

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAK

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



15220

L. inw.



11410

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298717











HANDBUCH  
DER  
INGENIEURWISSENSCHAFTEN.

---

**Dritter Band:**  
**Der Wasserbau.**

Zweite Abteilung. 2. Hälfte.

Herausgegeben

von

L. Franzius, H. Garbe und Ed. Sonne.

---

Dritte vermehrte Auflage.

---

Leipzig.

Verlag von Wilhelm Engelmann.

1895.

*Hydromet.*

DER  
WASSERBAU.

III. Band des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.

---

Zweite Abteilung.

2. Hälfte.

Schleusen. Schiffahrtskanäle.

In Verein mit

L. Brennecke und R. Rudloff

herausgegeben von

Oberbandirektor  
L. Franzius  
in Bremen,

Geh. Baurat und Professor  
H. Garbe  
in Berlin,

Geh. Baurat und Professor  
Ed. Sonne  
in Darmstadt.

---

Dritte vermehrte Auflage.

Mit 399 Textfiguren, Sachregister und 17 lithographierten Tafeln.

---

Leipzig.

Verlag von Wilhelm Engelmann.

1895.

W A S S E R B A U

III. Band des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften



111-306544

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

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

~~III 15820~~

Akc. Nr. ~~118~~ 149

1211-378/2017

# Handbuch des Wasserbaus.

---

## Übersicht des Inhalts der Abteilungen und Kapitel.

### Erste Abteilung.

Dritte Auflage.

#### 1. Hälfte.

#### Voruntersuchungen. Binnengewässer. Stauwerke.

- I. Kreislauf des Wassers, Grundwasser und Quellen.
- II. Binnengewässer.
- III. Stauwerke.
- Anhang. Durchflußweite der Brücken und Durchlässe.

#### 2. Hälfte.

#### Wasserversorgung und Entwässerung der Städte.

- IV. Wasserleitungen.
- V. Die Wasserversorgung der Städte.
- VI. Gewinnung, Reinigung und Aufspeicherung des Wassers.
- VII. Konstruktion der Rohrleitungen. Wasserwerksbetrieb.
- VIII. Die Entwässerung der Städte.

### Zweite Abteilung.

Dritte Auflage.

#### 1. Hälfte.

#### Landwirtschaftlicher Wasserbau. Binnenschifffahrt. Flußbau.

- IX. Meliorationen.
- X. Flößerei und Binnenschifffahrt. Schifffahrtsanlagen.
- XI. Flußbau.
- XII. Deiche.

*In den Übersichten, welche der ersten Abteilung beigegeben sind, wurde das Kapitel „Meliorationen“ als das letzte dieses Teils bezeichnet. Die nunmehr vorgenommene Änderung bezweckt, das infolge Ablebens des Herrn Professors J. Schlichting erschwerte Erscheinen dieses Teils soweit möglich zu beschleunigen.*

#### 2. Hälfte.

#### Schleusen. Schifffahrtskanäle.

- XIII. Deichschleusen.
- XIV. Schiffsschleusen.
- XV. Schifffahrtskanäle.

**Dritte Abteilung.**

Zweite Auflage.

*(Bei einer dritten Auflage kommen Seekanäle und Schiffsschleusen in Wegfall.)***Wasserbau am Meere und in Strommündungen.**

- XVI. Das Meer.
- XVII. Seeschifffahrt.
- XVIII. Die Einwirkungen des Meeres auf dessen Ufer. Seeuferbau.
- XIX. Stromkorrektur im Flutgebiete. Seekanäle.
- XX. Seehäfen.
- XXI. Die Schiffsschleusen, insbesondere ihre Konstruktion.
- XXII. Hafendämme, Ufermauern, Schiffsbauanstalten.
- XXIII. Schifffahrtszeichen.

# Inhalts-Verzeichnis.

Zweite Abteilung. 2. Hälfte.

## XIII. Kapitel.

### Deichschleusen (Siele).

Bearbeitet von H. Garbe, Geh. Baurat und Professor in Berlin.

(Hierzu Tafel I bis IV und 35 Textfiguren.)

	Seite
§ 1. Zweck der Deichschleusen. Benennungen. Geschichtliches . . . . .	1
§ 2. Einlaß- und Schifffahrts-Deichschleusen . . . . .	3
§ 3. Lage der Siele . . . . .	7
§ 4. Weite und Höhenlage der Siele . . . . .	11
§ 5. Berechnung der Sielweite . . . . .	15
§ 6. Konstruktion der Siele im allgemeinen . . . . .	21
§ 7. Verschlussvorrichtungen . . . . .	24
§ 8. Pumpsiele . . . . .	27
§ 9. Hölzerne Siele . . . . .	30
§ 10. Massive bedeckte Siele . . . . .	33
§ 11. Der Boden der massiven Siele . . . . .	36
§ 12. Offene Deichschleusen . . . . .	41
§ 13. Größere Sielanlagen . . . . .	42
§ 14. Thore und Schützen . . . . .	45
§ 15. Ausführung und Kosten . . . . .	50
Litteratur . . . . .	52

## XIV. Kapitel.

### Schiffsschleusen.

Bearbeitet von L. Brennecke, Marine-Hafen-Bauinspektor in Kiel.

(Hierzu Tafel V bis XIV und 295 Textfiguren.)

#### A. Allgemeines.

§ 1. Einleitung . . . . .	53
§ 2. Arten, Formen und Benennungen . . . . .	55
§ 3. Anwendung und Lage der verschiedenen Arten . . . . .	61
§ 4. Abmessungen. Weite, Tiefe, Kammerlänge und Höhe . . . . .	68

#### B. Die Schleusenkörper.

§ 5. Konstruktion des Schleusenkörpers im allgemeinen. Untergrund, Baustoffe. Bedeutung der Schleuse und Kostenvergleichung . . . . .	71
§ 6. Theorie der Schleusenkörper . . . . .	77

	Seite
§ 7. Füllen und Leeren der Kammern. Spülvorrichtungen. Umläufe, Grundläufe, Einleitung des Wassers . . . . .	101
§ 8. Gestaltung und Material der steinernen Böden . . . . .	110
§ 9. Hölzerne Böden . . . . .	117
§ 10. Steinernen Wände . . . . .	126
§ 11. Hölzerne Wände . . . . .	130
§ 12. Herstellungsweise der Schleusen . . . . .	133
§ 13. Besondere Konstruktionen von Böden und Wänden . . . . .	145
§ 14. Einfahrten nebst Zubehör. Flügel, Dammfalze. Treppen . . . . .	152
<b>C. Die Thore.</b>	
§ 15. Die Thore im allgemeinen, Arten derselben: Stemmthore, Fächerthore, einflügelige Drehthore, Klappthore, Schiebethore, Pontons . . . . .	160
§ 16. Theoretisches über Schleusenthore . . . . .	172
1. Stemmthore . . . . .	173
2. Einflügelige Drehthore. Klappthore. Schiebethore. Pontons . . . . .	185
§ 17. Die Entwicklung der Schleusenthore . . . . .	189
§ 18. Konstruktion der hölzernen Stemmthore . . . . .	197
§ 19. Konstruktion der eisernen Stemmthore . . . . .	207
§ 20. Zapfen, Pfannen und Verankerungen. Stemmlager. Rollen. Vorrichtungen zum Stützen der offenen Thore . . . . .	223
§ 21. Sonstige Thore: Doppelthore und Fächerthore. Einflügelige Drehthore und Drehpontons. Klappthore. Schiebe- und Schützenthore. Pontons . . . . .	236
<b>D. Bewegungs- und Verschlussvorrichtungen. Einrichtungen zur Wasserersparnis.</b>	
§ 22. Vorrichtungen zur Bewegung der Thore . . . . .	258
1. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Stemmthore . . . . .	259
2. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der einflügeligen Drehthore, Fächerthore, Schiebethore, Pontons . . . . .	277
§ 23. Konstruktion der Verschlussvorrichtungen . . . . .	286
1. Zugschützen . . . . .	286
2. Drehschützen . . . . .	294
3. Ventile . . . . .	300
§ 24. Besondere Einrichtungen zur Wasserersparnis und zur Erleichterung des Durchschleusens . . . . .	305
<b>E. Vorrichtungen für große Gefälle. Nebenanlagen. Betrieb und Unterhaltung.</b>	
§ 25. Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle. Schachtschleuse, geneigte Ebenen und Schiffeisenbahnen, senkrechte Schiffshebwerke . . . . .	312
1. Schachtschleusen . . . . .	312
2. Geneigte Ebenen. Rollbrücken. Schiffseisenbahnen . . . . .	315
3. Senkrechte Schiffshebwerke . . . . .	325
4. Vergleichung der Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle . . . . .	336
Tabelle zu S. 337: Zusammenstellung einiger wichtigen Daten und Berechnung der Wertziffern aus Herstellungs-, Unterhaltungs- und Erneuerungskosten von Schiffshebwerken.	
§ 26. Nebenanlagen: Signale, Erleuchtung, Brücken, Bachunterführungen, Schleusenwärterwohnungen . . . . .	339
§ 27. Betrieb und Unterhaltung . . . . .	342
Litteratur . . . . .	344

## XV. Kapitel.

**Schiffahrtskanäle.**

Bearbeitet von Ed. Sonne, Geh. Baurat, Professor an der technischen Hochschule in Darmstadt, und  
E. Rudloff, Hafenbau-Inspektor in Bremerhaven.

(Hierzu Tafel XV bis XVII und 69 Textfiguren.)

§ 1. Arten . . . . .	347
----------------------	-----

**A. Seekanäle.**

Von Rudolf Rudloff.

	Seite
§ 2. Arten und allgemeine Anordnung . . . . .	350
§ 3. Seekanäle mit mehreren Haltungen . . . . .	353
§ 4. Seekanäle mit einer Haltung . . . . .	358
§ 5. Seekanäle ohne Schleusen . . . . .	362
§ 6. Der Panama-Kanal . . . . .	366

**B. Kanäle für die Binnenschifffahrt.**

(Binnenkanäle.)

Von Ed. Sonne.

§ 7. Geschichte . . . . .	369
§ 8. Voruntersuchungen . . . . .	373
§ 9. Generelle Tracierung . . . . .	378
§ 10. Spezielle Tracierung . . . . .	385
§ 11. Querprofile . . . . .	387
§ 12. Erdarbeiten. Dichtung des Kanalbetts . . . . .	391
§ 13. Uferbefestigung . . . . .	395
§ 14. Brücken. Düker. Tunnel . . . . .	404
§ 15. Schleusen und ihre Umgebung. Hochbauten . . . . .	407
§ 16. Wasserverbrauch und Wasserverluste . . . . .	410
§ 17. Anlagen zur Speisung der Kanäle . . . . .	416
1. Entnahme des Wassers . . . . .	417
2. Speisegräben und Speiseschleusen . . . . .	420
§ 18. Entlastungsanlagen. Sicherheitsthore . . . . .	424
§ 19. Kanalhäfen. Mündungen . . . . .	428
§ 20. Kanal-Erweiterungen . . . . .	430
§ 21. Betriebstechnik . . . . .	431
§ 22. Bau- und Unterhaltungskosten . . . . .	434
Litteratur . . . . .	436

Sachregister . . . . .	441
------------------------	-----

Atlas (17 Tafeln) nebst Inhaltsverzeichnis.

A. Besondere  
Vorbericht

1	Der Tamm-Kanal	1
2	Sachsen ohne Sachsen	2
3	Sachsen mit sächsischen Halbsachsen	3
4	Sachsen mit sächsischen Halbsachsen	4
5	Arten und sächsischen Halbsachsen	5

B. Kapitel für die Binnenschifffahrt

6	1. Einleitung	6
7	2. Die Binnenschifffahrt	7
8	3. Die Binnenschifffahrt	8
9	4. Die Binnenschifffahrt	9
10	5. Die Binnenschifffahrt	10
11	6. Die Binnenschifffahrt	11
12	7. Die Binnenschifffahrt	12
13	8. Die Binnenschifffahrt	13
14	9. Die Binnenschifffahrt	14
15	10. Die Binnenschifffahrt	15
16	11. Die Binnenschifffahrt	16
17	12. Die Binnenschifffahrt	17
18	13. Die Binnenschifffahrt	18
19	14. Die Binnenschifffahrt	19
20	15. Die Binnenschifffahrt	20
21	16. Die Binnenschifffahrt	21
22	17. Die Binnenschifffahrt	22
23	18. Die Binnenschifffahrt	23
24	19. Die Binnenschifffahrt	24
25	20. Die Binnenschifffahrt	25
26	21. Die Binnenschifffahrt	26
27	22. Die Binnenschifffahrt	27
28	23. Die Binnenschifffahrt	28
29	24. Die Binnenschifffahrt	29
30	25. Die Binnenschifffahrt	30
31	26. Die Binnenschifffahrt	31
32	27. Die Binnenschifffahrt	32
33	28. Die Binnenschifffahrt	33
34	29. Die Binnenschifffahrt	34
35	30. Die Binnenschifffahrt	35
36	31. Die Binnenschifffahrt	36
37	32. Die Binnenschifffahrt	37
38	33. Die Binnenschifffahrt	38
39	34. Die Binnenschifffahrt	39
40	35. Die Binnenschifffahrt	40
41	36. Die Binnenschifffahrt	41
42	37. Die Binnenschifffahrt	42
43	38. Die Binnenschifffahrt	43
44	39. Die Binnenschifffahrt	44
45	40. Die Binnenschifffahrt	45
46	41. Die Binnenschifffahrt	46
47	42. Die Binnenschifffahrt	47
48	43. Die Binnenschifffahrt	48
49	44. Die Binnenschifffahrt	49
50	45. Die Binnenschifffahrt	50
51	46. Die Binnenschifffahrt	51
52	47. Die Binnenschifffahrt	52
53	48. Die Binnenschifffahrt	53
54	49. Die Binnenschifffahrt	54
55	50. Die Binnenschifffahrt	55
56	51. Die Binnenschifffahrt	56
57	52. Die Binnenschifffahrt	57
58	53. Die Binnenschifffahrt	58
59	54. Die Binnenschifffahrt	59
60	55. Die Binnenschifffahrt	60
61	56. Die Binnenschifffahrt	61
62	57. Die Binnenschifffahrt	62
63	58. Die Binnenschifffahrt	63
64	59. Die Binnenschifffahrt	64
65	60. Die Binnenschifffahrt	65
66	61. Die Binnenschifffahrt	66
67	62. Die Binnenschifffahrt	67
68	63. Die Binnenschifffahrt	68
69	64. Die Binnenschifffahrt	69
70	65. Die Binnenschifffahrt	70
71	66. Die Binnenschifffahrt	71
72	67. Die Binnenschifffahrt	72
73	68. Die Binnenschifffahrt	73
74	69. Die Binnenschifffahrt	74
75	70. Die Binnenschifffahrt	75
76	71. Die Binnenschifffahrt	76
77	72. Die Binnenschifffahrt	77
78	73. Die Binnenschifffahrt	78
79	74. Die Binnenschifffahrt	79
80	75. Die Binnenschifffahrt	80
81	76. Die Binnenschifffahrt	81
82	77. Die Binnenschifffahrt	82
83	78. Die Binnenschifffahrt	83
84	79. Die Binnenschifffahrt	84
85	80. Die Binnenschifffahrt	85
86	81. Die Binnenschifffahrt	86
87	82. Die Binnenschifffahrt	87
88	83. Die Binnenschifffahrt	88
89	84. Die Binnenschifffahrt	89
90	85. Die Binnenschifffahrt	90
91	86. Die Binnenschifffahrt	91
92	87. Die Binnenschifffahrt	92
93	88. Die Binnenschifffahrt	93
94	89. Die Binnenschifffahrt	94
95	90. Die Binnenschifffahrt	95
96	91. Die Binnenschifffahrt	96
97	92. Die Binnenschifffahrt	97
98	93. Die Binnenschifffahrt	98
99	94. Die Binnenschifffahrt	99
100	95. Die Binnenschifffahrt	100

Verzeichnis der Binnenschifffahrt  
Zur Zeit (1875) der Binnenschifffahrt

### XIII. Kapitel.

## Deichschleusen (Siele).

Bearbeitet von

**H. Garbe,**

Geheimer Baurat und Professor in Berlin.

(Hierzu Tafel I bis IV und 35 Textfiguren.)

**§ 1. Zweck der Deichschleusen. Benennungen. Geschichtliches.** Die gewöhnlichen Deichschleusen sind Entwässerungsschleusen, welche den Wasserzügen (kleineren Flüssen oder Entwässerungskanälen) der bedeichten Niederung freien Abfluß durch den Deichkörper bei niedrigerem Aufsenwasser gewähren, dagegen das höhere Aufsenwasser mittels beweglicher, an dem äußeren Ende der Schleuse angeordneter Thore oder Schützen zurückhalten oder „kehren“. An ihrer Binnenseite sind sie in der Regel mit Schützen u. s. w. versehen, um in trockener Jahreszeit die Entwässerung unterbrechen, also das Binnenwasser anstauen zu können. Sofern Dünen an Stelle der Deiche vorhanden sind, werden die Entwässerungsschleusen in seltenen Fällen auch in Dünen<sup>1)</sup> erbaut.

Die Deichschleusen bilden einen Teil der Entwässerungseinrichtungen eines Abwässerungsverbandes (Sielverbandes, Sielacht) und werden daher von den Besitzern der beteiligten Grundstücke erbaut und unterhalten, sowie einer regelmäßigen Schauung auf Grund der Genossenschafts-Statuten oder der Deich- und Sielordnung unterworfen. Sie dürfen die Sicherheit des Deiches zu keiner Zeit gefährden, weshalb auch Veränderungen an den Anlagen, Abdämmungen u. s. w. nur mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde auszuführen sind.

Die Deichschleusen kommen sowohl in Flufsdeichen als in Seedeichen vor. Die Wirksamkeit der ersteren ist insofern wesentlich verschieden von derjenigen der Entwässerungsschleusen in den Seedeichen, als sie längere Zeit, mitunter monatelang, während der lange andauernden hohen Oberwasserstände geschlossen bleiben, um dann wieder monatelang während der niedrigen und mittleren Wasserstände des Flusses geöffnet zu sein. Bei den Abwässerungsschleusen der Seedeiche findet dagegen durch die Flut und Ebbe zweimal täglich in Zwischenräumen von etwa 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Stunden (einer „Tide“) ein Ansteigen und Fallen des Aufsenwassers und dadurch ein Schließen und Öffnen der

<sup>1)</sup> Die Katwyker Schleusen in der Provinz Holland bieten ein hervorragendes Beispiel dieser Art; vergl. § 13 und T. II, F. 1—6. Auch die auf T. IV, F. 1—4 dargestellte Abwässerungsschleuse befindet sich in den Dünen der holländischen Provinz Seeland, unweit Wielingen.

selben statt. Nur ausnahmsweise, falls nämlich das Abfließen der Ebbe durch Stürme erheblich beeinträchtigt wird, bleiben auch die Seedeichschleusen während mehrerer Tiden zum Nachteile der entwässernden Grundstücke geschlossen.

Im Flutgebiete der Nordsee werden die Deichschleusen gewöhnlich Siele genannt; namentlich bezeichnet man die bedeckten Deichschleusen mit diesem aus dem Holländischen stammenden Namen.<sup>2)</sup> Man gebraucht denselben aber auch, wie in nachstehendem nicht selten geschehen ist, für die anderen Deichschleusen. Ferner heißt der Hauptentwässerungskanal, in welchen die übrigen Wasserzüge einmünden und welcher oft auch das von der Geest kommende fremde Wasser aufnimmt, das Binnensieltief, Binnentief, Binnenfleet oder die Wettern, sowie die Verlängerung desselben zwischen dem Siele und dem Recipienten (dem Flusse oder Meere) das Aufsensieltief, Aufsentief oder Aufsensfleet. Bei größeren Abwässerungsverbänden münden in das Hauptbinnentief die Nebentiefe; die kleineren Abwässerungszüge oder Gräben werden auch Zuggräben oder Zugschlöße genannt.

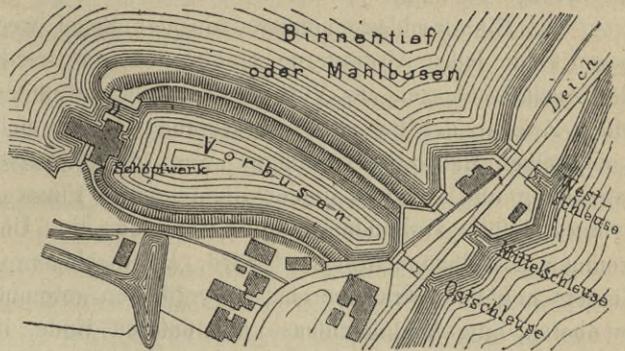
Deichschleusen kommen nicht allein in den Hauptdeichen, sondern auch in den Sommerdeichen vor, in denen sie jedoch einfacher und leichter erbaut werden können. Ferner finden sie sich in den Binnendeichen, Schutzdeichen, Verwallungen und Kaje-deichen, welche zuweilen das Abwässerungsgebiet der Marsch vor dem fremden Wasser der hinterliegenden Moor- oder Geestländereien schützen, oder welche die niedrigen Teile von den höher gelegenen Teilen der Niederung trennen. Im ersteren Falle darf das von den weniger wertvollen Moor- und Geestgrundstücken kommende Wasser nur so lange den Entwässerungszügen der Marsch zufließen, als diese unter jenem fremden Wasser nicht leidet; hat der Wasserstand in der Marsch eine bestimmte, auf Recht oder Vereinbarung beruhende Höhe erreicht, so wird die Schleuse geschlossen. Der letztere Fall kommt vorwiegend in den Seemarschen vor; die Tiefe und Zuggräben der niedriger gelegenen Teile der Marsch münden nicht frei, sondern mittels kleiner, durch Thore oder Klappen selbstthätig verschlossener Siele (in den Elbmarschen „Schüttels“ genannt) in die größeren Wasserzüge ein, um die höheren Wasserstände der letzteren von den niedrigen Grundstücken in ähnlicher Weise zurückzuhalten, wie das Hauptsiel das höhere Aufsen- von dem niedrigeren Binnenwasser kehrt.

Bei sehr tiefer Lage der eingedeichten Niederung kann zuweilen die natürliche Entwässerung überhaupt nicht oder nur während eines so kurzen Zeitraums erfolgen, daß sich die Erbauung besonderer kostspieliger Siele nicht lohnt und es vorteilhafter erscheint, die Schöpfmaschinen auch während des niedrigeren Aufsenwassers im Betriebe zu erhalten. Letzteres kommt jedoch verhältnismäßig selten vor; in der Regel werden auch bei der künstlichen Entwässerung mittels Schöpfmaschinen Siele neben den letzteren erbaut, sofern die natürliche Abwässerung während einiger Zeit in jedem Jahre noch möglich ist. Bildet die künstlich zu entwässernde Fläche einen Teil des Abwässerungsgebiets, von dessen fremdem Wasser sie durch einen Ringdeich getrennt ist, so liegen Schöpfmaschinen und Siele unmittelbar nebeneinander in diesem Ringdeiche. Wird die ganze Niederung künstlich entwässert, so liegen sie in dem Deiche, welcher die Fläche vor den höheren Wasserständen des Recipienten schützt; besitzt letzterer dagegen einen erheblichen Flutwechsel, ist mithin ein Vorbusen angelegt, auf welchen die Schöpfmaschine das Wasser hebt, so ist nicht allein zwischen Vorbusen und Recipienten un-

<sup>2)</sup> In einigen Marschen, z. B. an der ostfriesischen Küste, sagt man der Siel, üblicher ist jedoch das Siel.

bedingt ein Siel erforderlich, sondern es ist, damit letzteres in günstiger Jahreszeit ohne die Thätigkeit der Schöpfmaschine zum Zuge gelange, auch ein Siel zwischen Binnentief (Mahlbusen) und Vorbusen hinzuzufügen. Ein Beispiel giebt Fig. 1, welche die Schöpfanlage bei Halfweg, zwischen dem Umfangskanal des Haarlemer Meeres und dem Y darstellt; zwei Siel (die Westschleuse und die Mittelschleuse) befinden sich im Aufsendeiche zwischen Mahlbusen und Recipienten, zwei Siel zwischen Vorbusen und Recipienten beziehungsweise Mahlbusen.

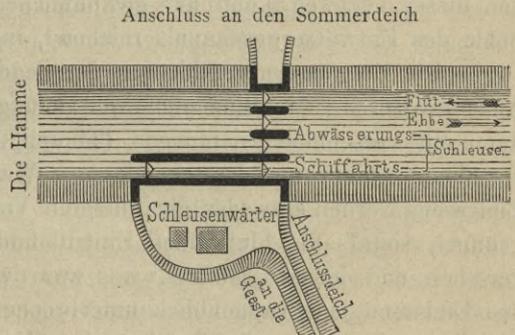
Fig. 1. Schöpfanlage bei Halfweg.



Ausnahmsweise kommt es auch vor, daß nur den höheren Sommerfluten, welche die Ernte vernichten würden, der Eintritt in einen Wasserlauf mittels Schleusen gewehrt wird, während die Winterfluten behufs der Überschlickung der Grundstücke Einlaß finden.

Ein Beispiel dieser Art bietet die in der Hamme, einem schiffbaren Nebenflusse der Weser, ausgeführte Schleusenanlage, Fig. 2.<sup>3)</sup> Dieselbe besteht aus drei offenen Schleusen von je 7,3 m Lichtweite, getrennt durch 3,5 m starke, sich über das höchste Wasser erhebende Mittelpfeiler, s. F. 12, T. II; die Stemmthore öffnen sich nach außen und halten in der Zeit vom 1. April bis 20. Oktober alle höheren, für die Entwässerung der oberhalb gelegenen Niederung nachteiligen Fluten zurück, während in der übrigen Zeit die Fluten frei einzudringen vermögen. Der Schiffahrtsbetrieb wird durch eine Kammerschleuse vermittelt, falls die Thore der Stauschleuse während der Sommerzeit bei höheren Fluten geschlossen sind. An das Bauwerk schliessen sich zu beiden Seiten Deiche bis zum Sommerdeiche am linken Ufer bezw. bis zur rechtsseitigen Geest, so daß die Schleusenanlage gewissermaßen in einem über den Fluß fortgeführten Sommerdeiche liegt.

Fig. 2. Schleusenanlage in der Hamme.



Die Siel sind als notwendiges Zubehör der Deiche ebenso alt wie diese. An der norddeutschen Küste soll das älteste Siel an der Jade bei Briddewarden<sup>4)</sup> schon im Jahre 970 erbaut und 1218 fortgerissen sein, doch werden die meisten älteren Bauwerke dieser Art an der deutschen und holländischen Nordseeküste im 12. und 13. Jahrhundert errichtet sein; bei der Erneuerung ist behufs der Wiederbenutzung der Sieltiefe gewöhnlich das neue neben dem alten Siel hergestellt.

**§ 2. Einlaß- und Schiffahrts-Deichschleusen.** Einlaß- oder Bewässerungsschleusen kommen oberhalb der Flutgrenze in den Hauptdeichen der Flüsse, abgesehen von den Kolmationsschleusen der Gebirgsflüsse, nur selten vor, doch erscheint ihre Anlage für die Überschlickung und Anfeuchtung, sowie für die Erhöhung der zu niedrigen Grundstücke in vielen Flußmarschen dringend erwünscht, vergl. Kap. XI. Von den

<sup>3)</sup> Mitteilung von H. Tolle in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878.

<sup>4)</sup> Frese. Ostfriesland und Harlinger Land. Aurich 1796.

Entwässerungsschleusen der Flusdeiche unterscheiden sie sich namentlich durch die äußere Verschlussvorrichtung, welche stets aus Schützen besteht, weil diese die Möglichkeit gewähren, das Einlassen des Wassers beliebig regeln, namentlich auch jederzeit unterbrechen zu können.<sup>5)</sup>

Die Einlafsschleusen müssen in der Regel wegen des Gefälles der Marsch am oberen Ende jedes Abwässerungsgebietes erbaut werden, während die Entwässerungs- oder Auslafsschleusen aus Vorflutrücksichten am unteren Ende derselben liegen. Die beiden Zwecke der Be- und Entwässerung lassen sich deshalb nur dann zweckmäßig in demselben Bauwerke vereinigen, wenn das Abwässerungsgebiet eine geringe Längenerstreckung und Neigung in der Richtung des Flusses besitzt oder in diesem nur ein geringes Gefälle vorhanden ist und wenn nur eine Überstauung, nicht aber eine Überströmung desselben beabsichtigt wird. Da die letztere aber wegen der Erneuerung des Wassers ungleich wirksamer ist, so verdienen getrennte Bauwerke, eine Einlafsschleuse am oberen, eine Auslafsschleuse am unteren Ende, im allgemeinen den Vorzug. Zuweilen übt auch die Beschaffenheit des Wassers, der Gehalt an wertvollen Sinkstoffen, einen Einfluß auf die Lage der Bewässerungsschleusen aus. Bei Sommerdeichen finden sich die Einlafsschleusen häufiger, um auch solchen Winterwasserständen, welche die Krone des Sommerdeiches nicht erreichen, Einlaß zu gewähren. Auch sie werden zweckmäßig am oberen Ende und zwar ähnlich den Deichdurchfahrten, also in der Sohle nur bis zum Terrain reichend, eingerichtet, während am unteren Ende eine ebenso konstruierte Auslafsschleuse einer größeren Wassermasse den Auslaß gewährt; unabhängig von dieser letzteren kann das gewöhnliche Entwässerungssiel, als „Grundsiel“ bis zur Sohle des Entwässerungskanals reichend, in geringerer Weite erbaut werden.

Die Entwässerungsschleusen der Seedeiche werden dagegen zum Einlassen von Aufsenwasser in das Binnentief weit häufiger als Flusdeich-Siele benutzt und müssen dann mit Verschlussvorrichtungen (Thoren, Klappen oder Schützen) an der Binnenseite versehen werden, um das eingelassene Wasser zurückhalten zu können. Behufs des Einlassens werden entweder die äußeren Verschlussvorrichtungen (Thore, Klappen) ganz geöffnet, sodafs die Flut vollen Eintritt findet, oder es werden die Thore mit Schützen versehen und letztere geöffnet, was zwar weniger wirksam, aber weit sicherer ist, da das Einlassen jeden Augenblick unterbrochen werden kann, falls dies aus irgend einem Grunde, z. B. wegen des Bruches einer Verwallung, notwendig werden sollte. In den niederländischen und schleswig'schen Seedeich-Sielen sind Schützen nicht selten auch hinter den äußeren Thoren angeordnet, welche diese unterstützen, aber hauptsächlich zum Einlassen und Anstauen des Wassers dienen.

Zweck des Einlassens ist:

- a. die Überstauung der moorigen und bruchigen Niederungen, welche sich oberhalb der sogenannten Seegrenze (Grenze des Salzwassers) oft finden, mit schlickreichem Wasser, welches bei der Flut ein- und bei der Ebbe ausgelassen wird. Soll nur ein als Grünland (Wiese oder Weide) zu benutzender Teil des Abwässerungsgebietes überstaut werden, so kann das zu demselben führende

<sup>5)</sup> In den „Fortschritten im Meliorationswesen“ von A. Hefs (Leipzig 1892) sind auf S. 21 und 24 zwei massive Einlafsschleusen veröffentlicht, welche in dem Deiche der mittleren Weser in neuerer Zeit erbaut worden sind. Die eine derselben besitzt drei Öffnungen von je 3,3 m Weite, doch ist jede Öffnung wieder durch drei feste eiserne Docks in vier Teile zerlegt; die schmalen hölzernen Schützen werden durch Schrauben gehoben; die Schwelle ist 0,4 m unter Null des Pegels gelegt, um auch bei niedrigen Wasserständen der Weser Wasser einlassen zu können.

Binnentief eingewallt und durch kleine, in den Wällen angelegte Siele mit selbstthätigen Verschlussvorrichtungen (Thoren oder Klappen) das Eindringen des Wassers in die sonstigen Zuggräben verhütet werden. Da jedoch bei einem solchen Verfahren mehrere Tiden erforderlich sind, um eine gröfsere Fläche vollständig zu überstauen, so leidet leicht die Abwässerung des übrigen Theiles des Abwässerungsgebietes, weshalb gewöhnlich besondere kleine Siele, sogenannte Schlickpumpen, im Hauptdeiche angelegt werden, deren Thore oder Klappen behufs des Einlassens ganz geöffnet werden und welche auch zur Ableitung des Bewässerungswassers dienen; durch Bedeichung des betreffenden Sieltiefes, sowie der aufzuschlickenden Grundstücke ist gegen eine Verbreitung des Wassers auf andere Grundstücke oder in andere Gräben zu sorgen;

- b. die Erhöhung des niedrigen Wasserstandes in der Marsch zur Zeit der trockenen Sommermonate im Interesse der Grundstücke, der Schiffahrt, der Viehtränke oder der sonstigen Haus- und Wirtschaftszwecke; besonders wichtig ist die Beschaffung guten Trinkwassers für das weidende Vieh in den ausgedehnten Viehweiden der Marschen.<sup>6)</sup> Auch dies kommt, da salziges Wasser hierbei nicht brauchbar ist, nur oberhalb der Seegrenze vor;
- c. die Hebung des Wasserstandes im Binnentiefe, um durch plötzliches Ablassen desselben zur Zeit der niedrigen Ebbe einen kräftigen Spülstrom im Aufsentiefe hervorzurufen und dieses, erforderlichenfalls unter Zuhilfenahme eines sogenannten Sielpflugs, von den Schlickablagerungen zu reinigen. Letzteres kommt am häufigsten und zwar sowohl unter- als oberhalb der Seegrenze vor; die untere Strecke des Binnentiefs wird dann oft mit Verwallungen (Kajedeichen) versehen, durch welche die übrigen Wasserzüge mittels kleiner Siele eingeleitet werden, damit das eingelassene Wasser nicht in dieselben und auf die niedrigen Grundstücke dringe; besonders muß das Eindringen des Salzwassers in die Zuggräben in Rücksicht auf das weidende Vieh vermieden werden. Ferner muß an demjenigen Punkte des Binnentiefs, bis zu welchem das eingelassene Wasser treten soll, ein durch Thore zu verschließendes Schützwerk (ein sogenanntes Verlaat, T. I, F. 16—18) gebaut werden, um die Anfüllung des entfernt vom Siele liegenden Theiles des Binnentiefs, welcher wegen des Gefällverlustes weniger kräftig spülen würde, zu verhindern. Bei zu tiefer Lage des Siels kann selbst in demselben und namentlich unmittelbar vor den Thoren eine so starke Verschlickung eintreten, daß ein öfteres Spülen des Siels im Interesse der sicheren Bewegung der Thore oder Klappen notwendig erscheint.

Die unter b. und c. genannten Zwecke werden auch oft durch Ansammlung des Binnenwassers ohne Einlassen des Aufsenwassers dadurch erreicht, daß die an der Binnenseite des Siels angeordneten Thore (die sogenannten Ebbethore), Schützen oder Klappen zeitweise geschlossen werden.

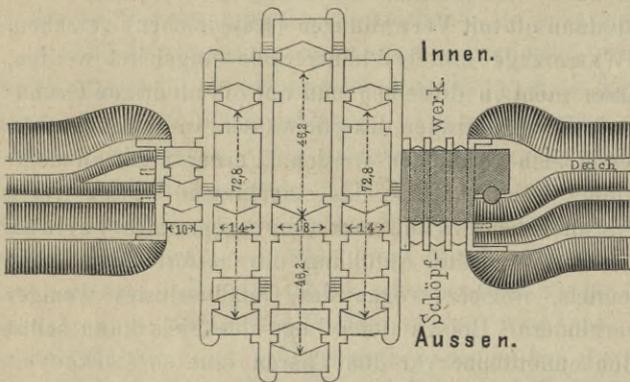
Schiffahrts-Deichschleusen. Wird Schiffahrt auf den Sieltiefen getrieben, so muß das Siel den Durchgang der Fahrzeuge während derjenigen Zeit, wo Binnen- und Aufsenwasser in offener Verbindung stehen, gestatten; die Schiffe sammeln sich aufsen und binnen vor dem Siele, indem die Sieltiefe daselbst erweitert und auch wohl mit Bohlwerken oder Kaimauern behufs leichteren Löschens und Ladens versehen sind.

<sup>6)</sup> Ein Beispiel dieser Art bildet das unweit Bremen von Bücking erbaute Siel. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 363.

In den Niederlanden bildet die Vereinigung der Schifffahrt mit der Entwässerung sogar die Regel; beispielsweise besitzt die 294000 ha große Niederung der Provinz Friesland, deren Binnenkanäle (Busen) mit einer Oberfläche von 27200 ha wohl diejenigen aller übrigen Niederungen des Landes übertreffen, 14 teils offene, teils überdeckte, im Seedeiche gelegene Siele von zusammen 91 m Weite, von denen nur drei ausschließlich der Entwässerung dienen.

Ist die Schifffahrt von größerer Bedeutung, nimmt also das Binnentief mehr den Charakter eines Schifffahrtskanals an, so wird auch wohl an Stelle des Siels eine Kammer- oder Schleuse, welche zugleich die Entwässerung der Niederung zu besorgen hat, ausgeführt. Eine solche findet sich z. B. am preussischen Niederrhein unweit der Stadt Cleve.<sup>7)</sup> Die Entwässerung findet dann gewöhnlich durch die für diesen Zweck möglichst groß angelegten Schützöffnungen der Thore oder durch Kanäle in den Seitenmauern statt, zuweilen aber auch nach Öffnen beider Thorpaare durch die volle Weite der Schleuse; ein Beispiel hierfür bildet die 7,8 m weite Kammer- und Entwässerungsschleuse für das holländische Rheinland zu Spaarndam. An der See kommen jedoch Kammer- oder Schleusen, welche zugleich als Entwässerungsschleusen dienen, höchst selten vor. Gewöhnlich ist bei lebhafter Schifffahrt eine auch zur Entwässerung dienende offene Deichschleuse ohne Kammer vorhanden und es wird der Wasserstand im Binnentief nur bis zu dem für die Schifffahrt erforderlichen Wasserstande gesenkt, die Abwässerung somit durch Schließen der Binnenthore unterbrochen, sobald jener Normalstand eingetreten ist. In den Nieder-

Fig. 3. Schleusenanlage unweit Amsterdam.



landen finden sich aber auch oft besondere Entwässerungsschleusen neben den für die Schifffahrt dienenden Kammer- oder Schleusen, während derartige Anlagen in den deutschen Niederungen nur selten anzutreffen sind. Ein hervorragendes Beispiel dieser Art sind die beiden Schleusenanlagen, welche den auch als Entwässerungskanal dienenden Amsterdamer Nordseekanal westlich gegen die Nordsee und östlich gegen die Südsee abschließen.

Eine in den Dünen bei Ymuiden gelegene Anlage besteht aus zwei Kammer- oder Schleusen, sowie einer offenen Entwässerungsschleuse und ist im XIV. Kapitel besprochen; bei der anderen im Abschlufdeiche der Südsee erbauten Anlage, Fig. 3, befindet sich an der einen Seite der drei Kammer- oder Schleusen gleichfalls eine offene Entwässerungsschleuse, an der anderen Seite eine Schöpfmaschinenanlage mit Centrifugalpumpen. Letztere wird in Thätigkeit gesetzt, sobald die beiden je 10 m weiten Entwässerungsschleusen den Binnenwasserstand wegen zu hoher Außenwasserstände nicht genügend, d. h. bis 0,5 m unter A. P., zu senken vermögen.

Eine Verbindung der Schifffahrt mit der Entwässerung führt leicht zu Nachteilen für den einen oder anderen Zweck, da die Schifffahrt infolge der sich mit der Zeit steigenden Anforderungen des Verkehrs größere Wassertiefen, mithin, falls die Sohle

<sup>7)</sup> Schlichting. Deiche am Niederrhein. Zeitschr. f. Bauw. 1881.

der Schleusen nicht gesenkt werden kann, eine Hebung des Binnenwasserstandes erstrebt, während die Landwirtschaft mit der zunehmenden Kultur vielfach eine Senkung des Binnenwasserstandes fordert. Wo beide von großer Bedeutung sind, wird sich deshalb eine Trennung der Entwässerungs- von den Schiffsanlangen empfehlen. Dies ist namentlich im Flutgebiet der Fall, wo die größeren Schiffe die Schleuse in der Regel nur bei der Flut zu erreichen vermögen, sodafs dieselben die nicht mit einer Kammer verbundene Deichschleuse um so eher passieren können, also einen um so geringeren Zeitverlust erleiden, je höher der Binnenwasserstand gehalten wird, was den Interessen der Entwässerung zuwiderläuft. Ein gemeinsames Aufsentief ist jedoch erwünscht, weil die durch die Entwässerung bewirkte Strömung das Fahrwasser freihält. Beispielsweise ist für die Stadt Emden, welche früher mit der Ems durch das Aufsentief mehrerer Siele in Verbindung stand, eine solche Trennung vorgenommen worden. Das alte lange Binnentief wird nur noch als Schiffskanal benutzt, in demselben wird durch die Nesserlander Schleuse der gewöhnliche Flutspiegel gehalten, während für die Entwässerung ein besonderes Siel (T. III, F. 1) bei der Knock, einem am Dollart weiter unterhalb gelegenen Punkte, woselbst das Aufsentief eine sehr geringe Länge erhält, gebaut worden ist. In den Niederlanden wird der Schiffsahrt auf den Binnentiefen eine solche Bedeutung beigelegt, dafs der Wasserstand im Binnentiefe in einer Höhe gehalten wird, bei welchem oft nur die höheren Grundstücke in natürlicher Weise abwässern können, während die niedrigeren Grundstücke ihre Abwässerung mittels Schöpfmaschinen erhalten müssen. In den deutschen Niederungen ist dagegen die Schiffsahrt verhältnismäfsig weniger entwickelt; der Binnenwasserstand wird nach den Bedürfnissen der Landwirtschaft bestimmt.

