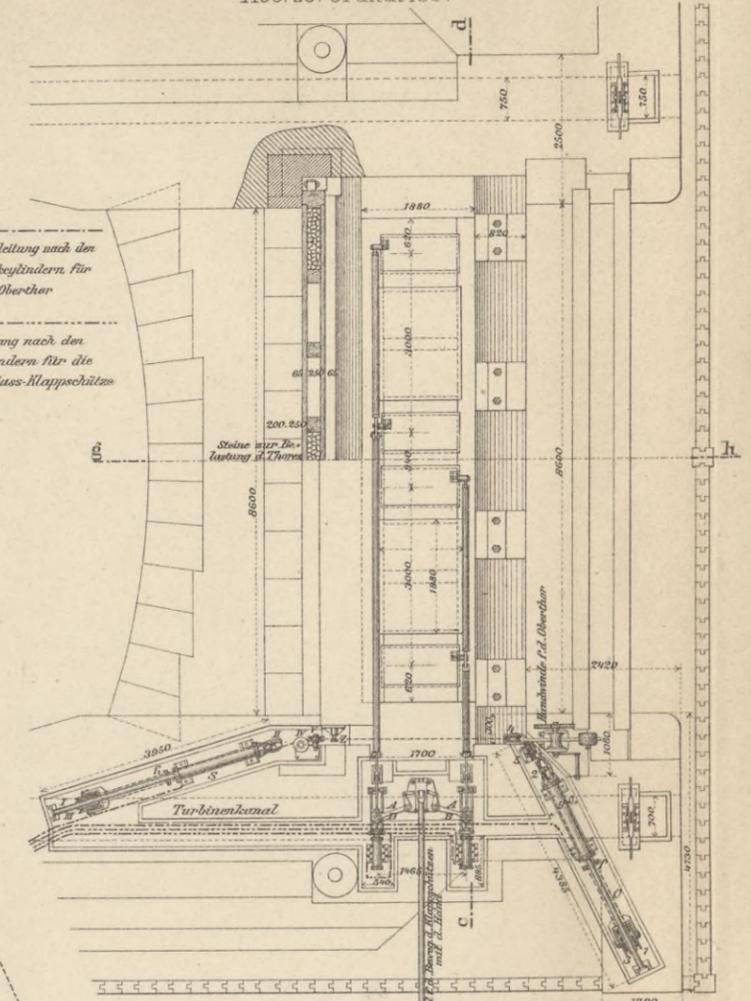
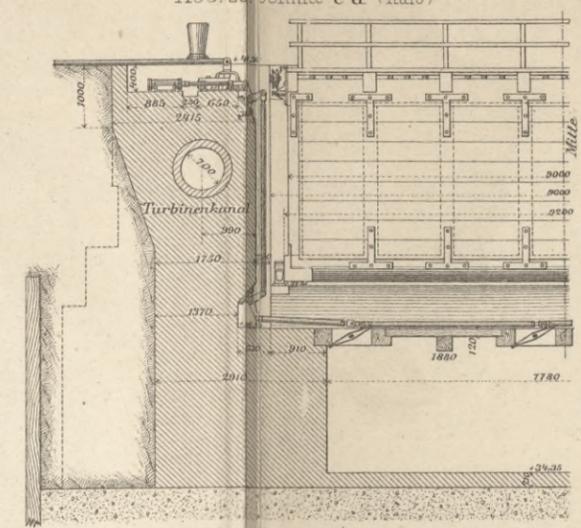
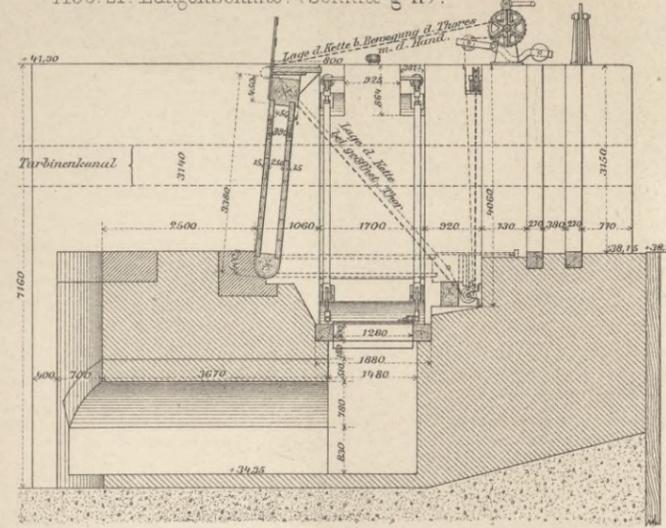
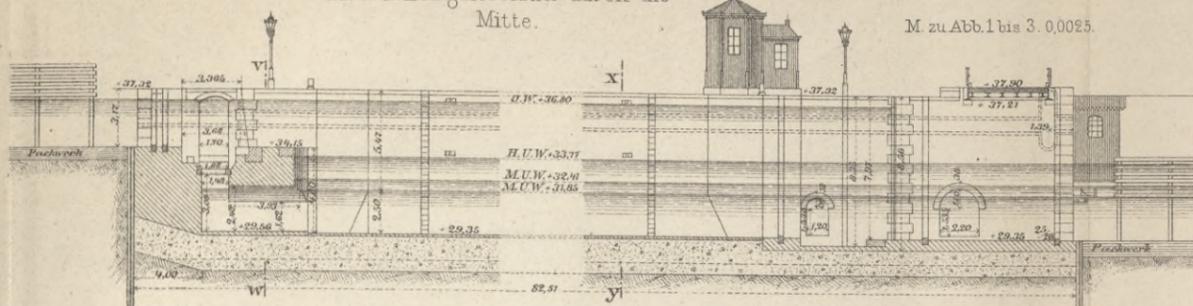


Abb. 4. Ansicht des Unterthors.

Abb. 5. Schnitt a b. (Abb. 6).

Abb. 2. Schnitt v w.

Abb. 8. Schnitt i k. (Abb. 4).

Abb. 9. Schnitt e f. M. 0,05 (1:20).

Abb. 10. Schnitt n o.

Abb. 11. Schnitt l m.

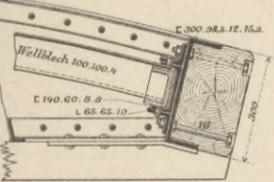
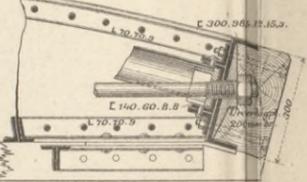
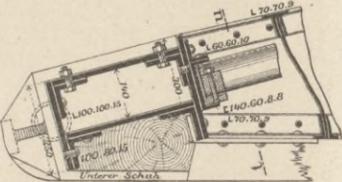
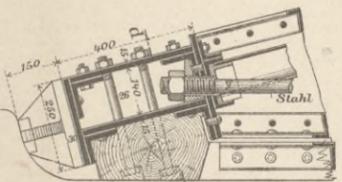
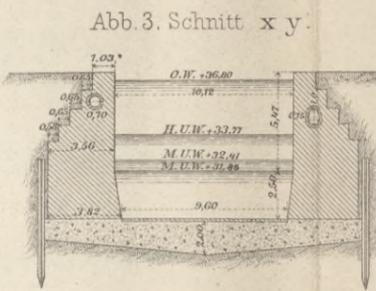
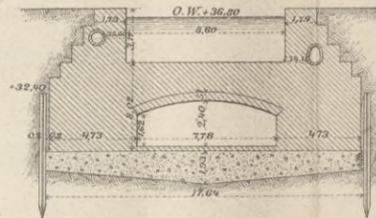
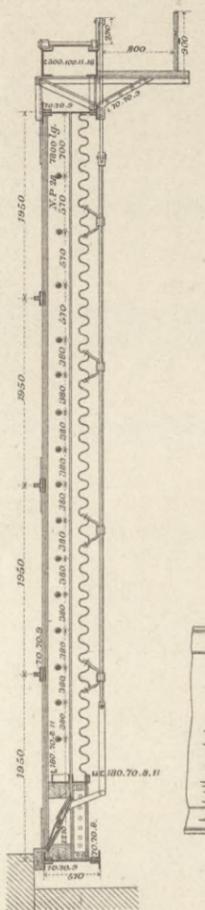
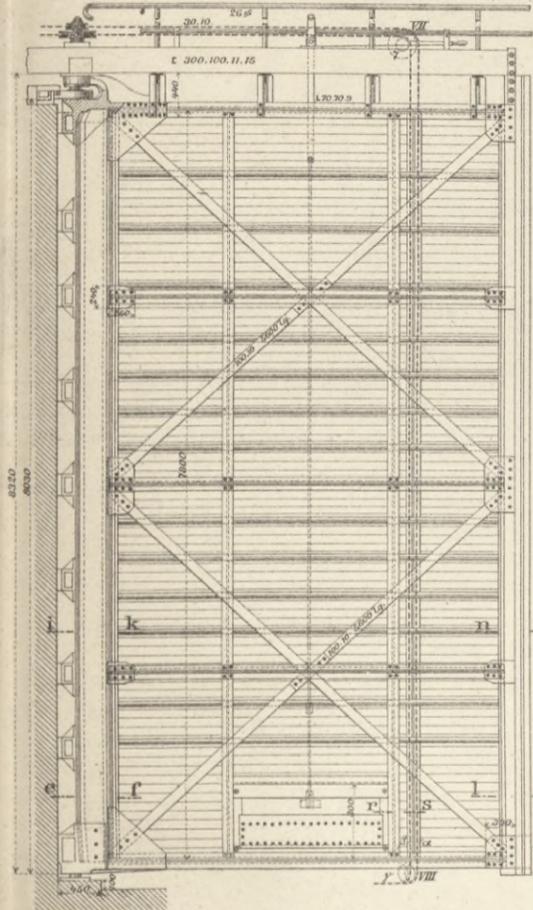


Abb. 3. Schnitt x y.

Abb. 15 u. 16. Kettenrollen über dem Drehpunkt M. 0,0667.

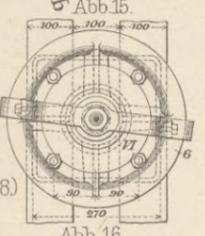


Abb. 20. Grundriss des Unterhauptes M. 0,0111 (1:90). Die Ketten zum Öffnen des Thores gehen vom Punkt f am Cylinder O über die Rollen I II III IV V VI VII und VIII nach dem in der Thornische befestigten Haken h. Die Ketten zum Schliessen des Thores gehen vom Punkt f' am Cylinder S über die Rollen 1 2 3 4 5 6 7 u. 8 nach dem am Drempel befestigten Haken h'.

Abb. 12. Schnitt r s. (Abb. 4).

Abb. 13. Schnitt p q. (Abb. 8).

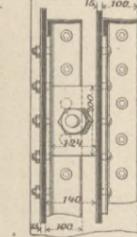
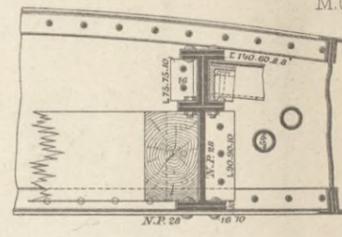


Abb. 17.

Abb. 14. Schnitt t u. (Abb. 9) M. 0,05.

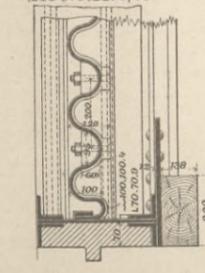
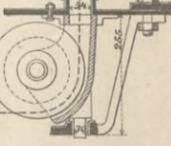
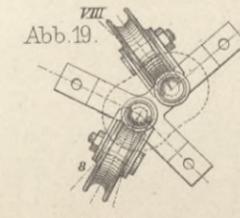
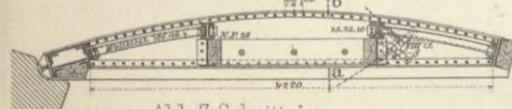


Abb. 18.

Abb. 6. Schnitt durch die Schützöffnung.

Abb. 17-19. Untere Kettenrollen. M. 0,0667 (1:15).