Sind Hafenbecken im Flutgebiete hinter dem Deiche in der Marsch angelegt, so müssen auch die grofsen Dock- und Kammerschleusen, welche den Zugang zu denselben bilden und im XIV. Kapitel näher besprochen werden, in der Linie des Deiches angelegt werden, vergl. Fig. 4 (Situation der Hafenschleuse zu Geestemünde). Da jene Becken den Hochwasserstand (gewöhnlichen Flutspiegel) halten, während die gewöhnlichen Deichschleusen an der Binnenseite einen niedrigeren Wasserstand haben, so sind die letzteren bei allen Sturmfluten oder auferordentlich hohen Wasserständen einem weit gröfseren Drucke des Aufsenwassers ausgesetzt.

Sind Hafenbecken im Flutgebiete hinter dem Deiche in der Marsch angelegt, so müssen auch die grofsen Dock- und Kammerschleusen, welche den Zugang zu denselben bilden und im XIV. Kapitel näher besprochen werden, in der Linie des Deiches angelegt werden, vergl. Fig. 4 (Situation der Hafenschleuse zu Geestemünde). Da jene Becken den Hochwasserstand (gewöhnlichen Flutspiegel) halten, während die gewöhnlichen Deichschleusen an der Binnenseite einen niedrigeren Wasserstand haben, so sind die letzteren bei allen Sturmfluten oder auferordentlich hohen Wasserständen einem weit gröfseren Drucke des Aufsenwassers ausgesetzt.

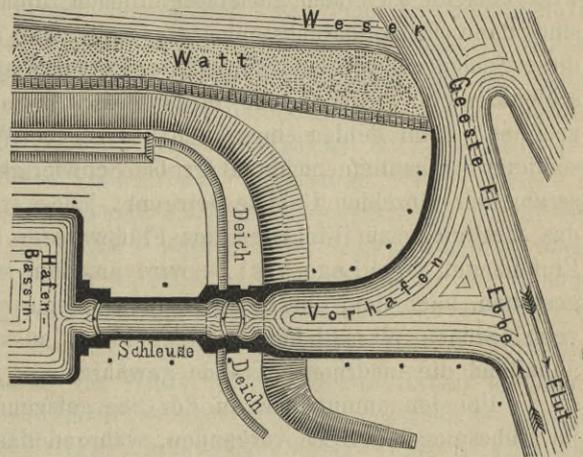
Sind Hafenbecken im Flutgebiete hinter dem Deiche in der Marsch angelegt, so müssen auch die grofsen Dock- und Kammerschleusen, welche den Zugang zu denselben bilden und im XIV. Kapitel näher besprochen werden, in der Linie des Deiches angelegt werden, vergl. Fig. 4 (Situation der Hafenschleuse zu Geestemünde). Da jene Becken den Hochwasserstand (gewöhnlichen Flutspiegel) halten, während die gewöhnlichen Deichschleusen an der Binnenseite einen niedrigeren Wasserstand haben, so sind die letzteren bei allen Sturmfluten oder auferordentlich hohen Wasserständen einem weit gröfseren Drucke des Aufsenwassers ausgesetzt.

§ 3. Lage der Siele. Die Lage der Siele wird beeinflusst durch die Rücksichten:

1. auf die Vorflut;
2. auf die Länge des Aufsentiefs;
3. auf Schutz gegen Strömung, Wellenschlag und Eisgang;
4. auf den Baugrund.

1. Betreffs der Vorflut ist zu bemerken, dafs Entwässerungssiele in Flufsdeichen an einem möglichst stromabwärts gelegenen Punkte der Marsch zu erbauen

Fig. 4. Hafenschleuse zu Geestemünde.



sind, weil dort naturgemäss die niedrigsten Grundstücke sich finden und bei einem genügend weiten und tiefen Binnentiefe auch ein Gewinn an Vorflut gegenüber dem Flusse zu erzielen ist. Dieser Gewinn wird namentlich dann ein beträchtlicher sein, falls es bei langgestreckten Marschen möglich ist, das Binnentief so weit abwärts zu führen, daß es in den vom Oberwasser weniger abhängigen Teil des Flusses oder in die See einmündet; in den Niederlanden kommen derartige Fälle vor. Im allgemeinen finden sich jedoch sehr langgestreckte ungeteilte Abwässerungsverbände selten, weil sich das gesamte Wasser des Verbandes bei länger andauernder Unterbrechung der Entwässerung am unteren Ende sammelt und dort ausgedehnte Überschwemmungen veranlaßt. Wollte man durch Eindeichung des Entwässerungskanales die Überschwemmung zu verhindern suchen, so würde sich das Wasser im Kanale doch zu solcher Höhe erheben, daß die Entwässerung des unteren Teiles des Gebietes dadurch sehr leicht benachteiligt werden, die Grundstücke vielleicht auch unter dem Kuverwasser des Kanales leiden würden. Niederungen, welche in der Richtung des Flusses eine grössere Ausdehnung, mithin ein erhebliches Gefälle besitzen, werden in der Regel mittels Binnenquerdeichen (erhöhte Wege) in mehrere Entwässerungsgebiete geteilt, deren Wasserstände entsprechend der Höhenlage und Kultur der Grundstücke in verschiedener Höhe normiert werden. Zieht sich, wie dies oft der Fall, ein natürlicher Wasserzug durch die ganze Niederung, so wird derselbe zu einem gemeinschaftlichen Binnentiefe ausgebildet; in den Querdeichen sind dann Entwässerungsschleusen, ausserdem auch wohl Überläufe eingerichtet, und diese Schleusen werden während der Hochwasserstände des Flusses, wo die Hauptdeichschleuse nicht wirken kann, erst bei einer bestimmten, durch Vergleiche normierten Höhe geöffnet. Beim Fehlen eines alten natürlichen Wasserzuges und falls die Anlegung besonderer Aufsentiefe nicht auf grosse Schwierigkeiten stößt, wird dagegen die Entwässerung der einzelnen Gebiete getrennt; jedes erhält seine eigene Deichschleuse. Wird das Siel auch zum Einlassen des Flufswassers benutzt, so übt dieser Umstand einen Einfluß auf seine Lage aus; es wird alsdann, sofern die Entwässerungsverhältnisse dies gestatten, nach dem oberen Ende des Gebietes zu verlegt. Falls die Entwässerung nach verschiedenen Wasserläufen erfolgen kann, so verdient derjenige den Vorzug, welcher anhaltend die niedrigsten Stände gewährt.

Bei den unmittelbar an der See gelegenen Marschen ist überhaupt kein Gefälle im Ebbespiegel der See vorhanden, während dasselbe an den Flufsmündungen zu gering ist, um durch Verlegung der Deichschleuse nach einem weiter unterhalb gelegenen Punkte an Vorflut gewinnen zu können. Falls nicht etwa alte, unregelmässig gelegene sogenannte Rieden oder sonstige natürliche Wasserläufe als Entwässerungskanal benutzt werden, so liegt derselbe etwa normal zum Flusse und das Abwässerungsgebiet besitzt keine grosse Breite in der Richtung des Flusses. Es kommt auch öfter vor, daß von zwei oder mehr Abwässerungsverbänden jeder sein eigenes Siel besitzt, daß aber die Nebentiefe oder Zuggräben der verschiedenen Verbände miteinander in offener Verbindung stehen, statt, wie es die Regel bildet, getrennt zu sein. Wird dann durch Reparaturen die Thätigkeit des einen Siels unterbrochen, so findet das Wasser ohne weiteres seinen Abfluß durch das Siel des benachbarten Verbandes.

Falls sich an der See Polder hintereinander befinden, so wird der natürliche Wasserzug, durch den das ungedeichte Land bisher entwässerte, auch nach der Einpolderung als Aufsentiefe benutzt und unweit des Punktes, wo es vom neuen Deiche getroffen wird, wird das Siel erbaut. Der Schnittpunkt selbst wird gewöhnlich nicht gewählt, weil eine Begradigung des vielfach gekrümmten Tiefes erwünscht ist und die

Entwässerung während der Bauzeit nicht gestört werden darf. Wird die Niederung theils durch Dünen, theils durch Deiche begrenzt, so wird das Siel in den Deich gelegt, da die Erdarbeiten hier die geringeren Kosten verursachen.

Auch der Umstand, daß es für die Leistungsfähigkeit des Siels sehr günstig ist, das Binnentief in der Nähe des Siels zu erweitern oder, wenn möglich, daselbst ein Bassin zu bilden, ist zuweilen maßgebend für die Wahl des Sielplatzes, falls nämlich ein größerer alter Kolk vorhanden ist, der als Becken benutzt werden kann und durch den das Binnentief geleitet wird.

Große Niederungen oder Polder entwässern gewöhnlich durch mehrere Siele und, wenn möglich, nach verschiedenen Recipienten, was nicht allein während des Umbaus eines Siels, sondern auch insofern vorteilhaft ist, als ungünstige Winde, welche die Ebbe in einem der Recipienten nicht genügend abfallen lassen, weniger störend einwirken können.

2. Länge des Aufsentiefs. Von großem Einfluß auf die Wahl des Sielplatzes ist die Länge des Aufsentiefs, welches möglichst kurz sein muß; bei den Seemarschen giebt dieser Umstand gewöhnlich den Ausschlag. Bei den Flußmarschen versandet das Aufsentief bei jedem Hochwasser und muß, da es nicht gespült werden kann, mit großem Kostenaufwande geräumt werden. Bei den Seemarschen treten starke Verschlickungen in demselben ein; es bildet sich namentlich in niedrigen, entfernt vom Siele gelegenen Watten ein flaches unregelmäßiges Bett mit vielen Krümmungen (die größeren Rillen werden Balje, die kleineren Priele genannt), in welchem das aus dem Siele kommende Wasser nur in der letzten kurzen Ebbezeit, in der es vereinigt bleibt und mit starkem Gefälle abströmt, eine Spülung herbeizuführen vermag, während es die übrige Zeit frei über das Watt abfließt, ohne eine solche Wirkung ausüben zu können. Besonders tritt während länger andauernder, ungünstiger Winde, welche die Ebbe nicht genügend abfallen lassen, eine höchst nachtheilige Verschlickung ein; dieselbe kann sehr erheblich werden, sofern der Marsch kein fremdes Wasser zuströmt, sodaß das Siel, um das Binnenwasser nicht zu tief abfallen zu lassen, während der Sommermonate ganz geschlossen bleibt. Falls daher weite Wattflächen sich vor der Küste befinden, so sind die kleinen Siele nur an solchen Punkten möglich, wo die Aufsentiefe bald in alte, sich durch die Strömungen des Watts offen haltende Baljen einmünden können; nur ein großes Siel, welches einem größeren Abwässerungsgebiete angehört und auch viel fremdes Wasser von der Geest regelmäßig abführt, vermag durch seine Spülung ein längeres Aufsentief von der Verschlickung einigermaßen frei zu halten.

Wo in Buchten, z. B. am Dollart oder an der Ley-Bucht in Ostfriesland, infolge starker Anlandung neue Seepolder durch Eindeichung gebildet werden, ist man daher sehr oft genötigt, die Entwässerung nach dem hinter dem Hauptdeiche gelegenen Hauptbinnentiefe der älteren Marsch zu führen, damit sie durch das alte Hauptsiel stattfinde; das Aufsentief des neuen Polders würde nicht offen zu halten sein. Falls jedoch das alte Aufsentief den neuen Polder durchfließt, so wird es auch zur Entwässerung desselben unmittelbar benutzt und mittels eines Siels durch den neuen Polderdeich geführt. Die Entwässerung der alten Marsch wird durch eine solche Einrichtung sogar verbessert, da das frühere Aufsentief derselben innerhalb des neuen Polders vor Verschlickung geschützt ist und das Wasser aus der Marsch auch nach dem Zugang des Poldersiels noch nach dem Polder abfließen kann. Längere Jahre nach Aufschüttung des Polderdeichs pflegt derselbe versthilt, d. h. zum Hauptdeich erklärt zu werden; alsdann tritt auch eine Versthilung des Poldersiels ein, sodaß es als Hauptsiel behandelt und unter Schau gestellt wird.

Um das Eintreiben des Schlickes von den Watten in das Aufsentief zu verhüten, welches namentlich im ersten Stadium der Flut erfolgt, wird längs des Aufsentiefs, an derjenigen Seite, von der das Eintreiben stattfindet, wohl ein etwa 0,6 m hoher, 4 m breiter, abgerundeter Erdwall aufgeworfen, dessen Oberfläche durch starke Strohbestückung oder Faschinenbespreitung mit Strohunterlage geschützt ist; ein Faschinendamm ist zu diesem Zweck weniger tauglich, da in demselben leicht Höhlungen entstehen, durch welche die obere, gewöhnlich bis auf 0,3 m Tiefe flüssige Wattschicht eingespült wird. Solche Dämme finden sich z. B. längs der Aufsentiefe vor den breiten Watten der ostfriesischen Nordküste. Die Strohbestückung muß alljährlich erneuert werden.

Fig. 5 u. 6. Vorstrandschleusen an der Ostsee. M. 1:200.

Fig. 5. Deichschleuse nebst Vorstrandschleuse der Probsteier Salzwiesen.

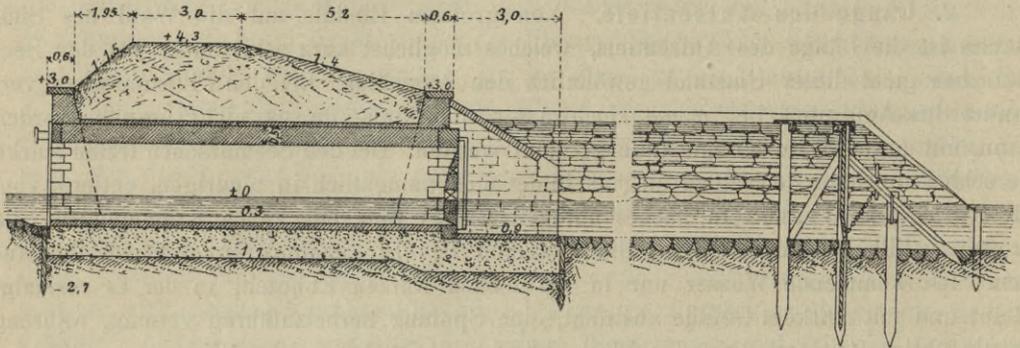
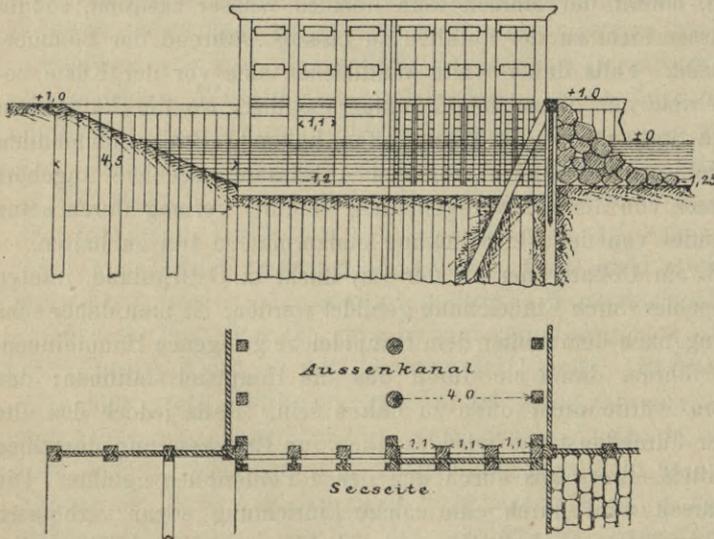


Fig. 6. Vorstrandschleuse der Klostersee-Niederung.

Ansicht von außen und Grundriss.



An der Einmündung des Aussenkanals in die Ostsee ist ferner ein Schützenwerk, eine sogenannte Vorstrandschleuse, errichtet, dessen Schützen vom Schleusenwärter bedient werden; der obere Teil desselben ist, wie in Fig. 5, auch wohl fest, während der untere Teil aus einzelnen Klappen besteht, die sich mittels einer Winde aufheben lassen. Es zeigte sich jedoch oft die Notwendigkeit, die Vorstrandschleuse in die See vorzuschieben, da sie

An der Ostsee in der Provinz Schleswig-Holstein erfolgt die Sicherung des Aussenkanals gegen das Eintreiben von Sand und Seetang oft durch Erdwälle, die zu beiden Seiten desselben auf ganzer Länge aufgeworfen und abgepflastert werden, wie in Fig. 5. Oder es ist der Aussenkanal auf ganzer Länge mit hölzernen Wänden eingefasst, welche eine ihn vollkommen schützende hölzerne Decke tragen, Fig. 6. An der

ähnlich einer Bühne das Auffangen des Sandes, das Nachrücken des Strandes und die Verminderung der Wassertiefe herbeiführte.<sup>8)</sup>

3. und 4. Das Siel muß auf gutem Baugrunde und an einer Stelle erbaut werden, wo die betreffende Deichstrecke durch Strömung, Wellenschlag und Eisgang nicht übermäßig leiden kann; ein hohes, nicht abbrechendes, aber in Rücksicht auf das Aufsentief nicht zu breites Vorland ist daher erwünscht. Es bildet nämlich jedes Siel einen schwachen Punkt im Deiche, woselbst ein Durchbrechen des Wassers weit leichter als bei dem übrigen Deichkörper eintreten kann; solches erfolgt

- a. zwischen den Seitenwänden und der Erde, indem sich beim Setzen des Deichs, an welchem die gut fundierte Schleuse nicht teilnimmt, Zwischenräume zwischen der Erde und der Schleusenwand bilden;
- b. unter dem Boden, falls die Spundwände nicht die nötige Dichtigkeit oder Länge besitzen;
- c. nach Zerstörung des schwächeren, über dem Bauwerke verbleibenden Deichkörpers, welcher auch infolge der Unterbrechung der ebenen Böschungsfächen stärker angegriffen wird;
- d. nach einem Bruche der Verschlussvorrichtungen.

Um Notarbeiten in den Stunden der Gefahr leichter vornehmen zu können, sucht man die Siele in der Nähe von Ortschaften anzulegen, welche dann auch die mit der Schifffahrt verknüpften Vorteile besser genießen. Umgekehrt sind aus diesem Grunde im Laufe der Zeit neben vielen Sielen der Seedeiche Ortschaften, welche gewöhnlich nach dem Siele genannt werden, entstanden.

**§ 4. Weite und Höhenlage der Siele.** Weite der Seedeich-Siele. Auf die Weite der Seedeich-Siele haben namentlich folgende Umstände maßgebenden Einfluß:

1. Die abzuführende Wassermenge, welche durch die Größe des Abwässerungsgebiets und die Niederschlagsmenge, unter Hinzurechnung des von der entfernteren Geest zufließenden Wassers, bestimmt wird, vergl. Kap. XII. Enthält die Marsch sandige Flächen, was namentlich bei dem Übergange der See- in die Flußmarschen in der Nähe der Flutgrenze, wo die lange andauernden hohen Oberwasserstände schon nachteilig einwirken, vorkommt, so ist auch Kuerwasser zu berücksichtigen. Das Quell- oder Kuerwasser tritt dort auf, wo sich sandige Schichten von der Oberfläche der Niederung bis zu einem benachbarten Gewässer unter dem Deiche fortziehen. Die Menge desselben nimmt zu mit dem Höhenunterschiede zwischen dieser Wasserfläche und der Niederung, mit der Korngröße des Sandes und der Ausdehnung der durchlassenden Schicht. In den eigentlichen Seemarschen, deren Oberfläche aus Klai, Moor, feinem Seesande oder einem Gemisch von feinem Sand mit moorigem oder thonigem Boden besteht, tritt das Kuerwasser demnach gar nicht oder nur in geringem Grade auf, während es in Poldern, deren Oberfläche zum Teil aus grobem Sand besteht oder deren Wasserzüge bis in den groben Sand eingeschnitten sind, ernste Nachteile bringen kann. Beim Haarlemermeer-Polder wurde z. B. die Menge des Quellwassers gleich einer den ganzen Polder bedeckenden Schicht von 1,1 mm täglich, bei kleineren, sehr stark unter Kuerwasser leidenden Poldern sogar zu 5 bis 10 mm täglich ermittelt.

2. Die Höhenlage der Marsch, insbesondere der niedrigsten Grundstücke derselben, durch welche (unter Berücksichtigung der Kulturart der Ländereien) der im

<sup>8)</sup> Runde. Deichanlagen an der Ostsee. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883, S. 463.

Binnentiefe zulässige, beim Aufgange des Siels eintretende höchste Wasserstand (Stauspiegel oder Polderpegel) bestimmt wird, welcher letztere wiederum maßgebend für die Zeitdauer der Ausströmung oder des sogenannten Siel- oder Schleusenzuges innerhalb einer Tide ist. Das Siel öffnet sich, sobald die Ebbe bis zu diesem Wasserstande abgefallen ist, mithin um so früher, je höher derselbe liegt; es erfolgt eine allmähliche Senkung des Binnenwassers, bis dasselbe seinen tiefsten Stand etwa zur Zeit des niedrigsten Außenwassers erreicht hat. Mit dem Wiedereinsetzen der Flut tritt gewöhnlich auch ein geringes Ansteigen des Binnenwassers ein, bis dasselbe den sogenannten Binnen-Ebbespiegel erreicht hat, d. i. wieder in gleicher Höhe mit dem ansteigenden Außenwasser steht und die Entwässerung unterbrochen, die Verschlussvorrichtung geschlossen wird. Der Binnen-Ebbespiegel wird hauptsächlich beeinflusst durch den Niedrigwasser- oder Ebbespiegel außen vor dem Siele, daneben aber auch durch die Entwässerungszüge der Marsch, ob sie eng und langgestreckt sind oder weite Wasserflächen nahe am Siele enthalten. Die Wassermenge, welche während des geschlossenen Zustandes des Siels dem Binnentiefe aus dem Abwässerungsgebiete zufließt, hebt den Binnen-Ebbespiegel wieder allmählich zum Stauspiegel und ist also gleich dem von diesen beiden Wasserständen begrenzten kubischen Inhalte der Wasserzüge. Je tiefer die Grundstücke und der durch dieselben bestimmte zulässige Stauspiegel liegen, um so kürzer ist die Abwässerungszeit, um so größere Durchflußquerschnitte muß also das Siel gewähren und um so weiter müssen bei dem geringen Höhenunterschiede zwischen Stau- und Ebbespiegel die Wasserzüge sein, damit die Wassermenge trotz der längeren Zeit des geschlossenen Siels von ihnen gefaßt werden könne. Dieser ungünstige Zustand der tiefgelegenen Grundstücke mit niedrigem Binnenstande wird noch dadurch verschlechtert, daß das Siel bei Ebben, welche wegen widriger Winde oder hohen Oberwassers nicht bis zur gewöhnlichen Tiefe abfallen, nicht selten während einiger Tiden ganz geschlossen bleibt. — Die Zeitdauer des Sielzuges wird auch oft dadurch erheblich vermindert, daß der Ebbespiegel des Binnentiefs im Interesse der Schifffahrt nur bis zu einer gewissen Tiefe gesenkt wird, indem die Ebbehore bei dem Eintritt dieses Standes, also noch während der Ebbe, geschlossen werden; in den Niederlanden bildet dieses Verfahren bei den Binnentiefen der offenen Deichschleusen sogar die Regel und das Wasser der niedrig gelegenen Ländereien muß dann größtenteils mittels Schöpfanstalten in das als Busen dienende Binnentiefe gehoben werden.

Ferner haben Einfluß auf die Weite der Siele:

3. Die Länge des Aufsentiefs bzw. der in diesem stattfindende Gefällverlust, welcher namentlich bei starkem Schlickfall und breiten Wattflächen so beträchtlich wird, daß der Ebbespiegel außen vor dem Siele weit höher als im Recipienten bleibt, wodurch die Zeitdauer der Ausströmung und das in der Schleuse zur Wirkung kommende Gefälle (Druckhöhe) erheblich vermindert werden. Auch die Lage des Aufsentiefs und des Recipienten zu der Küste und den herrschenden Winden sind insofern von Einfluß, als bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen das Außenwasser vor dem Siele oft tagelang nicht zur normalen Tiefe abfällt, während dies bei günstigen Umständen nur selten eintritt.

4. Die Tiefenlage der Schwelle, welche namentlich von der im Aufsentiefe stattfindenden Schlickablagerung, der Intensität der Abwässerung und der Möglichkeit, einen künstlichen Spülstrom zu erzeugen, abhängt. Je tiefer die Schwelle gelegt werden kann, um so geringer wird die Weite des Siels sein.

5. Der Querschnitt und die Länge der Entwässerungszüge in der Marsch. Je weiter, tiefer und kürzer dieselben sind, ein um so geringeres Gefälle verbrauchen sie bei der Zuleitung des Wassers zum Siele, eine um so größere Druckhöhe bleibt demnach für das Siel verfügbar. Ein langgestrecktes Abwässerungsgebiet, an dessen oberem Ende noch niedrige Grundstücke liegen, ist daher besonders ungünstig, dagegen ein großes Sammelbecken binnen vor dem Siele (Kolk oder erweitertes Binnentief) besonders wirksam.

Hiernach bedarf es keines besonderen Nachweises, daß Angaben, wonach auf 1 m Sielweite oder 1 qm des zwischen Binnenwasser und Schwelle entstehenden Durchflußquerschnitts eine bestimmte Fläche des Abwässerungsgebiets zu rechnen ist, nur für diejenigen beschränkten örtlichen Verhältnisse, aus denen jene Angaben abgeleitet sind, zutreffende Ergebnisse liefern können.

Hunrichs<sup>9)</sup> rechnet für die oldenburgischen Wesersiele bei mittlerer Höhenlage der Grundstücke von 1,5—1,9 m über Aufsen-Ebbespiegel für 300 ha ein qm Durchflußquerschnitt. Buchholz<sup>10)</sup> rechnet für Schleusen, deren Schwelle 0,6 m unter dem niedrigsten Wasserstande vor dem Siele liegt, auf 1 m Weite 270 ha hoher Grundstücke oder 144 ha Grundstücke bei ungünstigen Verhältnissen. Storm-Buysing giebt an, daß bei 400 Poldern die Weite für je 1000 ha = 1—9 m, durchschnittlich zwischen 2—4 m beträgt. In dem niederländischen Polder Rijnland ist sie etwa 0,5 m, in Delfland 1,2 m für 1000 ha.

Lahmeyer<sup>11)</sup> liefert für die Marschen der Unterelbe eine nachfolgend im Auszuge mitgeteilte Tabelle, in welcher zwar die Höhenlage der Grundstücke Berücksichtigung findet, aber die sehr unbestimmte Voraussetzung gemacht wird, daß die Schleusenschwelle mindestens 0,58 m unter gewöhnlichem Ebbespiegel liegen solle.

Größe der abzuwässernden Fläche.	Hohe Ländereien. Siel 4½ Std. offen, 8 Std. geschlossen. Druckhöhe 7,3 cm.	Mittelh. Ländereien. Siel 2½ Std. offen, 10 Std. geschlossen. Druckhöhe 6,1 cm.	Niedrige Ländereien. Siel 2 Std. offen, 10½ Std. geschlossen. Druckhöhe 4,9 cm.	Niedrigste Ländereien. Siel 1½ Std. offen, 11 Std. geschlossen. Druckhöhe 3,6 cm.
525 ha	0,63 m weit	1,0 m weit	1,24 m weit	1,95 m weit
1050 "	0,9 " "	1,5 " "	2,2 " "	3,5 " "
2100 "	1,3 " "	2,5 " "	3,8 " "	5,2 " "
3150 "	1,6 " "	3,1 " "	4,8 " "	6,3 " "

Welche Unterschiede bei benachbarten Sielen sich zeigen, geht aus der nachstehenden Tabelle von Sielen der holländischen Provinz Groningen hervor, bei denen die Schlagschwellen zwischen 0,8 m über Aufsen-Ebbespiegel bis 3,56 m unter Aufsen-Ebbespiegel liegen und auf das qm Durchflußöffnung 488 bis 2090 ha, durchschnittlich etwa 1000 ha, kommen.

Namen der Schleusen.	Weite m	Höhe der Schwelle über   unter Aufsen-ebbe		Polder-Pegel über Aufsen-ebbe m	Durchflußquerschnitt unter Polder-Pegel qm	Fläche des Polders ha	Fläche f. ein qm Durchflußöffnung ha
		m	m				
1. Zoutkamp:							
1 Schiffsöffnung . . . . . 9 m } 4 bedeckte Öffnungen à 5 m }	29	—	3,56	0,52	118,32	73 700	623
2. Hunsingo zu Zoutkamp . . . . .	8	—	2,095	0,62	21,72	24 200	1114
3. Noordpolder . . . . .	3,55	0,35	—	1,71	4,83	3 566	738
4. Oostpolder . . . . .	4,6	0,83	—	1,89	4,88	4 925	1009
5. Vierburen . . . . .	2	0,8	—	1,36	1,12	1 648	1471
6. Emskanal zu Delfzyl . . . . .	10,5	—	3,18	2,12	55,65	89 100	1601
7. Duurwold . . . . .	8	—	1,75	0,22	15,76	22 100	1402
8. Osterdum . . . . .	4	—	0,58	0,15	2,92	1 595	546
9. Fimelschleuse . . . . .	5	—	0,68	0,42	5,50	3 700	673
10. Reiderland, 2 Öffnungen à 4 m .	8	—	0,69	0,59	10,24	5 000	488
11. Neues Statensiel . . . . .	8,5	—	1,72	1,28	25,5	53 300	2090

<sup>9)</sup> Hunrichs. Deich-, Siel- und Schlingenbau. 1. Bd. Bremen 1770. (Ausführlichstes älteres Werk über Siel.)

<sup>10)</sup> Buchholz. Bau hölzerner Abwässerungsschleusen. Hannover 1829.

<sup>11)</sup> Zeitschr. d. Arch- u. Ing.-Ver. zu Hannover, 3. Bd. 1857.

In vielen Fällen wird der Einfluss der Schleusenweite auf die Entwässerung der Grundstücke überschätzt und deshalb die Schleusenweite mit Aufwendung übermäßiger Kosten zu groß gewählt, während die Gräben der Niederung nicht den entsprechenden Querschnitt bieten; der durch das weite, kostspielige Bauwerk erzielte Gewinn an Gefälle geht dann oft in mehrfachem Betrage durch die Gräben verloren. Es ist namentlich erforderlich, in den niedrig gelegenen Ländereien breite und tiefe Gräben anzulegen, welche das Wasser bei heftigem Regen, Schneeauftau, Unterbrechung der Entwässerung durch höheres Aufsenwasser, Zuströmen großer Mengen von der Geest u. s. w. aufnehmen können. Bedeckte Siele werden nicht gern über 4 m und selten über 6 m erbaut; namentlich zieht man in Holland, wie dies auch die 1871 erbaute Schleuse, F. 1—4, T. IV mit zwei Öffnungen à 3 m beweist, für bedeckte Siele, welche nicht der Schifffahrt dienen, kleinere Weiten vor. Ist eine größere Weite erforderlich, so werden mehrere durch Zwischenpfeiler getrennte Öffnungen auf gemeinschaftlichem Fundamente mit wagerechtem, durch das ganze Bauwerk sich erstreckendem Boden hergestellt, von denen die mittlere vielfach für die Schifffahrt bestimmt, deshalb weiter und höher ausgeführt, zuweilen auch als offene Schleuse erbaut wird, wie F. 14, T. II. Kleinere Öffnungen gewähren den Vorzug, daß die Thore schmaler werden, weniger leicht versacken und sich daher schon bei geringem Überdruck öffnen, auch beim Zuschlagen geringere Erschütterungen ausüben. Ferner ist der Zusammenhang eines aus mehreren Öffnungen gebildeten Bauwerks ein größerer; bei schlechtem Untergrunde werden nachteilige Formveränderungen weniger leicht erfolgen. Endlich läßt sich im Notfalle leichter eine Sicherung des Bauwerks und in trockener Zeit, durch Feststellen der Thore einer Öffnung, auch eine Regulierung des Binnenwasserstandes leichter vornehmen. Statt eines Siels mit nur einer Öffnung, oder mit mehreren kleinen Öffnungen, werden auch wohl, behufs bequemerer Ausführung von Reparaturen, mehrere Siele nebeneinander mit gemeinschaftlichen Sieltiefen hergestellt; wegen der geringeren Bewegungswiderstände leistet allerdings ein Siel von 6 m Weite mehr als zwei von je 3 m Weite. Offene Siele erhalten wegen der Schifffahrt größere Weiten, doch sind sie nur selten weiter als 10 m. Zu Zoutkamp, Provinz Groningen, befindet sich z. B. eine gleichzeitig für Schifffahrt und Entwässerung dienende offene Schleuse von 9 m Weite, und an jeder Seite derselben zwei überwölbte Siele von je 5 m Weite, also zusammen fünf Öffnungen. Die auf T. II, F. 14<sup>a-c</sup> dargestellte Schleuse bei Husum hat eine mittlere Schifffahrtsöffnung von 7,5 m und an jeder Seite ein überwölbtes Siel von 3,1 m Weite.

Wo das Aufsientief der Verschlickung ausgesetzt ist, empfiehlt es sich, möglichst große Abwässerungsgebiete mit großen Sielen und einer kräftigen Abwässerung, welche das Aufsientief rein zu erhalten vermag und auch eine lebhaftere Schifffahrt ermöglicht, zu bilden.

Die Tiefenlage des Bodens ist zur Erzielung eines möglichst großen Durchflußquerschnitts so niedrig zu wählen, als es in Rücksicht auf die Freihaltung des Aufsientiefs nur irgend möglich ist, indem die Gesamtkosten des Bauwerks verhältnismäßig nur wenig wachsen. Wo ein starker Schlickfall stattfindet, ist jedoch große Vorsicht in dieser Beziehung geboten; die Freihaltung des Aufsientiefs in einer größeren als derjenigen Tiefe, welche sich durch die gewöhnliche Entwässerung und Spülung erzielen läßt, ist mit großen Kosten verknüpft; die Verschlickung kann so zunehmen, daß sie sich bis in das Siel erstreckt und das Öffnen der Thore beeinträchtigt. In solchen Fällen wird daher eine geringere Tiefe und eine größere Weite des Siels den Vorzug verdienen. Bei den Sielen der Ostsee ist das Antreiben von Sand, Gerölle und

Sectang (Seegras) zu berücksichtigen, welche Materialien stellenweise in solcher Menge bei jeder heftigeren Wellenbewegung auftreten, daß es oft der größten Anstrengung zur rechtzeitigen Entfernung derselben bedarf. Da die Beseitigung bei tiefer Lage des Siels noch schwieriger sein würde, werden die Siele in der Provinz Schleswig mit der Sohle am besten nur etwa 0,7 m unter gewöhnlichen Ostseespiegel gelegt; bei größerer Tiefe tritt leicht eine Unbeweglichkeit der Thore infolge der Versandung ein, weshalb das Binnentief auch wohl bedeckt wird, um das Wasser anstauen und zum Wegspülen des Sandes benutzen zu können.<sup>12)</sup>

Von zwei Bauwerken mit gleichen Durchflußquerschnitten, z. B. dem einen mit einer Weite von 4 m, einer Tiefe der Schwelle unter dem Binnenstauspiegel von 3 m, dem anderen mit einer Weite von 6 m, einer Schwellentiefe von 2 m, wird allerdings das tiefer liegende die größere Leistungsfähigkeit besitzen, da sich infolge der während des Sielzugs eintretenden Senkung des Binnenstauspiegels der Durchflußquerschnitt bei dem weiteren Siele verhältnismäßig mehr als bei dem engeren vermindert. Die Tiefe der Schwelle wird jedoch in der Regel mindestens 0,5 m unter dem niedrigsten Aufsenwasser bezw. dem Ebbespiegel vor dem Siele angenommen und beträgt bei den ausschließlich der Entwässerung dienenden Sielen gewöhnlich 0,5—1 m unter diesem Wasserspiegel. Größere Seesiele, welche gleichzeitig von Schiffen benutzt werden, liegen wohl bis 3,5 m unter dem Aufsen-Ebbespiegel. Vergl. die Tabelle auf S. 13.

Höhenlage der Decke. Die Decke der hölzernen Siele wird gewöhnlich noch etwa 0,8 m über den höchsten Binnenwasserstand gelegt, um auch während desselben mit einem kleinen Kahne Untersuchungen am Siele vornehmen, die Notthore schliessen zu können u. s. w.; der Kämpfer der gewölbten Siele wird aus gleichem Grunde und um den Durchflußquerschnitt nicht zu beengen, in die Höhe jenes Wasserstandes oder wenigstens nicht erheblich tiefer gelegt. Damit die Thore nicht versacken, wird die Höhe der Siele nicht gern geringer als  $\frac{2}{3}$  der Weite gewählt.

Ist die Schifffahrt von Bedeutung, so müssen auch die Weite, sowie die Höhenlage der Schwelle und Decke unter Berücksichtigung derselben bestimmt werden, namentlich muß die erforderliche Tiefe selbst bei dem niedrigsten Binnenwasser noch vorhanden sein.

**§ 5. Berechnung der Sielweite.** Die Rechnung allein vermag einen sicheren Aufschluß über die erforderliche Weite zu geben; es ist allerdings oft schwierig, die für eine genauere Berechnung erforderlichen Unterlagen zu beschaffen, insbesondere die Menge des zeitweise der Marsch von der Geest oder durch Kuverung zufließenden Wassers zu bestimmen; alsdann ist es zweckmäßig, die bei benachbarten, ähnlich gelegenen Sielen gemachten Erfahrungen zu berücksichtigen. Ferner empfiehlt es sich, dem gefundenen Werte noch einen Zuschlag zu geben in Rücksicht darauf, daß die seitens der Landwirte für die Kultur der Grundstücke zu stellenden Anforderungen im Laufe der Zeit erfahrungsmäßig wachsen, indem bei dem intensiveren Betriebe sowohl bezüglich des Zeitpunktes, an dem die Grundstücke im Frühjahr genügend trocken sein sollen, als auch bezüglich des Wasserstandes höhere Ansprüche als früher gestellt werden. Bei neu eingedeichten Poldern ist auch die im Laufe der Zeit durch Austrocknung entstehende Senkung der Grundstücke zu berücksichtigen.

Die Rechnung erfolgt in nachstehender Weise:

<sup>12)</sup> Runde. Deichanlagen an der Ostsee in der Provinz Schleswig-Holstein. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883, S. 454.

1. Es wird die dem Binnentiefe in der Sekunde zufließende Wassermenge  $q$  ermittelt, welche in den deutschen und holländischen Marschen bei günstiger Höhenlage der Grundstücke gewöhnlich unter Zugrundelegung einer in den Frühjahrsmonaten nach Abzug der Verdunstung übrigbleibenden monatlichen Niederschlagshöhe von 6 bis 12 cm oder von 2 bis 4 mm täglich =  $0,023$  bis  $0,046$  cbm f. d. qkm (100 ha) und Sekunde bestimmt wird. Diese durchschnittliche tägliche Niederschlagshöhe von 2 bis 4 mm ist allerdings gering, sodafs bei heftigem Regen leicht höhere Wasserstände in den Entwässerungskanälen während kurzer Zeit eintreten können, die jedoch nur selten Nachteile hervorrufen, da die Grundstücke selbst noch wasserfrei bleiben. Bei tiefliegenden Niederungen, deren Abwässerung ohnehin durch hohe Aufsenwasserstände oft tagelang unterbrochen wird, ist es dagegen zur Verhütung von länger dauernden und ausgedehnten Überschwemmungen erforderlich, eine gröfsere Niederschlagshöhe von 4 bis 8 mm täglich =  $0,046$  bis  $0,092$  cbm für 100 ha und Sekunde, und, falls auch Kuverwasser zu berücksichtigen ist, bis 10 mm täglich =  $0,115$  cbm für 100 ha und Sekunde zu Grunde zu legen. Z. B. ist von Brunings und Caland<sup>13)</sup> für die 294000 ha grofse, nach den Binnenwasserflächen (Busen) Frieslands abwässernde Fläche die Forderung gestellt, dafs die Niederschlagsmenge des Herbstes und Winters, welche in nassen Jahren durchschnittlich 26 cm beträgt, in der Zeit vom 1. Februar bis 15. April, innerhalb deren die Siele an 50 bis 70 Tagen erfahrungsmäfsig zum Zuge gelangen, abgeführt werde; hieraus ergibt sich eine tägliche Höhe von  $\frac{260}{50}$  bis  $\frac{260}{70} = 5,2$  bis  $3,7$  mm. ( $\frac{0,060}{0,042} = 1,43$ )

Bei dem niederländischen Polder Veluwe ist von Backer<sup>14)</sup> für das niedrige Weideland eine tägliche Niederschlagshöhe von  $7,8$  mm für die höher gelegenen, zur Aufnahme von Wasser in dem Grabennetze geeigneten Wiesen eine tägliche Höhe von  $5,2$  mm gerechnet worden. — Bei den Siele der Ostsee in Schleswig-Holstein hat Runde angenommen, dafs von der Regenhöhe der vier Monate Dezember—März =  $16,8$  cm,  $60\%$  in 14 Tagen, mithin täglich  $7,2$  mm zum Abflufs gelangen. — Lahmeyer nimmt für die Elbmarschen eine abzuführende Niederschlagshöhe von  $8,1$  cm monatlich =  $2,7$  mm täglich an.<sup>15)</sup> ( $= 0,031$  cbm/ha)

Von Einflufs auf die Gröfse der der Berechnung zu Grunde zu legenden Niederschlagshöhe ist auch der Zustand der Binnenwasserzüge. Falls diese verhältnismäfsig breit sind, also die heftigeren Niederschläge ohne erhebliche Überschreitung des Stauspiegels aufnehmen können, so braucht auf dieselben weniger Rücksicht genommen zu werden. Das Verhältnis der von den Binnenwasserzügen eingenommenen Fläche zu der Gesamtfläche beträgt in den Niederlanden bei niedrigen Weideland-Poldern  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{15}$ , bei mittelhohen Poldern  $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{36}$ , bei hohen Flächen  $\frac{1}{70}$ . Bei genauerer Berechnung ist das Binnentief in mehrere Längenabschnitte zu zerlegen und für jeden Abschnitt die entsprechende Wassermenge  $q_1, q_2 \dots$  nach den Flächen zu berechnen.