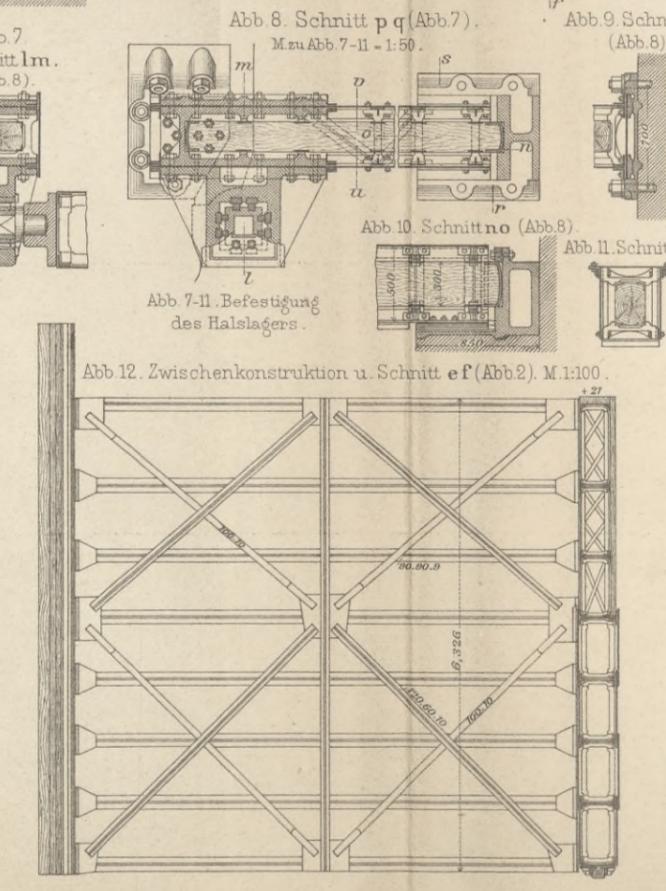
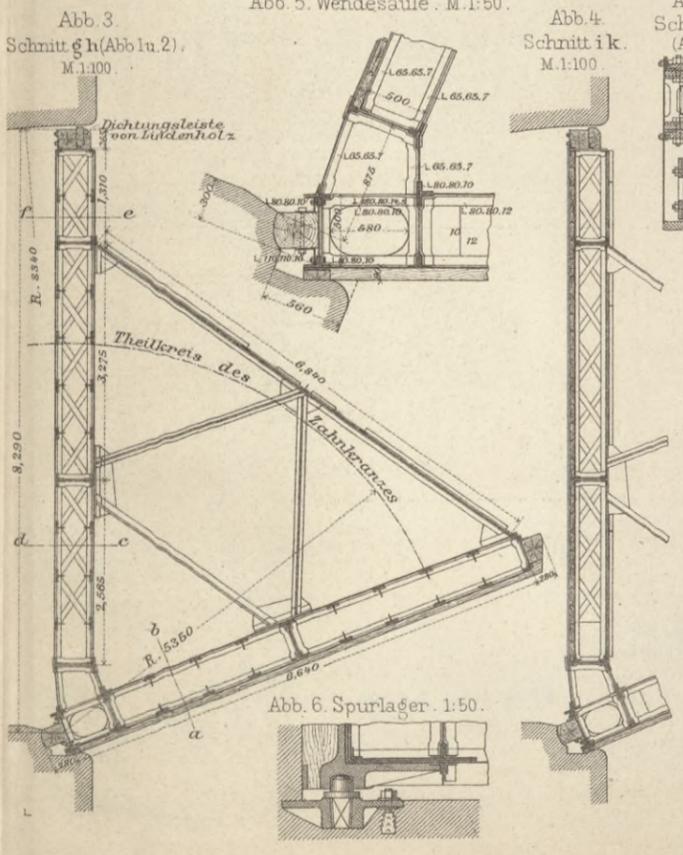
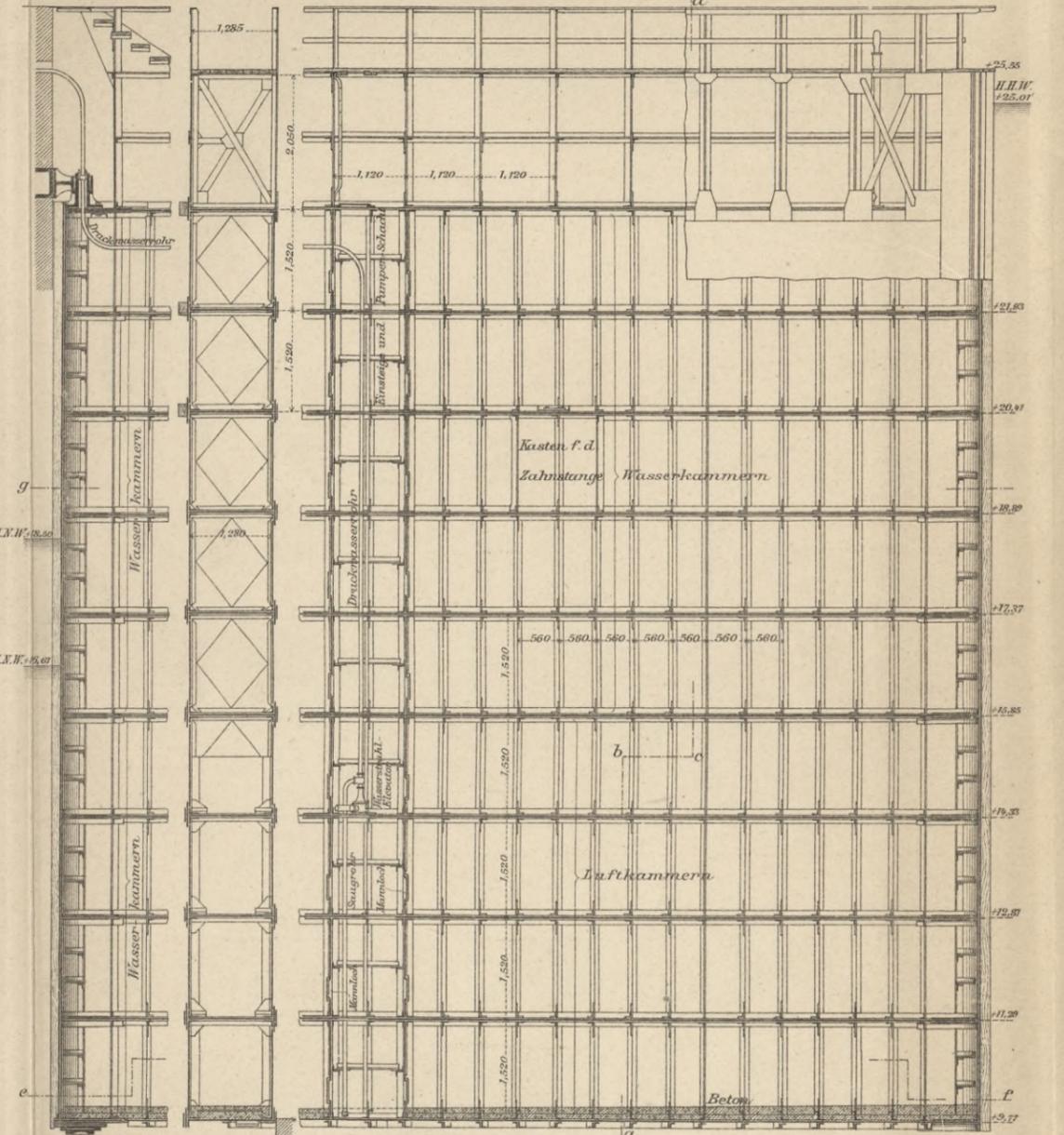
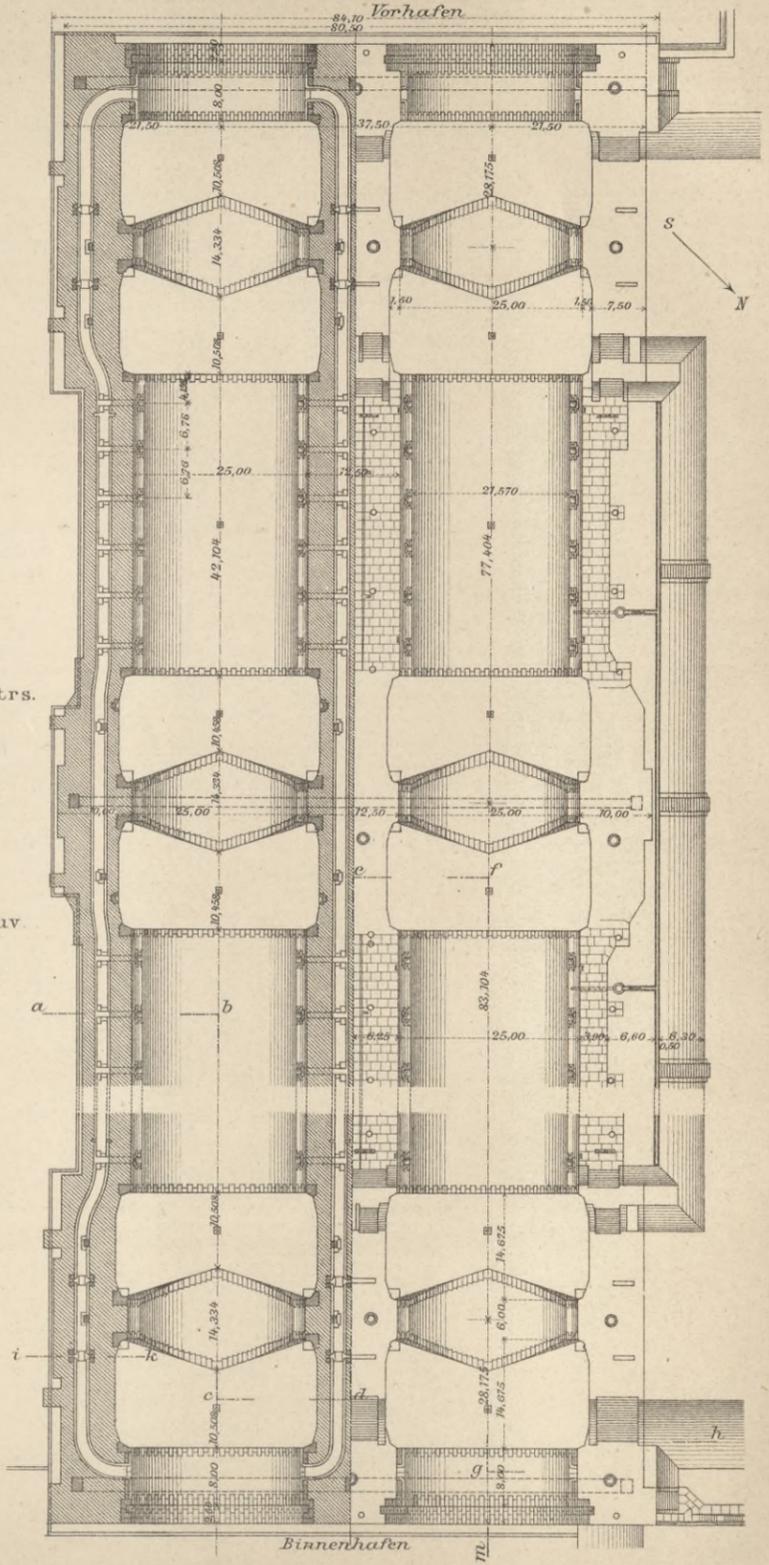
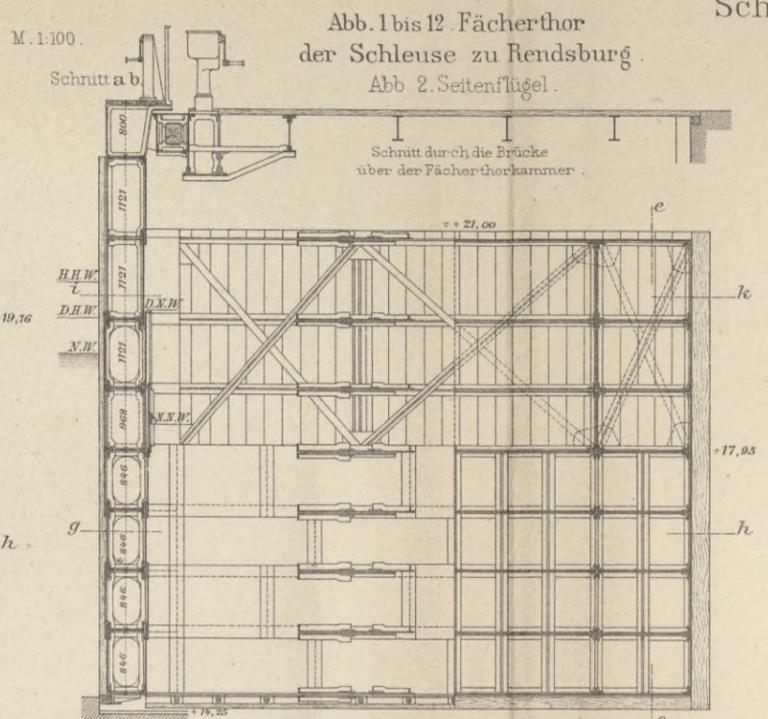
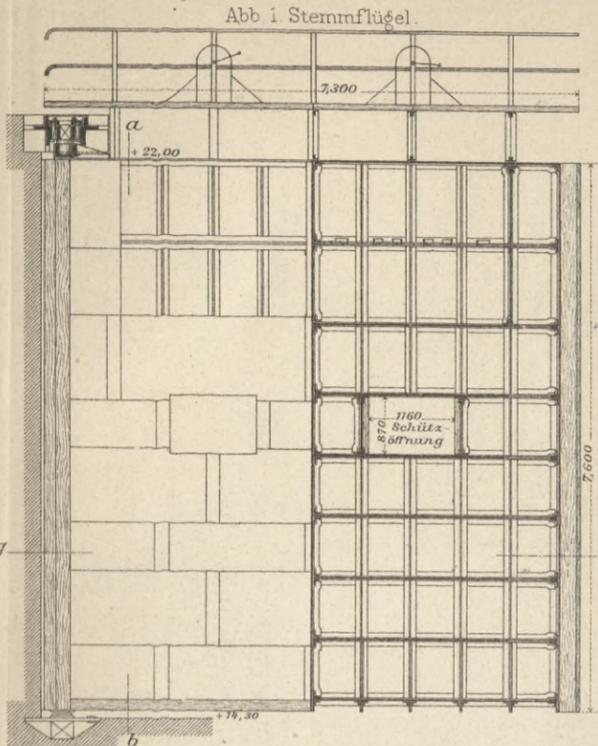
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schiffsschleusen.

## Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals

Abb. 13 bis 17. Schleusen zu Brunsbüttel.

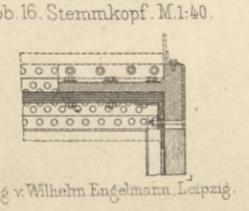
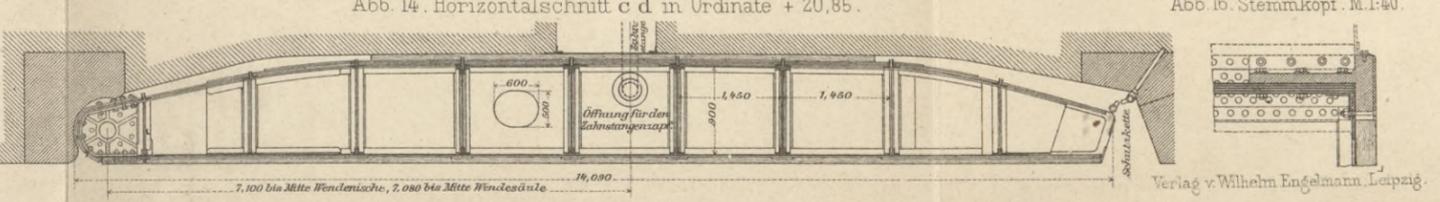
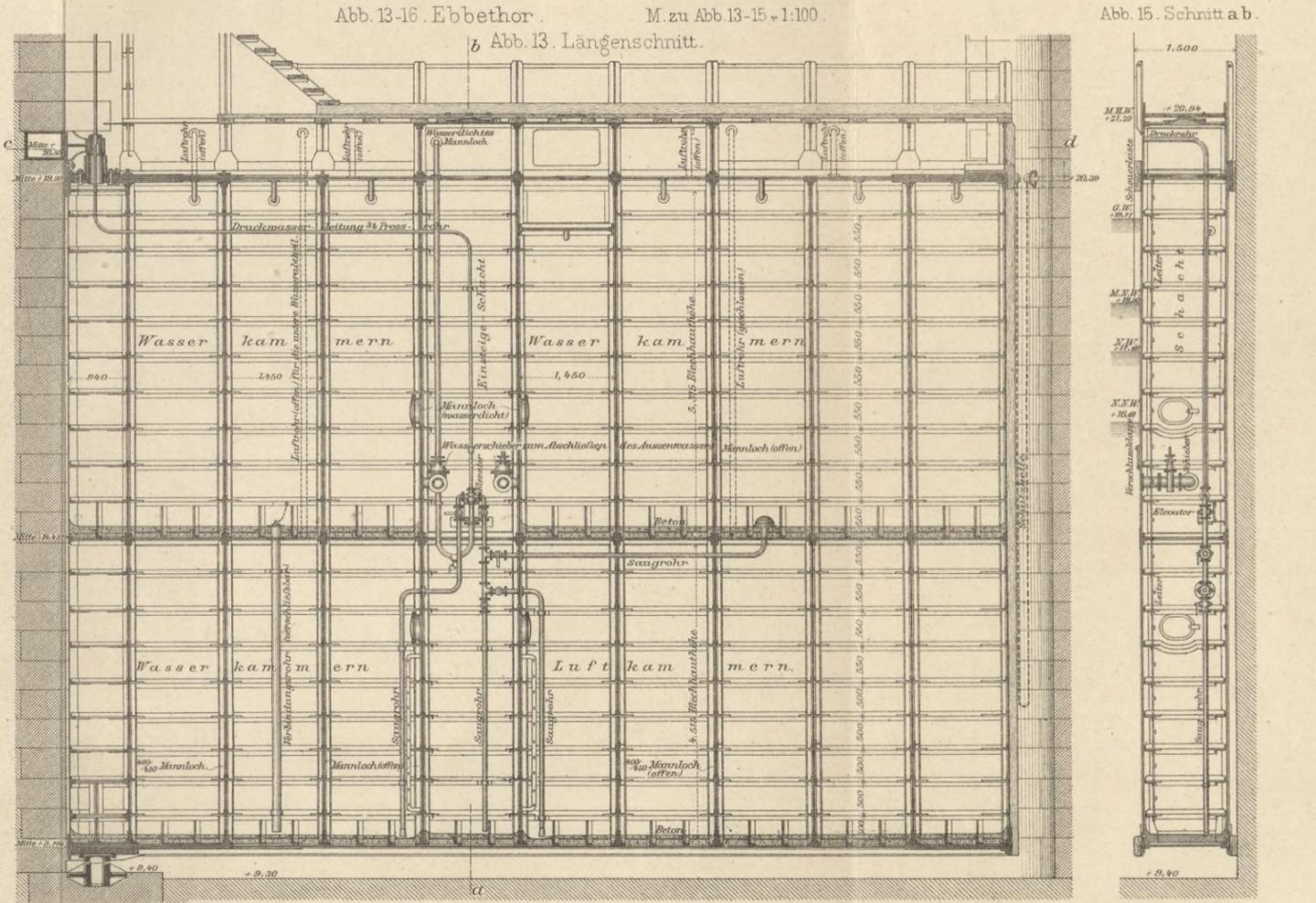
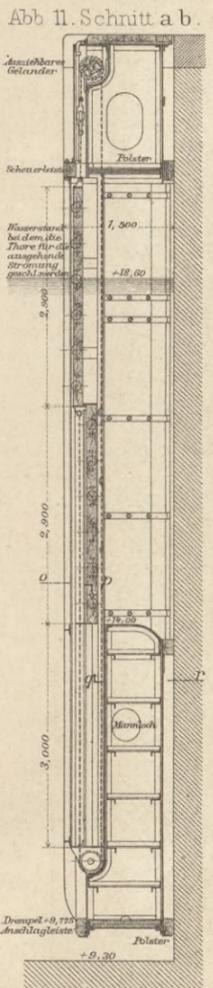
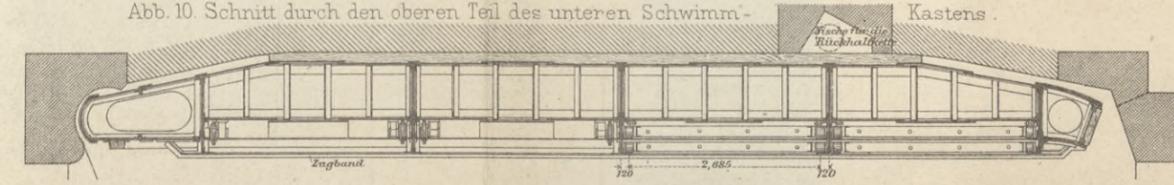
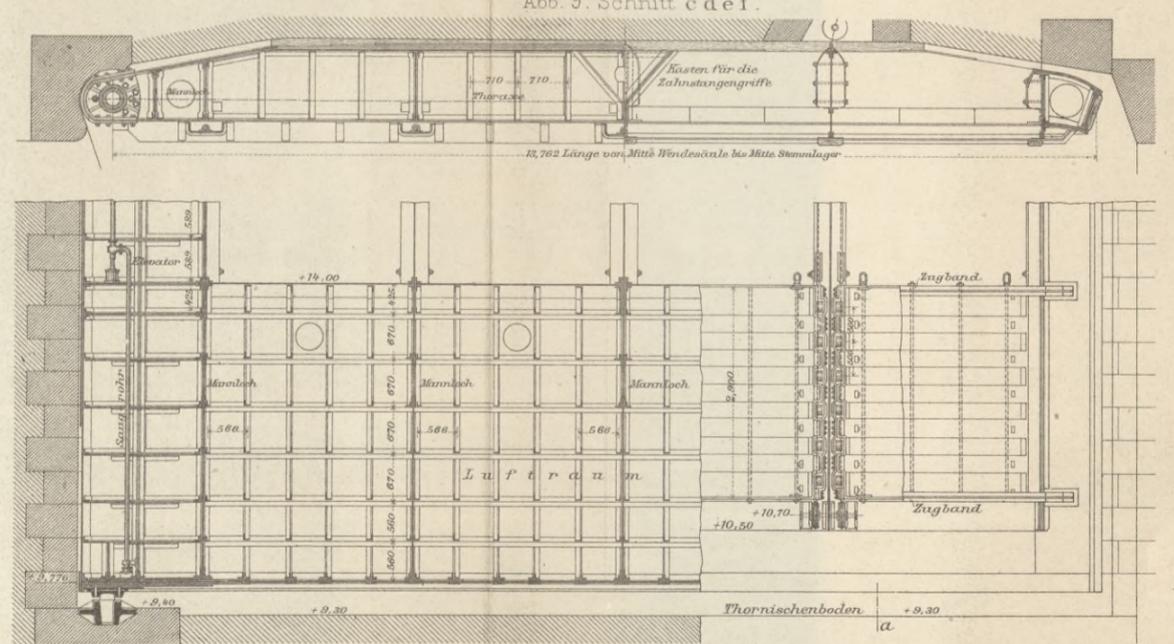
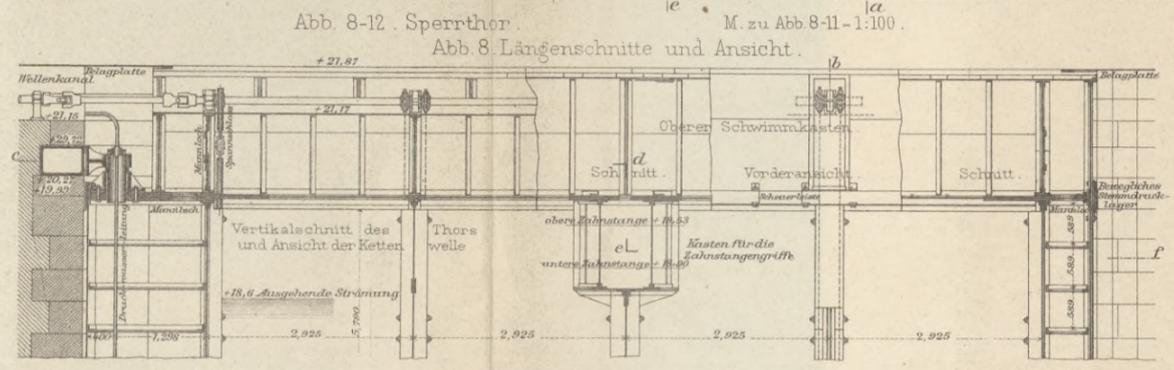