2. Aus dem Längennivellement und den bekannten oder vorläufig anzunehmenden, nach dem Siele hin sich möglichst erweiternden Querprofilen des Binnentiefs ist der Stauspiegel zu bestimmen; derselbe wird je nach der Kulturart und unter Berücksichtigung des etwa in den Zuggräben verbrauchten Gefälles  $0,3$  bis  $1$  m unter den nied-

<sup>13)</sup> Memorie over den toestand van den binnenlandschen waterstaat in de provincie Friesland, door C. Brunings en P. Caland. Leeuwarden 1871.

<sup>14)</sup> Rapport met ontwerp eener verbeterde afwatering van het polderdistrict Veluwe, door W. J. Backer. Leiden 1881.

<sup>15)</sup> Notizbl. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1854.

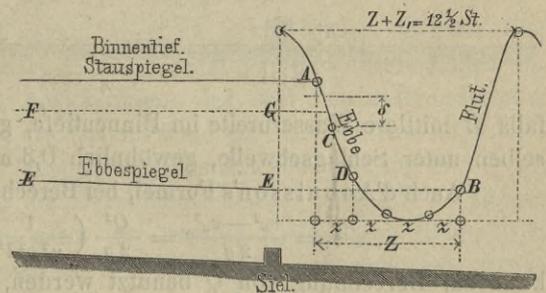
rigsten Grundstücken<sup>16)</sup> angenommen und von diesen ausgehend das Gefälle desselben für jeden Abschnitt des Binnentiefs berechnet. Da sich der Stauspiegel bei geschlossenem Siele bildet, so ist die Wassermenge am Siele gleich Null und wächst nach oberhalb allmählich bis zum konstanten Zuflufs  $q$  im oberen Abschnitte; das Gefälle ist daher in der unteren Strecke höchst gering und nimmt nach oberhalb allmählich zu. Die Rechnung wird entweder nach den Gesetzen über ungleichförmige Bewegung, vergl. Kap. III, geführt oder, indem von der Differenz der lebendigen Kräfte am Anfange und Ende jedes Abschnitts abgesehen, also die Bewegung als gleichförmig angesehen wird, mittels der einfacheren Gleichung  $h = \frac{q^2 l p}{c^2 F^3}$ , wobei die durchschnittlichen Werte jedes Abschnitts eingesetzt werden.

3. In derselben Weise ist der Ebbespiegel des Binnentiefs zu berechnen. Man nimmt denselben am Siele vorläufig in derjenigen Höhe an, in welcher mutmaßlich der Zugang der Thore erfolgen wird, d. h. gewöhnlich 0,2 bis 0,4 m über dem niedrigen Ebbespiegel aufsen vor dem Siele, und ermittelt alsdann abschnittsweise nach den obigen Formeln das Gefälle, welches zur Abführung der im letzten Stadium des Sielzugs allein in Betracht kommenden konstanten Zuflufsmenge  $q_1, q_2 \dots$  erforderlich ist.

4. Sodann ist die Flutkurve des Aufsenwassers unmittelbar vor dem Siele zu zeichnen, wobei es sich empfiehlt, weniger tief abfallende Flutkurven, wie sie gerade in den für die Entwässerung besonders wichtigen Frühjahrsmonaten bei ungünstigen Winden vorkommen, nach Beobachtungen zu Grunde zu legen. Aus dieser Flutkurve ist die Zeit  $Z$  (zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  der Fig. 7), während welcher das Siele geöffnet ist, sowie die Zeit  $Z_1$ , während welcher es geschlossen ist, zu bestimmen und sodann zu ermitteln, ob die während der letzteren Zeit am Abflusse gehinderte Wassermenge  $Z_1 \cdot q$  zwischen dem Stau- und dem Ebbespiegel des Binnentiefs sowie der übrigen Wasserzüge (Zuggräben) gefafst werden kann.

5. Hiernach ist unter Zugrundelegung eines vorläufig anzunehmenden Sielquerschnitts zu berechnen, ob das Siele gut im Stande ist, während der Zeit  $Z$  nicht allein die innerhalb derselben zufließende Wassermenge  $Zq$ , sondern auch die vorher angesammelte Menge  $Z_1q$ , mithin zusammen  $(Z + Z_1)q$  abzuführen. Zu dem Ende wird die Zeit  $Z$  in eine größere Anzahl von Teilen  $z$  (z. B. =  $\frac{1}{2}$  Stunde) geteilt und die Annahme gemacht, daß der Aufsenwasserstand während jeder Periode  $z$  konstant in derjenigen Höhe sei, in welcher sich derselbe in der Mitte derselben befindet, daß er also nach dem Verlaufe der Zeit  $z$  plötzlich zu dem mittleren Stande der folgenden Periode  $z$  abfalle. Für das Binnenwasser wird gleichfalls die Annahme gemacht, daß dasselbe während der Zeit  $z$  in derjenigen Höhe konstant bleibe, welche es in der Mitte derselben hat, indem dieser mittlere Wasserstand vorläufig geschätzt und nötigenfalls nachträglich ge-

Fig. 7.



<sup>16)</sup> Bei den tiefliegenden niederländischen Poldern wird gewöhnlich angenommen, daß der Stauspiegel

	mindestens 0,3 m,	höchstens 0,5 m	unter Weideland,
"	0,3 m,	"	0,75 m " Grasland,
"	0,5 m,	"	1,25 m " Ackerland

gelegen ist.

ändert werden muß. Während der einzelnen Perioden  $z$  wird die Druckhöhe, d. h. die Höhendifferenz  $\delta$  zwischen dem mittleren Binnen- und dem mittleren Außenwasser demnach konstant angenommen, wobei dieselbe am Anfange und Ende des Sielzugs am kleinsten und etwa nach Verlauf einer Zeit  $\frac{Z}{3}$  nach dem Aufgange des Siels bis zum Wiedereinsetzen der Flut am größten ist; es hängt dies namentlich von der Beschaffenheit der Binnenwasserzüge, insbesondere von dem Vorhandensein weiter, nahe am Siele gelegener Wasserflächen ab. Aus dieser Druckhöhe  $\delta$  ist die Wassermenge  $Q$  für die Sekunde zu berechnen, indem das Siele als unvollkommener Überfall angesehen wird, sodafs nach Dubuat in der Sekunde

$$Q = \mu \cdot b \left( \frac{2}{3} \delta + t \right) \sqrt{2g(\delta + h)}, \dots \dots \dots 1.$$

worin bezeichnen:  $b$  Lichtweite des Siels,  $t$  Höhe des Außenwassers über der Schlagschwelle, und zwar beide im engsten Profile gemessen,  $g = 9,81$  m,  $\mu$  Ausflufskoeffizient, welcher bei Sielen mit glatten Wänden, schrägen Flügeln, überhaupt günstigen Ein- und Auslaufverhältnissen und geringen Bewegungswiderständen = 0,85 bis 0,95, bei Ständer-

sielen und Sielen mit weniger günstigen Ein- und Auslaufverhältnissen = 0,7 bis 0,85 und bei besonders ungünstigen Verhältnissen = 0,6 bis 0,7 anzunehmen ist.<sup>17)</sup>  $h$  bezeichnet die Geschwindigkeitshöhe des zufließenden Wassers

$$= \frac{v^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g B^2 (t + k + \delta)^2},$$

falls  $B$  mittlere Wasserbreite im Binnentiefe, gewöhnlich  $2b$  bis  $2\frac{1}{2}b$ , und  $k$  Tiefe desselben unter Schlagschwelle, gewöhnlich 0,3 m.

Auch d'Aubuisson's Formel, bei Berechnung von Brückenweiten vielfach gebraucht,

$$\delta = \frac{v_o^2 - v_u^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g} \left( \frac{1}{\mu^2 b^2 t^2} - \frac{1}{B^2 (t + k + \delta)^2} \right) \dots \dots \dots 2.$$

kann zur Berechnung von  $Q$  benutzt werden, sowie ferner Lesbros' Formel

$$Q = \mu \cdot b (t + \delta) \sqrt{2g(\delta + h)}, \dots \dots \dots 3.$$

in welchen der Koeffizient  $\mu$  jedoch etwas kleiner als bei Anwendung der Formel 1 zu wählen ist, da die Durchflusstiefe in größerer Höhe eingesetzt worden ist. In den Niederlanden wird ferner oft die Formel

$$Q = \mu \cdot b t \sqrt{2g(\delta + h)}, \dots \dots \dots 4.$$

angewandt, bei der, im Gegensatz zu der Formel 3, die Durchflusstiefe geringer, nämlich nur =  $t$ , gesetzt ist, weshalb der Koeffizient  $\mu$  größer, in der Regel = 1, angenommen wird. Befindet sich ein umfangreiches Wasserbecken binnen am Siele, sodafs  $h$  vernachlässigt werden kann, so nimmt die Formel 4 die einfache Gestalt

$$Q = \mu \cdot b t \sqrt{2g\delta} \dots \dots \dots 5.$$

an, deren Maximalwert sich für  $\delta = \frac{1}{3} (\delta + t)$  ergibt.

Da in einer Sekunde  $Q$  durch das Siele abfließt,  $q$  dem Binnentiefe zufließt, so erfährt die angesammelte Wassermenge eine Abnahme  $z (Q - q)$ , aus welcher unter Be-

<sup>17)</sup> Über die Koeffizienten, welche sich aus Versuchen an den Katwyker Schleusen (F. 1—6, T. II) ergeben haben, vergleiche Verhandl. van het koningl. Inst. van Ing. Amsterdam 1853/54. S. 28, sowie Mitteilung von Oppermann in Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866. Der Koeffizient betrug bei der Binnenschleuse mit Druckhöhen von 6—7 cm = 0,937 bis 1,147 und bei der Außenschleuse mit Druckhöhen von 17—33,5 cm = 0,858 bis 0,92.

nutzung der Querprofile der Kanäle der Wasserstand  $F'G$  am Ende der ersten Periode zu berechnen ist. In gleicher Weise wird für die zweite und die folgenden Perioden  $z$  die abfließende Wassermenge und aus dieser wieder die Senkung des Binnenstandes ermittelt; bei richtiger Wahl des Sielquerschnitts muß sich der Binnenstand am Ende der letzten Periode, also beim Zugange des Siels, bis zum erstrebten Ebbespiegel gesenkt haben; bleibt derselbe in größerer Höhe, so ist der Querschnitt zu klein, fällt derselbe unter den Ebbespiegel hinab, so ist er zu groß gewählt; alsdann muß die Rechnung nach Änderung des Querschnitts wiederholt werden.<sup>18)</sup>

Für überschlägliche Berechnungen<sup>19)</sup> verdient ein abgekürztes Verfahren den Vorzug: Es wird das arithmetische Mittel aus den während der Zeitdauer  $Z$  des Sielzugs aufsen vor dem Siele in regelmässigen Zwischenräumen beobachteten Wasserständen ermittelt und die Voraussetzung gemacht, daß dieser mittlere Stand während der Zeit  $Z$  konstant sei und auch im Siele eine konstante Druckhöhe  $\delta$  verbraucht werde. Ist  $t$  die Tiefe der Sielschwelle unter jenem mittleren Aufsenwasser,  $Q$  die durchschnittlich i. d. Sekunde abfließende Wassermenge  $= q \frac{(Z + Z_1)}{Z}$ , so ist aus Formel 1:

$$b = \frac{Q}{\mu \left(\frac{2}{3} \delta + t\right) \sqrt{2g(\delta + h)}}$$

oder aus Formel 2:

$$b = \frac{Q \cdot B \cdot (t + k + \delta)}{\mu \cdot t} \sqrt{\frac{1}{2g\delta B^2(t + k + \delta)^2 + Q^2}}$$

Jene Druckhöhe  $\delta$  ist in Rücksicht darauf, daß sie zur Zeit des stärksten Sielzugs doch noch auf etwa das Doppelte wächst, zur Verhütung von übermäßigen Geschwindigkeiten und dadurch veranlaßten Auskolkungen bei sehr hohen Grundstücken (Sielzug  $Z$  bis 9 Stunden) höchstens zu 15 cm, bei mittelhohen Grundstücken (Sielzug  $Z$  etwa 4 bis 5 Stunden) zu 7 cm, bei sehr niedrigen Grundstücken (Sielzug  $Z$  oft nur  $1\frac{1}{2}$  Stunden) zu 3 cm anzunehmen. Wird die Druckhöhe zu groß gewählt, so steigert sich die Geschwindigkeit im Bauwerke zu einer für dasselbe nachteiligen Höhe; wird sie gar zu klein angenommen, was im Interesse der Vorflut ja erwünscht sein würde, so wird das Siel sehr weit, also sehr kostspielig und es kann auch die Ausflußgeschwindigkeit in der Sommerzeit so gering werden, daß Verschlickungen im Siele entstehen und dadurch die Thore in ihrer Bewegung gestört werden.

Bei 15 cm mittlerer, zur Zeit des stärksten Sielzugs auf etwa 30 cm gesteigerter Druckhöhe und bei einer Zuflufgeschwindigkeit von 0,5 m, also  $h = \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,013$ , würde die Maximalgeschwindigkeit  $v = \mu \sqrt{2g(\delta + h)} = 0,9 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,313} = 2,3$  m, somit schon sehr beträchtlich sein. In sehr nasser Jahreszeit, wo das Binnenwasser eine größere Höhe erreicht, wird sie leicht bis auf 3 m gesteigert werden.

Beispielsweise würde für mittlere Verhältnisse  $Z = 4\frac{1}{2}$  Stunden,  $q = 0,035$  cbm pro 100 ha und Sekunde sein, also eine 6000 ha große Fläche während des Sielzugs durchschnittlich  $\frac{6000}{100} \cdot 0,035 \cdot \frac{12^{1/2}}{4^{1/2}} = 5,83$  cbm abführen. Wird  $\delta = 0,07$ ,  $h = 0,01$ ,  $t = 1,0$  und  $\mu = 0,8$  angenommen, so berechnet sich die Sielweite aus der Gleichung

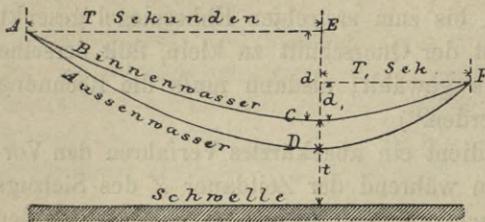
$$b = \frac{5,83}{0,8 \left(\frac{2}{3} \cdot 0,07 + 1,0\right) \sqrt{2 \cdot 9,81 (0,07 + 0,01)}} = 5,6 \text{ m.}$$

<sup>18)</sup> Vgl. auch Herschel. Querschnitt und Höhenlage von Entwässerungsschleusen. Zeitschr. f. Bauw. 1871, ferner: Herschel. Berechnung der Wirkung eines Siels mit Hilfe graphischer Darstellung. Journ. of the Franklin Institute 1871, S. 105 u. 181.

<sup>19)</sup> Mitteilungen von Lahmeyer s. Notizbl. (1854) und Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover (1857).

Für überschlägliche Berechnungen läßt sich auch das folgende Verfahren anwenden. Es wird die Annahme gemacht, daß das Binnen- und das Aufsenwasser nach parabolischen Linien  $AC$  und  $AD$  abfallen, wobei  $A$  den Beginn des Sielzugs bezeichnet, an dem beide Wasserspiegel gleich hoch stehen.

Fig. 8.



Bei dieser Annahme wird die Druckhöhe allmählich zunehmen und am größten, nämlich  $= CD = \delta$  zur Zeit der niedrigsten Ebbe sein, nachdem sich der Stauspiegel um  $EC = d$  gesenkt hat. Aus der Näherungsformel 5 ergibt sich die während der Zeitdauer  $AE = T$  Sekunden zum Abflufs gelangte Wassermenge

$$Q = \frac{\mu \pi b T}{16} (d + \delta + 4t) \sqrt{2g\delta},$$

falls  $t$  die Höhe des niedrigsten Aufsenwassers über der Schlagschwelle bezeichnet.

Unter der ferneren Annahme, daß beide Wasserspiegel auch wieder nach parabolischen Linien ansteigen, bis nach Verlauf von  $T_1$  Sekunden, nachdem sich der Binnenwasserspiegel um  $d_1$  gehoben hat und der Binnen-Ebbespiegel eingetreten ist, der Zugang des Siels bei dem Stande  $F$  erfolgt, ergibt sich die während der Zeitdauer  $T_1$  abgeflossene Wassermenge

$$Q_1 = \frac{\mu \pi b T_1}{16} (d_1 + \delta + 4t) \sqrt{2g\delta},$$

mithin die insgesamt während des Sielzugs abgeführte Wassermenge  $= Q + Q_1$ . Zum Zwecke der Berechnung der Sielweite wird diese Wassermenge für die Weite  $b = 1$  ermittelt; dann ergibt sich die zu berechnende Sielweite aus dem Verhältnis der während einer Tide abzuführenden Wassermenge zu dem für die Weite  $b = 1$  gefundenen Werte.

Beispielsweise betrage für einen niedriggelegenen, 1500 ha großen Polder die täglich abzuführende Wassermenge bei 8 mm Abflufshöhe  $= 120000$  cbm und unter Hinzurechnung von 20000 cbm für das von aufsen sowie durch Kuverung zufließende Wasser zusammen 140000 cbm, mithin für die überschläglich zu 12 Stunden gerechnete Tide  $= 70000$  cbm. Der Polder bestehe aus Weideland und sei von einem Grabennetz durchzogen, welches  $\frac{1}{10}$  der Fläche einnimmt, sodafs ein erheblicher Gefällverlust in den Wasserzügen nicht eintritt und der Höhenunterschied zwischen Stau- und Ebbespiegel nur 0,03 m ist. Es liege über dem niedrigsten Aufsenpiegel: der Polder 0,6 m, der Binnen-Stauspiegel 0,23 m, der Binnen-Ebbespiegel 0,20 m, der niedrigste Binnenspiegel 0,1 m, sowie unter denselben die Schlagschwelle 1,05 m; hiernach ist also  $d = 0,13$  m,  $d_1 = 0,10$  m,  $\delta = 0,1$  m,  $t = 1,05$  m. Die Zeitdauer  $T$  zwischen dem Aufgange des Siels und der tiefsten Ebbe betrage 2 Stunden  $= 7200$  Sek., die Zeit  $T_1$  bis zum Zugange des Siels betrage 5400 Sek. ( $1\frac{1}{2}$  Std.), mithin der Sielzug  $3\frac{1}{2}$  Stunden. Für  $\mu = 1$  ergibt sich dann für die Weite  $b = 1$  die Wassermenge  $= 7670 + 5700 = 13370$  cbm und hieraus die erforderliche Sielweite  $= \frac{70000}{13370} = 5,2$  m.

Der Umstand, daß in den beiden Beispielen für 6000 ha bzw. 1500 ha fast dieselbe Weite ermittelt worden ist, findet seine Erklärung darin, daß im ersteren Falle die tägliche Abflufshöhe nur 3 mm, der Sielzug  $4\frac{1}{2}$  Stunden, im letzteren Falle die Abflufshöhe einschließlic Quellwasser  $9\frac{1}{2}$  mm, der Sielzug  $3\frac{1}{2}$  Stunden angenommen worden sind; im zweiten Beispiele ist deshalb die durchschnittlich in der Sekunde während des Sielzugs abfließende Wassermenge  $= \frac{70000}{3\frac{1}{2} \cdot 3600} = 5,56$  cbm, d. i. fast ebenso groß, wie in dem ersteren Beispiele mit 5,83 cbm.<sup>20)</sup>

Die Weite der Flußdeich-Siele ist in ähnlicher Weise zu bestimmen; die Wassermenge, welche im Frühjahr nach lang andauerndem Hochwasser im Binnenlande sich ansammelt und oft durch Quallwasser in solchem Mafse vermehrt wird, daß große Flächen tief unter Wasser stehen, ist durch Peilungen oder aus Nivellements zu ermitteln und deren Abführung unter Hinzufügung eines gleichzeitig stattfindenden Zuflufs  $q$  für einen aus den örtlichen Verhältnissen zu bestimmenden Aufsenwasserstand

<sup>20)</sup> Waterbouwkunde door Henket, Schols en Telders. I. Deel. Afd. II. Sluizen door J. M. Telders. Gravenhage 1891. — Verfahren zur Beantwortung der Frage, ob die bestehenden Entwässerungsanstalten der Elbmarschen den Ansprüchen an einen rationellen landwirtschaftlichen Betrieb genügen, von A. v. Horn, s. Deutsche Bauz. 1884, S. 54.

in einer 8 bis 14 tägigen Periode zu berechnen. Die in der Schleuse verbrauchte mittlere Druckhöhe ist hierbei, je nachdem die Grundstücke mehr oder weniger günstig gelegen sind, zu 15 bis 5 cm anzunehmen. Die Berechnung ist hier allerdings in genauer Weise nicht durchzuführen, weil die Schwankungen des Aufsenwassers und die Ermittlungen über die abzuführende Wassermenge noch weit unsicherer als bei den Seedeich-Sielen sind; man muß sich deshalb auf eine überschlägliche Berechnung beschränken; eine Vergleichung des aus der Rechnung ermittelten Ergebnisses mit anderen benachbarten, als genügend anerkannten, ähnlich gelegenen Bauwerken ist sowohl hier wie bei den Seedeich-Sielen zu empfehlen.

**§ 6. Konstruktion der Siele im allgemeinen.** Die Siele werden, damit sie die Sicherheit des Deichs zu keiner Zeit gefährden, stärker als andere Bauten ähnlicher Art konstruiert. Ihre Bauweise ist eine sehr verschiedene und hauptsächlich abhängig:

- a. von der Art des Deichs, ob derselbe Flufs- oder Seedeich, Haupt- oder Sommerdeich, einem großen oder geringen Wasserdrucke ausgesetzt, auf gutem oder schlechtem Grunde gelagert ist;
- b. von der Größe und den Zwecken des Bauwerks, ob dasselbe gleichzeitig und in hervorragender Weise der Schifffahrt dienen oder auch als Einlaßschleuse, sowie zum Aufstauen des Binnenwassers benutzt werden soll;
- c. von dem Materiale und von örtlichen Eigentümlichkeiten.

Die Siele sind gewöhnlich bedeckt, indem der Deichkörper über die hölzerne Decke oder das massive Gewölbe, wenn nicht in voller Stärke, so doch im oberen, bei Hochwasser hauptsächlich gefährdeten Teile fortgeführt wird; bei geringer Weite bis etwa 1,5 m nennt man sie Pumpsiele oder Pumpen.

Offene Deichschleusen werden hergestellt, falls der Deichkörper über einem bedeckten Siele zu klein bleiben würde, um den Angriffen des Wellenschlages und Eisganges Widerstand leisten zu können, was namentlich bei kleineren Deichen leicht eintritt, oder falls bedeckte Siele nicht die nötige Lichthöhe für die Schifffahrt gewähren. Sie sind in der Anlage und Unterhaltung kostspieliger als bedeckte Siele; ihre größeren Thore sind weniger leicht beweglich und wegen des Verziehens weniger wasserdicht. Ferner erfordern sie Roll-, Klapp-, Dreh- oder sonstige bewegliche Brücken für den Verkehr, falls solcher von Bedeutung ist.

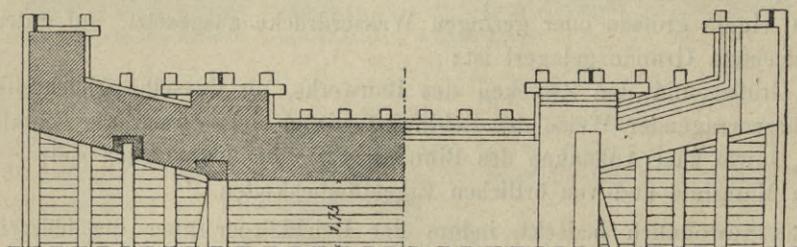
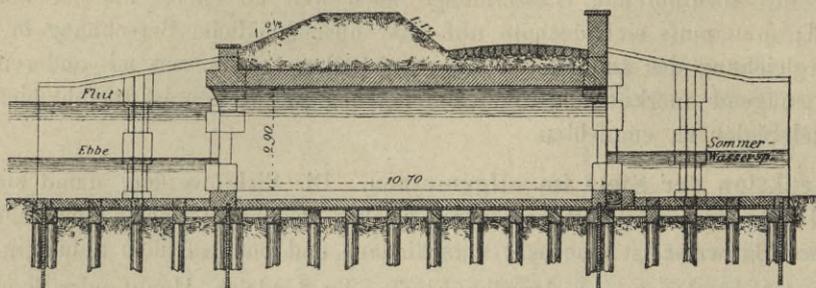
Der mittlere Teil des Bauwerks, über welchen bei den bedeckten Sielen der Deich fortgeführt ist und welcher auch die Haupt-Abschlußvorrichtung enthält, heißt das Haupt-siel, dessen Boden stets durchaus wasserdicht hergestellt sein muß. An dasselbe schliessen sich nach aufsen das Aufsenvorsiel, nach binnen das Binnenvorsiel; sie bilden den Übergang zu den Sieltiefen, erweitern sich daher am besten nach den Enden und erstrecken sich bei wichtigen Sielen bis in die Bermen und selbst durch die volle Breite derselben. Der Boden der Vorsiele ist bei größeren Sielen gleichfalls wasserdicht hergestellt, um Auswaschungen bei der heftigen Durchströmung unmittelbar vor dem Hauptsiele zu verhüten und die Sicherheit gegen den Durchbruch des Wassers im Boden zu erhöhen, bei kleineren Sielen dagegen ist er nur durch Sturzbetten aus Faschinen mit Steinpackung oder dergl. gesichert; namentlich kann der Boden des weniger wichtigen Binnenvorsiels in dieser billigeren Konstruktion hergestellt werden.

Der Anschluß der Vorsiele an das Maifeld wird durch Flügel vermittelt, die entweder rechtwinklig oder schräg zur Sielaxe gelegt werden. Schräge Flügel sind vorzuziehen, weil sie dem vom Deichkörper ausgeübten Erddrucke weniger ausgesetzt sind,

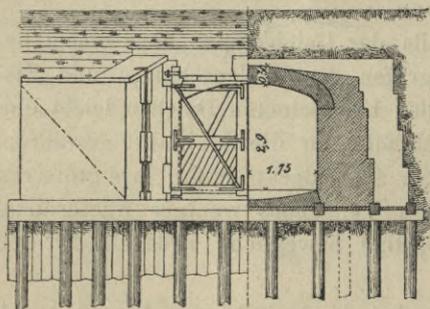
mithin weniger leicht abreißen. Bei den deutschen Sielen sind die Flügel in gleicher Weise wie das übrige Bauwerk fundiert und im Zusammenhang mit demselben aus

Fig. 9. Jümme-Siel. M. 0,005.

a. Längenschnitt und halber Grundrifs.



b. Binnen-Ansicht. Querschnitt.



massiven Sielen zuweilen auf geringe Länge gleichfalls massiv erbaut; öfter finden sich die billigeren Bohlwerke oder Faschinendeckwerke; der letzte, weniger gefährdete Teil derselben wird auch oft durch Böschungen mit starken Faschinenbespreutungen, Pflasterungen u. s. w. ersetzt. Im Anschlusse an die Böden der Vorsiele, welche nicht selten bis zu den Enden der Flügel ausgedehnt werden, sind die Sieltiefe durch Sturzbetten gegen Ausspülungen der Sohle zu sichern. Gewöhnlich genügt eine Länge von etwa 10 m, doch sind bei Einlassschleusen und Sielen mit starker Strömung oder Spülung weit größere Längen erforderlich. Kann die Ausführung im Trocknen erfolgen, so wird in den Niederlanden die klaihaltige Sohle zunächst mit einer 5—10 cm starken Rohrlage dicht abgedeckt, über dieser eine etwa 20 cm starke Lage von Faschinen oder Würsten mittels Flechtzäunen befestigt und sodann eine gleich starke Schicht von Steinschlag oder grobem Kies als Unterlage der oberen 25 cm starken Steinpackung aufgebracht. Bei der Ausführung unter Wasser werden Sinkstücke mit Flechtzäunen verwendet, welche eine Überschüttung von Steinschlag und großen Bruchsteinen erhalten.

gleichem Materiale aufgeführt, sodafs sie bei kräftiger Konstruktion die Standfähigkeit desselben erhöhen, während in den Niederlanden die langen Flügel zur Kostenersparnis häufig als nicht fundierte Mauern aus Säulenbasalt (F. 19—21, T. IV) ohne Zusammenhang mit dem sorgfältig fundierten, in Klin-

kern aufgemauerten Sielen hergestellt werden; infolge des Setzens der nicht fundierten Flügel bildet sich gewöhnlich zwischen beiden eine breite Fuge. An die Flügel schliessen sich bei größeren Sielen Uferschälwände zur Einfassung der Sieltiefe. Sie reichen mindestens bis zu dem Ende der Bermen bzw. soweit, als eine heftige Bewegung des Wassers bei der Auswässerung oder beim Einlassen des Aufsenwassers zu befürchten ist oder als es die Schifffahrt erheischt. Diese Schälwände sind nur bei

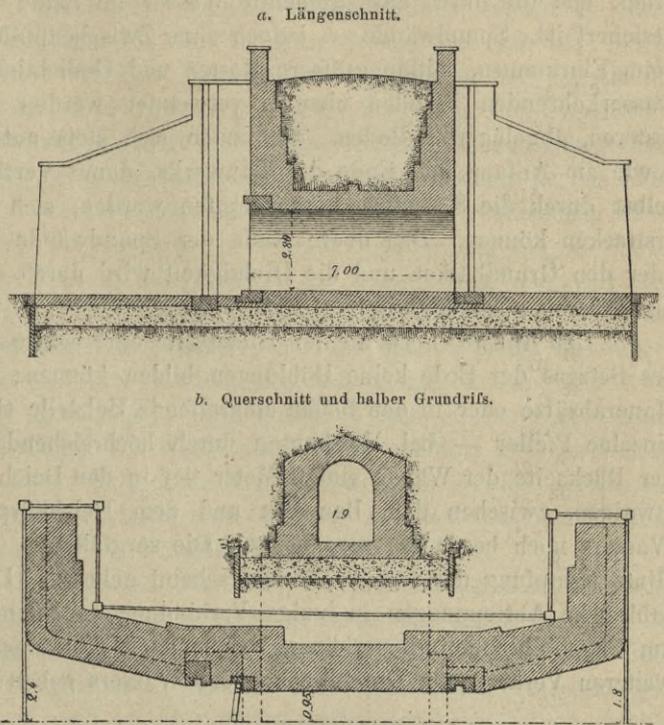
Betreffs der Länge der Siele lassen sich zwei Arten unterscheiden, die langen Siele, Fig. 9, bei denen das Hauptsiel unter dem ganzen Deichkörper soweit fortgeführt

ist, daß die Decke an den beiden Enden noch etwa 0,6 m hoch mit Erde bedeckt bleibt, wobei kurze Vorsiele mit niedrigen Wänden entstehen, und die kurzen Siele, Fig. 10 (Siel bei Haffen am Unterrhein), bei denen das Hauptsiel nur von geringer Länge, oft nur gleich der Breite der Deichkappe ist, während hohe Wände an den beiden Stirnen des Hauptsiels und in den langen Vorsielen gebildet werden. Die langen Siele verdienen den Vorzug, weil sie in der Regel billiger sind und der Deichkörper eine größere Masse besitzt, mithin widerstandsfähiger bleibt; auch bedürfen die hohen Stirn-, Vorsiel- und Flügelwände großer Stärken, weshalb bei älteren Siele dieser Art sehr häufig Abspreizungen zwischen den Vorsielwänden vorgenommen worden sind. Die Unterhaltung der hohen, den Witterungseinflüssen ausgesetzten Wände ist auch eine kostspieligere.

Die bedeckten Siele werden entweder aus Holz oder massiv erbaut, doch findet in letzterem Falle das Holz auch zu den Fundamenten und dem Boden Verwendung; die offenen, den Witterungseinflüssen mehr ausgesetzten Deichschleusen werden dagegen in der Regel massiv hergestellt. Bei Flusdeichen, deren Untergrund wegen der geringen Mächtigkeit der oberen Alluvionschicht gewöhnlich günstig für die Fundierung ist, werden vorzugsweise die dauerhafteren massiven Siele, und zwar entweder auf Beton oder, falls der tragfähige Boden tiefer liegt, auf einem Pfahlrost erbaut. Bei den Seedeichen ist dagegen das nicht tragfähige Alluvium (Klai, Moor, Darg) meist von solcher Mächtigkeit, daß die Herstellung durchaus sicherer Fundamente für den Massivbau mit erheblichen Kosten verknüpft ist, daher bis auf die Gegenwart auch hölzerne Siele in den deutschen Seemarschen erbaut worden sind; allerdings werden hölzerne Siele von größerer Weite wegen der gesteigerten Holzpreise und der leichteren Beschaffung von Steinen und hydraulischem Mörtel immer seltener; in den Niederlanden sind sie fast ganz verschwunden. Früher bildeten dieselben sogar die Regel, obgleich der obere Teil der Seitenwände und die Decke, welche sich über Wasser befinden, keine große Dauer haben und der Boden durch die Strömung des Wassers, namentlich falls dasselbe Sand führt, stark angegriffen wird.

Bei massiven Seedeich-Siele ist der Pfahlrost, welcher die fast ausschließlich vorkommende Fundierung ist, mit der größten Sorgfalt herzustellen.

Fig. 10. *Siel bei Haffen am Rhein.* M. 0,001.



Die Pfähle reichen einige Meter in den tragfähigen Boden und tragen auf Grundbalken den gewöhnlich sich wagerecht durch das Bauwerk erstreckenden Bohlenbelag, der bei wichtigen Bauten durch Übermauerung u. s. w. noch gegen den Wasserdruck und die durch das strömende Wasser im Laufe der Zeit eintretende Abnutzung gesichert ist. Spundwände — jedoch ohne Zwischenpfähle, welche nur Schwierigkeiten beim Einrammen, mithin gröfsere Kosten und Undichtigkeiten hervorrufen, deshalb bei wasserkehrenden Wänden niemals verwendet werden sollten — reichen bis in den festeren, abgelagerten Boden. Sie finden sich stets unter den Verschlufsvorrichtungen, sowie am Anfang und Ende des Bauwerks, damit Vertiefungen der Sohle, welche daselbst durch die Strömung hervorgerufen werden, sich nicht bis unter das Bauwerk erstrecken können. Das obere Ende der Spundwände greift bis in den Bohlenbelag oder den Grundbalken und die Dichtigkeit wird durch eingelegtes weiches Löschpapier und Teeren noch erhöht.

Den Wänden ist an der Hinterseite eine solche Form zu geben, dafs sich trotz des Setzens der Erde keine Höhlungen bilden können; unterschrittene Mauern, breite Mauerabsätze oder in den Boden eingreifende Holzteile sind daher zu vermeiden. Durch einzelne Pfeiler — bei Holzbauten durch hochreichende Spundwände —, welche von der Rückseite der Wände einige Meter tief in den Deichkörper geführt sind, wird einer etwaigen, zwischen dem Bauwerk und dem Deichkörper auftretenden Bewegung des Wassers noch besonders vorgebeugt. Die sorgfältigste, in einzelnen Lagen ausgeführte Hinterstampfung des fertigen Siels erscheint geboten. Der alte Deichkörper ist durch zahlreiche Abtreppungen in innige Verbindung mit dem neuen Erdkörper zu bringen, um Fugenbildungen zu verhüten, welche leicht Veranlassung zum Durchquellen und im weiteren Verlauf zum Durchbrechen des Wassers geben können.

§ 7. Verschlufsvorrichtungen der Siele. Die Verschlufsvorrichtungen der Flufsdeich-Siele werden in der Regel nicht selbstthätig eingerichtet, da sie monatelang geöffnet bleiben und nur einigemal im Jahre, wenn sich das Aufsenwasser über den Binnenwasserstand erhebt, zu schliessen sind. Es genügen daher vertikale Schütze, welche durch die im III. Kapitel beschriebenen Vorrichtungen und zwar gewöhnlich mittels Hebel (Wuchtbäume), Ketten nebst Windewellen oder Zahnstangen nebst Getrieben bewegt werden. Dieser Verschluss ist insofern den Thoren oder Klappen vorzuziehen, als etwaige vor den Schlagschwellen liegende fremde Körper weniger störend wirken können und das Schütz jederzeit geöffnet oder geschlossen werden kann. Ist jedoch das Aufsenwasser häufigen und unerwartet eintretenden Schwankungen gegenüber dem niedrigen Binnenwasser ausgesetzt, sodafs der richtige Zeitpunkt für das Schliessen der Schützen leicht verfehlt wird oder kann der Wärter nicht in der Nähe der Schleuse wohnen, so verdienen Thore, bei den kleinen Pumpsielen Klappen, welche selbstthätig von dem Aufsenwasser geschlossen und von dem Binnenwasser wieder geöffnet werden, sobald nur ein geringer Wasserdruck entsteht, den Vorzug vor den Schützen. Bei grofser Weite der Schleuse werden die Thore auch deshalb vorgezogen, um die grofsen kostspieligen Schützwinden, deren Reparatur bei entlegenen Bauwerken oft mit Schwierigkeiten verknüpft ist, zu vermeiden. Durch Anwendung von eisernen Schütztafeln, welche behufs Verminderung der Reibung mit Rollen, sowie ferner mit Gegengewichten versehen sind, läfst sich allerdings die zu ihrer Bewegung erforderliche Kraft erheblich vermindern, sodafs die Schützwinde einfacher ausfällt, andererseits wird aber die Schütztafel durch die Hinzufügung beweglicher Teile empfindlicher, sodafs sie nach monatelanger Pause in der Stunde der Gefahr leichter versagen kann.

Bei den Seedeich-Sielen der deutschen, an der Elbe, Weser und Ems gelegenen Marschen kommen gegen das Aufsenwasser fast ausnahmslos selbstthätig wirkende Verschlussvorrichtungen vor, nämlich Thore bei den größeren Sielen, Klappen bei den Pumpsielen, welche von der Flut geschlossen werden und sich öffnen, sobald die Ebbe zur Höhe des Binnenwassers abgefallen ist. Die Klappen drehen sich um eine obere horizontale Achse, die Thore haben vertikale Achsen; letztere bestehen nur in seltenen Fällen aus einem einzigen oder aus zwei in derselben Ebene liegenden, sich gegen einen Mittelständer oder Mittelpfeiler legenden Thorflügeln, sind vielmehr in der Regel sogenannte Stemmthore, deren Kante gegen das höhere Aufsenwasser gekehrt ist. In allen größeren Seedeich-Sielen, mit Ausnahme derjenigen in den wenig gefährdeten Rückdeichen, finden sich sogar fast ausnahmslos zwei Thore hintereinander, um den bei Sturmfluten entstehenden bedeutenden Wasserdruck verteilen zu können und auch für den Fall, daß Reparaturen an einem Thore eintreten, noch gesichert zu sein. Bei den bedeckten Sielen wird dann in der Regel das äußere, bei den offenen Sielen das innere Thor zum Kehren der gewöhnlichen Fluten benutzt, das andere, das Sturm- oder Notthor, wird von dem Sielwärter geschlossen, falls höhere Fluten zu befürchten sind; durch Thorschützen wird die Verteilung des Wasserdrucks herbeigeführt und verhindert, daß die äußeren Thorflügel, nachdem die inneren zuerst geschlossen worden, durch den Wellenschlag, welcher ein Ein- und Rückströmen des Wassers zwischen die beiden Thore veranlaßt, abwechselnd gewaltsam auf- und zugeschlagen werden.

Abweichend von den Deichschleusen der Elb-, Weser- und Emsmarschen sind dagegen diejenigen der schleswig'schen Westküste eingerichtet, bei denen Notthore in den bedeckten Sielen nur selten, nämlich bei alten hölzernen Sielen, anzutreffen sind. Aufser einem Thor an der Aufsenstirnwand, welches zum Kehren des Aufsenwassers dient und den vollen Wasserdruck auch bei Sturmfluten aufnehmen kann, ist ein Schütz am Binnenende des Hauptsiels angeordnet, F. 14, T. II, sowie F. 5—8 und 22, T. IV. Es soll in erster Linie zum Anstauen des Binnenwassers behufs Verhütung einer zu tiefen Senkung desselben im Sommer oder behufs Spülung des Aufsentiefs dienen, aber auch in Notfällen, beim zufälligen Versagen der Aufsenthore, zum Schutz gegen das Eindringen des Aufsenwassers benutzt werden; das Schütz ersetzt also gleichzeitig das Notthor und das Ebbethor.

Auch bei den niederländischen bedeckten Seedeich-Sielen sind zum Kehren des Aufsenwassers vielfach in neuerer Zeit aufser einem Thor noch Schützen verwendet worden, vergl. F. 2, T. III, und zwar aus den folgenden Gründen:

1. Zur Verhütung eines längeren Auf- und Zuschlagens der Thorflügel, wodurch diese nicht allein in ihrem Zusammenhange gelockert werden, sondern auch eine Schädigung des Bauwerks herbeiführen können. Es tritt das Schlagen namentlich bei gefährdeter Lage des Siels und rauhem Wetter ein, indem durch die Wirkung von Wind und Wellen der Wasserstand vor den geschlossenen Thoren auf kurze Zeit wieder unter den Binnenstand gesenkt wird, sodafs ein wiederholtes Öffnen und Zugehen der Thorflügel erfolgt. Es wird dann wohl eine Schütztafel an der Aufsenstirnmauer oder unter der Aufsenböschung hinzugefügt, welche bei stürmischem Wetter herabgelassen wird, während gewöhnlich die im Innern des Hauptsiels belegenen Thore benutzt werden.
2. Falls die Flut sehr langsam anwächst, mithin die nach innen gehende Strömung zu gering ist, um die Thorflügel selbstthätig rechtzeitig schliesen zu können.

3. Zur leichteren Regulierung des Binnenwasserspiegels in Niederungen, für welche ein gleichbleibender Wasserstand wegen der Schifffahrt gewünscht wird oder in denen die Entwässerung alljährlich im Sommer längere Zeit unterbrochen wird.
4. Falls das Siel zum Einlassen größerer Wassermengen dienen soll; für geringere Wassermengen reichen die in den Thoren anzulegenden Schützöffnungen aus, bei kleineren Sielen werden auch wohl die Thore oder Klappen vollständig aufgesperrt.

Ein im Hauptsiele oder an dessen Aufsenstirnwand angebrachtes Schütz gewährt allerdings insofern den Vorzug, als es nach Belieben sowohl zum Kehren des Aufsenwassers als zum Zurückhalten des Binnenwassers zu benutzen ist und jederzeit geöffnet oder geschlossen werden kann, während sich Thore nur bewegen lassen, falls der Wasserstand an beiden Seiten etwa gleich hoch steht. Ein Nachteil der Thore ist ferner, daß sich die beiden Flügel nur selten gleichmäßig bewegen oder von der eingehenden Strömung gleichmäßig getroffen werden, sodafs gewöhnlich zuerst der eine Flügel und erst später, nachdem die Strömung stärker geworden, der andere Flügel mit größerer Gewalt geschlossen wird. Um überhaupt von der Strömung geschlossen zu werden, dürfen die Flügel auch nicht vollständig zurückgedreht werden, wodurch eine Beschränkung der Weite entsteht; die Flügel eines Thores werden deshalb in der Thorkammer festgestellt und nur bei stürmischem Wetter, wenn höhere Fluten zu befürchten sind, mitbenutzt. Es ist alsdann erwünscht, daß zuerst das innere und darauf das äufsere Thor von der eingehenden Strömung geschlossen wird; tritt der umgekehrte Fall ein, so läfst sich ein im Innern des bedeckten Hauptsiels liegendes Thor durch den Sielwärter nur mit Hilfe eines Kahnes schliessen, was umständlich und in dunkelen, stürmischen Nächten auch mit Gefahren verknüpft ist.

Die Anordnung eines Thores, welches von der Strömung täglich geöffnet und geschlossen wird und eines Schützes, welches bei höheren Aufsenwasserständen, sowie zum Einlassen von Aufsenwasser und zur Regulierung des Binnenwassers benutzt wird, gewährt demnach mancherlei Vorteile. Kommen aber die letzteren Zwecke wenig in Betracht, handelt es sich allein oder vorwiegend um das Kehren des Aufsenwassers, so wird bei allen großen Sielen das Notthor den Vorzug vor dem Schütz verdienen, falls es nicht im überdeckten Hauptsiele, sondern im offenen Binnenvorsiele angeordnet ist (F. 1, T. III), sodafs es jederzeit vom Wärter leicht bedient, namentlich auch von dem sich vor dem Dremmel ablagernden Sand und Schlamm gereinigt werden kann. Gerade bei denjenigen Einrichtungen, welche nur selten, in der Stunde der Gefahr, benutzt werden, ist die größte Vorsicht geboten; in den deutschen Seemarschen ist das Vertrauen zu den Thoren größer als zu den Schützen mit ihren Winden.

Wird auch das Schütz fortgelassen und nur ein Thor verwendet, so pflegen Reservethore aus Kiefernholz angeschafft zu werden; die eichenen, im Winter zu benutzenden Thore werden dann alljährlich im Sommer herausgenommen, um gründlich nachgesehen und mit heißem Leinöl getränkt zu werden, während für die Zwischenzeit die Reservethore eingehängt werden.

Um das Siel mit Leichtigkeit trockenlegen, die Thore nachsehen zu können u. s. w. werden bei größeren massiven Sielen stets Dammfalze sowohl im Aufsen- wie im Binnenvorsiele angelegt; bei größeren Sielen befinden sich zwei Falze nebeneinander von 20 bis 30 cm Breite und Tiefe.

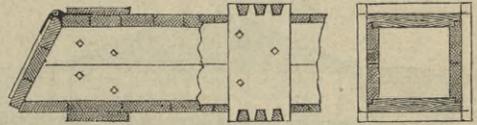
§ 8. **Pumpsiele.** Pumpsiele werden hauptsächlich in Binnendeichen, Kajedeichen und sonstigen kleineren Deichen, seltener in den gröfseren Hauptdeichen erbaut, da bei letzteren die für Aufgrabung des Deiches, Abdämmung der Sieltiefe u. s. w. aufzuwendenden Kosten stets sehr beträchtlich sind und da ferner gröfsere Abwässerungsverbände mit gröfseren Sielen wegen der Freihaltung des Aufsentiefs von Verschlickungen, sowie wegen der Schiffahrt den Vorzug verdienen. Bei gutem Baugrunde oder reichlichen Geldmitteln werden sie am besten massiv oder, bei geringen Weiten, aus Gufseisen hergestellt, dagegen bei schlechterem Baugrunde oder knappen Geldmitteln von Holz ausgeführt.

Bei den hölzernen Pumpsielen werden für geringe Weiten von 0,2 bis 0,5 m□ nur einzelne, mittels Zinken zusammengearbeitete Rahmen aus Bohlen aufsen um die 5 bis 8 cm starken Bohlen gelegt, Fig. 10 a.

Sind mehrere Bohlen zu den Seitenwänden nötig, so müssen sie, um nicht eingedrückt zu werden, mittels Schraubbolzen an den Rahmbohlen befestigt werden. Für gröfsere Weiten, von 0,5 bis 1,5 m□, werden einzelne, etwa

$\frac{10}{10}$  cm starke Rahmen oder Gebinde in etwa 1 m Entfernung aufgestellt, aufsen mittels 5 bis 8 cm starker Bohlen verkleidet, sowie bei gröfseren Bauwerken (F. 5, T. I) noch durch obere und untere Langschwellen verbunden.

Fig. 10 a.



Die hölzernen Pumpsiele werden in kleinen Deichen und bei günstigen Verhältnissen ohne jede Fundierung verlegt und mit Thon ringsum eingestampft; es wird nur eine kleine Spundwand nebst Flügelwand an der Aufsenseite angeordnet. Bei weichem Untergrunde und gröfseren Deichen tritt jedoch leicht ein so ungleichmäfsiges Setzen des Deiches ein, dafs das Bauwerk stark verbogen und zerstört wird; in solchen Fällen leisten einige Grundpfähle, auf deren Holm das Pumpsiel verlegt wird, gute Dienste. Es ist überhaupt bei wichtigen Deichen vorzuziehen, gröfsere Pumpsiele nach Art der Ständersiele, F. 14, T. I, jedoch ohne Kopfbänder, Spannbalken und Längsschwellen der Grundpfähle, oder nach Art der Balkensiele F. 6, T. I zu erbauen<sup>21)</sup>, sie mit kleinen Flügeln, selbst mit kurzen Vorböden zu versehen und namentlich zur Verhütung von gefährlichen Durchquellungen stets eine 5 bis 8 cm starke Spundwand am äufseren Ende unter dem Boden einzurammen, welche an beiden Seiten noch je etwa 1 m lang in den Deichkörper als höhere Flügelwand verlängert wird. Ein Beispiel dieser Art zeigt F. 7<sup>a-d</sup>, T. II; hier ist das Pumpsiel nach Art der Balkensiele konstruiert, indem die Gebindeständer nicht nach innen vorstehen, wo sie der Bewegung des Wassers hinderlich sein würden, sondern an der Rückseite der Bohlen; diese müssen mittels Schraubbolzen mit den Ständern verbunden werden, um nicht von der Erde eingedrückt zu werden. Nur an den beiden Enden oder Stirnwänden des Hauptsiels sind die Ständer sichtbar; diejenigen an der Aufsenwand bilden die Nischen der kleinen Stemmtüren. Wegen des im vorliegenden Falle vorhandenen sehr weichen Bodens ist nicht allein eine Spundwand nebst Flügelspundwand an der Aufsenwand unter den Thüren, sondern auch an der Binnenwand und vor dem kleinen Aufsenvorboden angeordnet, doch können diese letzteren beiden Spundwände unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. bei gutem Klaiboden, fortgelassen werden. Das Hauptsiel hat, abweichend von der gewöhnlichen Konstruktion, eine sehr geringe Länge erhalten, indem es nur durch die Kappe des als

<sup>21)</sup> Vergl. ein solches Ständer-Pumpsiel in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. 11, Bl. 308.

Binnendeich benutzten Wegedammes geführt ist. Dadurch entstehen hohe Stirnwände, deren Ständer durch die als Bohlwerke konstruierten, durch Spreizen gegen den Erd- druck gesicherten Vorsielwände abgestrebt werden. In der Regel verdient eine gröfsere Länge des Hauptsiels den Vorzug, die Stirnwände fallen dann ganz fort und es erhalten die Vorsielwände eine geringere Höhe, welche eine Sicherung gegen den Erddruck ent- behrlich macht und namentlich an der Binnenseite durch aufgesetzte Kopfrasen, an der Außenseite, wo die Strömung zu berücksichtigen, durch Faschinenwände ersetzt werden können.

Die massiven Pumpsiele von geringer Weite, 0,2 bis 0,6 m, werden zweck- mäfsig aus Sandsteinplatten nach Art der hölzernen Bohlensiele oder aus glasierten Thon- röhren, Beton- oder Cementröhren herge- stellt, ohne weitere Fundierung verlegt, mit Thon rings umstampft und an dem Außen- ende mit einer kleinen Spundwand und hölzernen oder massiven Häuptern behufs Anbringung der Schützen oder Klappen ver- sehen. Sind die Verhältnisse ungünstiger, so ist eine Bettung auf einer Betonunterlage, wie bei Fig. 11, zu empfehlen. Bei Weiten von über 0,6 m werden die massiven Siele jedoch sicherer im Boden und in den Seiten-

wänden aus Mauer- werk in hydraulischem Mörtel herge- stellt und ent- weder mit starken Platten überdeckt (Fig. 11 u. 13), oder besser überwölbt (Fig. 15). Zweck- mäfsig sind die im Oderbruche zur Aus- führung gekomme- nen, röhrenförmig aus Klinkern in Ce- mentmörtel aufge- mauerten Siele, Fi- gur 12; auch die Vorsiele und Pflasterungen vor den- selben sind mulden- förmig gebildet, wo- durch die Seiten- wände geschützt sind und die Ablage- rung von Sinkstof- fen erschwert wird.

Fig. 11. Plattensiel am Pfinz-Kanal. M. 0,005.

Längenschnitt und halber Grundrifs.

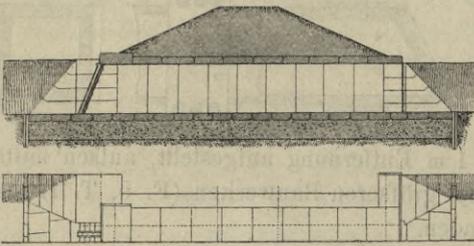
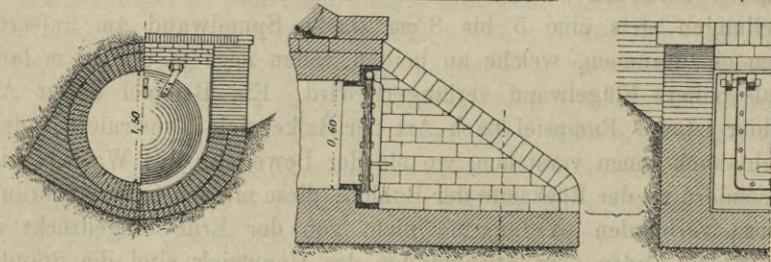
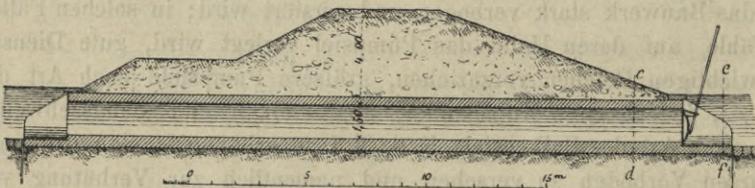


Fig. 12 bis 15. Siele in den Oderdeichen.

Fig. 12. Gemauertes Röhrensiel.

a. Längenschnitt. M. 0,0033.

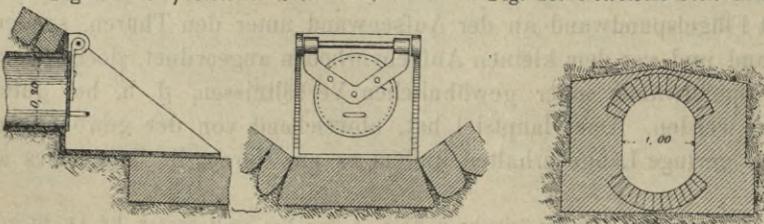


b. Schnitte cd und ef. M. 0,01.

Fig. 13. Plattensiel. M. 0,025.

Fig. 14. Gufseisernes Sieel. M. 0,05.

Fig. 15. Gewölbtes Sieel. M. 0,01.



Röhrensiele. Bei Weiten bis etwa 1 m sind auch wohl gusseiserne Muffenröhren angewandt, die entweder auf einer Unterbettung von Beton und mit massiven Häuptern, oder wie bei Fig. 14 ohne Unterbettung mit gusseisernen Stirnen und Vorboden zur Ausführung gebracht werden; durch eine Steinplatte ist die sich an den Vorboden schließende Grabensohle gesichert. Bei Weiten von über 0,6 m verdienen indessen die massiven gemauerten Siele wegen ihrer größeren Sicherheit und Billigkeit den Vorzug vor den gusseisernen Röhren.

Eine bis in den Deichkörper verlängerte Spundwand ist bei allen massiven Pumpsielen von einiger Bedeutung unentbehrlich.

Verschlussvorrichtungen. Besteht die Verschlussvorrichtung in einer Klappe, so ist dieselbe um eine obere, horizontale Axe drehbar; es wird bei der Auswässerung allerdings eine nicht unerhebliche Profileinschränkung hervorgerufen, doch läßt sich dieser Übelstand bei den Flufsdeichen dadurch vermindern, daß die Klappe nach dem Abflusse des Hochwassers zurückgeschlagen, also ganz geöffnet und erst geschlossen wird, falls ein Hochwasser erwartet wird.

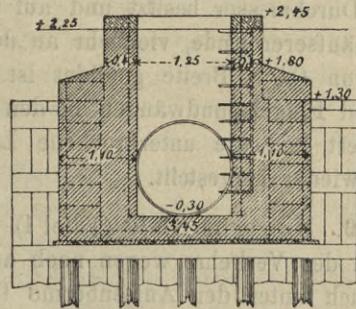
Die Klappen bestehen gewöhnlich aus einer Holztafel, am besten aus zwei sich kreuzenden, mit hölzernen Nägeln verbundenen Bretterlagen konstruiert, welche mit starkem eisernen Beschlage versehen ist. Das Gewicht der eingetauchten Tafel ist dann so unbedeutend, daß ein geringer Wasserdruck sie schon zu öffnen vermag. Auch gerade Blechplatten, Fig. 14, und Buckelplatten, Fig. 12 b. sind zur Anwendung gebracht, während gusseiserne Klappen wegen ihres großen Gewichts weniger vorteilhaft sind.

Die Klappen werden entweder vor einer vertikalen oder vor einer schrägen Stirnfläche eingehängt; im ersteren Falle bedürfen sie zum Öffnen einer geringeren Kraft, also eines geringeren Überdrucks des Binnenwassers, im letzteren Falle schliessen sie fester. Eine geringe Schräge, etwa einem Winkel von 10° entsprechend, verdient den Vorzug. Sie legen sich entweder unmittelbar gegen das hölzerne, massive oder eiserne Haupt des Siels oder gegen einen besonderen hölzernen oder gusseisernen

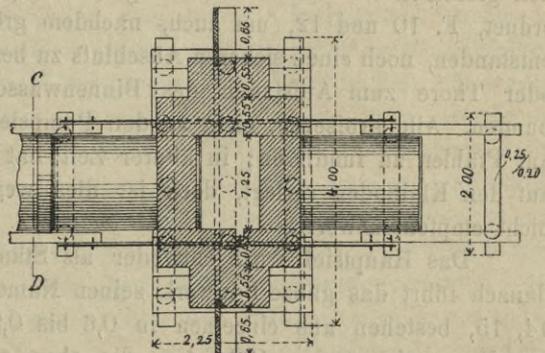
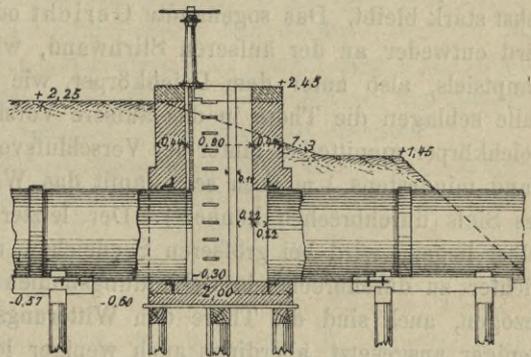
Fig. 16. Röhrsiel im Besoyen-Polder (Niederlande).

M. 0,01.

a. Querschnitt.



b. Teil des Längenschnitts.



c. Teil des Grundrisses.

Rahmen, der mit dem Mauerwerk verankert ist; letzteres ist namentlich bei Backstein-sielen zu empfehlen, falls kostspielige Quader vermieden werden sollen, s. Fig. 13.

Die kleineren Klappen werden mit Ösen versehen, um sie leicht heben und fremde Körper, welche den dichten Abschluss verhindern, namentlich bei erwartetem Hochwasser entfernen zu können; gröfsere Klappen versieht man auch wohl mit Beschlagteilen, in welche ein hölzerner Hebel zu jenem Zwecke gesteckt wird, Fig. 12 bis 14.

In den Flufsdeichen werden die Pumpsiele auch mit Schützen versehen. Bei dem Röhrensiel im niederländischen Besoyen-Polder, Fig. 16 (S. 29), welches 1,25 m äufseren Durchmesser besitzt und auf Grundbalken nebst Pfählen ruht, ist das Schütz nicht am äufseren Ende, vielmehr an der Deichkappe angeordnet, woselbst ein massiver Schacht von 0,9 m Breite gebildet ist. Das Mauerwerk des Schachtes greift mittels Pfeiler und Flügelpundwänden in den Deichkörper; auch die Schachthohle ist massiv aufgemauert und die unterbrochene Längenverbindung der Fundierung durch Eisen-schienen wieder hergestellt.

§ 9. Hölzerne Siele (Tafel I). Dieselben werden unter beiden Böschungen und außerdem des Verkehrs wegen noch auf 3 bis 5 m Länge unter der Binnenberme, zuweilen auch unter der Aussenberme fortgeführt, sodafs die Stirnwände und Vorsiele, welche den Einflüssen der Witterung stark ausgesetzt sind, nur geringe Höhe und Länge erhalten, dagegen das geschützte Hauptsiel sehr lang wird und der Deichkörper möglichst stark bleibt. Das sogenannte Gericht oder Schlaggebind für die äufseren Thore wird entweder an der äufseren Stirnwand, wie in F. 1, oder im vorderen Teile des Hauptsiels, also unter dem Deichkörper, wie in F. 8, 10, 12 angeordnet. Im ersteren Falle schlagen die Thore in das äufsere Vorsiel und ist es dann erwünscht, dafs der Deichkörper unmittelbar hinter der Verschlussvorrichtung nicht zu schwach, also die Stirnwand mindestens 1 m hoch sei, damit das Wasser nicht so leicht die hölzerne Decke des Siels durchbrechen könne.<sup>22)</sup> Der letztere Fall, wobei die Thore im Hauptsiele selbst liegen, wird bei gröfseren Seedeichen und namentlich bei Ständersielen, welche leichter zu durchbrechende Bekleidungsbohlen in der Decke erhalten, gewöhnlich vorgezogen, auch sind die Thore den Witterungseinflüssen und sonstigen Beschädigungen weniger ausgesetzt, allerdings auch weniger leicht zugänglich. Das Gericht für die bei den gröfseren Seedeichen notwendigen Notthore wird stets unter der Deichkappe angeordnet, F. 10 und 12, um auch, nachdem gröfsere Schöllöcher in der Aussenböschung entstanden, noch einen sicheren Abschluss zu besitzen. Das Binnengericht für die Schützen oder Thore zum Aufstauen des Binnenwassers wird mit der Binnenstirnwand verbunden. Alle gröfseren, nicht zu den Pumpsielen gehörenden hölzernen Siele sind stets auf Pfählen zu fundieren; in älterer Zeit hat man sie allerdings wohl ohne weiteres auf den Klaiboden verlegt, doch ist dies wegen der zu befürchtenden Durchbiegung nicht empfehlenswert.

Das Hauptsiel wird entweder als Ständer- oder als Balkensiel konstruiert und danach führt das ganze Bauwerk seinen Namen. Die Ständersiele, vergl. F. 10, 11, 14, 15, bestehen aus einzelnen in 0,6 bis 0,9 m Entfernung von Mitte zu Mitte aufgestellten, sehr starken Gebinden, die oben und unten durch Längsbalken zusammengehalten, übrigens mit 7 bis 10 cm starken Bohlen bekleidet werden und auf Grundbalken, die wieder auf Längsrostschwelen ruhen, gelagert sind. Bei gröfseren Sielen

<sup>22)</sup> Ein solches Beispiel findet sich auch in Buchholz. Bau hölzerner Abwässerungsschleusen. Hannover 1829; ferner in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. 3, Mitteilung von H. Tolle.

unterstützen noch Kopfbänder die oberen, durch den Deich stark belasteten Balken und erhöhen die Steifigkeit des Bauwerks; sie fehlen nur in den Thorkammern, wo daher die Deckenbalken durch besondere Längsträger entlastet sind. Die Thorkammern erhalten eine gröfsere Weite, sodafs die aus auferordentlich starken Hölzern mittels Versatzung und doppelter Zapfen zusammengesetzten Schlaggebände mit den Wänden des Hauptsiels bündig liegen und nur im Boden und in der Decke etwa 20 cm vorstehen, doch wird auch wohl der äufsere Teil des Hauptsiels von den Notthoren bis zur äufseren Stirnwand, welche dann gleichzeitig das Flutthorgericht bildet, in der Weite und der tieferen Sohlenlage der Thorkammer ausgeführt. 4 bis 5 Querspundwände von 7 bis 10 cm Stärke, 2 bis 4 m Länge sind unter den Thor- bzw. Schützgebänden, sowie am Anfange und Ende des Bodens unbedingt erforderlich; die ersteren reichen als Flügelspundwände noch einige Meter in den Deichkörper, um jede Bewegung des Wassers hinter der glatten Bohlbekleidung abzuschneiden. Zum Schutze des Bodens ist eine Ausmauerung der Räume zwischen den unteren Gebindhölzern oder Spannbalken zu empfehlen; die Sicherheit des Bodens gegen Durchbiegung kann durch eine Verbindung dieser Spannbalken mit den unteren Grundbalken mittels starker eiserner Bolzen oder hölzerner Schlüsselkeile, sowie bei gröfserer Weite durch eine mittlere Pfahlreihe erheblich erhöht werden. Es können dagegen die unmittelbar auf die Pfähle gezapften Längsrostschwellen (Sandstraken) wohl entbehrt werden, da die Längenverbindung im Boden durch die über den Grundschwellen liegenden Saumschwellen, in welche die Ständer gezapft sind, gewahrt wird; allerdings ist man dann genötigt, die Grundbalken und Gebände nicht zu nahe zu stellen, um nicht zu viel Grundpfähle zu gebrauchen und infolge dessen die Bohlen stärker anzunehmen. Auch sind Wandstreben hinter den Wendestielen, den Ständern der Thorgebinde, bei gröfserer Weite der Siele als zweckmäfsig zu errichten.

Durchaus abweichend von der obigen, an der Nordseeküste üblichen Konstruktion<sup>23)</sup> ist das Wechseldeichsiel bei Neuenburg, T. I, F. 1—4, erbaut<sup>24)</sup>; der Deichkörper ist dort nicht durchgeführt, vielmehr reichen die beiden Stirnwände, gegen welche sich die Thore lehnen, bis zur verbreiterten Deichkappe; die Seitenwände und Mittelwand des Hauptsiels, wie die sehr hohen Vorsielwände sind durchgerammt. Wegen der kostspieligen Unterhaltung und der geringeren Sicherheit kann diese Konstruktion nicht empfohlen werden.

Die Balkensiele, vergl. die Figuren 6 bis 9, 12, 13, 20, 21, sind im Hauptsiele ausschliesslich aus Balken, also ohne Bohlen, hergestellt, wobei der auf die Seitenwände ausgeübte Erddruck durch Hinterständer, sogenannte Achterständer, welche in 1,5 bis 2 m Entfernung hinter der Seitenwand aufgestellt und mit jedem einzelnen Balken durch Schraubbolzen verbunden werden, auf die Decken- und Bodenbalken übertragen wird, auferdem werden die Seitenbalken wohl noch durch eiserne Dübel, welche in dieselben einige Centimeter eingreifen, zusammengehalten. Durchgerammte Achterständer sind nicht zu empfehlen. Ferner sind zur Einfassung aller Ecken Ständer angeordnet, in welche sich die Seitenbalken mit ihrer halben Stärke legen. Die Deckbalken erhalten, entsprechend dem Gewichte des Deichkörpers, unter der Kappe die gröfste Stärke und werden bei bedeutender Weite auch wohl durch eine Mittelwand unterstützt; die Bodenbalken ruhen an den Enden auf Längsschwellen und Pfählen, sind indessen bei gröfserer Weite und stärkerem Wasserdrucke auch in der Mitte durch eine Längsschwelle und Pfähle mit verkeilten Zapfen gegen Durchbiegung zu sichern. Die Thorkammern

<sup>23)</sup> Ein älteres Ständersiel enthält auch Crelle's Journ. f. d. Bauk., Bd. XIV, Taf. III, ferner Dietlein, Vorlesungen. Berlin 1832.

<sup>24)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1858, Bl. 29.

werden nach allen Richtungen erweitert, wobei jedoch die unterbrochene Längsverbindung durch eiserne Bänder, eingeschobene Hölzer u. s. w., vergl. die Figuren 10 bis 13, in solidester Weise wieder ersetzt werden muß; es sind deshalb auch die durch Hakenkämme verbundenen Stöße der Balken zu verwechseln. In Rücksicht auf das Faulen, bezw. das Abreiben durch das fließende, gewöhnlich auch Sand abführende Wasser werden die Balken sehr stark gewählt, nämlich in den Seitenwänden 15 bis 25 cm, im Boden 17 bis 25 cm, in der Decke 20 bis 36 cm stark. Spundwände befinden sich, wie bei den Ständersielen, unter den Thor- bezw. Schützgebänden, sowie am Anfange und Ende des Bauwerks; die in F. 13 dargestellten Spundwände am Anfange der Thor-kammern sind dagegen entbehrlich.

Die Balkensiele verdienen den Vorzug vor den Ständersielen, da sie wegen der fehlenden Bohlen größere Dauer besitzen, wegen der glatten Wände der Bewegung des Wassers geringeren Widerstand bieten und bei etwa gleichem Holzbedarf leichter herzustellen sind. Hierzu kommt noch, daß Balkensiele in demjenigen Teile, welcher der größten Abnutzung ausgesetzt ist, d. h. in der Wasserlinie der Seitenwände, verhältnismäßig leicht erneuert werden können. Ständersiele sind wegen ihrer durch die Kopfbänder erzielten größeren Steifigkeit und besseren Unterstützung der Decke nur zu empfehlen, falls wegen der Schifffahrt eine einzige große Öffnung von über 4,5 m Weite herzustellen ist; andernfalls ist auch bei größerer Weite ein Balkensiel und zwar mit Mittelwand vorzuziehen. Im Oldenburgischen ist eine kombinierte Konstruktion, F. 19, vor längerer Zeit ausgeführt, bei welcher der vom Wasser benetzte untere Teil als Balken-, der obere Teil als Ständersiel konstruiert ist, doch fehlt derselben der notwendige Zusammenhang.

Die Stirnwände am Ende des Hauptsiels werden durch Balken oder durch Ständer mit Bohlen gebildet und bei größerer Höhe mit der Decke des Hauptsiels verankert, um dem vom Deiche ausgeübten Erddrucke widerstehen zu können; außerdem werden sie durch die Vorsielwände abgestrebt. Die kurzen Vorsiele werden als aufgesetzte Bohlwerke konstruiert, welche seltener durch Erdanker als durch Spreizen gegen den Erddruck gesichert werden. Solche Spreizen sind allerdings den Schiffen leicht hinderlich, übrigens aber einfacher und dauerhafter als Erdanker und werden bei größerer Länge noch durch Kopfbänder unterstützt; auf dieselben wird auch wohl eine Decke von Brettern gelegt, um die Sonnenstrahlen von den Thoren abzuhalten und im Winter das Einfrieren der Thore zu verhüten; ferner stellt man Eisrechen vor dieselben.

Bei der Ausführung der hölzernen Siele ist zu beachten:

- a. daß keine Holzteile vorstehen, die nach eingetretenem Sacken der Erde zu Wasseradern Veranlassung geben;
- b. daß alle Fugen durch Löschpapier oder feines trockenes Moos, das zwischen die gestrichenen, frisch geteerten und fest zusammengetriebenen Flächen gelegt wird, vollständig wasserdicht gearbeitet werden (nur ausnahmsweise darf man nachträglich Werg an einzelnen undichten Stellen einbringen);
- c. daß Thon oder zäher Klai, möglichst frei von vegetabilischen und animalischen Stoffen, überall dicht an das Holz und unter den Boden gestampft werde, um die Wasserdichtigkeit zu erhöhen und das Faulen des Holzes zu verhindern; endlich muß dafür gesorgt werden,
- d. daß eine kräftige Längsverbindung, namentlich bei weichem Boden, vorhanden ist.

Die Verlaate oder Schüttels, welche im Binnentiefe und in den Zuggräben zum Schutze der niedrigen Grundstücke gegen höhere Wasserstände vielfach erbaut werden, sind bei größerer Weite offen und mit zwei Thorflügeln, bei geringerer Weite bedeckt, mit einem Thorflügel oder als Pumpsiele auszuführen. Das Verlaat F. 16—18 ist in dem zum Aschwardener Siele (F. 15—18, T. IV) gehörenden Binnentiefe hergestellt, um das Eindringen des eingelassenen Aufsenwassers in die obere Strecke des Binnentiefs zu verhindern.

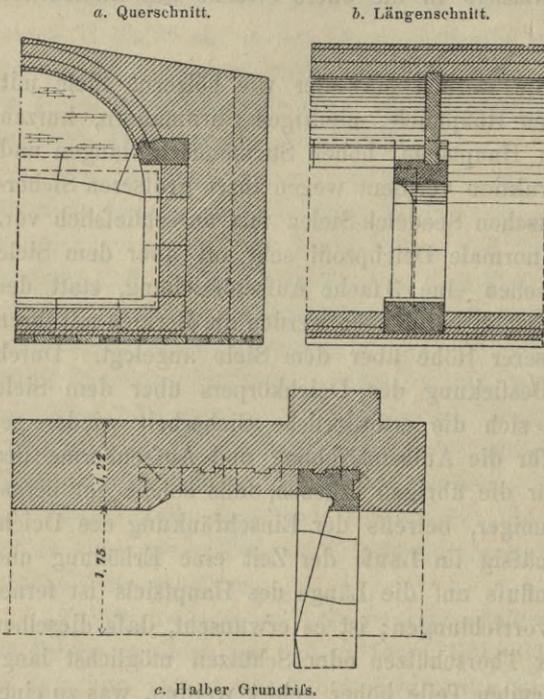
§ 10. Massive bedeckte Siele. Sie werden entweder wie hölzerne Siele mit langem, unter den Böschungen fortgeführten Hauptsiele, niedrigen Stirnmauern, kurzen und niedrigen Vorsielen oder mit kurzem Hauptsiele, hohen Stirnmauern, langen und hohen Vorsielen erbaut; die erstere Konstruktion verdient wegen ihrer größeren Sicherheit den Vorzug und kommt bei den deutschen Seedeich-Sielen fast ausschließlich vor. Zur Verminderung der Kosten wird das normale Deichprofil sehr oft über dem Siele eingeschränkt, indem z. B. statt der 4fachen eine 3fache Aufsenböschung, statt der 2fachen eine  $1\frac{1}{2}$ fache Binnenböschung gewählt wird, auch werden die Bermen mit ihren Fahrwegen in geringerer Breite und größerer Höhe über dem Siele angelegt. Durch eine alljährlich im Herbst ausgeführte Bestückung des Deichkörpers über dem Siele und im Anschluß daran mit Stroh läßt sich die erforderliche Sicherheit wieder gewinnen; unentbehrlich ist die Stückerfüllung für die Aufsenböschung und Aufsenberme des geschwächten Deiches, weniger wichtig für die übrigen Flächen, falls solche gut berast sind. Es empfiehlt sich jedoch um so weniger, betreffs der Einschränkung des Deichprofils zu weit zu gehen, als erfahrungsmäßig im Laufe der Zeit eine Erhöhung und Verstärkung der Deiche erfolgt. Von Einfluß auf die Länge des Hauptsiels ist ferner die Anordnung und Lage der Verschlussvorrichtungen; ist es erwünscht, daß dieselben für den Sielwärter behufs Bewegung der Thorschützen oder Schützen möglichst lange zugänglich bleiben, so müssen die betreffenden Teile höher gelegt werden, was zu einer Verkürzung des Hauptsiels und zu höheren Vorsielwänden führt. Auch die Schifffahrt übt einen Einfluß aus, indem sie eine Höherlegung des Gewölbes veranlaßt und hierdurch eine Verkürzung des Hauptsiels hervorruft.

Die Verschlussvorrichtung gegen das Aufsenwasser legt sich sowohl bei den Fluß- als bei den Seedeich-Sielen in der Regel gegen die äußere Stirnfläche des Hauptsiels, indem sie bis über den Kämpfer des Gewölbes reicht, somit die ganze Öffnung bedeckt. Beim Verschlusse der kleineren Flußdeich-Siele durch Schützen ist die Stirnmauer, welche oben die Winde trägt, bis zur Deichkappe hochgeführt, vergl. F. 8<sup>a u. b</sup>, T. II. Beim Verschlusse durch Stemmthore wird das Gewölbe nebst Widerlagsmauern entweder in der ganzen mit Werksteinen bekleideten Stirnfläche, F. 16, T. IV, oder nur in den Wendensichen und in einem oberen vorspringenden, horizontalen Streifen gemäß dem Anschlagsdreiecke (Drempeldreiecke) schräg abgearbeitet, F. 4<sup>a u. b</sup>, T. III; letztere Konstruktion verdient insofern den Vorzug, als der wasserdichte Anschluß zwischen Thor und dem horizontalen Streifen weit leichter als zwischen dem Thore und der ganzen Gewölbe-Stirnfläche zu erzielen ist. In beiden Fällen sind für die Bekleidung der Stirnfläche bezw. für den oberen Anschlag bei größerer Weite des Siels nicht unerhebliche Mengen kostspieliger Werksteine (gewöhnlich Granite) erforderlich. Zur Verminderung der Kosten wird deshalb auch wohl das obere Anschlagsdreieck aus Eichenholzbalken oder Schmiedeeisen hergestellt und vor die rechtwinklig zur Längsaxe des Siels aus Klinkern ohne Verblendung aufgemauerte Stirnfläche verlegt, indem die Balken in die Seitenmauern

eingreifen und erforderlichenfalls an der Spitze noch durch Eisenanker aufgehängt sind, s. F. 11, T. II.

Bei denjenigen niederländischen Sielen, welche ausschließlich für die Entwässerung bestimmt sind, findet sich nicht selten die in F. 11, T. IV dargestellte, den hölzernen Ständer-

Fig. 17. Thorkammer mit Schildmauer. M. 0,01.



sielen entlehnte Anordnung, bei der sich die äußeren Thore im Hauptsiel unter der Außenböschung befinden, wo sie nur bis zum Gewölbekämpfer reichen, sodass das Gewölbe ununterbrochen fortgeführt werden kann. Der obere Anschlag wird gewöhnlich aus einem einzigen Eichenholz- oder Werksteinbalken gebildet, der in die Seitenmauern eingreift und in der Mitte auch wohl noch am Gewölbe aufgehängt ist; dieser Balken trägt eine aus Klinkern gemauerte, 25 cm starke Schildmauer, welche den Gewölberaum abschließt und einige Centimeter in den Balken und das Gewölbe eingreift. Bei größerer Weite wird der Balken durch einen aus Quadern hergestellten scheinrechten Bogen, Fig. 17 a bis c, oder durch einen Flachbogen ersetzt, doch ist dann wegen des vom Bogen ausgeübten Schubes eine Verstärkung der Seitenmauern oder die Hinzufügung von Pfeilern erforderlich. Die durch

Zurücksetzung der Seitenmauern gebildeten Thornischen müssen so hoch sein, daß ein Ausheben der Thore möglich ist; ihre oberen und seitlichen Einfassungen werden durch Werksteine gebildet. — In Fällen, wo die Thore eine gar zu ungünstige Form, nämlich zu geringe Höhe, erhalten würden, werden sie unter Fortlassung der Schildmauer, wie bei T. IV, F. 9, bis zum Gewölbescheitel geführt, indem über der Thorkammer ein den nötigen Raum für die Bewegung der Thore währendes flaches Gewölbe eingespannt wird, dessen Axe entweder in der Längsaxe des Siels oder rechtwinklig zu derselben liegt. Um niedrigere, also leichtere und billigere Thore zu erhalten, wird bei den niederländischen Entwässerungssielen ohne Schifffahrt die Schildmauer-Konstruktion auch wohl in Verbindung mit den Stirnflächen des Hauptsiels und zwar sowohl für die äußeren Thore oder Schützen, als auch für die Binnenthore oder Schützen angewandt. — Durch die Anordnung der äußeren Thore unter der Außenböschung wird die Zugänglichkeit und Kontrolle erschwert, doch liegen sie geschützt, sind weniger leicht dem Anfrieren im Winter ausgesetzt und das Auf- und Zuschlagen findet weniger und in geringerem Grade statt. Zuweilen sind die äußeren Thore der holländischen Siele auch als einflügelige Spülthore konstruiert, vergl. T. IV, F. 1 u. 2.

Betreffs der Sturm- oder Notthore der Seedeich-Siele kommen verschiedene, auf Tafel IV dargestellte Anordnungen vor.

1. Dieselben befinden sich im Hauptsiele, wo sie

a. unter der Außenböschung oder der Kappe in einer besonderen, das Gewölbe in nachteiliger Weise unterbrechenden Thorkammer liegen und bis zum

Scheitel des Gewölbes reichen (F. 9); bei älteren Sielen wird die Thorkammer dann auch wohl durch einen gegen das Hauptgewölbe sich stützenden Flachbogen überwölbt<sup>25)</sup>, oder es ist die Thorkammer, falls es an Höhe fehlt, mittels starker, zwischen I-Trägern liegenden Platten abgedeckt worden;

- b. die Thore reichen nur bis zum Kämpfer des Gewölbes, F. 10, sodafs letzteres ununterbrochen fortgeführt ist; diese Konstruktion, bei der ein oberer Anschlag fehlt, ist eine billige und in Ostfriesland wiederholt ausgeführt, doch vermögen die Notthore nur dann eine wirksame Entlastung der äufseren Hauptthore herbeizuführen oder zum Ersatz derselben bei Reparaturen zu dienen, falls sich der Kämpfer über gewöhnliche Flut erhebt, sodafs die Oberkante der Notthore mindestens in der Höhe dieses Wasserstandes zu liegen kommt;
- c. die Thore reichen nur bis zum Kämpfer des Gewölbes, legen sich aber gegen eine obere massive Schlagschwelle nebst Schildmauer, F. 1 bis 3 und 10 (holländische Art); der obere Anschlag wird dann, wie dies vorstehend bezüglich der äufseren Thore näher erörtert worden, durch einen Eichenholz- oder Werksteinbalken oder, bei gröfserer Weite, durch einen aus Werksteinen gebildeten scheidrechten oder flachen Bogen gebildet.