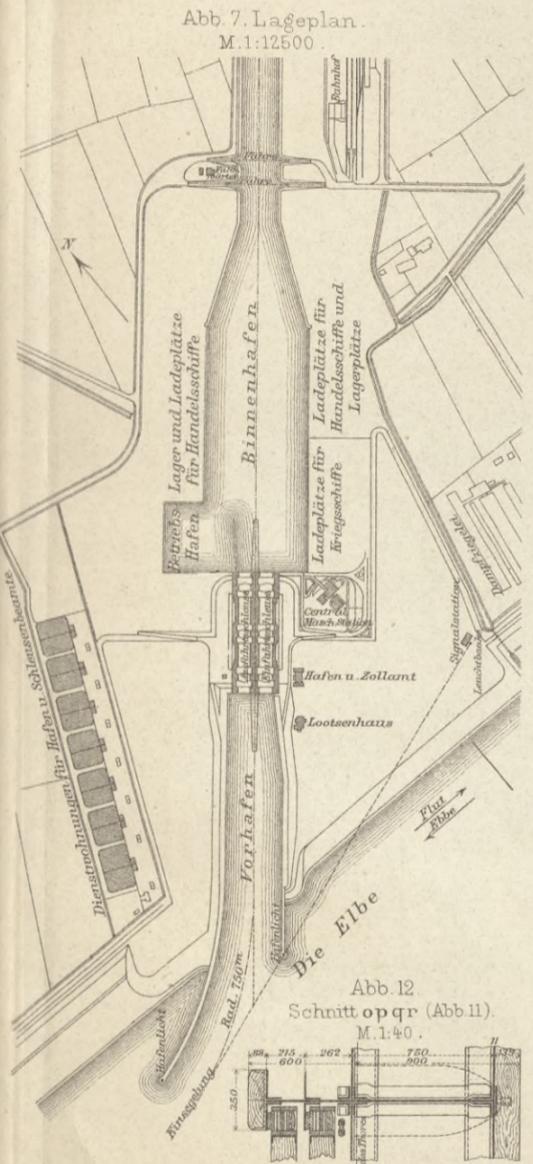
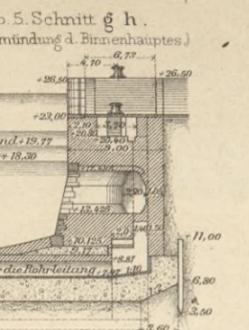
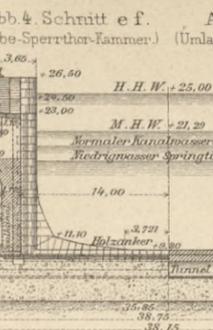
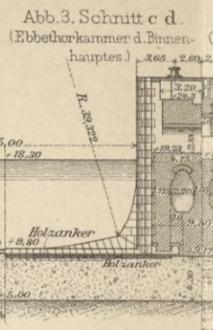
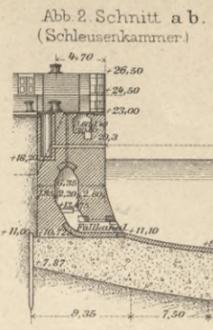
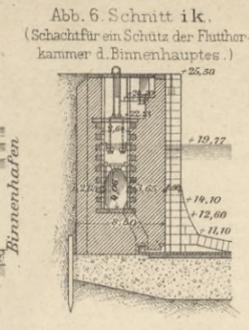
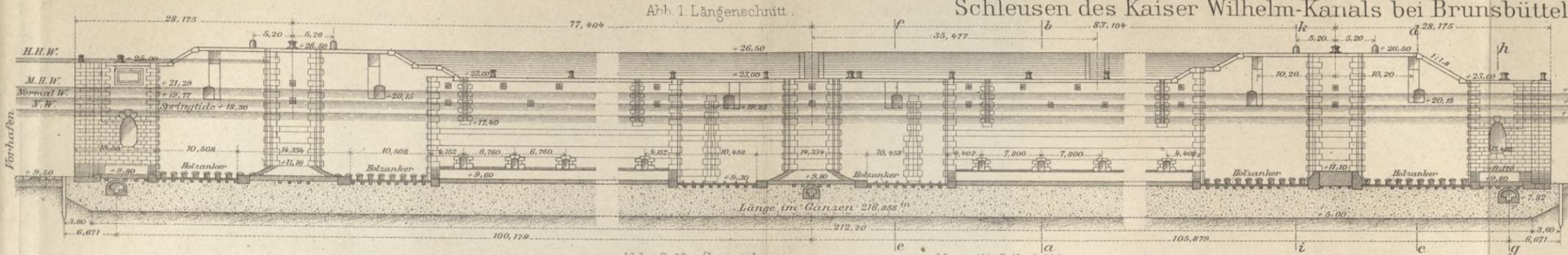
Abb. 14-17. Flutthor. M. 1:100.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schiffsschleusen.