2. Die Notthore befinden sich im Binnenvorsiele, F. 15 bis 18, in welchem Falle sie jederzeit leicht zugänglich sind, keinerlei Unterbrechung des Hauptsiels veranlassen, auch beliebig hoch geführt werden können und in Verbindung mit den äufseren Thoren eine kleine Kammer für Schiffahrtzwecke bilden. Diese Anordnung besitzt daher erhebliche Vorzüge und ist in neuerer Zeit in den deutschen Seemarschen bei wichtigeren Sielen vorzugsweise zur Ausführung gekommen, vergl. auch F. 1<sup>a-d</sup>, T. III; sie hat den Nachteil, dafs sie ein längeres Binnenvorsiel und deshalb gröfsere Kosten erfordert.<sup>26)</sup>

Die Binnen- oder Ebbethore zum Aufstauen des Binnenwassers bzw. zum Zurückhalten des eingelassenen Aufsenwassers legen sich in der Regel gegen die für die Stemmung schräg abgearbeitete Binnenstirnwand des Hauptsiels; nur für den Fall, dafs etwaige Notthore im Binnenvorsiele liegen, F. 15 bis 18, sind sie neben diesen angeordnet.

Für das Gewölbe der Decke bietet der Halbkreis wegen der leichten Ausführung und günstigen Widerlagsstärke die fast ausschliesslich gewählte Form. Ein Korbogen oder Flachbogen ist in seltenen Fällen zur Ausführung gebracht, falls es wegen der Schiffahrt oder wegen der im Hauptsiele angeordneten Thore, wie bei F. 10, T. IV, erwünscht war, den Kämpfer möglichst hoch zu rücken oder falls es zur Erzielung eines möglichst kräftigen Deichkörpers geboten war, den Gewölbescheitel zu senken. Ein überhöhtes, gemäfs der Stützlinie aus mehreren Mittelpunkten konstruiertes Gewölbe wird selten gewählt werden können, da die Ersparnis an Material in der Regel durch die Beschränkung des Durchflufsprofils reichlich aufgewogen wird, auch die Beschränkung des oberen Raumes für die Schiffahrt ungünstig ist und die Hinaufrückung des Gewölbescheitels eine Schwächung des Deichkörpers herbeiführt. Diese Nachteile lassen sich allerdings dadurch ausgleichen, dafs bei der Wahl eines überhöhten Gewölbes die Weite etwas gröfser gewählt wird und die Wände des Hauptsiels nicht senkrecht, sondern in

<sup>25)</sup> Beispiele in Hagen's Seebau und in Hunrich's Deich-, Siel- und Schlengenbau. Bremen 1776.

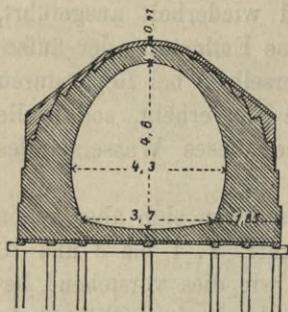
<sup>26)</sup> Das vom Verfasser erbaute Siel, F. 15 bis 18, wird auch als Einlafschleuse zu Bewässerungszwecken benutzt und mußte deshalb ohnehin mit sehr langem Binnenvorsiele versehen werden.

Bogenform, wie Fig. 18, in Verbindung mit einem Sohlgewölbe gemauert werden.<sup>27)</sup> Eine solche Ausführung kommt, wie F. 4, T. III zeigt, auch bei Anwendung des halb-

Fig. 18.

Norder-Aue-Schleuse bei Neuhaus a. d. Oste.

Querschnitt.



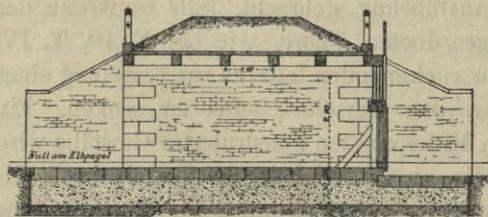
kreisförmigen Gewölbes vor, falls es erwünscht ist, den Zusammenhang des Bauwerks in sich zu vergrößern und sein Gewicht auf den Boden möglichst gleichmäßig zu verteilen. Die Brüstungsmauern, welche an den Stirnen des Hauptsieles auf dem Gewölbe zur Begrenzung des Deichkörpers aufgeführt werden, sind den Einwirkungen des Frostes und der Nässe in hohem Grade ausgesetzt und deshalb kräftig herzustellen. Übrigens werden Gewölbe nebst Abdeckung und Widerlagsmauern wie bei den Brücken, die sonstigen Mauern wie bei den Schiffsschleusen ausgeführt; das Material derselben besteht gewöhnlich aus wetterbeständigen Backsteinen, sowie aus Trafs- oder Cementmörtel. Gutes, mit Klinkern in durchschnittlich  $\frac{3}{4}$  Stein Stärke verblendetes Ziegelmauerwerk verdient in Rücksicht auf leicht eintretende Bewegungen

(Setzen, Ausweichen) des Mauerwerks sogar den Vorzug vor einem ganz aus Quadern gebildeten Mauerwerk. Die Wandnischen werden aus Werksteinen (gewöhnlich Graniten) hergestellt, die entweder an den inneren Flächen mit  $\frac{1}{2}$  bis 1 Stein breiten und tiefen Falzen, in welche das Backsteinmauerwerk eingreift, versehen sind oder durch Eisenanker in ihrer Lage dauernd gehalten werden. Aus gleichem Materiale werden auch der obere und der untere Anschlag, soweit solche nicht etwa aus Eichenholz bestehen, gebildet. Ferner werden in der Regel auch die Dammbalkenfalze, die Abdeckungen der Mauern und die im Anschlusse an dieselben anzulegenden Treppen, sowie die Schwellen, welche sich am Anfang und Ende des Bodens befinden, aus harten Sandsteinen, Graniten u. s. w. hergestellt und, soweit eine Lockerung zu befürchten ist, verankert. Ist ein Schütz vorhanden, so erfordert es einen Aufbau von größerer Breite für die Aufstellung und Bedienung der Schützwinde; der Aufbau muß, falls das Schütz an der Außenböschung liegt, bis nahe zur Deichkappe reichen, damit die Winde zugänglich bleibe und nicht erheblich unter den Wellen der Hochfluten leide.

Fig. 19.

Einlaßschleuse im Sommerdeiche mit Balkendecke.

Längenschnitt. M. 0,006.



Zuweilen ist auch statt des Gewölbes eine hölzerne Balkendecke, wie in Fig. 19, angeordnet worden; namentlich kommt dies in den kleineren Deichen wohl vor, wo der Deichkörper über einem Gewölbe einen zu geringen Umfang, also eine zu geringe Widerstandsfähigkeit behalten hätte; die Konstruktion ist zwar billiger, aber weit weniger dauerhaft als ein Gewölbe.

§ 11. Der Boden der massiven Siele. Derselbe wird bei hochliegendem, tragfähigem Grunde aus einem übermauerten Betonbette, wie bei Fig. 10, S. 23, gebildet; ein unmittelbares Mauern ohne Betonunterlage ist wegen des Wasserandranges nur bei kleinen Bauwerken und günstigem Grundwasserstande möglich. Die Betonstärke richtet

<sup>27)</sup> Die im Jahre 1883 bei Neuhaus a. d. Oste erbaute Norder-Aue-Schleuse ist in dieser Weise ausgeführt worden. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 414.

sich nach dem bei der Ausführung, nach Auspumpen der Baugrube, zu erwartenden Wasserdrucke und beträgt mindestens 0,8 m. Die Spundwände sind an den beiden Enden des Bauwerks als wasserkehrende Wände unentbehrlich, begrenzen das Betonbett aber gewöhnlich ringsum, indem sie bis zum Grundwasserstand reichen und die Schüttung des Betons ohne gleichzeitiges Wasserschöpfen innerhalb der umschließenden Wand ermöglichen. Ist bei stärkerem Wasserandrang der Baugrund zwar im allgemeinen tragfähig, aber ungleichmäßig und von nicht tragfähigen Stellen durchsetzt, so kann eine Betonfundierung auf Pfählen zweckmäßig sein, bei der die Pfähle zunächst bis zum Grundwasserspiegel reichen, alsdann abgeschnitten und mit einer mindestens 1 m starken Betonlage überschüttet werden.

Befindet sich der tragfähige Untergrund in größerer Tiefe — dies ist in den Seemarschen stets der Fall — so wird gewöhnlich die Pfahlrostfundierung gewählt, welche am besten nach holländischer Art ausgeführt wird. Die Pfahlreihen werden je nach der Tragfähigkeit des Bodens, der Länge der Pfähle und dem Gewichte des Bauwerks, indem im ungünstigen Falle nur etwa 5 t, im günstigsten bis 30 t Belastung für einen Pfahl gestattet sind, in 0,8 bis 1,2 m Entfernung angeordnet; in denselben stehen die Pfähle unter den Mauern etwa 1 m, unter dem Boden etwa 1,5 m entfernt. Auf die Pfähle werden normal zur Längsaxe die quadratischen Grundbalken von 20 bis 28 cm Seitenmaß (in Holland flachliegend 20/30 cm stark) mittels durchgehender, verkeilter Grundzapfen verlegt und über die Grundbalken flachliegende Langschwellen von 15/20 bis 20/25 cm Stärke verkämmt, um eine kräftige Längenverbindung zu erzielen. Diese Langschwellen liegen bei den deutschen Sielen gewöhnlich über allen Pfählen, s. F. 16, T. IV, bei den holländischen pflegen sich nur zwei Schwellen unter jeder Seitenmauer zu befinden, während sie im mittleren Boden ganz fehlen (F. 21, T. IV) oder nur vereinzelt vorhanden sind. Zwischen denselben, unmittelbar auf den Grundbalken, wird der 6 bis 10 cm starke gestrichene, kieferne Bohlenbelag durchaus wasserdicht verlegt.

Zur Verstärkung des Bodens gegen den von unten nach oben wirkenden Wasserdruck, sowie zum Schutze desselben gegen die verzehrende Wirkung des strömenden Wassers ist eine weitere Sicherung des Bodens nötig. Solche erfolgt

- a. durch Spannbalken, welche mit den Grundbalken durch verzinkte eiserne Bolzen oder hölzerne Schlüsselkeile verbunden und deren Zwischenräume mit Klinkern in Rollschichten ausgemauert werden; im Hauptsiele sind sie 20/25 bis 28/34 cm stark, in den Thorkammern und Vorböden, wo es an Höhe fehlt, mindestens 13 cm (eine Rollschicht) hoch. Die Spannbalken reichen 25 cm tief in die Seitenmauern; um mit niedrigeren Drempehlözern auszukommen, werden sie in den Thorkammern auch wohl ganz fortgelassen, indem daselbst ein gestrichener eichener Belag über den unteren Belag gestreckt wird und die Pfahlreihen näher gestellt werden. Die eichenen Schlagschwellen bezw. Drempehlözern liegen über doppelten Grundbalken, zwischen denen, wie bei F. 15, T. IV, die Hauptspundwand bis in jene Hölzer fortgeführt ist. In Holland wurde früher ein eichener Belag über die Spannbalken gelegt, F. 5, T. II; in neuerer Zeit werden letztere gewöhnlich übermauert, F. 11, T. IV, wodurch es möglich ist, die Anschlagschwellen aus Werksteinen zu bilden, sodass Holz an keiner Stelle mit der Strömung in Berührung kommt.
- b. Ferner erfolgt die Sicherung des Bodens ohne Verwendung von Spannbalken durch Übermauerung des Bohlenbelags, indem eine Rollschicht von  $\frac{1}{2}$  bis

1 Stein Stärke über einige Flachsichten verlegt oder besser, wie in F. 4, T. III, ein umgekehrtes Sohlengewölbe im Hauptsiele über dem Boden eingespannt wird; in beiden Fällen bestehen die Drempele aus Werksteinen. Eine gute Befestigung der Bohlen auf den Grundbalken und der Grundbalken auf den Pfählen ist unerlässlich, damit der Wasserdruck, welcher namentlich auch bei Trockenlegung des Bauwerks auftritt, nicht allein von der Übermauerung aufzunehmen ist.

Vier Querspundwände, gewöhnlich von 3 bis 4 m Länge, 7 bis 10 cm Stärke, welche wasserdicht bis in den Bohlenbelag bzw. in die hölzernen Drempeleibalken reichen, sind unter den Thoren, sowie am Anfang und Ende des Bauwerks einzurammen. Die ersteren werden, um die Bewegung der Wasseradern hinter den Mauern abzuschließen, entweder als Flügelwände noch einige Meter tief in den Deichkörper bis auf etwa Fluthöhe fortgeführt, wie bei F. 18, T. IV, oder, falls zu jenem Zwecke Pfeiler angeordnet sind, wie bei F. 12, T. IV, bis zu dem Ende der Pfeiler verlängert.

Ist das Alluvium von großer Mächtigkeit, so entstehen sehr leicht Risse in den Mauern und im Gewölbe, was man bei zahlreichen Sielen beobachten kann. — Sie werden veranlaßt durch die Unbeständigkeit der Druckverhältnisse infolge der wechselnden Wasserstände, durch die weiche Beschaffenheit des Bodens, in welchem die Pfähle auf großer Länge stehen, durch die ungleichmäßigen Pressungen, welche von dem stark sich setzenden Deichkörper auf den benachbarten, früher nicht belasteten weichen Untergrund und von diesem wieder auf die Pfähle, Spundwände und den Sielboden hervorgerufen werden, und durch die vom Deichkörper ausgeübte ungleichmäßige Belastung des Siels, welches unter der Deichkappe einen weit größeren Druck als am Fusse der Böschungen erhält. Wirksame Mittel gegen solche, besonders aus der Beweglichkeit der langen Pfähle, aus der ungleichmäßigen Belastung des Bodens und aus der Sackung des Deichkörpers entstehenden Bewegungen des Bauwerks sind:

1. Vermehrung der Pfähle unter den stärker belasteten Teilen des Siels, bzw. Wahl von etwas längeren und stärkeren Pfählen, deren Eindringen sorgfältig zu beobachten ist, um erforderlichenfalls neben diejenigen Pfähle, welche zu stark gezogen, noch andere zu setzen;
2. Schrägpfähle nach beiden Richtungen, F. 1, T. III und F. 15, T. IV;
3. kräftige durchgehende Längenverbindungen des Rostes, namentlich zwischen Hauptsiel und Vorsielen; dieselben werden durch hölzerne Langschweller oder eiserne Anker erzielt, welche ohne Stöße bzw. mit gehörig versicherten Stößen durch das ganze Bauwerk gehen, F. 18, T. IV;
4. Längsspundwände im Anschlusse an die äußeren Querspundwände, sodafs der Rost ringsum von Spundwänden umgeben und gegen die seitlichen Bodenpressungen geschützt wird;
5. Vermeidung von langen, rechtwinklig zur Längenaxe des Siels liegenden Flügeln, welche leicht von dem Deichschube abgerissen werden; an Stelle derselben sind schräge Flügel zu setzen, F. 20, T. IV, welche gewissermaßen Strebpfeiler für das Bauwerk bilden und auch für die Bewegung des Wassers und für die Schifffahrt vorzuziehen sind, oder es sind die Vorsiele nach den Enden erheblich zu erweitern und im Anschlusse an dieselben Uferschälwände in den Sieltiefen herzustellen, sodafs die Flügel überhaupt entbehrt werden können, wie in F. 1, T. III;

6. langsame Aufhöhung des Deichkörpers neben dem Siele und Verwendung von bester trockener Deicherde, welche dem Abrutschen nicht ausgesetzt ist und weniger sackt.

Bei besonders ungünstigen Verhältnissen, bei denen ein erhebliches Versacken oder Abrutschen des Deichkörpers und ein Verschieben des Siels zu befürchten ist, lassen sich Risse im Mauerwerk mit Sicherheit nur vermeiden, wenn außerdem noch der weiche Schlamm unter dem Boden des Siels und zu beiden Seiten desselben in größerer Tiefe beseitigt und durch besseren Boden ersetzt wird; in etwa 0,5 m Tiefe geschieht dies unter dem Sielboden stets, falls der Boden nicht durchaus rein ist. In dieser Beziehung gestalten sich die Verhältnisse bei den Sielen oft noch ungünstiger als bei den Schiffsschleusen, indem der Boden der letzteren gewöhnlich tiefer liegt, so daß die Pfähle in geringerer Länge freistehen und die Belastung eine gleichmäßiger ist, während doch in Bezug auf Wasserdichtigkeit des Bodens dieselbe Sicherheit vorhanden sein muß. Konstruiert wird der Boden im wesentlichen wie bei den Schiffsschleusen, so daß betreffs aller Einzelheiten auf das XIV. Kapitel verwiesen werden kann.

Beispiele. Zu den auf den Tafeln II bis IV enthaltenen Beispielen möge noch folgendes bemerkt werden:

Die Deichschleuse im Rheindeiche, F. 8, T. II, besitzt nur 0,8 m Weite, zeigt übrigens die Konstruktionsverhältnisse einer Schützschleuse von größerer Weite; die Grundbalken des Rostes sind hier nach der Länge gelegt, bündig mit denselben liegen die Querswellen, der Boden ist stark übermauert; das Schütz wird durch eine Windewelle mittels Ketten bewegt.

Das Siel T. III, F. 1<sup>a-d</sup> ist bei der Knock, dem in den Dollart vorspringenden Punkt der Westküste Ostfrieslands, für die Entwässerung erbaut, nachdem die Emdener Schützschleuse, Fig. 23, S. 42, ausschließlich der Schifffahrt überwiesen war. Dasselbe besitzt die erhebliche Weite von 7,5 m und 33,9 m Länge. Die Aufsenthore legen sich gegen die Stirnmauer des Gewölbes, in welche zur Bildung des oberen Anschlags schräg abgearbeitete Werksteine eingelassen sind; die Sturm- und die Ebbehore sind im Binnenvorsiel angeordnet. Die Vorsiele erweitern sich an den Enden, Flügelmauern fehlen, da die Sieltiefe mit Bohlwerken eingefasst sind. Der Boden ist auf ganzer Länge, auch in den Vorsielen, durch Spannbalken gesichert, welche keine Übermauerung erhalten haben; die Drempe, deren Oberfläche 1,63 m unter Niedrigwasserspiegel gelegt ist, bestehen aus Eichenhölzern. Der Scheitel des 0,6 bis 0,9 m starken Gewölbes ist wegen der Schifffahrt sehr hoch, nämlich etwa 5 m über das gewöhnliche Binnenwasser gelegt worden.

Das Siel bei Woensdrecht (Niederlande), T. III, F. 2<sup>a-d</sup>, besitzt zwei Öffnungen von je 2 m Weite und ist dadurch bemerkenswert, daß im Hauptsiele unter der Aufsenböschung ein bis zum Gewölbescheitel reichendes, 13 cm starkes hölzernes Schütz, das beiderseitigen Wasserdruck aufzunehmen vermag, angeordnet ist. Hinter demselben, unter der Kappe bzw. der Binnenböschung befinden sich zwei einflügelige Flutthore, deren oberer Anschlag in Kämpferhöhe durch Balken, welche auch die Schildmauern tragen, gebildet wird. Es konnte deshalb das Aufsenvorsiel entbehrt werden; im Binnenvorsiel liegt der hölzerne Boden frei, während er im Hauptsiele durch Übermauerung, und zwar in der bedeutenden Stärke von 0,55 m, geschützt ist.

Das Siel T. III, F. 4<sup>a-c</sup> befindet sich in der Verwallung eines Binnentiefs (Kajedeichs) in Ostfriesland und reicht durch die beiderseitigen Bermen, so daß die Vorsiele mit den Böschungen der beiden Wasserzüge bündig liegen; die unterbrochene Längenverbindung des Bodens ist durch starke eiserne Bolzen thunlichst wieder hergestellt worden.

Das Siel Fig. 9, S. 22 ist in der Jümme, einem Nebenflusse der Ems, im Flutgebiete, jedoch ohne Notthor erbaut; der holländische Boden ist im Hauptsiele durch ein Gewölbe, in den Vorböden, welche der Thore wegen horizontal liegen müssen, durch Spannbalken und Klinkerübermauerung verstärkt.

Das Siel T. IV, F. 1 bis 4, in den Dünen der holländischen Provinz Seeland bei Wielingen erbaut, besitzt zwei Öffnungen von je 3 m Weite, durch einen Mittelpfeiler von 1,6 m Stärke getrennt; es ist durch sein kurzes Hauptsiel, seine hohen Vorsiele mit langen Flügeln, sowie durch die Thoranordnung bemerkenswert. Die Grundbalken sind 20/30, der Belag 12, die 3 m langen Spundwände 12, die Spannbalken 20/25 cm stark. Das Sturzbett vor dem Aufsen-siel besteht aus 25 cm starken Steinen auf einer

Unterbettung von 10 cm starkem Kies, unter dem sich eine 10 cm starke Rohrlage befindet; ferner besitzt das Sturzbett Flechtzäune und am Ende eine Wand von 1,2 cm langen Pfählen.

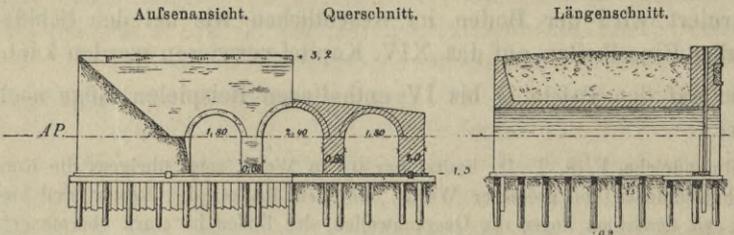
Wegen des sehr langen Hauptsiels und der an Stelle der Notthore tretenden Schützen ist das Siel im Nordstrander Seedeiche an der schleswig'schen Westküste, F. 5 bis 8, T. IV, beachtenswert; die Flügelmauern haben eine übermäßige Länge; eine steilere, mittels starker Bespreitung oder Pflasterung gesicherte Böschungsanlage der anschließenden Sieltiefe würde dieselbe verringert haben.

Die Siele F. 9 bis 18, T. IV zeigen die verschiedenen bei den Seedeich-Sielen vorkommenden Notthor-Anordnungen; alle haben einen holländischen Boden mit Spannbalken; wo letztere in den Vorsielen fehlen, wie in F. 15, ist es zweckmäßig, sie in geringer Höhe von 13 cm, einer Klinker-Rollschicht entsprechend, hinzuzufügen, um den Bohlenbelag nirgends ohne Schutz zu lassen.

F. 22 bis 23, T. IV stellt das Binnenhaupt eines Siels in einem schleswig'schen Seedeiche dar, welches zum Spülen benutzte Schützen mit großen Winden besitzt.<sup>25)</sup>

Fig. 20 zeigt ein Schützensiel in einem Binnendeiche der niederländischen Provinz Seeland, welches sich von einer gewöhnlichen Brücke nur dadurch unterscheidet, dafs es einen durchgehenden Boden besitzt und mit einem Schütz versehen ist. In ähnlicher Weise sind auch die zahl-

Fig. 20. Siel in einem Binnendeiche.



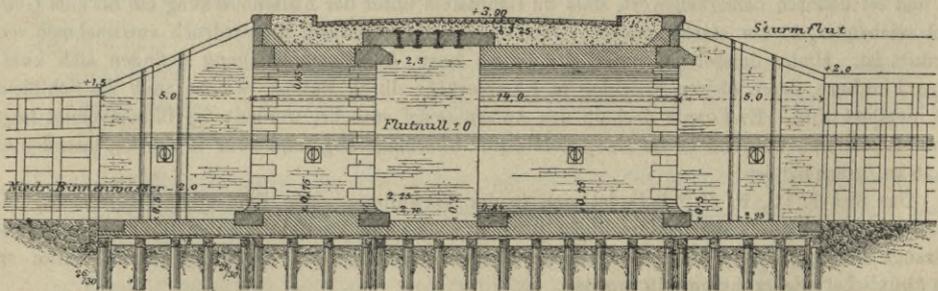
reichen Bauwerke (sogenannten Verlaate, Schüttels u. s. w.) konstruiert, welche das Vordringen des eingelassenen Wassers in den oberen Teil des Binnentiefs verhindern oder welche die Wasserzüge der niedrig liegenden Grund-

stücke von dem übrigen Kanalnetze abtrennen sollen, sobald der Wasserspiegel sich in den letzteren zu hoch erhebt. Diese Bauwerke liegen gewöhnlich in Wegen, sodafs sie mit kleinen Brücken oder Durchlässen verbunden sind, gegen deren Stirnmauer sich das Thor oder Schütz legt.

Die Einlafsschleuse im Sommerdeiche der Elbe unweit Bleckede, welche in Fig. 18, S. 36 dargestellt ist, zeigt die ungewöhnliche Anordnung, dafs nur der untere Teil des Bauwerks durch Stemthore verschlossen ist und als Entwässerungsschleuse wirkt, während über den Thoren Schützen angeordnet sind, durch welche das Wasser bei höheren Ständen und geeigneter Jahreszeit eingelassen werden kann. Ansicht und Grundriß des Bauwerks finden sich auf T. XXV, F. 5 u. 6 der 2. Auflage dieses Handbuchs (2. Abteilung).

Fig. 21. Benser-Siel (Ostfriesland).

Längenschnitt, M. 0,004.



Das Benser-Siel an der ostfriesischen Nordküste, dessen Längenschnitt Fig. 21 zeigt, hat 6 m Weite und liegt aus Schiffsfahrtsrücksichten mit dem Gewölbescheitel 2,3 m über gewöhnlichem Hochwasser, 4,3 m über niedrigem Binnenwasser, sodafs die Landstrafse, welche den Deichkörper ersetzt, nur 0,9 m über dem 0,65 m starken Gewölbe gelegen ist. Wegen dieser geringen Höhe erfolgte die Überdeckung

<sup>25)</sup> Ein kleineres schleswig'sches Siel zur Entwässerung des Kaiser-Wilhelm-Koogs (Süder-Ditmarschen) von Eckermann findet man in der Zeitschr. f. Bauw. 1875 dargestellt.

der 7 m weiten Thorkammer der Sturmhore durch 28 cm starke Platten zwischen I-Trägern. Auf dem durchgehenden Rostbelage ist der Boden der Vorsiele und der Thorkammer in 0,5 m Stärke, im Hauptsiele gewölbt in 0,75 m Scheitelstärke und 0,45 m Pfeil aufgemauert. Die Flügel der Fluthore legen sich gegen einen wagerechten, schräg abgearbeiteten massiven Anschlag der äußeren Stirnwand, die Flügel der Ebbehore, welche mit Drehschützen versehen sind, gegen die Binnenseite des Hauptsiels. Der Scheitel des Sohlgewölbes befindet sich nur 0,7 m unter dem niedrigen Binnenwasser.<sup>29)</sup> Die querliegenden Rostschwelle sind 26/30 cm, die 6 Langschwelle 26/30 cm (flach liegend), der Belag 10 cm, die 4 Spundwände 5 m lang und 13 cm stark.

**§ 12. Offene Deichschleusen.** Die offenen Deichschleusen bestehen aus zwei Seitenwänden, welche den Deichkörper begrenzen und mittels Flügelpundwänden oder -Pfeilern die Bewegung zwischen den Wänden und der Erde verhindern, nebst einem durchaus wasserdicht hergestellten, etwas über Sohle des Siltiefs liegenden Boden. Die Wände werden fast ohne Ausnahme massiv aufgeführt.

In Flufsdeichen besteht die Verschlussvorrichtung aus nur einem Stemmthore, welches bis etwa 20 cm unter Deichkappe reicht und sich, wie bei den Schiffschleusen, unten gegen das Drempeldreieck legt; ausnahmsweise kommt es auch wohl vor, dafs, wie in Fig. 22 angegeben, auch oben ein dem unteren entsprechender Anschlag hinzugefügt ist.<sup>30)</sup> Hierdurch wird aber die Benutzung der Schleuse für Schifffahrtzwecke beeinträchtigt; indessen dient der obere Anschlag erheblich zur Verstärkung des Thores, welche namentlich dann dringend erwünscht ist, wenn ein Wärter nicht in der Nähe wohnt und die beiden Thorflügel nicht gleichzeitig vom Wasser geschlossen werden oder wegen fremder Körper nicht in Stemmung geraten.

Fig. 22.  
Offene Deichschleuse mit oberem Anschlag.



Beispiele solcher offenen Flufsdeichschleusen findet man auf T. II u. III. — T. II, F. 9 zeigt eine Schleuse in einem Sommerdeiche an der Weser unweit Verden von 3 m Lichtweite; nur der Boden des mittleren Teils, welcher das Stemmthor enthält, ist in holländischer Weise durch einen Pfahlrost mit Spannbalken gesichert, wobei die Grundbalken 20/20, die Langschwelle 16/20, die Spannbalken 20/20, die Schlagschwelle 20/40, der Belag 8, die 3 m langen Spundwände 8 cm stark gewählt sind. Starke Sturzbetten sichern den übrigen Teil des Bodens. Die Höhe des Drempeldreiecks ist übrigens zu gering; bei  $\frac{1}{6}$  Pfeil hätte sie 0,5 m betragen müssen.

Die Deichschleuse F. 3<sup>a-c</sup>, T. III ist im Oderdeiche bei Bellinchen in 5,4 m Weite erbaut.<sup>31)</sup> Der Boden ist nach der in den östlichen Provinzen Preussens üblichen, der holländischen Konstruktion nachstehenden Weise erbaut, indem die Grundbalken nur durch einen einfachen Bohlenbelag überdeckt sind, welcher eine vollständige Wasserdichtigkeit auf die Dauer nicht zu gewähren vermag; dagegen ist eine übermächtig große Zahl von Spundwänden angeordnet, deren Holme oder Fachbäume nicht überdeckt, sondern bündig mit dem Belage sind; der im Drempel zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken eingezogene Binder reicht durch die Thorkammer.

In größeren Seedeichen, vergl. F. 10<sup>a-c</sup> und F. 14<sup>a-c</sup>, T. II und F. 19 bis 21, T. IV, liegen die bis etwa 0,5 m unter Deichkappe reichenden Sturmhore am äusseren Ende; weiter nach binnen befinden sich die für den täglichen Gebrauch bestimmten Fluthore, welche in Holland gewöhnlich auf 1 bis 1,5 m über gewöhnliche Flut geführt werden, dagegen an der deutschen Küste zur größeren Sicherheit häufig gleiche

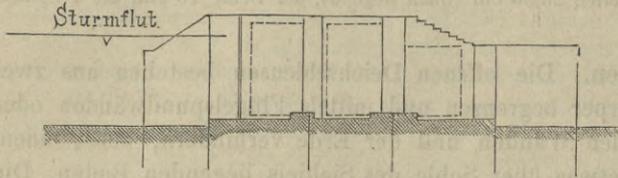
<sup>29)</sup> Der Neubau des Benser-Siels von G. Biedermann. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1893, S. 163.

<sup>30)</sup> Das betreffende Siel befindet sich im Rheindeiche bei Sonderheim und ist in Bl. 17 der Bauernfeind'schen Vorlegeblätter f. Wasserbau veröffentlicht.

<sup>31)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1862, Bl. 52.

Höhe mit den Sturmthoren erhalten, wie beispielsweise bei der Emdener Schutzschleuse<sup>32)</sup>, Fig. 23. Im Binnenvorsiele sind die Binnen- oder Ebbethore angeordnet, deren Dremelspitze nach dem Binnenwasser gerichtet ist und deren Höhe durch Rücksichten der Spülung, d. h. nach dem höchsten zu stauenden Binnenwasser, bestimmt wird; in Holland

Fig. 23. Schutzschleuse bei Emden.



liegen sie auch zuweilen zwischen den Sturm- und Flutthoren. Die Länge des Bauwerks ergibt sich aus dem für die drei Thore und die Dammfalze erforderlichen Räume; die Höhe der Mauern wird durch die Höhe der Thor-

flügel bestimmt, welche sie etwa 0,5 m überragen, sodafs der äußere Teil in Höhe der Deichkappe, der mittlere etwa 1,5 bis 2 m über gewöhnlicher Flut, das Binnensiel 0,5 m über gewöhnlicher Flut liegt; wegen des bequemeren Verkehrs und namentlich wegen der gesicherten Aufstellung der Winden kommen jedoch auch hiervon abweichende Anordnungen vor. Die offenen Deichschleusen in den kleineren, noch im Flutgebiete sich befindenden Deichen, also namentlich in den nur einem geringen Flutwechsel ausgesetzten Rückdeichen, besitzen wie bei den Flufsdeichen nur ein Thor gegen das Außenwasser; selten sind Ebbethore an der Binnenseite hinzugefügt.

Bei der Kehrschleuse unweit Amsterdam, F. 10<sup>a-c</sup>, T. II, von 10 m Weite fehlen die Vorsiele, das Bauwerk besitzt nur die für die drei Thore unumgänglich erforderliche Länge, ist auch ohne Dammfalze ausgeführt; das mittlere Thor entspricht den Springfluten, das äußere Notthor den Sturmfluten. Die Spannbalken des holländischen Bodens sind übermauert, sodafs auch massive Dremel gewählt werden konnten.

Das Staatsiel, F. 19 bis 21, T. IV, 8,5 m weit, an der preussisch-holländischen Grenze am Dollart gelegen, vermeidet den erwähnten Übelstand. Der nur 2 m in der Kappe breite Seedeich ist beim Anschlusse an das Bauwerk bis auf 11,25 m verbreitert, die flacheren Deichböschungen sind am Bauwerke nur 3-, binnen 1 $\frac{1}{2}$  fach angelegt; der Aa-Flufs, welcher durch die Schleuse abfließt, hat 27 m Sohlbreite, 1 $\frac{1}{2}$  fache Böschungen. Die Pfähle haben 1 m vom Kopfe 0,87 m im Umfange, die Grundbalken sind flachliegend 20/30, die Langschwelen hochkantig 22/27, der Flur 12 cm, die 22/28 cm starken Spannbalken sind mittels Moos und Teer wasserdicht auf den Flur gelegt und jeder durch 14 verzinkte Holzschrauben von 0,5 m Länge, 5 cm Durchmesser mit den Grundbalken verbunden, die Köpfe desselben sind eingelassen. Die 4 m langen, 12 cm starken Spundwände befinden sich in vier Reihen unter den Dremeln und unter den Dammfalzen und greifen 2 cm tief in Falze des Flurs. Die Sturzbetten sind außen 20, binnen 15 m lang, bestehen aus einer unteren 10 cm starken Rohrlage, über dieser ist eine 15 cm dicke Buschlage mittels Flechtzäunen befestigt, deren 0,75 m weite Zwischenräume bis an die Pfahlköpfe mit Steinschlag ausgefüllt sind, auf der eine Basaltlage dicht schließend und 20 bis 25 cm stark verlegt ist. Die Flutthore sind 37 cm stark, nämlich der Belag 5 cm, die Zwischenriegel 32/32, Oberrahm 32/37, Unterrahm 37/43, Wendesäule 37/50, Schlagsäule 37/45 cm. Die Flügelmauern sind ohne Pfahlrostfundierung aus Basaltsäulen unmittelbar auf dem nicht tragfähigen Klauboden versetzt, wodurch eine Trennung derselben von dem wohl fundierten Bauwerke nicht zu vermeiden ist; der Zweck des Bauwerks leidet allerdings nicht darunter.

**§ 13. Größere Sielanlagen.** Bei größeren Abwässerungsverbänden ist zuweilen eine so erhebliche Sielweite erforderlich, dafs zahlreiche Öffnungen gebildet werden müssen und die Anlage in manchen Punkten von der bei den gewöhnlichen Sielen üblichen Bauweise abweicht. Die Öffnungen werden in der Regel durch Gewölbe überdeckt; nur diejenige Öffnung, welche von größeren Schiffen benutzt werden soll, wird als offene Deichschleuse oder als Kammerschleuse hergestellt. Da eine solche Anlage

<sup>32)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1858, vergl. auch die Oldersumer Deichschleuse, daselbst 1873.

einer ständigen Wartung bedarf, so kommt es selbst im Flutgebiete vor, daß der Ab-  
schluß entweder allein durch Schützen geschieht oder daß aufser den für gewöhnliche  
Zeiten zu benutzenden Thoren noch Schützen in jeder Öffnung angeordnet werden, durch  
welche eine grössere Sicherheit bei hohem Aufsenwasser erzielt, auch das Einlassen  
des Aufsenwassers und das Zurückhalten des Binnenwassers ermöglicht wird.

Ein hervorragendes Beispiel grösserer Sielanlagen bilden die Siele bei Katwyk<sup>33)</sup>, F. 1—6,  
T. II, welche für die Entwässerung des holländischen Rheinlandes an der Stelle angelegt sind, wo ein  
neuer Entwässerungskanal die Dünenkette durchschneidet, welche den natürlichen Schutz gegen die Fluten  
der Nordsee zwischen der Maasmündung und der Nordspitze Hollands bildet. Zur grösseren Sicherheit  
sind in einem Abstände von 450 m zwei Sielanlagen hintereinander, nämlich die Aufsen-  
schleuse am äusseren Dünenfusse und die Binnenschleuse am inneren Dünenfusse, angelegt worden. Die Aufsen-  
schleuse ist in den Jahren 1804 bis 1807 erbaut, liegt den Nordwestwinden sehr ausgesetzt und besitzt fünf Öff-  
nungen von je 3,77 m Weite, die durch 3,2 m starke Mittelpfeiler auf einem 19,6 m langen Boden ge-  
trennt sind. Der mittlere Teil der Pfeiler ist auf etwa 10,5 m Länge durch Gewölbe verbunden, die  
an der Aufsen-  
seite eine bis etwa 3,5 m über Sturmflut reichende Übermauerung tragen. Diese Über-  
mauerung tritt an die Stelle des Erdkörpers der gewöhnlichen Siele, sie muß dem starken Wellenschlage  
bei höheren Fluten Widerstand leisten; hinter ihr befinden sich die überbauten Schützwinden und ein Weg.  
Der Abschluß erfolgt durch  
Schützen, die nur bei Sturm-  
fluten oder zur Spülung des  
Aufsentiefs zeitweise ge-  
schlossen werden, aber sonst  
monatelang geöffnet bleiben.

— Die Binnenschleuse hat  
29,1 m Länge, ist nicht  
überdeckt, besitzt fünf durch  
massive Pfeiler getrennte  
Öffnungen von je 5,65 m  
Weite und in jeder Öffnung  
ein Ebbethor und zwei Flut-  
thore; auf letztere kann  
der Wasserdruck bei Sturmfluten ver-  
teilt werden, falls etwa die Aufsen-  
schleuse, wie dies bei Aufstellung des  
Entwurfs vielfach befürchtet wurde, zer-  
stört sein sollte. Neben der Binnen-  
schleuse ist im Jahre 1881 ein Schöpf-  
werk mit Schöpfkrädern zur künstlichen  
Senkung des Binnenwassers erbaut. —  
In etwa 1 km Entfernung ist ferner  
hinter der Binnenschleuse eine über den  
Kanal führende Brücke als Verlaat ein-  
gerichtet worden, d. h. mit einem etwas  
über der Kanalsohle liegenden Boden  
versehen und mit einflügeligen Thoren,  
die sich gegen die Stirnflächen der  
Brücke an beiden Seiten derselben legen,  
ausgestattet worden, damit das zum  
Zwecke der Spülung eingelassene salzige  
Aufsenwasser nicht zu weit vordringe.  
Das Aufsentief wird durch zwei Bühnen,  
sogenannte Höfter, begrenzt, die aus  
Faschinen mit Steinabplasterung herge-

Fig. 24. Schleusen bei Zoutkamp (Niederlande).

Längenschnitt der Entwässerungsschleuse. M. 0,003.

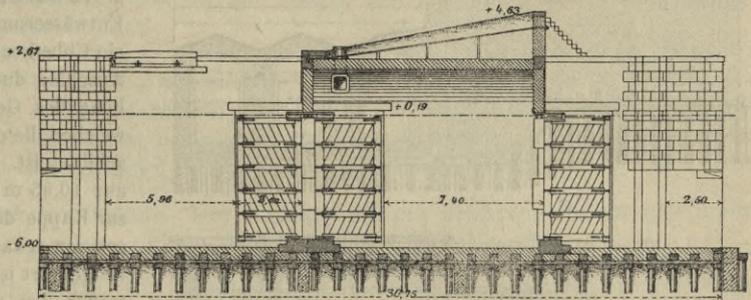
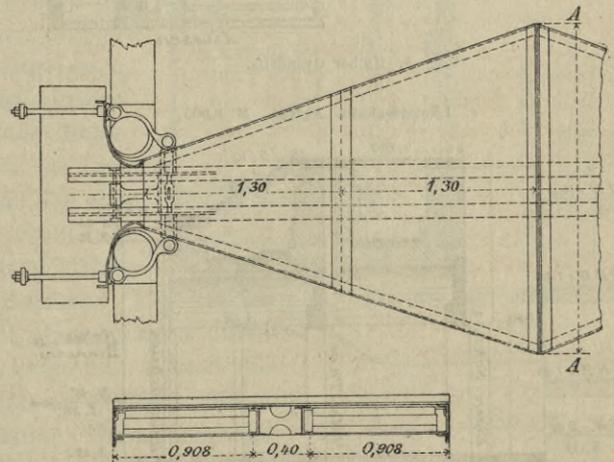


Fig. 25.