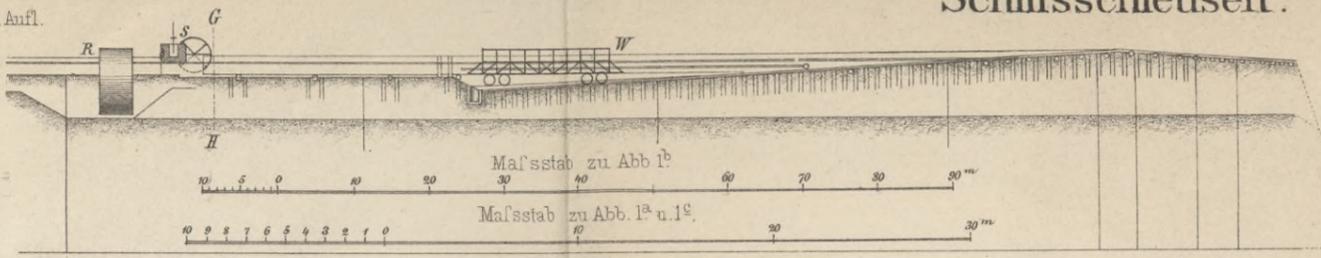
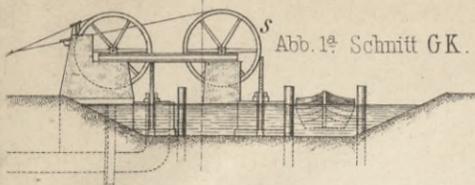
## Schleusen des Kaiser Wilhelm-Kanals bei Brunsbüttel



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



Geneigte Ebene des Elbing-Oberländischen Kanals.

Abb. 1c Längenprofil.

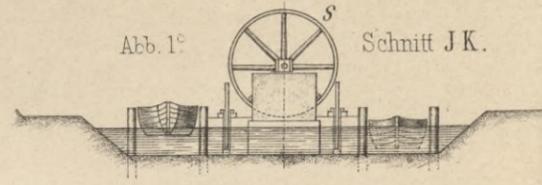
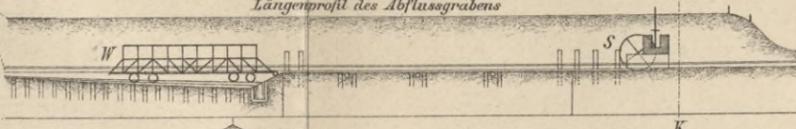


Abb. 2a Ansicht vom Unterwasser aus.

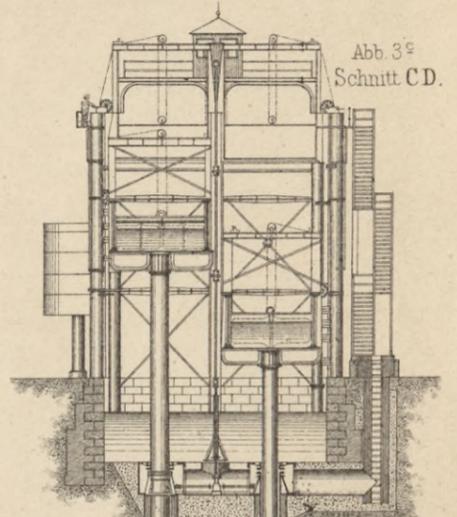
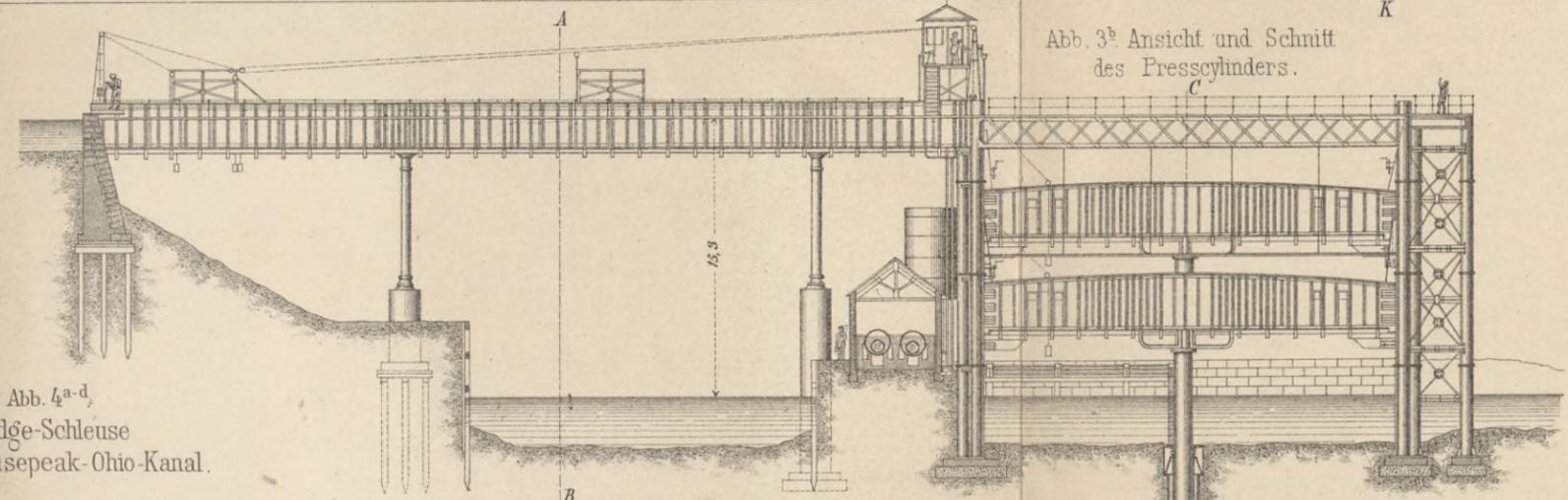
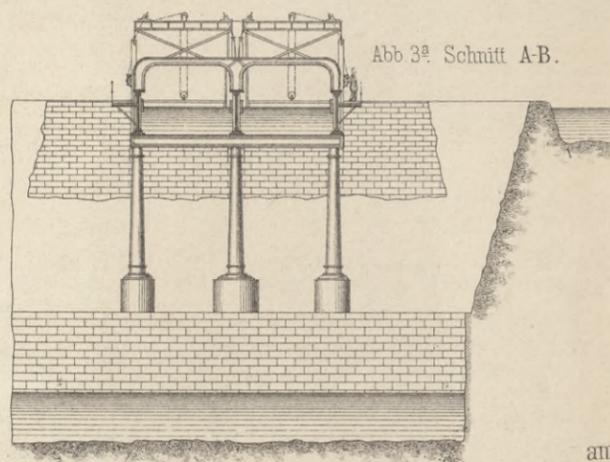
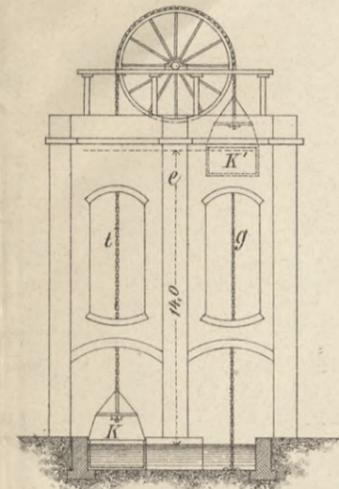


Abb. 3d Anschluss der Schleusenkammer an den Aquaduct.

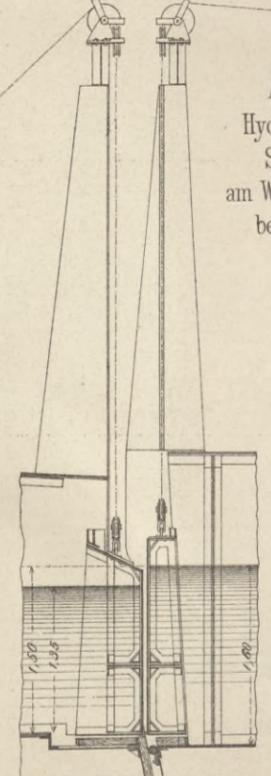


Abb. 3e Regulierungs-Heber.

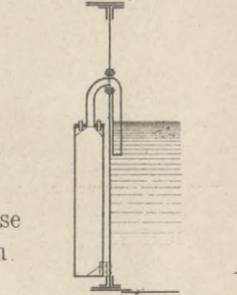


Abb. 3a-g. Hydraulische Schleuse am Weawerflusse bei Anderton.

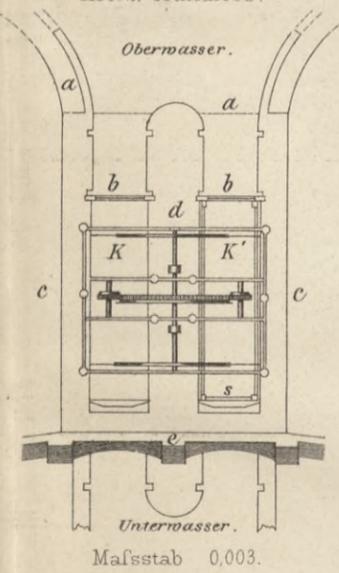


Abb. 2a u 2b. Schleuse mit beweglichen Kammern des Grand Western Kanals.

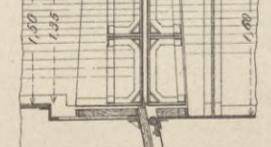


Abb. 4a-d. Dodge-Schleuse am Cheesepeak-Ohio-Kanal.

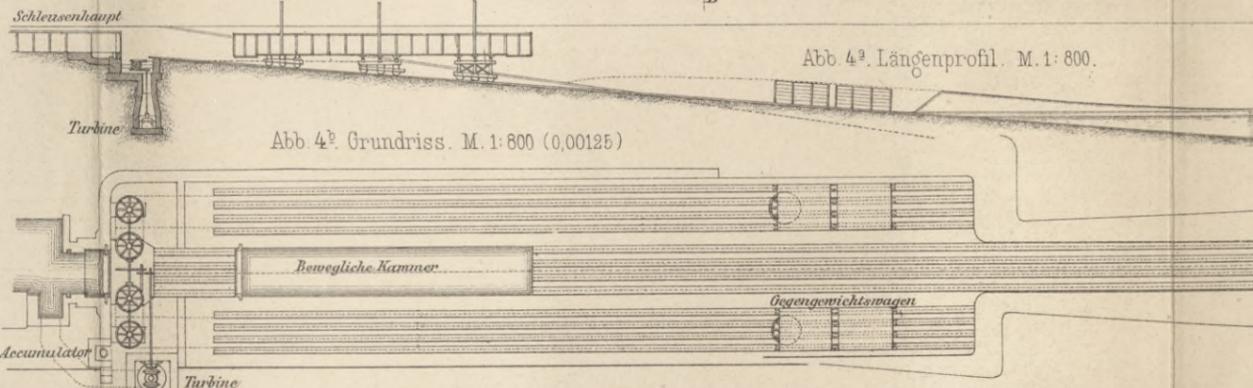


Abb. 4b Grundriss. M. 1:800 (0,00125)

Abb. 4c Längenprofil. M. 1:800.

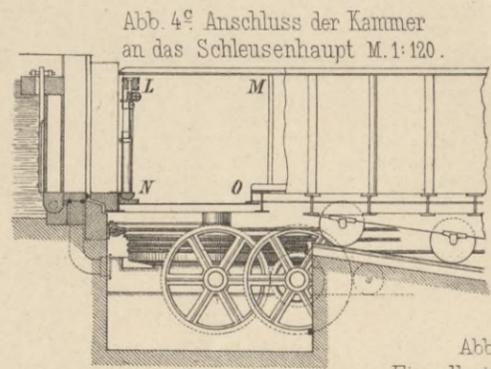


Abb. 4e Anschluss der Kammer an das Schleusenaupt M. 1:120.

Abb. 3f Führung der Schleusenkammern.