Oberer Anschlag der Schleusen bei Zoutkamp. M. 0,02.

Grundriss.



Schnitt A A.

<sup>33)</sup> Storm-Buysing's Waterbouwkunde, Bd. II, sowie Hagen's Seeufer- und Hafenbau, Bd. I.

stellt sind, an den Köpfen nur wenig über Niedrigwasser, an den Wurzeln dagegen 0,3 m über gewöhnlichem Hochwasser liegen und sich unmittelbar an die Flügel der Aufschleuse schliessen. — Ausser diesen Katwyker Schleusen wird die Entwässerung des holländischen Rheinlandes, dessen Busen (Binnenwasserzüge) eine Gröfse von 3619 ha haben, durch mehrere andere Siel- und Schöpfanlagen bewirkt; es konnten jedoch bei Katwyk in den letzten Jahren 25 bis 30% zur natürlichen Abwässerung gelangen, da das gewöhnliche Niedrigwasser der Nordsee 10—15 cm unter dem Busenspiegel gelegen ist und gerade im Winter und Frühjahr günstige Stände zeigte. Die natürliche Abwässerung durch die acht Siele von 3,62 bis 7 m Weite bei Halfweg, Fig. 1, S. 3, und bei Spaarndam nach dem Amsterdamer Nordseekanale und durch die drei Siele bei Gouda nach der Yssel war wegen des hohen Standes dieser beiden Recipienten sehr unbedeutend; Schöpfanlagen mit Schöpfrädern befinden sich auch neben den Sielanlagen zu Halfweg, Spaarndam und Gouda.

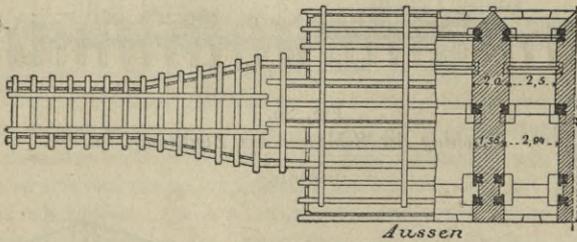
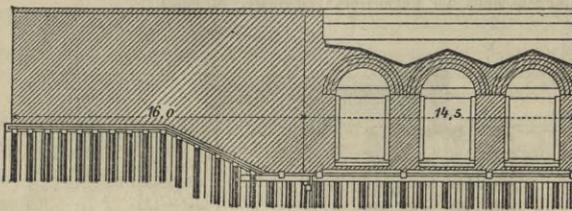
Von neueren größeren niederländischen Sielanlagen ist die bei Zoutkamp, Provinz Groningen, hervorzuhellen, Fig. 24, S. 43, welche anlässlich der Durchdeichung des Reitdieps in der Nähe des Lauwers-Sees, einer Einbuchtung der Nordsee, in den Jahren 1874—76 vom Ingenieur Kater erbaut ist und eine sehr gefährdete Lage hat. Zu jeder Seite einer 9 m weiten, 49,34 m langen Kammerschleuse sind zwei Entwässerungsschleusen von 5 m Weite und 30,75 m Länge in der Weise errichtet, dass die durch 1,57 bzw. 2,92 m starke Pfeiler getrennten fünf Bauwerke mit ihren äusseren Enden bündig liegen, somit die

Kammerschleuse nach binnen um 18,59 m vorspringt. Letztere besitzt vier Thore, nämlich zwei gegen das Aussen- und zwei gegen das Binnenwasser, während in jeder Entwässerungsschleuse zwei Flutthore und ein Ebbethor angeordnet sind, deren oberer Anschlag durch eiserne, in der Kämpferhöhe des Gewölbes liegende Träger, auf welchen die massiven Schildmauern ruhen, gebildet ist. Die äussere Stirnmauer des nur 10,95 m langen Gewölbes reicht bis zur Kappe des Deiches, der als ein Dreieck von etwa 2 m Höhe über das Gewölbe fortgeführt ist; die Wellen der Sturmfluten treffen also nicht den Deichkörper selbst, sondern die als Bekleidung desselben anzusehende 0,55 m starke Stirnmauer, die auch den Druck des Deichkörpers aufzunehmen hat und deshalb nach binnen zu verankert worden ist. Der Boden ist durch Spannbalken und Übermauerung verstärkt, die Dichtigkeit des Untergrundes durch tief reichende Betonkoffer erhöht worden. Die Konstruktion des oberen Anschlags für die Sturm- und die Ebethore ist aus Fig. 25, S. 43 zu ersehen. Für den Verkehr ist eine 3,7 m breite, über sämtliche fünf Bauwerke fortführende Drehbrücke hergestellt worden. Die Tiefenlage der Siele u. s. w. ist aus der Tabelle auf S. 13 zu ersehen.

Die in Fig. 26 dargestellte, im Jahre 1883 erbaute Sielanlage befindet sich am Ausflusse des Rosendaal'schen Fließes in das Volkerak (Niederlande). Sie besitzt sechs Öffnungen von je 2,5 m Weite, deren 2 m starke Pfeiler auf einem nur 11,6 m breiten, durch das ganze Bauwerk sich erstreckenden Bette aufgeführt sind.

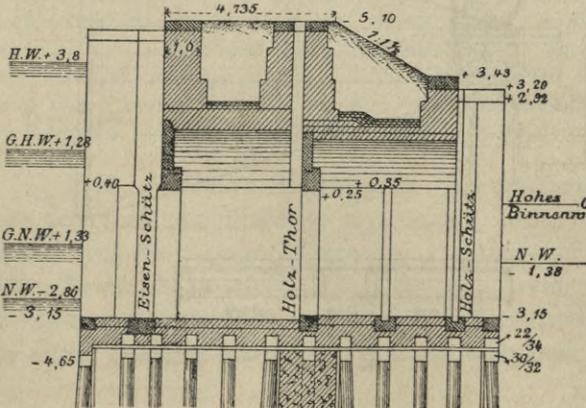
Fig. 26. Schleusen am Volkerak.

a. Halber Querschnitt. M. 0,0025.



b. Halber Grundriss.

c. Längenschnitt. Aussen. M. 0,005.



Der Anschluß an den sich 1,3 m über Hochwasser erhebenden Deichkörper wird durch tief eingreifende Pfeiler bewirkt, um welche sich die außen abgeplatterten Deichböschungen legen. Durch diese ungewöhnliche Bauweise ist trotz des großen Deichkörpers die sehr geringe Länge der Siele von 11,6 m ermöglicht worden; die Vorsiele fehlen ganz, doch sind die Kanalsohlen an beiden Seiten durch starke Sturzbetten gesichert worden. Die Pfeiler werden auf 8 m Länge durch Gewölbe verbunden, gegen deren äußere Stirn sich eiserne, in F. 5, T. III näher dargestellte Schützen legen, während in der Mitte der Gewölbe einflügelige hölzerne Thore angeordnet sind; beide Verschlüsse reichen nur bis zur Kämpferhöhe, während der Gewölberaum durch Schildmauern abgeschlossen wird; an der Binnenseite befinden sich hölzerne Schützen.

Von den deutschen größeren Sielanlagen ist die Hoyer-Schleuse bei Husum an der schleswigischen Westküste, F. 14<sup>a-e</sup>, T. II, zu nennen, welche aus einer mittleren offenen Deichschleuse von 7,5 m Weite für die Schifffahrt und zwei bedeckten Sielen von 3 m Weite besteht. Die erstere enthält die äußeren, bis zur Deichkappe reichenden Sturmthore und am Fusse der Binnenböschung die Flut- und die Ebbothore; die Seitenmauern schliessen sich den Deichböschungen an, sodafs die Aufstellung der Winden zum Öffnen und Schliessen der Sturmthore nur an einem tieferen Punkte möglich ist, wo die Winden bei höheren Fluten leichter beschädigt werden. Die bedeckten Siele sind, wie dies an der schleswigischen Westküste üblich, mit gegen die äußere Stirnwand schlagenden Thorflügeln und mit einem am Fusse der Binnenböschung im Hauptsiele gelegenen Schütz, welches durch eine Windewelle mittels Ketten bewegt wird, versehen; der obere Anschlag der Thore wird durch einen in die Stirnwand eingelassenen, entsprechend dem Drempeldreieck schräg abgearbeiteten Quader gebildet, das Schütz bewegt sich in Schlitzen, sodafs es von beiden Seiten Wasserdruck aufnehmen kann. Der Boden ist nach der älteren holländischen Anordnung mit einem die Spannbalken überdeckenden Belage, sowie mit einer tiefer reichenden Herdmauer am Anfange des Bauwerks versehen.

Endlich ist von deutschen größeren Anlagen die im § 1, S. 3 besprochene in der Hamme zu erwähnen, von der F. 12, T. IV einen Längenschnitt durch eine der drei offenen, je 7,3 m weiten Entwässerungsschleusen darstellt, welche die höheren Fluten in diesem nur 0,61 m Flutwechsel zeigenden Nebenflusse der Weser zurückhalten. Das Bauwerk ist auf einem Betonbette mit Klinkerübermauerung gegründet und mit einem gewölbten Drempel versehen, gegen den sich die gekrümmten Blechthore legen.

**§ 14. Thore und Schützen.** Die Thore sind bei kleineren Sielen gewöhnlich als Bohlenthore, bei den größeren Sielen als hölzerne Riegelthore konstruiert.

Die Bohlenthore, vergl. Fig. 27 und T. I, F. 7 u. 17, bestehen aus vertikalen, 36 bis 44 cm breiten, 5 bis 15 cm starken Bohlen, welche durch Leisten (Klappen) und eingelassene starke eiserne Bügel nebst Schraubbolzen zu einer festen Tafel verbunden sind; zur Verhütung von Versackungen werden die Bohlen unter sich durch Verzahnung verbunden und die Leisten in die Bohlen eingelassen, auch eine schräge Leiste als Strebe hinzugefügt. Die als Wendesäule dienende Bohle, der sogenannte Harrelpfosten, wird 3 bis 5 cm stärker als die übrigen gemacht, um den oberen und unteren Zapfen oder an Stelle des letzteren besser eine als Schuh ausgebildete Pflanze aufzunehmen; das obere Halsband, Fig. 28, ist gewöhnlich nur als einfacher Bügel, dessen Enden durch den oberen Schlagbalken reichen, hergestellt. Auch die als Schlagsäule dienende Bohle erhält oft größere Stärke. Solche Bohlenthore sind bei sorgfältiger Herstellung aus Eichenholz sehr dauerhaft, daher in den deutschen Niederungen beliebt, während sie in den Niederlanden fast gar nicht vorkommen; sie bedürfen stets eines oberen Anschlags, da sie beim Fehlen horizontaler Riegel den Wasser-

Fig. 27. Bohlenthor. M. 0,02. Fig. 28. Halseisen zum Bohlenthor.  
(Sielweite 1,75 m.)

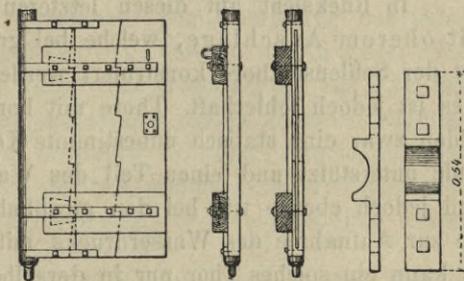


Fig. 29. Aufhalter.

druck nur auf die Anschlagflächen, also nicht durch Stemmung auf die Wendenischen übertragen sollen. Die Stärke ergibt sich aus der Gleichung

$$\text{in welcher} \quad h \cdot 0,001 \cdot \frac{l^2}{8} = \frac{1}{6} d^3 \cdot K,$$

$h$  = wirksamer Wasserdruck in Centimetern,

0,001 = Druck einer Wassersäule von 1 m Höhe f. d. qcm,

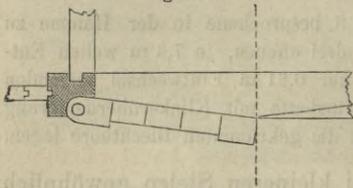
$l$  = Lichthöhe des Siels in Centimetern,

$d$  = Thorstärke in Centimetern,

$K$  = Bruchkoefficient, welcher in Rücksicht darauf, das die Leisten einen Teil des Druckes mittels Stemmung auf die Seitenwände übertragen, = 90 kg f. d. qcm gewählt werden kann.

Da solche Bohlenthere eigentlich nicht stemmen sollen, vielmehr nur die Bedingung erfüllen müssen, das sie sich unabhängig von einander, also nach einander zu öffnen und zu schliessen vermögen und das dieser Schluß ein wasserdichter sein muß, so sind zwei Anordnungen möglich. Entweder können die beiden Thorflügel in dieselbe Vertikalebene, normal zur Längsaxe des Siels gelegt und die Drehaxe hinter dieser Fläche angeordnet werden, was jedoch schwierig auszuführen sein würde, oder es können die Thorflügel, wie bei den Stemmthoren der Schiffahrtsschleusen, einen stumpfen Winkel

Fig. 30.



in geschlossenem Zustande bilden, wobei jedoch die Höhe des Drempeldreiecks keine große zu sein braucht, es vielmehr schon ausreicht, wenn die Spitze der beiden Anschlagflächen (des Drempeldreiecks) noch oberhalb der Drehaxe liegt. Letzteres geschieht stets und die zur Mittelaxe excentrisch um 1 cm versetzte Drehaxe wird gewöhnlich so weit zurückgelegt, das der untere Zapfen oder die Pfanne in diesem Balken, welcher zur Erzielung des Anschlags etwa 20 cm tief schräg abgearbeitet ist, sicher eingelassen werden kann, s. Fig. 30. Die Höhe des Drempeldreiecks beträgt dann nur etwa  $\frac{1}{12}$  bis  $\frac{1}{20}$  der Weite, sodas die Konstruktion der schräg abzuarbeitenden Gewölbefläche bezw. der horizontalen Anschlagfläche sehr erleichtert wird.

In Rücksicht auf diesen letzteren Umstand wird auch oft bei Riegelthoren mit oberem Anschlage, welche bei größerer Lichthöhe des Siels gewählt und nach Art der Schleusenthore konstruiert werden, die Drempelhöhe sehr gering angenommen. Dies ist jedoch fehlerhaft. Thore mit horizontalen Riegeln und einem oberen Anschlage bilden zwar eine statisch unbestimmte Konstruktion, da der obere Anschlag die Schlagsäule unterstützt und einen Teil des Wasserdrucks aufnimmt; die horizontalen Riegel sind jedoch ebenso wie bei den gewöhnlichen Schleusenthoren (ohne oberen Anschlag), die zur Aufnahme des Wasserdrucks mittels Stemmung bestimmten Konstruktionsteile. Es kann ein solches Thor nur in derselben Weise wie ein Schleusenthor berechnet werden, indem der obere und untere Anschlag unberücksichtigt gelassen werden und der günstige Einfluß derselben dadurch in die Rechnung eingeführt wird, das der Bruchkoefficient größer, etwa 90 kg f. d. qcm, angenommen wird. Daraus folgt, das die Höhe des Drempeldreiecks auch hier thunlichst wie bei den Schleusenthoren =  $\frac{1}{6}$  und jedenfalls nicht kleiner als  $\frac{1}{10}$  gewählt werden sollte, um zu große Riegelstärken und zu große auf die Wendenischen übertragene Stemmkräfte zu vermeiden. Außer diesen letzteren Nachteilen entsteht bei sehr geringen Drempelhöhen von  $\frac{1}{12}$  bis  $\frac{1}{20}$  der Weite die folgende, früher unbeachtet gebliebene Gefahr: werden Zapfen und Pfannen im

Laufe der Zeit ausgeschliffen, und die Wendesäulen legen sich bei geschlossenen Thoren nicht scharf mit ihren Rücken in die Wendenischen, so werden die Thore durch das Stemmen etwas in die Wendenischen zurückgedrängt, sodafs die horizontale Spannung, in welcher sich gestemmte Thore befinden, aufhört. Alsdann erfahren die Schlagsäulen, welche den halben Wasserdruck zunächst von den Riegeln aufnehmen, eine Inanspruchnahme auf Biegung und können sogar gebrochen werden. Ist das Drempeilverhältnis  $= \frac{1}{n}$ , die Breite der Berührungsfächen zwischen den Thorflügeln  $= c$  (20 bis 30 cm), so wird die Stemmung selbst bei durchgebogenen Thorflügeln ganz aufhören, falls beide Thore zusammen etwa  $\frac{2c}{n}$  aus ihrer ursprünglichen Lage zurückgedrängt worden sind. Dieses für die Schlagsäulen höchst gefährliche Aufhören der Stemmung tritt demnach um so leichter ein, je kleiner  $\frac{1}{n}$  gewählt ist; aber selbst ein Zurückdrängen der Thore um  $\frac{c}{n}$ , wobei die Schlagsäulen sich in der Mitte um  $\frac{c}{2}$  durchzubiegen vermögen, wird in der Regel den Bruch der Schlagsäulen schon herbeiführen.<sup>34)</sup> Man hat daher auch wohl bei Riegelthoren mit oberem Anschlag ein Drempeldreieck  $= \frac{1}{6}$  gewählt und zur Vermeidung der Schwierigkeiten, welche bei der Bildung des oberen Anschlagsdreiecks bei Gewölben entstehen, einen hölzernen oberen Drempel<sup>35)</sup> aus Mittelbalken, zwei Schlagschwellen und Binder bestehend vor der normal zur Längensaxe abgeschnittenen Stirnfläche des Gewölbes befestigt, vergl. F. 11, T. II. Wegen der Vergänglichkeit dieser Konstruktion ist es jedoch vorzuziehen, die Drempelhöhe  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{10}$  anzunehmen, das obere Anschlagsdreieck auf einen horizontalen Streifen wie bei F. 4<sup>b</sup>, T. III zu beschränken und aus einzelnen gröfseren ausgekragten, dauerhaften Quadern bestehen zu lassen. Bei hölzernen Sielen von gröfserer Höhe ist dagegen die Konstruktion des oberen Anschlagsdreiecks von  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{10}$  Höhe aus mehreren Hölzern durchaus zweckmäfsig.

Riegelthore ohne oberen Anschlag erhalten gleich den Schleusenthoren durchschnittlich  $\frac{1}{6}$  Drempelhöhe.

Bei geringerer Weite des Siels als 3 m wird das Thor auch wohl einflügelig hergestellt, wie in F. 2<sup>a-d</sup>, T. III, sodafs es sich im geschlossenen Zustande rechtwinklig zur Längensaxe befindet und die mit der Bildung der Anschlagsdreiecke verbundenen Schwierigkeiten fortfallen; es erleidet demnach überhaupt keine Stemmung, wird vielmehr auf Biegung in Anspruch genommen und berechnet. Die Anordnung hat jedoch den Nachteil, dafs sich ein einziger grofser Flügel schwerer bewegt, mithin später öffnet, als zwei kleinere Flügel, weshalb der Anschlag auch wohl etwas schräg zur Axe, statt rechtwinklig zu derselben, gelegt worden ist; es lassen sich jedoch gröfsere Öffnungen zum Spülen oder Einlassen von Wasser in einem breiteren Thorflügel anbringen, vergl. T. IV, F. 1 u. 2, und auch gröfsere Dichtigkeit an der Schlagsäule erzielen; andererseits wird die Form des breiten Flügels eine ungünstigere, sodafs er dem Versacken leichter ausgesetzt ist.

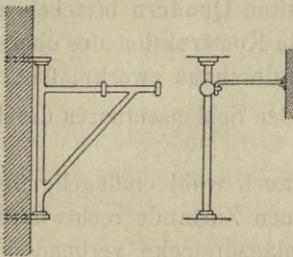
Bei den Seedeich-Sielen werden die Flut- und die Sturmthore gewöhnlich mit kleinen Schützen oder Klappen zur Verteilung des Wasserdrucks versehen; die Flutthore erhalten auch wohl grofse Vertikalschützen zum Einlassen des Aufsenwassers. Wo solche fehlen, und nicht etwa, wie dies namentlich in den Niederlanden und in Schleswig oft der Fall, ein Schütz an Stelle des einen Thorpaars zur Verfügung steht, bleibt behufs Einlassens des Aufsenwassers zum Zwecke der Spülung des Aufsentiefs, der Bewässerung,

<sup>34)</sup> Ein solcher Fall ereignete sich bei  $\frac{1}{16}$  Drempelhöhe vor mehreren Jahren an der Unter-Ems.

<sup>35)</sup> Siehe Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. 3, 1854, Bl. 82.

des Auffrischens des Binnenwassers u. s. w. nichts übrig, als die Thorflügel bei günstigen Winden während einer Tide ganz aufzusperren, wobei jedoch leicht Beschädigungen des Bauwerks und der Sieltiefe infolge der heftigen Durchströmung, welche sich auch in Notfällen nicht unterbrechen läßt, entstehen. Die Binnen- oder Ebbethore werden zur Erzielung einer günstigeren Form oft höher hinaufgeführt, als es die Zurückhaltung des aufgestauten oder eingelassenen Wassers erfordert, vergl. Fig. 9b, S. 22, indem der obere Teil unbedeckt bleibt. Sofern auf die Erzeugung eines kräftigen Stroms zur Spülung des Aufsentiefs Wert gelegt wird, sind sie mit großen Drehschützen zu versehen, deren vertikale Axe etwas excentrisch angeordnet ist, sodafs sie nach dem Zurücklegen eines Vorreibers von dem Wasserdrucke selbstthätig geöffnet werden, s. F. 15, T. IV.

Die Thore werden in der Regel aus bestem Eichenholz, mit 15 bis 25 cm starken Riegeln, 5 bis 7 cm starken Bohlen, 1 bis 2 Streben in holländischer Weise, indem die Riegel auf der Rückseite bündig mit der Wende- und der Schlagsäule liegen und durch eingelassene Bügel und Schienen mit denselben verbunden sind, hergestellt. Die Drehaxe ist versetzt, sodafs sich das Thor einige Centimeter frei dreht. Wo der Bohrwurm auftritt, sind die Holzflächen durch Kupferplatten oder eiserne Nägel mit breiten, die Fläche vollständig bedeckenden Köpfen zu schützen. Eiserne Thore würden im letzteren Falle den Vorzug verdienen, sind jedoch wegen der Erschütterungen, welchen sie bei bedeckten Sielen in den Seemarschen ausgesetzt sind, wo sie durch den eingehenden Strom mit Heftigkeit geschlossen werden, nur selten zur Ausführung gebracht.

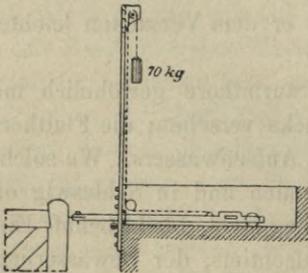
Fig. 31. *Aufhalter.*

Diejenigen Thore, welche nicht vom Wärter, sondern durch das Wasser geschlossen werden, sind durch „Aufhalter“ so weit von der Wand abzuhalten, dafs sie von der in das Siel eintretenden Strömung gefafst werden. Solche Aufhalter sind für kleinere hölzerne Siele nach Fig. 29, S. 45, bei grösseren Sielen nach Fig. 31 konstruiert und auch auf T. I, F. 12 u. 13 erkennbar; vielfach ist bei kleineren Sielen nur ein eichener Klotz vorhanden, der an einer in der Thorkammernische befestigten Kette hängt.

Bei der Muidener Seeschleuse, durch welche die Vechte in drei Öffnungen in den Zuidersee fließt, ist seit 1854 die in Fig. 32 dargestellte Anordnung gewählt worden, bei der das Thor mittels eines 70 kg schweren Gewichtes, das eine am vorderen Ende an der Schlagsäule befestigte, am hinteren Ende auf einer Rolle ruhende Stange bewegt, vorgeschoben wird, sobald der ausgehende Strom geringer geworden

Fig. 32.

*Aufhalter der Schleuse zu Muiden (Niederlande).*



ist; das heftige Zuschlagen kann also nicht stattfinden, auch wird die Profileinschränkung zur Zeit der kräftigsten Entwässerung, während der das Thor durch die Strömung in die Nische gedrückt wird, vermieden.

Die gewöhnlichen Aufhalter werden vom Sielwärter zurückgedreht, sobald die Thore ganz aufgesperrt werden sollen; letzteres geschieht nicht allein während der Spülung des Aufsentiefs oder des Einlassens von Außenwasser, sondern namentlich auch in nasser Jahreszeit, falls die Ausnutzung der vollen Sielweite erwünscht ist. Behufs Feststellung des Thores in der Nische wird an der Schlagsäule ein Haken oder ein Überfall angebracht, der in eine aus dem Mauerwerk hervorragende Öse u. s. w. faßt und erforderlichenfalls, wo ein mutwilliges oder eigenmächtiges Zudrehen des Thores zu befürchten, durch Vorlegen eines Schlosses noch gesichert wird. In gleicher Weise werden auch die Nothore und die Ebbethore, welche längere

Zeit außer Betrieb sind, festgestellt und zuweilen auch, ähnlich den Thoren der grösseren Seeschleusen, mit Vorrichtungen zur Verhütung von Bewegungen infolge Wellenschlags und höherer Fluten versehen.

Die Thore der ohne oberen Anschlag hergestellten offenen Deichschleusen werden regelmäfsig vom Sielwärter geschlossen, da sonst bei nicht gleichzeitigem Zugange der beiden Flügel leicht nachteilige Verbiegungen des zuerst von der Strömung geschlossenen Flügels hervorgerufen werden. Aber auch bei bedeckten Sielen können solche Verbiegungen eintreten, falls etwa fremde Körper vor den unteren Anschlag geraten sind, sodafs alle wichtigen Sielen einer sorgsamten Beaufsichtigung durch einen am besten in der nächsten Nähe des Bauwerks wohnenden Wärter, welcher im Winter auch das Aufeisen besorgt, bedürfen.

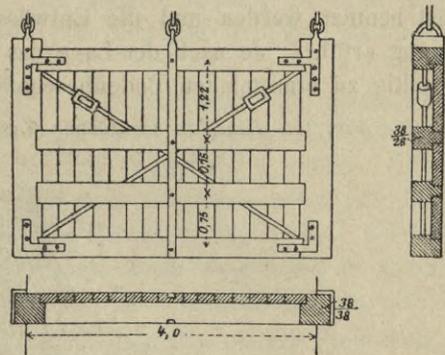
In den flandrischen Poldern des Departements du Nord sind an den Entwässerungsschleusen Läutewerke in Verbindung mit den selbstregistrierenden Pegeln angebracht, welche dem Wärter den Zeitpunkt des Öffnens und namentlich des Schließens bei vorgeschriebener Pegelhöhe ankündigen.<sup>36)</sup> Die Schließung des elektrischen Stromes, welcher das Läutewerk in Bewegung setzt, erfolgt, sobald der Halter des Stifts, welcher den Wasserstand auf der Papierrolle verzeichnet und gleichzeitig einen der beiden Drähte einer elektrischen Batterie trägt, das bestimmte Niveau erreicht; die Höhe desselben wird durch Fixierung einer Klemmschraube normiert, die das Ende des anderen Drahtes jener Batterie festhält.

Schützen, welche bei Sielen von nicht zu großer Weite sowohl in Flufsdeichen als auch in Seedeichen vorkommen, vergl. § 7, werden gewöhnlich aus Bohlen mit

Leisten oder, bei geringerer Gröfse, aus zwei sich kreuzenden Bohlenlagen hergestellt. Die eisernen, mit Schraubbolzen befestigten Bügel endigen in Augen, welche zur Verhütung des Klemmens über dem Schwerpunkte des Schützes liegen und die Verbindung mit den oberen Zugstangen bezw. bei einfachen Ausführungen mit den von der Windewelle bewegten Ketten bilden. Bei gröfserer Weite wird das Schütz aus horizontalen Riegeln und vertikalen Bohlen oder besser in Eisen mit Rollen und Gegengewichten konstruiert; im letzteren Falle werden die aus I- oder □-Eisen gefertigten, an den Seiten und in den Axen der Zugvorrichtung durch vertikale Eisen verbundenen Riegel mit Blech bekleidet. Durch Anordnung von Rollen, behufs Vermeidung der gleitenden Reibung, ist eine erhebliche Verminderung der Zugkraft zu erzielen.

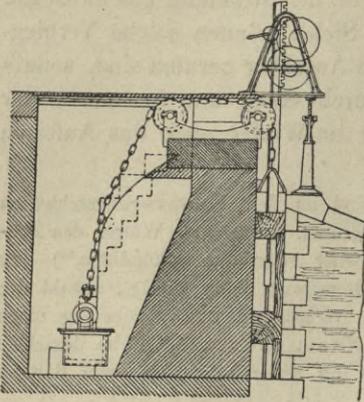
Auf T. III, F. 5<sup>a-d</sup> ist ein solches Schütz, welches zu der Sielanlage Fig. 26, S. 44 gehört, dargestellt. Es ist 3,07 m breit, 3,77 m hoch; das Gerippe besteht aus sechs wagerechten I-Eisen, welche 0,6 bis 0,813 m voneinander entfernt und durch die beiden seitlichen, sowie durch drei mittlere senkrechte Eisen verbunden sind; das 10 bis 12 mm starke Blech ist an der Außenseite aufgenietet. An jeder Seite sind mit dem Schütz zwei Rollen von 0,536 m im Durchmesser verbunden, die sich zwischen Führungsleisten bewegen. Da die Quadereinfassungen einen 0,52 m breiten Schlitz bilden, während die an den Kopfenden des Schützes angebrachten Bleche nur 0,51 m breit sind, so verbleibt an jeder Seite nur ein erforderlichenfalls durch ein Hanfseil abgedichteter Spielraum von 0,5 cm; die Abdichtung am unteren Rande erfolgt durch eine Holzleiste. Das Schütz hängt an zwei Gelenkketten, die über Rollen geführt sind und auch das 3575 kg schwere Gegengewicht tragen; das Gewicht des Schützes ist 3840 kg und das Räderwerk der Winde unter Zugrundelegung eines gröfsten Wasserdruckes von 4,3 m Höhe und eines Reibungskoeffizienten von 0,3 bestimmt worden. — Die Konstruktion weicht in wesentlichen Punkten von derjenigen der Stauschleuse im Weaver-Flufs (England) ab, welche zu den ersten Anlagen von Schützen mit Rollen gehört und im III. Kapitel (Stauwerke) auf T. X, F. 8 mitgeteilt worden ist; bei einer Weite der Öff-

Fig. 33. Hölzernes Schütz. M. 0,01.



<sup>36)</sup> Nouv. ann. de la constr. und Centralbl. d. Bauverw. 1881.

Fig. 34. Schützenwinde mit Gegengewicht und Laufbahn.



nungen von 4,72 und einer Schützenhöhe von 3,96 m sind dort Rollen an der Unterwasserseite der Schützen und an den Seiten (zur Führung) angebracht, Gegengewichte fehlen, der wasserdichte Schluß wird durch hölzerne Leisten an den Seiten des Schützes herbeigeführt.

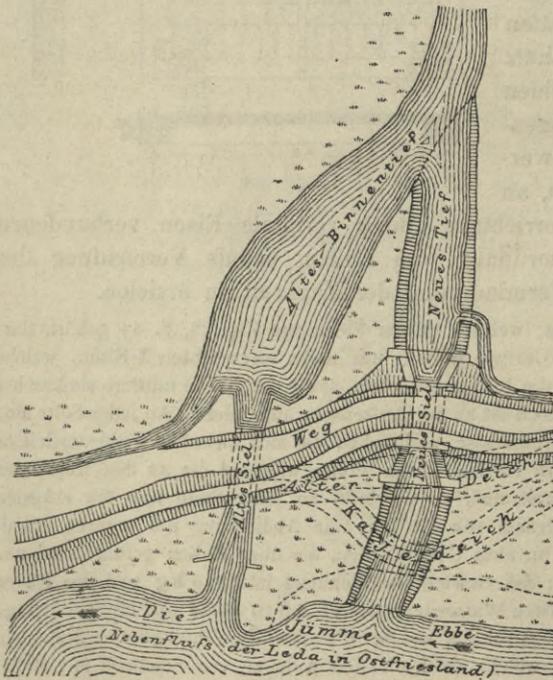
Bei mehreren neueren ostholsteinischen Sielen ist die Anordnung der Fig. 34 getroffen, daß sich die in einem Kasten eingeschlossenen Gegengewichte auf eisernen Leitbahnen bewegen, welche derartig geformt sind, daß, mag auch das Schütz mehr oder weniger aus dem Wasser herausragen, stets eine fast gleiche Kraft zum Bewegen erfordert wird. Letztere wird mittels einer in der Mitte des Schützes angebrachten Zahnstange durch eine Winde von einem Arbeiter ausgeübt.<sup>37)</sup>

Bei Einlaßschleusen ist auch wohl mitten in dem größten Schütze ein kleineres angeordnet, welches zuerst geöffnet wird, sodafs die erforderliche Zugkraft sowohl durch die Einschränkung der in Betracht kommenden Fläche, als durch die Erhöhung des Binnenwasserspiegels vermindert wird.<sup>38)</sup>

**§ 15. Ausführung und Kosten.** Bei der Erbauung eines neuen Siels soll gewöhnlich ein Ersatz für das alte abgängige Bauwerk geschaffen werden; dasselbe wird dann am zweckmäßigsten neben dem letzteren ausgeführt, sodafs die vorhandenen Sieltiefe thunlichst benutzt werden und die Entwässerung der Marsch während der Bauzeit keine Störung erfährt. Je nach der Lage des Deiches, der Sieltiefe und der durch Bohrungen sorgfältig zu ermittelnden Bodenbeschaffenheit kann das neue Siel

Fig. 35. Lageplan des Jümme-Siels.

M. 0,001.



1. so weit nach binnen verlegt werden, daß der Deich während der Bauzeit ganz oder größtenteils unberührt bleibt und erst nach Vollendung des Siels zurückgelegt wird; es ist dann ein besonderer Schutzdeich nicht erforderlich, dagegen erleidet die Deichlinie einen nicht unerheblichen Knick;
2. das neue Siel wird in der alten Deichlinie oder nur wenig hinter derselben erbaut, Fig. 35, sodafs der Deich fortzunehmen und ein Hilfsdeich, sogenannter Kaje-deich, zum Schutze der Marsch zu schütten ist.

Letzteres ist der gewöhnliche Fall; es wird dann nicht allein ein erheblicher Knick in der Deichlinie vermieden, sondern es kommt der Neubau auf den vom früheren Deichkörper bereits stark verdichteten Untergrund,

<sup>37)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883, S. 462.

<sup>38)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 363.

sodafs die für das Bauwerk sehr gefährlichen und kostspieligen starken Versackungen des neuen Deichkörpers nicht eintreten können. Diese Vorteile sind in der Regel erheblicher als die durch den Kajedeich hervorgerufenen Kosten. Derselbe erhält nur diejenige Höhe und Stärke, welche für das während der Bauzeit zu erwartende Hochwasser notwendig erscheint und ist durch Strohbestückung oder Faschinenbesprentung zu sichern.

Bei hölzernen, nur kurze Zeit zur Ausführung erfordernden Sielen von größerer Länge lassen sich die durch den Kajedeich und durch die neuen Sieltief-Arme entstehenden Kosten auch in der auf T. II, F. 13 angegebenen Art vermeiden, wobei das neue Siel genau auf der alten Stelle erbaut wird. Um eine wasserfreie Baugrube zu erhalten, wird das Aufsientief durch einen bis über höhere Springfluten reichenden Kastenfangdamm, an welchen sich ein mit Stroh oder Faschinen bestückter Verbindungsdeich schließt, abgedämmt; ebenso wird das Binnentief abgedämmt. Die äufsere Hälfte des alten Siels mit seinem Thore und dem darüber liegenden alten Deiche bleibt zunächst insoweit unberührt, dafs bei den höchsten, während der Bauzeit zu erwartenden Fluten noch ein sicherer Schutz erzielt wird; die alte Böschung ist deshalb, da der Deichkörper geschwächt ist, durch Bestückung oder durch eine Buschlage genügend zu sichern. Nachdem im Schutze dieser äufseren Deichhälfte die innere Hälfte des Neubaus mit den Innenthoren ausgeführt worden ist, wird über den letzteren die Binnenhälfte des neuen Deiches geschüttet. Diese dient nun als Schutzdeich für die Marsch, sodafs die alte äufsere Deichhälfte mit dem alten Siele beseitigt werden und der noch fehlende äufsere Teil des Neubaus ausgeführt werden kann.

Welche Ausführung auch gewählt werde, die Marsch mufs bei jedem Stande des Baues in durchaus genügender Weise gegen unerwartet eintretende Hochfluten geschützt sein; höchst gefährlich kann ein Abrutschen des Deichkörpers werden, falls das Aufsientief oder die Baugrube demselben zu nahe liegt und die unteren weichen Schichten in der vorgerückten nassen Jahreszeit eine flachere Böschung annehmen. Bei neuen Einpolderungen ist die Baustelle der Siele ringsum von einem Kajedeiche zu umgeben. Es ist dringend zu raten, Sielbauten in der Zeit vom 1. April bis 1. Oktober zu vollenden.

Kosten. Die veranschlagten bezw. die Ausführungskosten einiger Siele sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

Name des Sieles.	Baujahr.	Baukosten M.	Abmessungen.	Konstruktionsart.
Aschwardener Siel an der Unter-Weser. F. 15 bis 18, T. II.	1864	78000	Das Hauptsiel 4,08 m weit, 14,3 m lang.	Massivbau auf holländischem Pfahlrost mit Spannbalken im Hauptsiel.
Siel zu Wielingen in Seeland. F. 1 bis 4, T. II.	1871	129000	Das Hauptsiel 5,6 m lang, 2 Öffnungen à 3 m weit.	Massivbau auf Pfahlrost mit übermauerten Spannbalken.
Statensiel am Dollart. F. 19 bis 21, T. II.	1876	450000	Offene Schleuse 8,5 m weit.	Desgl.
Horume Siel in Oldenburg.	1871	75000	Das Hauptsiel 22 m lang, 4,14 m weit.	Massivbau auf Pfahlrost mit umgekehrtem Sohlengewölbe im Hauptsiel und übermauerten Vorsielböden.
Mariensiel in Oldenburg.	1878	251400	Das Hauptsiel 18,25 m lang, 5 m weit.	Desgl. Thore von Eisen.
Norder-Aue-Schleuse bei Neuhaus a. Oste.	1883	64783	Das Hauptsiel 21,5 m lang, 4,3 m weit.	Konstruktion ähnlich dem Siele bei der Knock, F. 1, T. III, jedoch mit Sohlengewölbe; Querschnitt in Fig. 18, S. 36.

Bei dem zuletzt genannten Siele betragen die Kosten ohne Kajungen (Bohlwerke zur Sicherung der Sieltiefe) 60200 M.; wird der lichte Sielquerschnitt = 16,06 qm als Einheit zu Grunde gelegt und für die ganze Siellänge einschliesslich der Binnentiefe auf 33,5 m in Rechnung gestellt, so ergeben sich daraus 538 cbm und 1 cbm berechnet sich zu 112 M. Hiervon entfallen auf Erdarbeit 10,9 M., Mauerarbeit 7,3 M., Mauermaterial 32,3 M., Abdämmung 8,0 M., Pfahlrost 22,6 M., Thore (für 1 qm 75,8 M.) 8,3 M., Beschlag und Halseisen (für 1 qm 58,0 M.) 6,3 M., Eisenzeug zum Rost und Mauerwerk 1,9 M., Wasserschöpfen, Nachtwachen, Geräte, Landentschädigung 8,1 M., Bauleitung und Beseitigen des alten Siels 6,3 M.

---

### Litteratur.

Hunrichs. Deich-, Siel- und Schlegelbau, 1. Teil. Bremen 1770.  
 Buchholz. Bau hölzerner Abwässerungsschleusen. Hannover 1829.  
 Storm-Buysing. Waterbouwkunde. Breda 1864.  
 Hagen. Wasserbaukunst. Zweiter Teil, 3. Band und Dritter Teil, 1. Band.  
 Waterbouwkunde door Henket, Schols en Telders. I. Deel, Afd. II. Sluizen door J. M. Telders. Gravenhage 1891.

## XIV. Kapitel.

# S c h i f f s s c h l e u s e n .

Bearbeitet von

**L. Brennecke,**

Marine-Hafen-Bauinspektor in Kiel.

(Hierzu Tafel V bis XIV und zahlreiche Textfiguren.)

*Für die erste u. zweite Auflage wurde dieses Kapitel von Oberbaudirektor Franzius in Bremen bearbeitet.*

### A. Allgemeines.

(13 Textfiguren.)