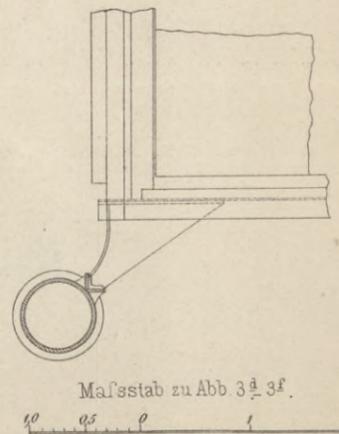
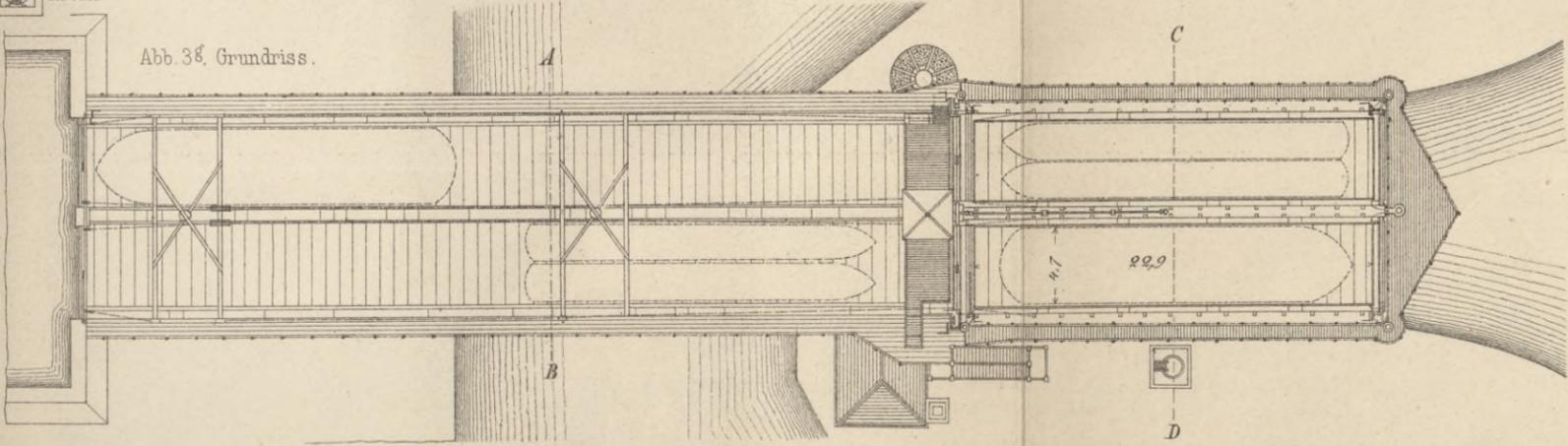


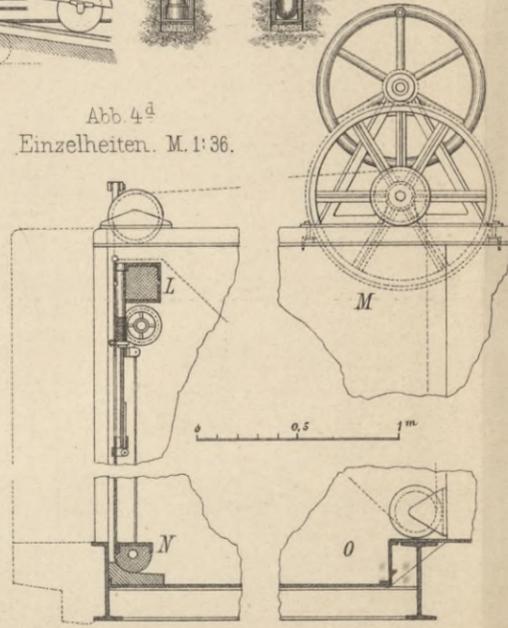
Abb. 3g Grundriss.



Maßstab zu Abb. 3a, b, c u. g. 0,0025.

Maßstab zu Abb. 3d, e u. f.

Abb. 4d Einzelheiten. M. 1:36.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

S. 61

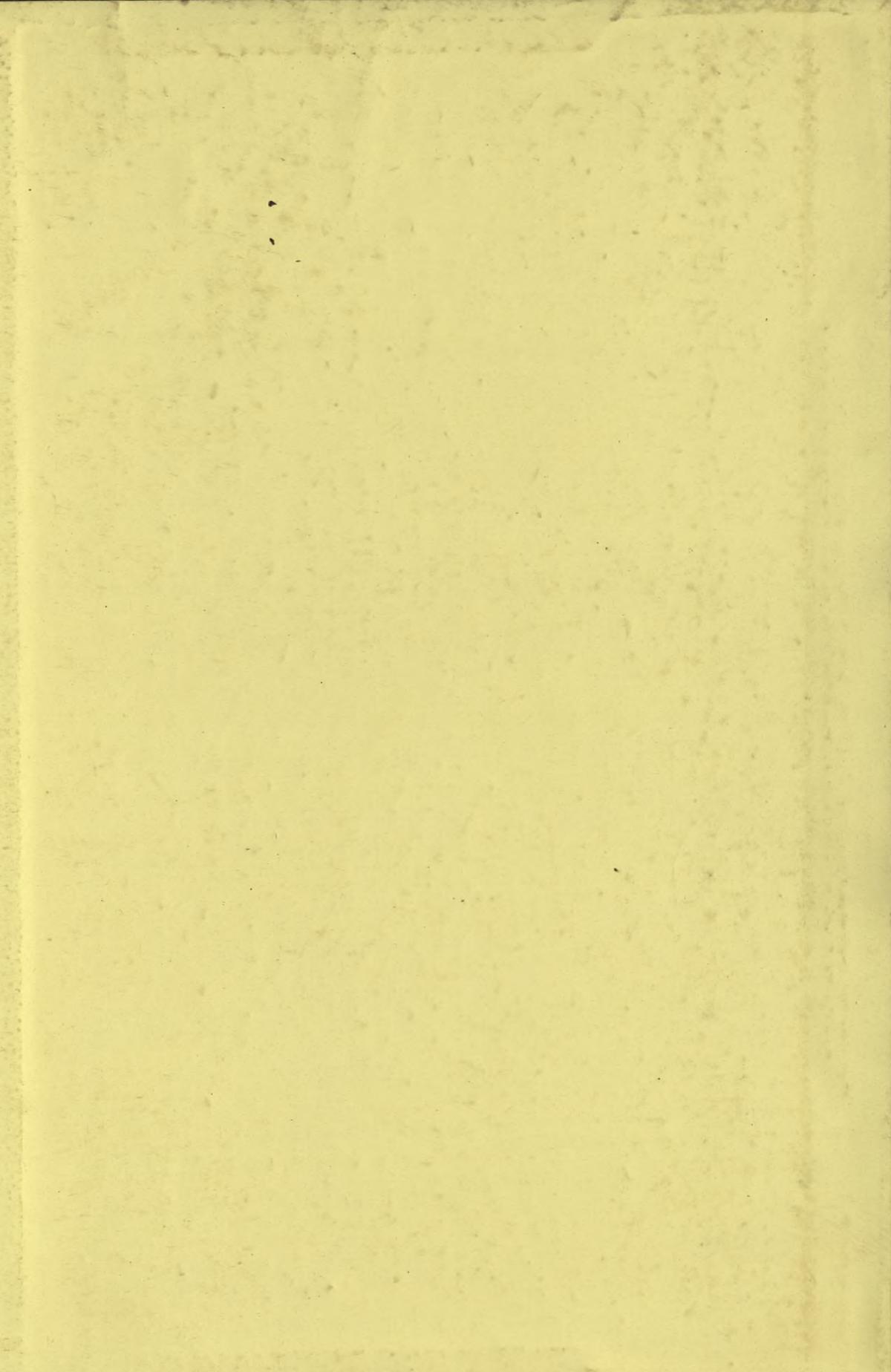
Wc

Washington aft.

29. 20.

100-

30r



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306623

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298661