**§ 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 eine schiffbare ist, heißt die betreffende Schleuse eine Schiffsschleuse oder Schiffahrtsschleuse, gleichviel ob die Schiffahrt Hauptzweck oder nur Nebenzweck bei der Anlage ist. In dem vorliegenden Kapitel, welches in Rücksicht auf die Binnenschiffahrt die Kapitel X und XV und für die Seeschiffahrt das Kapitel „Seehäfen“ ergänzt, sollen nur die schiffbaren Schleusen besprochen werden, während hinsichtlich der Stauschleusen auf Kap. III und hinsichtlich der nur zum Spülen von Hafemündungen dienenden Spülschleusen auf Kap. XX, endlich betreffs der in Deichen liegenden Entwässerungsschleusen oder Siele auf Kap. XIII Bezug genommen werden muß. Es kann unter Umständen eine Entwässerungsschleuse auch für die Schiffahrt 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 Schiffahrtsbetrieb und sodann aus den Rücksichten, welche dabei auf die billigste Herstellung der Schiffahrtsanlagen 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 Schiffahrtskanäle und die Kanalisierungen der Flüsse oder die für die Binnenschiffahrt notwendigen Anlagen, andererseits die für die Seeschiffahrt in manchen Fällen erforderlichen Hafenschleusen in ihrer verschiedenen Gestalt.

Wie in den Kapiteln X und XV ausführlicher besprochen ist bzw. 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 horizontalen „Haltungen“ eingeschlossen, am Abfluß möglichst gehindert wird. Bei den Kanalisierungen dagegen sollen die Schiffsschleusen vorzugsweise nur die durch Wehranlagen geschaffenen Staustellen für die Schiffe passierbar 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 Flußstrecken, 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 Verschlussvorrichtung und die Kammer, falls eine solche überhaupt vorhanden.

Unter einem Schleusenhaupt versteht man im weitesten Sinne die feste Umrahmung der Durchfahrtsöffnung einschließlic der zur zeitweiligen Absperrung derselben dienenden Verschlussvorrichtung 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, wird dieses Haupt geschlossen, der Wasserstand der Kammer durch geeignete Vorrichtungen (Thorschütze oder Umläufe) auf die Höhe des Unter- bzw. Oberwassers gebracht, das in der Fahrriichtung des Schiffes 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 erhebt.

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

Die Bezeichnung „Schleusenthor“ gilt aber ferner und mit Recht auch für die seltener vorkommenden Verschlussarten (§ 21), nämlich für das einflügelige Drehthor, für horizontal liegende klappenartige Thore, für Schiebethore, und endlich für frei bewegliche und in keiner festen Verbindung mit der Schleuse stehende Pontons. Neben dem Worte „Thor“ wird seltener und nicht nur für kleinere Schleusen das Wort „Thür“ 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.

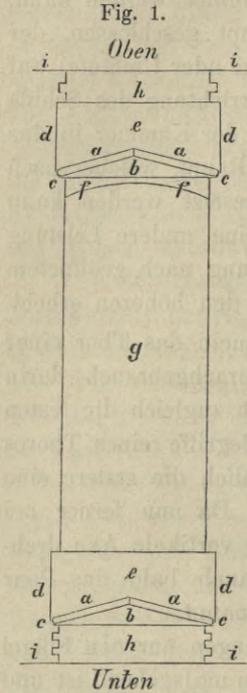
**Benennungen.** Es sei zunächst für die Feststellung der meisten und gebräuchlichsten Benennungen die Gliederung einer gewöhnlichen Kammerschleuse, nach Fig. 1 und zwar von den Thoren ausgehend gegeben. Jedes zweiflügelige Thor *aa* lehnt sich mit den Unterkanten gegen die Schwelle oder den Drempe *b* und mit seinen Hinterkanten gegen die Wendenischen *cc*; nach geschehener Öffnung liegen die Flügel in den Thorkammernischen *dd*, welche zu beiden Seiten die Thorkammer *e* und

deren Grundfläche, den Thorkammerboden, begrenzen. Zwischen dem Drempeel des oberen Thores, welcher Drempeel bei Fluß- und Kanalschleusen in der Regel nach unten hin durch einen Abfallboden oder eine Abfallmauer *f* begrenzt ist, und der Thor-

kammer des unteren Thores liegt die Kammer *g* zur Aufnahme des zu hebenden oder zu senkenden Schiffes. Außerhalb der oberen Thorkammer und des unteren Drempeels liegen fast stets die Vorschleusen *hh*, also die obere beziehungsweise untere Vorschleuse.

Wie bei der Thorkammer, so sind auch bei den Vorschleusen und der Kammer die betreffenden Böden von den Seitenwänden zu unterscheiden, wobei jedoch am Oberhaupte der Kammerboden sich nur bis zum Abfallboden, die Kammerwände sich dagegen bis zur Wendische erstrecken. Die den Drempeel begrenzenden Seitenwände werden auch zuweilen die Thorsäulen genannt.

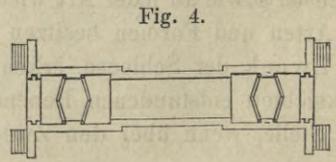
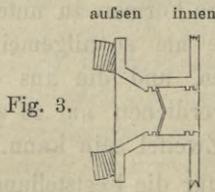
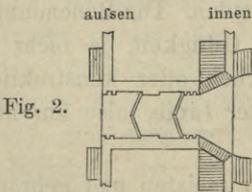
Im ganzen werden dann drei Hauptabteilungen unterschieden: die Kammer *g* und die beiden Häupter, das Oberhaupt *heeb* und das Unterhaupt *ebh*, mit den betreffenden Nebenteilen, als etwaigen Flügeln *ii* u. s. w. Die Bezeichnungen dieser beiden Häupter gehen zuweilen über in Aufsens- und Binnenhaupt,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



Arten. Nach dem Zweck mögen sodann unter Annahme von vertikalen Drehthoren folgende Arten unterschieden werden:

1. Die einfache Kammerschleuse (Fig. 1), welche nur nach einer Seite hin höheres Wasser halten oder kehren, jedoch den Schiffen die Durchfahrt mit Hilfe des „Durchschleusens“ jederzeit gestatten soll, also im wesentlichen aus der Kammer und zwei Häuptern mit je einem Thor besteht.

2. Die Schutz- oder Sperrschleuse (Fig. 2), welche wie eine Deichschleuse (Kap. XIII), 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 Flutthor besteht, welches aber der Sicherheit wegen, namentlich zum Abhalten hoher Sturmfluten, zuweilen verdoppelt wird.



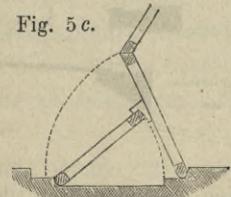
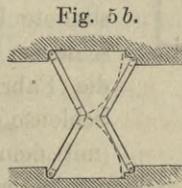
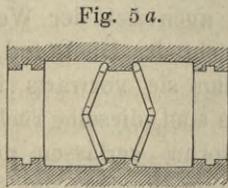
3. Die Dockschleuse (Fig. 3), welche nur nach innen zeitweilig höheres Wasser zurückhalten, zu anderen Zeiten offen stehen und freie Durchfahrt gestatten soll, daher ebenfalls nur aus einem Haupt mit einem, selten mit zwei Ebethoren besteht.

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

4. Die Kammerschleuse (Fig. 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 schließende Thore haben muß, in der Regel also vier Thore hat, wenn nicht etwa die Thore 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 Thor, in dem anderen aber nach beiden Richtungen kehrende Thore haben muß.

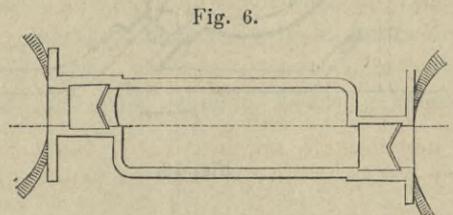
6. Die Schutz- oder Sperrschleuse, die zugleich Dockschleuse ist (Fig. 5), also abwechselnd nach beiden Richtungen kehren soll, um so seltener schiffbar ist und nach beiden Richtungen kehrende Thore haben muß. Die Lage der Thore ist gewöhnlich die nach Fig. 5a, selten die nach Fig. 5b. Hierbei mögen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



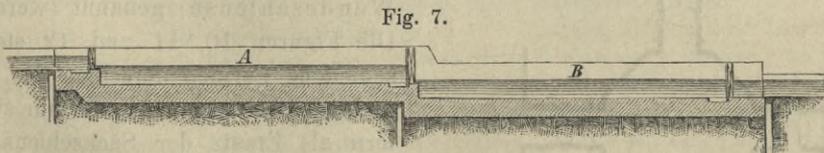
7. Die Fächerschleuse (und verwandte Arten), welche zwar nur ein Haupt und ein Thor hat, jedoch vermöge ihrer eigentümlichen Anordnung sich beliebig gegen den höheren Wasserstand öffnen und sich daher vorzugsweise als Spülschleuse und Schutzschleuse, dabei mit gewöhnlichen anderen Thoren zusammen auch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

Andere Arten ergeben sich aus der Gröfse 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. Fig. 6 und F. 4, T. VIII.

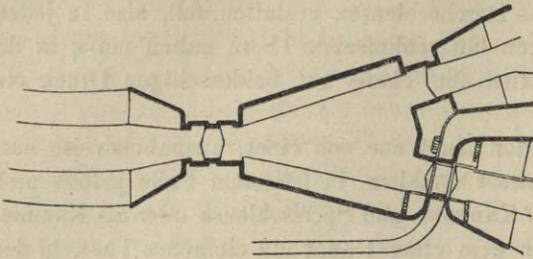


9. Die Kesselschleuse, welche in ähnlicher Weise für eine größere Anzahl Schiffe in der Kammer Raum bietet.



10. Die Koppel- oder Kuppelschleuse (s. Fig. 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 Unterthor der oberen zugleich Oberthor der unteren Schleusen ist, weshalb sie auf  $n$  Kammern  $n + 1$  Thore haben muß,

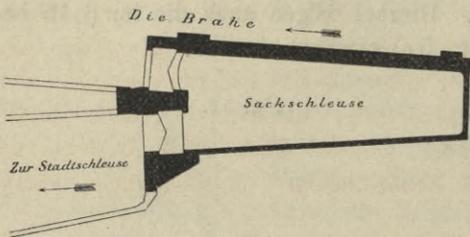
Fig. 8.



11. Eine besondere Art der Kamerschleuse, die man Weichenschleuse nennen kann, weil sie für Wasserstraßen den Zweck der Weiche bei Bahngeleisen erfüllt, ist die Schleuse mit drei Häuptern Fig. 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 Fig. 9 (Schleuse zu Bromberg). Sie hat nur zwei nebeneinander liegende Häupter und verbindet die unter spitzen Winkel zusammenlaufenden Enden zweier Fahrrichtungen.

Fig. 9.



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

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

Fig. 10.

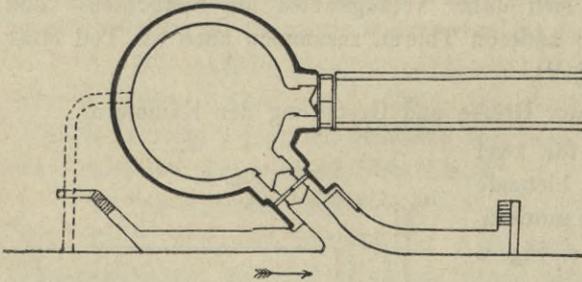


Fig. 11.

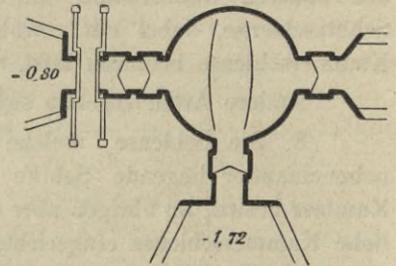
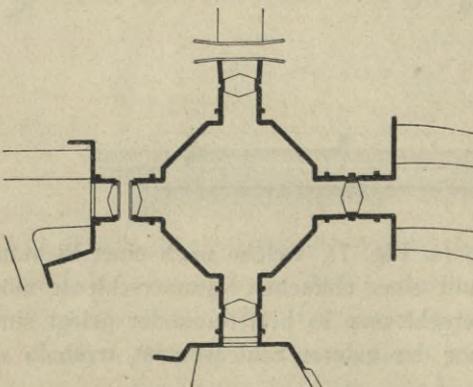


Fig. 12.



13. Man erhält so eine Schleusenform, die wegen der Ähnlichkeit ihres Zweckes mit dem der Drehscheiben der Eisenbahn Wendeschleuse genannt werden mag. Die Figuren 10, 11 und 12 stellen verschiedene Formen derselben dar. Fig. 10 (Schleuse bei Apremont) mit nur zwei Häuptern als Ersatz der Sackschleuse Fig. 9, Fig. 11 mit drei Häuptern (Schleuse bei Bézier) als Ersatz der Weichenschleuse Fig. 8, und Fig. 12 (Schleuse bei Dünkirchen) mit vier Häuptern und polygonalem Grundrisse 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 Thore erhalten müssen, wodurch wieder eine ganze Reihe von Abarten entsteht.

Bei der Mehrzahl der genannten Schleusenarten tritt unter Umständen eine Verdoppelung der Thore derselben Kehrrihtung 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 Mittelhäuptern noch die besondere Einrichtung der Sperrthore, deren Zweck ausschließlic in darin besteht, die Strömung in der Schleuse vor Schluß der Flut- und Ebbethore zu beseitigen. Näheres im folgenden Paragraph am Schlusse.

Ferner entstehen besondere Arten von Schleusen dann, wenn statt vertikaler Drehthore andere Verschlufsvorrichtungen, als Schiebethore, Klappthore oder Pontons gewählt werden, vergl. § 21.

Aber nicht allein eine Verdoppelung der Thore, 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 Zwillingschleusen miteinander kombiniert werden oder man giebt den nebeneinander liegenden Schleusen verschiedene Abmessungen, um Schiffe von verschiedenen Gröfsen möglichst rasch zu befördern.

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

Beispiele. An zwei Beispielen möge die Bezeichnung der einzelnen Teile wiederholt und die Bedeutung derselben näher besprochen werden. Indem hierzu die in F. 1—10, T. V und F. 1—8, T. VI dargestellten Schleusen dienen, muß jedoch bevorwortet werden, daß in besonderen Fällen noch einige aufsergewöhnliche, in diesen Beispielen nicht vorhandene Teile vorkommen können.

F. 1 u. 2, T. V stellt das Außenhaupt der in F. 6 derselben Tafel in ihrer Lage gezeichneten Schleuse des Papenburger Hafens<sup>3)</sup> dar. Die Schleuse ist eine Kammerschleuse, um jederzeit bei höherem Außenwasser Schiffe einfahren zu lassen. Sie ist zugleich Schutzschleuse, um das hohe Außenwasser von dem niedrigen Binnenlande und dementsprechend normierten Binnenwasser (s. F. 7) abzuhalten. Endlich kann sie auch als Dockschleuse gelten, weil sie mit dem Ebbethore das normale Binnenwasser verhindert, bei der Ebbe in die Ems zu laufen. Die Schiffe können bei höherem Binnen-

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

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

<sup>3)</sup> Die wasserbaulichen Anlagen in Papenburg, von L. Franzius. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866.

wasser also nicht hinauskommen. Die Schleuse besteht nach F. 6 demnach aus einem Aufsenhaupt mit einem Flutthore, aus einem Binnenhaupt mit einem Flutthore und einem Ebbthore und aus der zwischen beiden Häuptern liegenden Kammer. Da die Schiffe vor dem Einschleusen nicht im Fahrwasser der Ems liegen bleiben und nach dem Ausschleusen dasselbe nicht sogleich erreichen können, so mußte ein kleiner Vorhafen zwischen Aufsenfahrwasser und Schleuse hinzugefügt werden, in welchem einige Schiffe zur Vorbereitung für die Fahrt auf dem Kanal oder auf dem Flusse Platz finden. Von aufsen her gerechnet besteht nun das in F. 2 dargestellte Aufsenhaupt dieser Schleuse zunächst aus der anfangs zwischen zwei schrägen Flügeln liegenden Vorschleuse, welche sich bis an die Thorkammer erstreckt. Die Vorschleuse vermittelt hier den Übergang aus der engen eigentlichen Schleuse in den weiten Vorhafen, sie dient ferner dazu, die Deichböschung angemessen zu begrenzen und endlich auch, um Platz für doppelte Dammfalze zu geben. Bei reinen Kanalschleusen ist der letztere Zweck oft der einzige einer Vorschleuse; dann fällt der von schrägen Flügeln eingefasste Raum fort, s. F. 2 u. 4, T. VI. Die Thorkammer dient in allen Fällen lediglich zur Aufnahme der geöffneten Thorflügel in den Thornischen. Vorschleuse und Thorkammer haben ihren Vorschleusen- und Thorkammerboden. Nach der Thorkammer folgt jedesmal der Drempe im Boden mit den Thorsäulen in den beiderseitigen Wänden daneben. Nach vorn, oder in diesem Falle nach aufsen, sind diese beiden Teile begrenzt zunächst durch den im Grundrisse meist dreieckförmigen, nur bei großen Seeschleusen bogenförmigen Drempeanschlag, d. h. einen senkrechten Vorsprung im Boden, gegen den die Thorflügel mit ihrer fast stets horizontalen Unterkante schlagen, sodann durch die Wendnischen, oder den gekrümmten Vorsprung der Seitenwände, gegen den die Thorflügel mit ihrer senkrechten Hinterkante (der Wendensäule) sich lehnen und stemmen. Drempeanschlag und Wendnische bilden bei allen Schleusen die wichtigsten der festen Teile und geben mit den Thorflügeln zusammen erst das eigentliche vollständige Thor. Nach innen hin sind der Drempe, sowie die beiden die Wendnischen enthaltenden Thorsäulen oft nicht bestimmt begrenzt. Denn der Drempe geht zuweilen unmerklich in den Kammerboden oder in einen anderen Bodenteil über, während die Thorsäulen hinter der Wendnische ebenfalls in die Mauern der Kammer sich verwandeln. So hört streng genommen der Drempe in F. 2, T. V hinter dem aus F. 7 erkennbaren Absatz im Boden auf und es liegt zwischen diesem und der eigentlichen Kammer noch ein Hinterboden oder eine Art Vorschleusenboden. Erst nach diesem folgt nach einem nochmaligen Absatz der wirkliche Kammerboden. Das Binnenhaupt zeigt nach F. 6, 8 u. 9 zwei schmale Vorschleusen, zwei Thorkammern und zwei für die beiderseitigen Thore dienende, aber miteinander verbundene Drempe.

In diesem Falle ist ferner das Aufsenhaupt zugleich gewissermaßen das Oberhaupt, weil nur dann im eigentlichen Sinne durchgeschleust wird, wenn das Aufsenwasser höher als das Binnenwasser steht. Es liegt daher auch der äußere Drempe höher als der doppelte innere, indem letzterer lediglich nach dem Normal-Binnenwasser, der äußere dagegen nach der Flut der Ems bestimmt wurde.

Die in F. 1—8, T. VI dargestellte Schleuse der von Arnaville bis Metz kanalisierten Mosel<sup>4)</sup> hat fast genau die umgekehrte Anordnung. Es liegt das in der F. 2 dargestellte Unterhaupt mit einem Flutthore nach aufsen hin, wenn der Kanal als das Binnenwasser und die Mosel als Aufsenwasser angesehen wird. Oberhalb oder innerhalb des Flutthores liegt zunächst das untere Thor der Kammerschleuse, deren Thorkammerboden und der Kammerboden gleiche Höhe haben und diese Höhe erstreckt sich bis zum Abfallboden des in F. 4 u. 1 dargestellten Oberhauptes. Dann folgt der Oberdrempe, der Thorkammerboden und nach einem nochmaligen senkrechten Absatz der Vorschleusenboden.

Die ganze Schleuse ist nun zunächst eine einfache Kammerschleuse zum jederzeitigen Durchschleusen, so lange nicht das Unterwasser das Flutthor des Unterhauptes schließt. Würde dies Flutthor fehlen, so würde das höhere Unterwasser die Thore der Schleusenammer öffnen und in den 2 km langen, oben durch eine einfache Kammerschleuse geschlossenen Kanal treten. Dies mußte wegen der niedrigen Umgebung des Kanals vermieden werden, findet jedoch bei anderen Kanälen nicht selten statt, wo es denselben oder den davon abhängigen Grundstücken nicht schadet.

Es muß noch bemerkt werden, daß die Gestaltung der Schleusen im einzelnen in hohem Grade von den Thoren abhängig ist, insbesondere ergeben sich die Formen der Drempe, der Thornischen, der Wendnischen u. s. w. vorzugsweise aus der Anordnung der Thore. Wenn es sich um den Entwurf einer Schleuse handelt, sind deshalb nach Feststellung der Grundzüge die Erörterungen in den Paragraphen 15—21 alsbald zu Rate zu ziehen.

<sup>4)</sup> Siehe Kanalisation der Mosel u. s. w. von Schlichting. Zeitschr. f. Bauw. 1874.

**§ 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 gehören dazu die Beschaffenheit des Bodens, namentlich des Untergrundes, die günstige Lage des Bauplatzes für Materialzufuhr, für Abdämmung, für etwaiges Ausschöpfen der Baugrube u. s. w. Alle diese Rücksichten werden erst bei Besprechung der Konstruktion nach ihrer Bedeutung näher beurteilt werden können; sie stehen übrigens, wenn sie nicht ausnahmsweise eine besondere Gröfse 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, Flufsschleusen und Seeschleusen und es ist zunächst im allgemeinen zu bemerken, dafs für Kanalschleusen und Flufsschleusen die Kammer-  
schleuse die gewöhnlich benutzte Form ist, während Seeschleusen häufiger ohne Kammer als mit einer solchen ausgeführt werden. Ein anderer Unterschied besteht darin, dafs die Kanalschleusen in der Regel eine Abfallmauer oder einen Abfallboden (s. S. 56) haben, während Seeschleusen fast ausnahmslos mit horizontal durchgehendem Boden hergestellt werden. Bei Flufsschleusen kommen sowohl horizontale 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 (Fig. 1, S. 56) ausgeführt, jedoch hat man, wenn es sich darum handelte, den Verkehr nach mehr als zwei Richtungen zu ermöglichen, die einfache Schleuse, wie im vorigen Paragraph bereits mitgeteilt, weiter ausbildend, die Weichenschleuse Fig. 8 u. 9, S. 58, und die Wendeschleuse Fig. 10, 11 u. 12, ebenda, geschaffen. Derartige Schleusen sind in der Anlage jedenfalls 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, dafs 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 grofsen Gefällen wandte man früher ebenfalls die gewöhnliche Kammerschleuse ausschliesslich an, indem man entweder eine gröfsere Anzahl Einzelschleusen mit kurzen Haltungen dazwischen anordnete, oder auch mehrere (bis zu acht) Schleusen zu einer Schleusentreppe kuppelte, Fig. 7, S. 57. Letztere Anordnung erspart zwar Mauerwerk und Thore, erfordert aber sehr viel Wasser und verursacht namentlich grofse Zeitverluste. Dieselbe ist in unserer Zeit wohl nur noch da am Platze, wo in der Nähe eines Flusses ein aus demselben abzweigender Kanal so hoch liegt, dafs die letzte Schleuse als Kuppelschleuse mit einem solchen Gesamtgefälle angeordnet werden kann, dafs selbst das höchste Flufswasser nicht in den Kanal eintritt. Anstatt der Kuppelschleusen hat

Polhem bereits im vorigen Jahrhundert in Schweden eine einzige Schleuse mit 17,56 m Gefälle — eine sogenannte Schachtschleuse — anzuwenden versucht, die indessen wieder aufgegeben werden mußte. Die fortgeschrittene Entwicklung des Maschinenbaues hat nun in neuerer Zeit zur Überwindung starker Gefälle eine ganze Reihe von Entwürfen künstlicher Schiffshebwerke gebracht (vergl. § 25), von denen jedoch bisher nur wenige zur Ausführung gelangt sind. Wenn schon nicht zu leugnen ist, daß diese Hebwerke 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>5)</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 sollten bei dem Nicaragua-Kanale 33,5 m durch drei Schleusen, bei dem letzten Projekte des Panama-Kanals 38 m durch vier Schleusen überwunden werden, während 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 aufweist. Der große Wasserverbrauch wird bei diesen neuen Schachtschleusen durch Sparbassins (vergl. § 24) wesentlich eingeschränkt, wenschon derselbe immer noch bedeutend größer, als bei künstlichen Heberwerken ist. Da das Durchschleusen eines Schiffes bei den letzteren auch weniger Zeit erfordert als bei den Schachtschleusen, so werden künstliche Hebwerke namentlich dann in Erwägung zu ziehen sein, wo bei Mangel an Speisewasser, aber lebhaftem Verkehre große Gefälle in der Nähe größerer Städte zu überwinden sind, da in solchen die Gelegenheit geboten ist, etwaige Reparaturen schnell ausführen zu lassen. Dabei sind die einfacheren Konstruktionen 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 (Fig. 6, S. 57) anzuwenden oder statt derselben die Doppel- oder Zwillingschleuse, welche aus zwei nebeneinanderliegenden, nur durch eine Mittelmauer getrennten Kammerschleusen besteht. Letztere sind nicht sehr viel teurer als die erstgenannten Schleusen, bieten diesen gegenüber aber den Vorteil, daß sie einen ungestörten Kanalbetrieb gestatten und weniger Wasser verbrauchen. Hierbei sei bemerkt, daß bei sehr bedeutenden und wichtigen Bauwerken, trotz der größeren Kosten, zu überlegen ist, ob es nicht zweckmäßiger sei, Doppelschleusen nicht unmittelbar nebeneinander auf dasselbe Fundament zu stellen, sondern lieber einen Erdkörper zwischen beiden zu belassen. Bei Anwendung einer durchgehenden 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 Fertigstellung beider und damit die Eröffnung des Kanals von jeder derselben abhängig.

Mit der Zunahme der Schleppschifffahrt auf den Kanälen genügten auch die Doppelschleusen nicht mehr, und man ging dazu über, Schleusen zu bauen, welche sowohl einzelne Schiffe, als auch ganze Schiffszüge ohne unnötig großen Wasserverbrauch durchzuschleusen im stande sind. Es sind dies die Schleusen mit drei Häuptern hintereinander, bei denen je nach Bedarf entweder die ganze Kammerlänge zwischen den

<sup>5)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 209.

beiden äusseren Thoren oder nur ein Teil der Länge zwischen dem mittleren Thore und einem der beiden äusseren benutzt wird. Auf Wasserstraßen endlich mit sehr entwickelter Schifffahrt, die gleichzeitig großen Wasservorrat besitzen, hat man auch die Kammern der Schleusen zur Aufnahme einer großen Anzahl von Schiffen, also zu sogenannten Kesselschleusen erweitert. Eine solche Schleuse befindet sich in Brandenburg an der Havel, ferner in dem für Schleppschifffahrt eingerichteten, im Sommer 1892 eröffneten Merwede-Kanale in Holland und in diesem Lande an verschiedenen Orten.

Die Lage der Kanalschleusen wird im XV. Kapitel besprochen, namentlich unter „Tracierung“.

Flufsschleusen. In weiterem Sinne des Wortes kann man zu den Flufsschleusen auch die in längeren, dem Hochwasser entzogenen Seitenkanälen der Flufskanalisierungen befindlichen Schleusen 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 Schleusenhaupte mit einem Thor, 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 Thoren nach Fig. 5a, S. 57 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 Thore. 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 Thore und eine zwischenliegende Kammer haben. Weil das bei dem Durchschleusen verloren gehende Wasser bei einem Flusse gewöhnlich ohne Belang ist, so können meist ohne Nachteil in dieser Beziehung und zum Vorteil eines lebhaften Schiffsverkehrs die Schleusen eine zweischiffige 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.

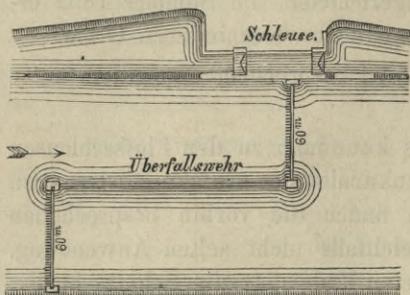
Mit Rücksicht auf den Tauerei- und Schleppverkehr sind die Flufsschleusen im engeren Sinne vorzugsweise als Schleusen mit drei Häuptern oder als Schleusen mit sehr langen Kammern auszuführen (Main-Kanalisierung bezw. Ems-Kanalisierung im Zuge des Dortmund-Ems-Kanals).

Die Flufsschleusen liegen fast stets in der Nähe des betreffenden Wehres oder gar in unmittelbarer Verbindung mit demselben. Als Beispiel der ersten Anordnung diene die im Jahre 1868 neu erbaute Weserschleuse bei Hameln, F. 10, T. VI. Ähnlich wie die alte aus derselben Figur 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 müßten 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 Sicherheit des Bauwerkes vor Eisbeschädigung.

Die Lage derjenigen Schleusen, welche sich unmittelbar an ein Wehr anschließen, ist durch die Lage und Anordnung des Wehres bedingt und deshalb bei den Fluss-

Fig. 13.



kanalisierungen besprochen. Hier sei nur bemerkt, daß im allgemeinen die Mitte der Schleuse oder eine in der Nähe derselben befindliche Stelle sich zum Anschluß des benachbarten Wehres am besten eignet, vergl. Fig. 13. Wenn bei den Schleusen der oberen Seine (Fig. 71, § 13) diese Regel nicht befolgt und der Wehranschluß an das Unterhaupt gelegt ist, so erklärt sich dies hauptsächlich aus der hier gewählten Konstruktion 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 zweckmässig, zumal die Schleuse zur Sicherung der Fahrtiefe in der Regel an der tieferen und daher die stärkere Geschwindigkeit zeigenden Seite liegen muß. Es darf daran erinnert werden, daß die bei Erbauung des Wehres und der Schleuse oberhalb derselben 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 Schiffsdurchlaß, liegen müssen.

Über die allgemeine Anordnung von Kanal- und Flussschleusen sind außer den im vorigen Paragraph eingehender erörterten Beispielen zu vergleichen: F. 10 bis 15, T. VI, Weserschleuse bei Hameln, — F. 20 bis 23 daselbst: Moorkanalschleuse bei Papenburg mit sehr geringem Gefälle, daher fast horizontalem Boden, — Fig. 71 bis 75, § 13: Flussschleuse in der oberen Seine mit horizontal durchgehendem Boden und F. 1 bis 6, T. VIII: 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 im § 1 erwähnt wurde. Es lassen sich dabei folgende Hauptfälle unterscheiden.

Wenn nur zeitweilig höheres Außenwasser 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 äußeren Niedrigwasser liegt, eine einfache Schutzschleuse genügen. Ist dabei das Außenwasser zeitweilig ein sehr hohes, so kann aus konstruktiven Gründen statt eines Thores die Herstellung von zwei hintereinander liegenden zweckmässig sein. Die Anwendung einer einfachen Schutzschleuse würde jedoch in den meisten Fällen mit vielen Nachteilen behaftet sein und ist deshalb, wie bei den meisten größeren Deichschleusen, keine gebräuchliche. Es pflegen vielmehr Ebbschleusen hinzugefügt zu werden, weil es fast stets erwünscht sein wird, daß das Binnenwasser nicht unter ein gewisses Maß hinabsinke, namentlich keine große Schwankungen durchmache. Durch letztere leiden nämlich fast sämtliche Ufer, wenn

auch nur durch den wechselnden Erddruck und Gegendruck des Wassers; die Sohle des Binnengewässers muß für die Schifffahrt eine tiefere sein, als bei Innehaltung eines höheren Normalstandes und außerdem würde unter Umständen eine lästige Strömung eintreten können, besonders dann, wenn das Binnenwasser zugleich zur Entwässerung dient.

Der umgekehrte Fall, daß nur das Binnenwasser zeitweilig zurückgehalten werden soll, also eine einfache Dockschleuse genügt, ist weit häufiger. Er tritt namentlich dort ein, wo der Flutwechsel ein hoher und regelmässiger 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 dasselbe eintreten können. Da die Ufer der Hafenbecken oft schon infolge von Gleisanlagen eine hochwasserfreie Höhe erhalten müssen, so erscheint alsdann die Anbringung von Flutthoren oder die Anordnung der Schleuse als Schutzschleuse nicht notwendig. Wo der Flutwechsel besonders hoch, wie z. B. bei den meisten Flußmündungen und Häfen Englands, legt man wohl vor dem eigentlichen Dock<sup>6)</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 Kapitel näher erörtert. Für die Schleusen ist die Anordnung insofern von Bedeutung, als jede derselben nur etwa den halben Wasserdruck des ganzen, an einzelnen Orten bis über 10 m steigenden Flutwechsels zu ertragen haben.

In Wilhelmshaven beispielsweise vertritt ein Vorhafen, welcher zwischen zwei Schleusenhäuptern liegt, zugleich die Stelle eines Halbtidedocks, obgleich derselbe 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 Thore 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 wird allerdings durch das Hinzutreten des Schutzschleusenthores zu der Dockschleuse bei hohen Aufsenwasserständen die Frist für das Ein- und Auslaufen der Schiffe verringert. Die Schließung des Aufsen- oder Schutzthores findet übrigens 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 mächtige Hochfluten, die den gewöhnlichen Dockstand nur um ein geringes Maß 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 Bassins in Bremerhaven und das Binnenhaupt zu Wilhelmshaven.<sup>7)</sup>

<sup>6)</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>7)</sup> Lagepläne der Hafenbecken zu Bremerhaven und Wilhelmshaven findet man in „Fortschritte der In-

Die Kammerschleuse ist dagegen für Seehäfen mit starkem Flutwechsel seltener als die vorgenannten Dockschleusen. Es hat dies darin seinen Grund, daß die größeren 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 große Schiffe tief genug sein sollte.

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 aufsen, weil ein einfaches Haupt nur dann offen stehen würde, sobald das Aufsenwasser 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 (T. V, F. 6) nur eine Schutzschleuse mit einem Ebbethore zum Zurückhalten eines normalen Binnenstandes im Kanale war. Reine Kammerschleusen für Seeschiffe sind u. a. ausgeführt für die Tilbury-Docks (vergl. Anm. 7) und die Victoria-Docks, London (T. VII, F. 16 bis 20), auch für den Hafen zu Bordeaux (dasselbst F. 4—6).

Aus demselben Grunde, weshalb eine Dockschleuse oft mit einer Schutzschleuse verbunden wird, erhält eine nach binnen kehrende Kammerschleuse noch ein Flutthor und wird dadurch zugleich Schutzschleuse gegen höhere Fluten, so z. B. die große auf T. VII dargestellte Schleuse zu Geestemünde, vergl. den Lageplan Fig. 4 des XIII. Kap. Dieselbe hält in dem Hafenbecken nahezu die Höhe der gewöhnlichen Flut, sie gestattet dabei als Kammerschleuse bei niedrigerem Aufsenwasser jederzeit die Durchschleusung, obgleich vorzüglich nur zu Gunsten kleiner Schiffe; das bei höheren Fluten zu schließende Flutthor hält aber die um 4 m über gewöhnliche Flut steigenden Sturmfluten von dem Bassin ab, dessen Ufer nur die Höhe von 2,2 m über gewöhnlicher Flut haben.

Die in den Figuren 7, 8, 9 u. 21, T. VII 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 F. 21, T. VII 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>8)</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 Ebbethore aufstauen. Als Schutzschleuse wurde sie wegen des bis 6 m hohen Wasserdrucks mit zwei hintereinander liegenden Flutthoren erbaut. Bei Erbauung des Ems-Jade-Kanals (vergl. Kap. XV) wurde nun zur Gewinnung einer bequemen und jederzeit zugänglichen Einfahrt die oben erwähnte Kammerschleuse an-

ingenieurwissenschaften“, zweite Gruppe, 2. Heft (Leipzig 1894), Tafel II. Die Kammerschleuse der daselbst dargestellten Tilbury-Docks hat wegen sehr starken Flutwechsels drei Ebbethore erhalten.

<sup>8)</sup> Lahmeyer. Über Sicherung der Stadt Emden gegen Sturmfluten u. s. w. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1853.

gelegt. Dieselbe bedurfte nur eines Fluthors, weil für die Binnenentwässerung (vergl. Kap. XIII, S. 7) anderweitig gesorgt wurde, sodafs 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 Kammersehleuse, in deren beiden Häuptern zwei nach jeder Richtung kehrende Thore 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 Tafel VII dargestellten Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals doppelte Thore nach beiden Richtungen. Denn der gewöhnliche Flutwechsel beträgt an der Nordsee-Mündung desselben nur 1,4 m, sodafs bei etwas unregelmäßigem Verlauf der Flut das Binnenwasser bald höher, bald niedriger als das Außenwasser stehen kann.

Ähnlich sind auch die in F. 13, T. V hinsichtlich ihrer Lage dargestellten Kammersehleusen des Hafens zu Harburg mit doppelten Flut- und Ebbethoren 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, sodafs im ganzen 5,85 m größte Differenz besteht. 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 Höhe des Hochwassers und Niedrigwassers verändert, so würde weder mit einfachen Ebbethoren noch mit einfachen Fluthoren 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>9)</sup> Hierher gehören ferner die Schleusengruppe des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden (F. 1—3, T. VII) und die Schleusengruppe des Nordsee-Kanals bei Amsterdam (Fig. 3 des XIII. Kapitels). Neuere Beispiele sind die Schleuse der zweiten Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven und die Schleuse der Hafenerweiterung zu Bremerhaven (vergl. Anm. 7), ferner die neue Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden. — Einige der besprochenen Schleusen haben aufer den Thoren an den Enden noch ein, selbst zwei Thore 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 Thorpaare haben, s. Fig. 59, § 12 (Schleuse bei Holtenau). Der normale Wasserspiegel des Kanales soll dem Mittelwasser der Ostsee bei Kiel oder — 0,23 N. N. entsprechen. Die Ostseeschleusen sollen 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 Ebbethore dieser Schleusen müssen also geschlossen werden, wenn bereits nach der einen oder anderen Richtung hin Strömung durch die Kammern geht. Ebenso sollen die Elbschleusen bei Brunsbüttel (F. 13, T. XI) 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.

<sup>9)</sup> Näheres s. Centralbl. d. Bauverw. 1882, März.

Auch an der Elbe werden also die Thore, 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 Flutthore geschlossen werden müssen, während bereits eine Strömung von der Elbe zum Kanale durch die Schleusen geht, wenn nämlich die Schleusenwärter bei beginnender Flut vergessen sollten, die Flutthore rechtzeitig zu schliessen, oder sonstige Störungen vorkommen. Um nun den Schluß der Flut- und Ebbethore auch dann ohne Gefahr für dieselben und die Bewegungsvorrichtungen vornehmen zu können, wenn die Strömung in den Schleusen bereits ziemlich bedeutend ist, sind im Mittelhaupte derselben sogenannte Sperrthore eingerichtet. Die Konstruktion dieser Sperrthore wird in § 19 beschrieben werden.

Diese Endschleusen sind Doppelschleusen. Man hat anfangs in Erwägung gezogen, ob des großen zu erwartenden Verkehrs wegen neben einer gewöhnlichen Schleuse eine Kesselschleuse nicht zweckmäßiger sei, als eine Zwillingschleuse, hat aber diesen Plan mit Recht fallen lassen, weil selbst in Brunsbüttel beide Schleusen täglich längere Zeit offen sein werden, sodaß 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.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß die Lage der Seeschleusen in vielen Fällen durch zweckmäßige 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 demselben abhängen. Weil nämlich eine einzige Schleuse durch zu geringe Weite, Länge oder Tiefe es verhindern kann, daß Schiffe, welche sonst mit Nutzen einen Fluß oder Kanal befahren oder einen Hafen besuchen könnten, ihrer Größe 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 Vergrößerung jedes einzelnen der fraglichen Maße 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, daß zu große Maße bei Kanälen wegen des unnützen Wasserverlustes und bei Seeschleusen wegen der schwierigeren Handhabung geradezu nachteilig sind.

Für jeden Kanal, jeden Fluß und jedes Fahrwasser für Seeschiffe muß also die Größe der Schleusen eine möglichst angemessene sein. Es darf dabei, wenn eine Verbesserung der Tiefenverhältnisse eines natürlichen Gewässers in naher Zeit erwartet werden kann, eine entsprechende Vergrößerung der Abmessungen über das zur Zeit vorliegende Bedürfnis hinaus nur alsdann unterlassen werden, wenn man etwa gerade jenes Umstandes wegen vorläufig in Holz oder ähnlicher Weise baut, oder wenn eine spätere Vermehrung der Zahl der Schleusen von vornherein als 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 Fahr-

wassers erwartet werden darf. In solchen Fällen erscheint es oft zweckmäfsig, die erste Schleusenanlage nur nach dem zeitweiligen Bedürfnisse einzurichten und die Anlage einer gröfseren 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 gröfsten 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, also auch mit Vermeidung von Gegenstößen durch eine Schleuse zu bringen sind, je gröfser sie sind. Deshalb sollte auch der Spielraum wenigstens nach Breite und Länge der Schiffsgröfse entsprechen. Da jedoch alle Kanal- und Flußschiffe wegen der im Verhältnis zu ihrem Gesamtgewicht gröfseren Länge und geringeren Tiefe leichter von aufsen oder mit Hilfe äußerer Stützpunkte zu leiten sind, als die kürzeren und tieferen Seeschiffe, und da ferner die letzteren dem Winde eine ungleich gröfsere Angriffsfläche bieten und oft gerade bei heftigem Winde und bewegtem Aufsenwasser noch sicher durchgeschleust werden müssen, so ergibt sich schon hieraus die Notwendigkeit, für Seeschleusen gröfsere Spielräume als für Binnenschleusen anzunehmen. Endlich kommt in Betracht, ob die Schiffe nur langsam in die Schleuse hineingezogen werden, wie dies bei allen Kammerschleusen geschehen mufs, oder ob sie mit einer gröfseren Geschwindigkeit einfach hindurchfahren, wie dies bei vielen Dockschleusen gestattet wird und des regen Verkehrs wegen notwendig ist. Nach allem diesem ist es also erklärlich, dafs thatsächlich z. B. der Spielraum nach der Breite sich zwischen 10 cm und etwa 2 m auf jeder Seite bewegt. Vergleiche auch die Paragraphen 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 grofsen Schleusen die Zugketten für die Thore 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 gröfser, 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 dafs man überall da, wo die Gründung der Schleuse keine Schwierigkeiten bietet, die Tiefe reichlich bemessen sollte, um das Ein- und Ausfahren der Schiffe zu erleichtern. Versuche von

Barbet<sup>10)</sup> haben ergeben, daß bei einem seitlichen Spielraum der 1,8 m tiefgehenden 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, sodafs 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 Thorkammer, 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 Thore hinwegragen.

Wie nun bei der Bestimmung der Breite hauptsächlich die feste Einfassung der Thore sowie die Seitenwände der Kammer und der Vorschleusen in Frage kommen und in der Regel die Weite im Thore 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 vorkommenden Falls 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, daß man die Spielräume für die Breite und Länge einschränken wird, wenn es an Speisewasser für den Kanal gebricht.

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 IX. Kapitel unter „Schifffahrtsanlagen“ und im XV. Kapitel unter „Voruntersuchungen“ gesagt ist. Für Flufsschleusen ist noch besonders zu beachten, ob aufser den eigentlichen Lastschiffen auch noch Dampfschiffe zum Schleppen oder Personentransport fahren. Dies pflegt bei Kanälen seltener vorzukommen, bei Flüssen jedoch die Regel zu sein. So mußte z. B. für die neue Schleuse zu Hameln mit Rücksicht auf die Raddampfer, welche die Weser befahren, die Weite der Schleuse zu 11 m genommen werden, während die größten Lastschiffe der Weser nur 7,53 m Breite besitzen. Bei einem größeren teils aus Flüssen, teils aus Kanälen bestehenden Wasserstraßennetze wird man gut thun, den Kanalschleusen solche Abmessungen zu geben, daß die flacher aber breiter gebauten Flufsschiffe mittlerer Gröfse

<sup>10)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1885, II. S. 727.

auf die Kanäle übergehen können, wobei vorausgesetzt wird, daß auch die Kanäle genügende Breite erhalten, um das Beegnen zweier Flußschiffe zu gestatten. Dadurch wird wenigstens der Verkehr der Flußschiffe 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>11)</sup>

Die größten Verschiedenheiten zeigen begreiflicherwise die Seeschleusen. Es giebt 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 derselben 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, sodaß 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 Thores 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 rund 30 m Weite und 150 m Länge zwischen den Thoren, und die neue Schleuse für Bremerhaven wird 200 m lang und in den Thoren 28 m weit.<sup>12)</sup>

Die Höhe der Seitenwände muß nach dem Zweck der Schleuse und der Belegenheit bestimmt werden. Es ist jedoch die Höhe der Thore von ebenso großer Bedeutung; diese wird im § 15 für die einzelnen Fälle näher besprochen werden. In der Regel werden die Seitenwände wenigstens neben den Thorsäulen etwas höher als die Thore gehalten, um letztere besser verankern zu können.

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

## B. Die Schleusenkörper.

(72 Textfiguren.)

**§ 5. Konstruktion des Schleusenkörpers im allgemeinen. Untergrund, Baustoffe. Bedeutung der Schleuse und Kostenvergleichung.** Im nachfolgenden seien die Bedingungen für die Wahl des Materials und der Bauweise einer Schleuse besprochen, wobei zunächst nur die festen Teile derselben, der sogenannte Schleusenkörper, im Gegensatz zu den beweglichen Teilen, den Thoren nebst ihrem Zubehör, in Betracht gezogen werden sollen. Im allgemeinen kann dabei gesagt werden, daß die Konstruktionen 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.

<sup>11)</sup> Die Schleusengröße der neuen Kanalentwürfe von Sympher. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 180.

<sup>12)</sup> Vergl. „Fortschritte der Ingenieurwissenschaften“, zweite Gruppe, 2. Heft, S. 72. Dasselbst S. 8 u. ff. findet man Angaben über die Größe u. s. w. neuerer Seeschiffe.

Die heutzutage in jedem Lande noch auftretenden Verschiedenheiten haben besonders in örtlichen Umständen ihren Grund, wobei zunächst die Beschaffenheit des Untergrundes die mit Rücksicht auf sichere und gute Ausführung zu befolgende Bauweise vorzüglich bestimmt, während außerdem die Wahl des Baustoffes von den sich nach der Örtlichkeit richtenden Kosten desselben und zugleich von der gröfseren oder geringeren Bedeutung der ganzen Schleuse oder gewisser Teile, also von dem Grade der verlangten Dauerhaftigkeit abhängt. Dies mag nun, abgesehen von allen besonderen Fällen und Fragen, im grofsen und ganzen näher untersucht werden.

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

Die Marsch besteht, wie bekannt, meistens aus einem von gewöhnlicher Flut abwärts etwa einen bis einige Meter tief reichenden Klaboden, dann aber 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 etwa 50 bis über 150 m hat, soll nun zeitweilig und wechselnd an einzelnen Stellen einen Überdruck des Wassers von etwa 4 bis etwa 12 m ertragen und trotzdem nicht im geringsten seine Form verändern oder undicht werden. Es ist schon hiernach ohne weiteres klar, dafs grofse Seeschleusen auf weichem Untergrunde und bei hohem Wasserdruck zu den allerschwierigsten Aufgaben der Konstruktion und der Ausführung gehören. Es kann unter Umständen notwendig sein, das Bauwerk wie einen schwimmenden Kasten, also einem Schwimmdock ähnlich, zu konstruieren, nur mit dem Unterschiede, dafs es in allen Fällen genügendes Gewicht haben mufs, um nicht aufzutreiben. Die Gefahr des Auftreibens kommt, wie im § 9 näher angegeben ist, thatsächlich unter Umständen bei hölzernen Böden unfertiger Schleusen vor. Denn es handelt sich dabei oft um Wasserdrücke von über 12 m, wenn z. B. die Schleuse etwa 8 m tief unter gewöhnlichem Hochwasser liegen und einen etwa 1 m dicken Boden erhalten soll, dabei aber während völliger Entleerung von innerem Wasser ausen eine 3 bis 4 m über den gewöhnlichen Stand sich erhebende Sturmflut eintritt. Mufs dann eine derartige Schleuse mit Hilfe von Abdämmung dicht am offenen Wasser erbaut werden, so können die Schwierigkeiten der Ausführung kaum von anderen Ausführungen übertroffen werden. Denn unter derartigem Wasserdruck verwandeln sich die meisten festen Bodenarten, wie Sand und dessen verschiedene Mischungen, in halbflüssige Massen, Trieb sand und Schlamm, bei denen

plötzliches Einrutschen der Baugrubenufer, Bersten halbfertiger Böden oder gar Brechen der Abdämmung infolge der Bewegung des Untergrundes zu befürchten und zu bekämpfen sind. 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 Konstruktion und Ausführung Holzböden in solchen Fällen reichlich so teuer als massive.

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 teureren 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. Letzteres geschieht durch Anwendung eines über die ganze Sohle des Bauwerks 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 derselben 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 Bauwerks. Auch Senkbrunnen oder Senkpfähler hat man ohne Hilfe von Prefsluft zur Herstellung der Seitenwände mit Vorteil angewendet (§ 12).

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

Der Beton besteht bekanntlich aus kleinen Steinen und hydraulischem Mörtel. 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 ihre Betonierung eine große, kaum zu übertreibende Vorsicht, um Quellen und hohle Räume unter dem Boden zu vermeiden. Es kommt nämlich für eine oft einige 1000 qm große Bodenfläche, welche, wenn auch nur für kurze Zeiten einem etwa 6—8 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 Brückenpfählern, 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 Betonflächen 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 trockner Baugrube oder unter der Taucherglocke ist derselbe aus vielen Gründen dem Mauerwerk 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 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 Thorflügel nur noch eine sehr geringe. Es giebt Beispiele von aus Bruchsteinen gebauten Schleusen, wobei diese 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 glasis 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 z. B. ist die braune Farbe deshalb in der Regel der violetblauen vorzuziehen. Da nun, wie schon erwähnt, alle vorspringenden Teile wegen des Anstoßens von Schiffen, die Wendischen auch behufs Bildung genau gekrümmter Flächen aus Werksteinen aufgeführt 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 endlich 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, giebt jedoch keine genügende Sicherheit.

Zum Mörtel eignen sich gute, langsam bindende und nicht bei dem Binden ge-  
deihende oder treibende Cemente, 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 eine andere ist, und das Mischungsverhältnis von den einzelnen Bestandteilen abhängt, so muß in dieser Beziehung eine sorgfältige Erkundigung nach den Eigenschaften

derselben und möglichst eine Untersuchung vieler Proben auf Zug, Druck, Schwinden oder Schwellen der Wahl der Mörtelmaterialien und ihres Mischungsverhältnisses voranzugehen.

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 gröfsere Elasticität und sind am besten in großen Längen gradfaserig 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 Drepeln, frei liegenden Gurten oder Holmen, und allen aus dem Wasser in die Luft reichenden Stücken der in Holz konstruierten Schleusen. Ein grofser Übelstand ist für Deutschland, dafs die inländischen Eichen von grofser Dicke und Länge so selten geworden sind, dafs oft zahlreiche Bäume gefällt und geschnitten werden müssen, bis sich darunter endlich ein mafshaltendes 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 keiner Strömung, Angriffen des Bohrwurms oder dergl. ausgesetzt sind, als unbegrenzt gelten kann und hartes Holz bei zweckmäfsiger Konstruktion 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 massiver Schleusen sehr schwierig und kostspielig sein würde und wo es auferdem nicht unwahrscheinlich ist, dafs nach einer kurzen Reihe von Jahren infolge gestiegener Bedeutung der ganzen Anlage eine gröfsere Schleuse erwünscht sein wird. Über die Einzelheiten des Holzbaues siehe § 9 und 11.

Das Eisen, und zwar in seinen verschiedenen Arten, als Gufseisen, Flufseisen, Stahl und Schmiedeeisen, hat im allgemeinen nur bei den Thoren (s. § 17 und 19) die Bedeutung eines selbständigen Materials, während es bei dem festen Schleusenkörper nur als Hilfsmaterial zur Verbindung anderer Materialien, besonders der Hölzer, auftritt. Über die vereinzelt vorkommende Verwendung in größerem Mafse siehe § 13. Eben-dasselbst sind auch die anderen ausnahmsweise zu verwendenden Materialien 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 Kanales 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, daß im eigentlichen Hochmoor Holz sich verhältnismäßig lange hält und leicht zu befördern ist, während vor Eröffnung eines Schifffahrtsweges das schwere Steinmaterial nur mit ganz unverhältnismäßigen 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 großen Seeschleuse eines schon bestehenden Hafens handelt. Hier wird die Bedeutung der Schleuse in keiner Weise zweifelhaft sein. Es wird ferner wegen der großen Schwierigkeit des Baues und der damit verbundenen kostspieligen Nebenarbeiten überhaupt nicht zweckmäßig scheinen, eine wenn auch in den Materialien billige, aber nur kurze Dauer versprechende Schleuse zu erbauen. Eine größere Ausbesserung oder eine Erneuerung würde endlich dem Handel unberechenbare Nachteile zufügen können, wenn nicht etwa eine zweite Schleuse während jener Zeit zu benutzen wäre. Es muß also im allgemeinen, je größer die Bedeutung der Schleuse, auch die Bauweise derselben 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 Materials 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 Projekte, welche dabei nur im großen 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 Konstruktion einer teureren gegenübersteht. In einigen Fällen dagegen wird es jedoch notwendig sein, auch die nach der Erbauung aufzuwendenden Reparatur- 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 welcher letzteren Form auf der rechten Seite das erste Glied die kapitalisierte Unterhaltungslast, das zweite Glied das einfache Neubaukapital, das dritte endlich das Kapital bedeutet, welches  $m$  Jahre verzinst wieder aufs neue das nötige Neubaukapital nebst dem zur Bildung desselben nach  $m$  Jahren immer wieder erforderlichen Überschusse ergibt. 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 ordnungsmäßig und immer rechtzeitig eintretende Unterhaltung, sondern sie würde auch daneben die Neubauperiode  $m$  zum Schaden des Verpflichteten verkürzen. Für den Körper einer massiven Schleuse kann  $m$  je nach der Güte des Materials, 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 Reparaturkosten ist für Mauer-

werk je nach der Güte der Baustoffe sehr verschieden. Da die Reparaturen — eine Schleuse ohne gebrochene Sohle vorausgesetzt — sich wesentlich nur auf die Instandhaltung der Ansichtsflächen beschränken, so werden die Kosten auch desto geringer werden, je größer das Bauwerk ist. Für vier Trockendocks in Kiel haben die Reparaturen des Mauerwerks z. B. jährlich nur 0,035% des Herstellungswertes für 1 Jahr erfordert. Es ist also 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 Steinkonstruktion 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 Thore wird, je nachdem sie aus Holz oder Eisen bestehen,  $m$  zu 15 bis 20 bzw. 40 bis 50 und  $\beta$  zu 2 bzw. 1 bis  $1\frac{1}{4}$  zu setzen sein. Die Unterhaltung eiserner Thore, 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 Thore werden. Bei verhältnismäßig neuen Schwimmdocks in Kiel und Danzig (ersteres 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.

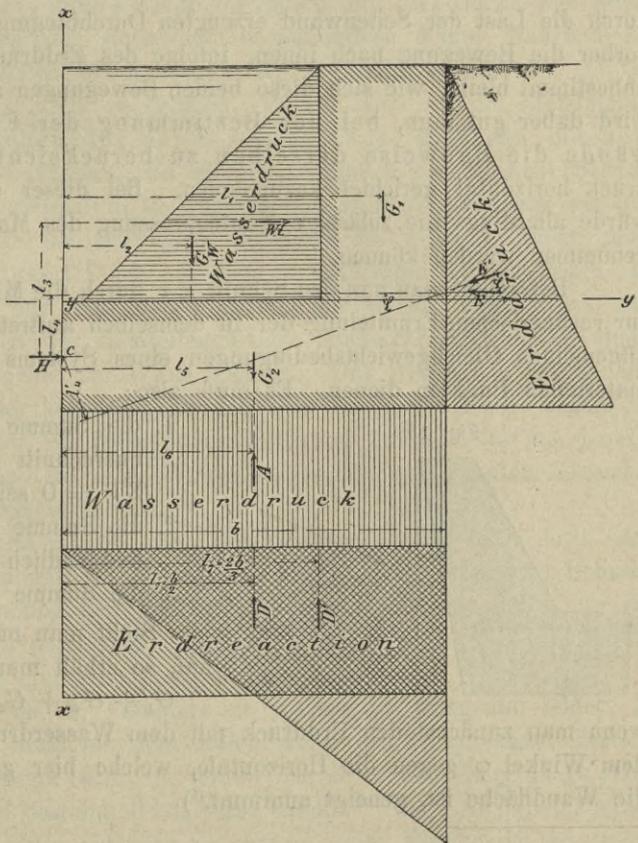
**§ 6. Theorie der Schleusenkörper.** Die nachstehenden Betrachtungen sollen sich vorwiegend auf diejenigen theoretischen Ableitungen beschränken, welche eine besondere Eigentümlichkeit des Schleusenbaues bilden. Es sollen dabei gleichzeitig die nahe verwandten Trockendocks mit behandelt werden, weil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

Zunächst werde ein massiver Schleusen- oder Dockquerschnitt von einfacher Kastenform betrachtet, wie ihn Fig. 14 zur einen Hälfte zeigt.

Die Seitenwand oberhalb der Linie  $yy$  wird ähnlich beansprucht, wie eine Stützwand. Von aussen wirkt gegen dieselbe der Erd- und Wasserdruck; von innen 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 (2. Aufl.) im Kap. V behandelten Weise ausgeführt werden, wobei indessen folgende Eigentümlichkeit der Schleusenwände zu beachten ist. Wie Häseler in genanntem

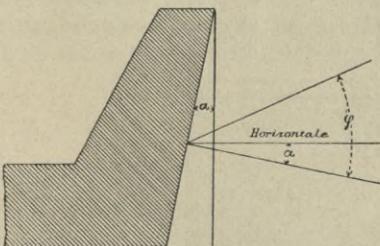
Fig. 14.



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>13)</sup> wahrscheinlicher ist, die Mauer infolge des Erddrucks sehr bald eine kleine Kippbewegung machen würde, welche zur Folge hätte, daß nach derselben die Richtung des Erddrucks um den Reibungswinkel gegen die Senkrechte zur Fläche geneigt sein müßte. Bei Schleusenwänden ist dies keineswegs immer der Fall. Der Erddruck wird allerdings wie bei einer gewöhnlichen Stützmauer unter dem Reibungswinkel geneigt wirken, wenn man zuvor die Sohle fertigstellt, darauf die Seitenwände ganz auführt und zum Schluß dieselben mit Boden hinterfüllt, denn bei dieser 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 Erddruckes gegen die Wand, sodaß es unbestimmt bleibt, wie sich diese beiden Bewegungen schließendlich zusammensetzen. Man wird daher gut thun, bei der Bestimmung der Form und Stärke der Seitenwände die Bauweise derselben zu berücksichtigen und nötigenfalls den Erddruck horizontal 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 (Fig. 14), so werden zur rechnerischen Ermittlung der in demselben auftretenden Spannungen die bekannten allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen eines Systems von unveränderlich verbundenen materiellen Punkten dienen. Es muß also:

Fig. 15.



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 Fig. 14 die drei Gleichungen auf, so erhält man:

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

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>14)</sup>

<sup>13)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1891.

<sup>14)</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 (Fig. 15), so lautet das vierte Glied der Gl. 1:  $E' \cdot \sin (\varphi - \alpha)$ .

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

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

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 dieselbe,  $l$  mit verschiedenem Index die aus der Figur 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 Fig. 14 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 ein 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 Aufsenflächen 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 vollen 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 rund 1 Tonne für das Kubikmeter in die Rechnung einzufügen. In dieser Weise ist bei den weiter unten folgenden zeichnerischen Untersuchungen stets verfahren.

Wenn man nun über  $E$  und  $\varphi$  Annahmen gemacht hat, so ist man doch noch nicht im stande, 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 thonige Bestandteile derselbe enthält.<sup>15)</sup> Es wird daher überall, wo die Sohle eines Docks oder einer Schleuse in ebenso innige Berührung mit einem

<sup>15)</sup> Zu vergleichen: Über die Größe des Wasserdrucks im Boden, von L. Brennecke. Zeitschr. f. Bauwesen 1886, S. 101.

lehmigen oder thonigen 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 desselben.

Aber einesteils ist es schwer, die Größe dieses Teils festzustellen, andernteils 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 (Gleichartigkeit desselben 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>16)</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:

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

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 (außen und innen) voll Wasser ist.

Wie die späteren graphischen Untersuchungen zeigen, ist es für die Stabilität 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.

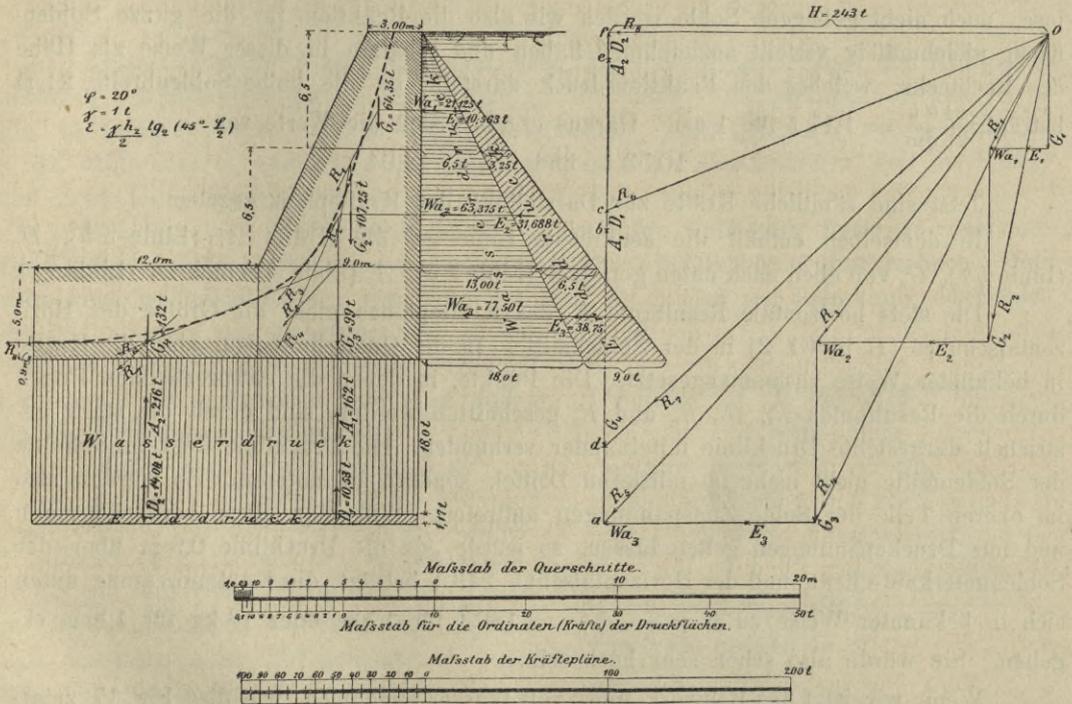
Um ein möglichst großes Gewicht des Bauwerkes ohne zu bedeutende Kosten zu erzielen, kann man alle Teile, welche weniger stark beansprucht werden, aus billigerem Material (Sparbeton) herstellen, und wird dabei selbstverständlich bei gleichen Preisen dem schwereren Stoffe vor dem leichteren stets den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

<sup>16)</sup> Weitere Auseinandersetzungen hierüber findet man in der Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 523: Über Berechnung und Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks, von L. Brennecke.

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 Lamellen 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.

Fig. 16.



Dieser Maßstab gilt auch für die Figuren 14, 17, 21, 22, 24, 29 bis 34.

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 horizontal angenommen (Fig. 16). Der Baugrund

sei durchlässig, sodafs auch hier mit dem vollen Auftriebe gerechnet werden mufs. Der Wasserdruck beträgt also für 1 qm bei höchstem Grundwasserstande, wie ihn Fig. 16 zeigt, gegen die Sohle und die Seitenwände unmittelbar an der Sohle 18 t. Diese Gröfse hat also die Grundlinie des Dreiecks, welches den Wasserdruck gegen die Seitenwand, sowie die Höhle des Rechtecks, welches den Auftrieb  $A$  gegen die Sohle darstellt, zu erhalten. Die Gröfse des Erddrucks ist im ganzen  $E = \frac{\gamma h^2}{2} \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$  gesetzt, worin  $\gamma$  (mit Rückblick auf den Gewichtsverlust durch Eintauchen in Wasser)  $= 1 \frac{\text{t}}{\text{cbm}}$ ,  $h = 18 \text{ m}$ ,  $\varphi = 20^\circ$  genommen sind. Die einzelnen Teile von  $E$ , nämlich  $E_1$ ,  $E_2$  und  $E_3$  ergeben sich in bekannter Weise. Das Gewicht von 1 cbm frischen, wassergesättigten Mauerwerks sei  $= 2,2 \text{ t}$ . Die Figur 16 zeigt zunächst die Drucklinie für das im Innern ganz wasserfreie Bauwerk, während aufsen 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 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 gleichmäfsig fest ist, so wird auch die Erdreaktion gleichmäfsig verteilt sein. Ein ungleichmafsigere Verteilung derselben kann erst eintreten, wenn der Boden infolge der durch das Gewicht der Seitenwände veranlafsten 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 gleichmäfsig verteilt anzunehmen haben und erhalten in dieser Weise als Höhle des Rechtecks, welches den Reaktionsdruck darstellt, da die halbe Sohlenbreite 21 m beträgt,  $\frac{24,6 \text{ t}}{21 \text{ qm}} = 1,17 \text{ t}$  für 1 qm. Daraus ergeben sich die Werte von

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

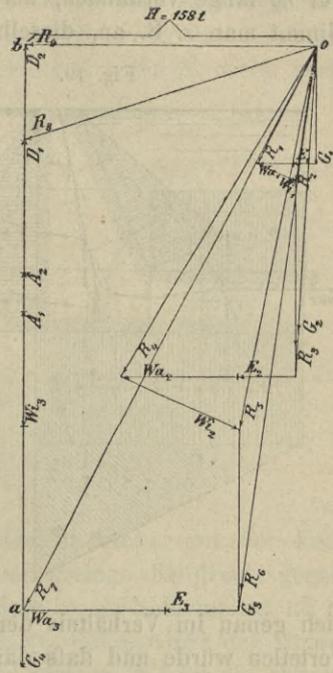
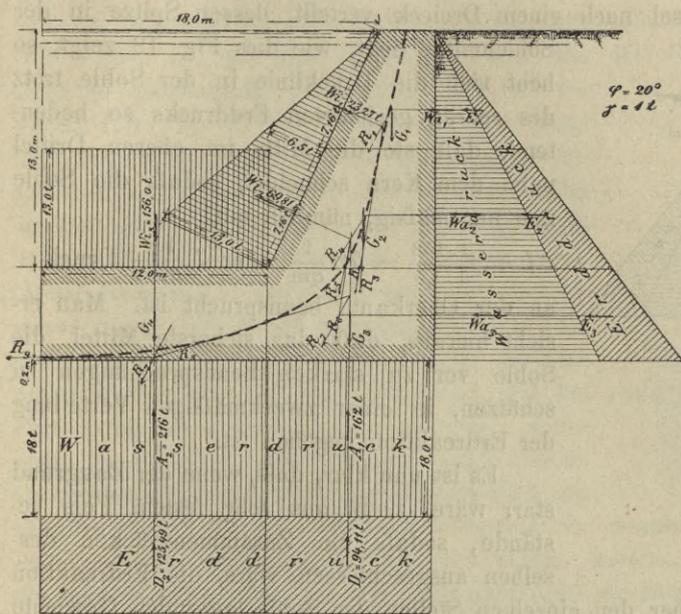
Jetzt sind sämtliche Kräfte zur Darstellung des Krafteplans gegeben.

In demselben 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 horizontale Resultante  $R_s$  des Kräfteplanes giebt 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.

Wenn wir jetzt das Bauwerk ganz voll Wasser annehmen, wie dies Fig. 17 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 ebensoviel gröfser, also gleich  $195 + 24,6 = 219,6 \text{ t}$  und zwar  $D_1 = 94,11 \text{ t}$  und  $D_2 = 125,49 \text{ t}$ .

Fig. 17.



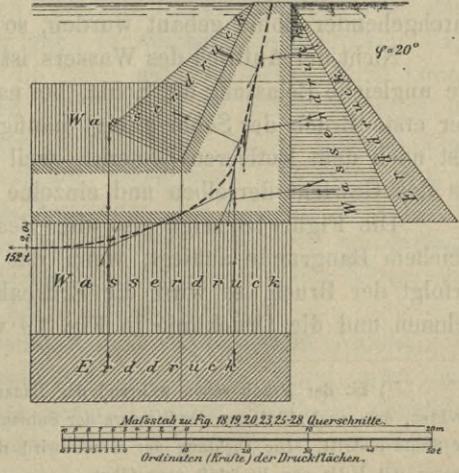
Anstatt  $D$  aus Gl. 3 oder 4 zu berechnen, kann man hierfür auch den Kräfteplan benutzen. Man zerlegt die Resultante der auf die Seitenwand wirkenden Kräfte  $R_7$  in Fig. 17 in ihre Vertikal- und Horizontal-Komponente. Zu ersterer  $a b$ , welche man abgreift, zählt man  $G_4$  und  $W_3^i$  (den 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 zusammensetzen und die Drucklinie einzuzeichnen. Dieselbe liegt in diesem Falle in der Mitte nur noch 0,2 m über der Unterkante der Sohle, sodafs — wenn man Zugspannungen aufser Betracht läst — trotz des jetzt erheblich kleineren Horizontalschubes von rund 158 t die Kantenpressung betrüge:

$$k = \frac{2 \cdot 158}{3 \cdot 0,2} = 527 \frac{\text{t}}{\text{qm}} \text{ oder } 52,7 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}.$$

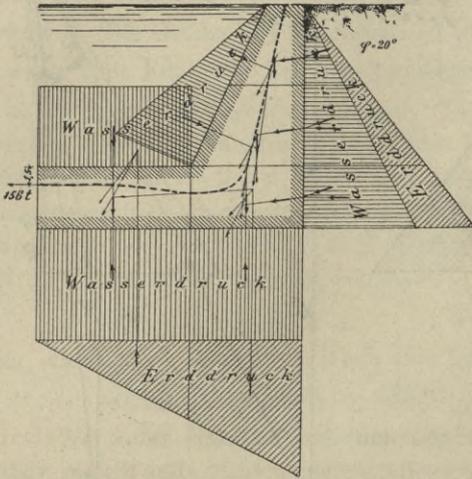
Dieselbe wäre also bereits viel zu groß. Bisher (Fig. 16 und 17) ist der Bodendruck als senkrecht gegen die Seitenwand gerichtet angenommen worden ( $\varphi = 0$ ). Nimmt man denselben unter  $20^\circ$  geneigt an, so erhält man die in Fig. 18 dargestellte Drucklinie, welche in der Sohlenmitte etwa 2 m unterhalb derselben liegt. Es werden also in diesem Falle unbedingt bedeutende Zugspannungen in der Sohle auftreten müssen, welche dieselbe zum Aufbrechen bringen würden.

Fig. 18.



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

Fig. 19.



Sohlenmitte liegt, wie dies Fig. 19 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, sodaß die Sohle nun nur mäfsig, nämlich mit:

$$k = \frac{2 \cdot 158}{3 \cdot 1,5} = 70 \frac{\text{t}}{\text{qm}} \text{ oder } 7 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}} \text{ Druck}$$

an der Oberkante beansprucht ist. 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, sodaß ein Zusammendrücken desselben 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 Zugspannungen erzeugte, 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 soviel 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>17)</sup>

Die Figur 18 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 Fig. 19 einnehmen und die Drucklinie in Fig. 19 würde also die Beanspruchung der Sohle nach

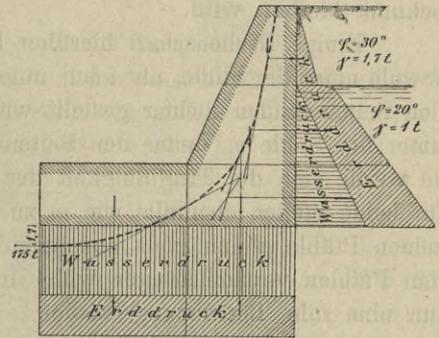
<sup>17)</sup> Ist der Bruch schon während der Bauausführung erfolgt und wieder dicht gemacht, so steht zu befürchten, daß nach Einlassen des Wassers der Sohlenrifs sich erweitert, weil dann die ungünstigste Beanspruchung der Sohle eintritt. Die Dichtung der Sohle wird daher am zweckmäßigsten nach Füllung der Schleuse unter Wasser mit Hilfe von Prefsluft ausgeführt.

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. Fig. 20 im Verein mit Fig. 16 führt nun noch den ebenfalls bereits gelegentlich der Gleichungen besprochenen Nutzen eines hohen Druckes gegen die Seitenwände vor Augen. Fig. 20 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 Fig. 16 ist der Erddruck horizontal (d. i. senkrecht gegen die Wand) gerichtet angenommen. Da infolge dessen der Erddruck keine senkrechte Seitenkraft liefert, so ist in beiden Figuren die Summe des Auftriebs und der Erdreaktion, also die Gesamtwirkung von unten, dieselbe. Der geringe Erddruck gegen die Seitenwand in Fig. 20 veranlaßt aber, daß die Drucklinie in der Sohlenmitte 1,7 m unter der Unterkante der Sohle liegt, während sie in Fig. 16 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.

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 nur den Baugrund unter den Seitenwänden künstlich, z. B. durch Pfahlrost befestigen, unter der Sohle dagegen nicht. Dadurch erreicht man offenbar eine ungleichmäßige Reaktionsverteilung in dem gewünschten Sinne. Denn wenn man einen starren, schweren Körper, als welchen man ein massives 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, wo die Unterspülung in der Richtung vom Ober- zum Unterwasser dadurch begünstigt würde, keine Anwendung finden.

Fig. 20.



Ein in einer von diesen Ausführungsweisen hergestelltes Bauwerk, bei dem stets eine im ganzen hergestellte Sohle und seitlich auf dieselbe gesetzte Wände vorausgesetzt sind, würde bereits erheblich gröfsere 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 hertüber 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 grofsen 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 grofs 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 ungleichmäfsige Verteilung der Erdreaktion, denn der Baugrund wird unter den Seitenwänden fester zusammengeprefst, als unter dem mittleren Teile der Sohle. Man kann aber auch aus dem Gewichte der Mauermassen unter Zuhilfenahme der Erddruck-Theorie das Verhältnis der verschiedenen Festigkeiten des Baugrundes ermitteln und gewinnt damit den Verteilungsmodus für alle späteren Belastungsfälle, ist also im stande, die Lage der Stützlinien für dieselben festzustellen.<sup>18)</sup>

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

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 die Hinterfüllung derselben mit Boden nach oder vor erfolgter Einsetzung der Sohle zwischen die vorher fertiggestellten Wände vornahm.

Fig. 21 zeigt die Druckflächen des Bodendrucks für den ersten, Fig. 22, S. 88 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, dafs 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 (Fig. 21), 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 Paralleltrapez  $cefg$  dargestellt wird.<sup>19)</sup>

<sup>18)</sup> Über Berechnung und zweckmäfsige Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks, von L. Brennecke. Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 523.

<sup>19)</sup> Erster Band dieses Handbuchs (2. Aufl.), zweite Abteilung, Kapitel V: Konstruktion der Stütz- und Futtermauern.

Setzt man darauf die Sohle dazwischen, so erzeugt diese durch ihr Gewicht den Erddruck  $abcd$ . Die Gesamtfigur  $abcdefg$  giebt also ein Bild der Bodenfestigkeit unter der ganzen Sohle, indem die senkrechten Abstände der einzelnen Punkte der Begrenzungslinie  $bd$   $ef$  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 Elasticität des Mauerwerks vernachlässigt und angenommen werden, dafs an jeder Stelle der Sohle der frühere Erddruck um ein gleiches Mafs durch den Wasserdruck ersetzt werde, sodafs also der Linienzug  $bd$   $ef$  seiner Gestalt nach für die Verteilung der Erdreaktion mafsgebend bleibt und daher „die Verteilungslinie“ genannt werden kann.

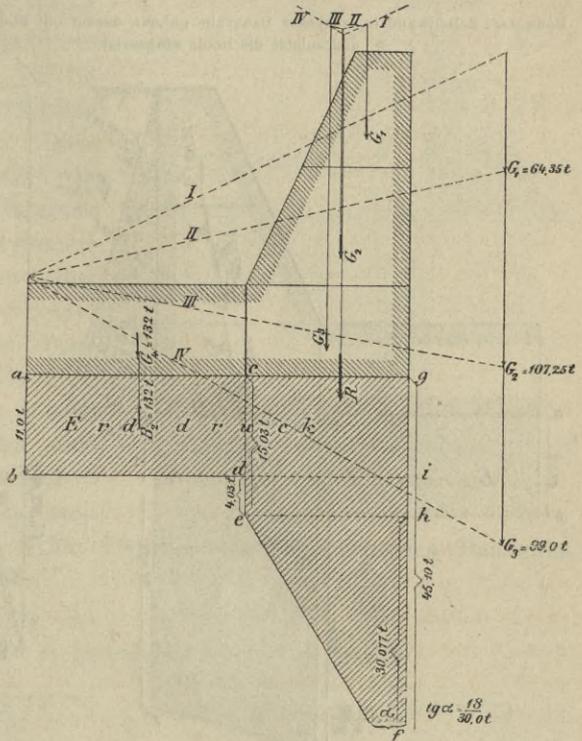
Wenn man also z. B. einen Belastungsfall hätte, bei welchem nach Gl. 1, wegen des sehr hohen Auftriebs  $A$ , für  $D$  nur ein Wert übrig bliebe, welcher zwischen dem Inhalte der Druckflächen  $defi$  und  $efh$  läge, so würde dieser Druck als ein Parallelogramm (nur unter der Seitenwand) darzustellen 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 Figuren 25, 30, 31 u. 33 zeigen.

In gleicher Weise giebt Fig. 22 die Darstellung der Verteilungslinie  $bd$   $ef$  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.

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 Fig. 21 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

Fig. 21. Ermittlung der Verteilungslinie.

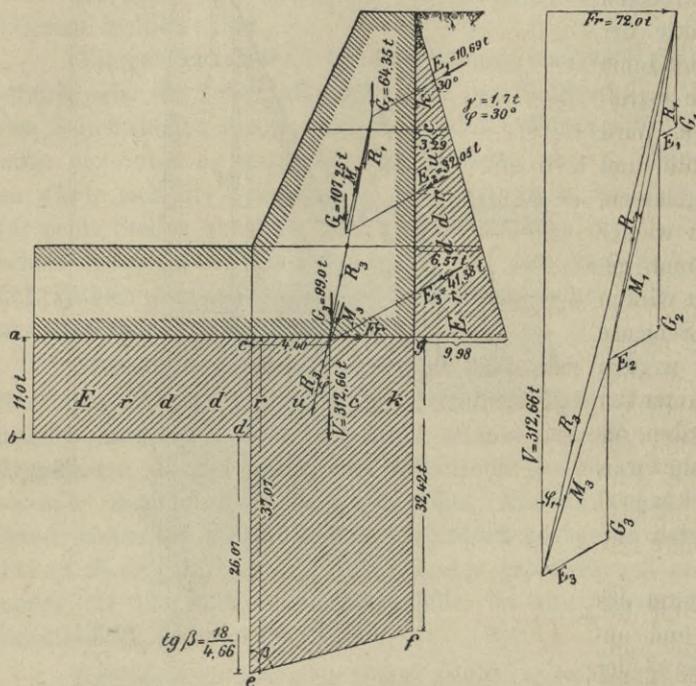
Bauweise: Seitenwand in trockener Baugrube fertiggestellt, darauf die Sohle eingesetzt und dann die Wand mit Boden hinterfüllt.



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,

Fig. 22. Ermittlung der Verteilungslinie.

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



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, daß dieselbe dauernd ist und durch ihren Einfluß die Biegungsspannungen in der Sohlenmitte vermindert.

In den Untersuchungen, welche sich auf die Ausführungsweise nach Fig. 22 ausschließlich beziehen, wie Fig. 24 und 28, sowie in denen, welche sich auf beide Ausführungsweisen beziehen (Fig. 25), sind daher in der Sohle sowohl die Drucklinien gezeichnet, welche entstehen, wenn man die

Reibung berücksichtigt, als auch diejenigen, welche voraussetzen, daß die Reibung zu vernachlässigen sei.

Für die Bestimmung der Größe 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 Fig. 22 zu Grunde gelegt, um das Verfahren zu vereinfachen, vergl. den Kräfteplan Fig. 24.<sup>20)</sup>

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

Fig. 23 zeigt zunächst das Bauwerk ohne Wasser im Innern, während außen der niedrigste Wasserstand vorhanden ist unter der Annahme, daß die Herstellung gemäß Fig. 21 erfolgte, also die Hinterfüllung der Seitenwände nach Einsetzen der Sohle geschah. Fig. 24 entspricht denselben Wasserdruckverhältnissen von außen, aber unter

<sup>20)</sup> In genannter Arbeit war vorgeschlagen, die Reibung gleich dem jeweiligen Drucke  $D_1 \cdot \tan \varphi_1$  zu setzen, solange  $D_1 \cdot \tan \varphi_1 \leq Fr$  in Fig. 22, 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 Fig. 22. Dieser Fall tritt übrigens bei der Bauweise, welche der Fig. 22 zu Grunde 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.

Voraussetzung der Herstellung nach Fig. 22. In Fig. 24 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 Horizontal-schubes, sondern vermindert auch diesen selbst. Vergleicht man die Lage der drei Drucklinien der Figuren 23 und 24 mit derjenigen der Drucklinie in Fig. 20, welche ebenfalls für den niedrigsten Wasserstand aufsen, aber unter der für die Sohle wesentlich günstigeren Annahme, daß auch der Erddruck horizontal wirke, dargestellt ist, so erkennt man den großen Nutzen, welchen das nachträgliche Einsetzen der Sohle für die Standsicherheit des Bauwerks bringt.

Fig. 23.

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

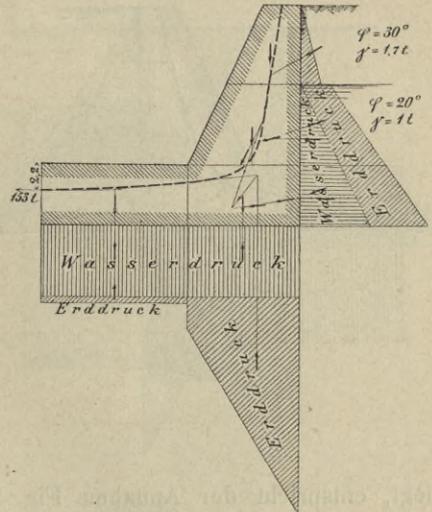


Fig. 24.

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

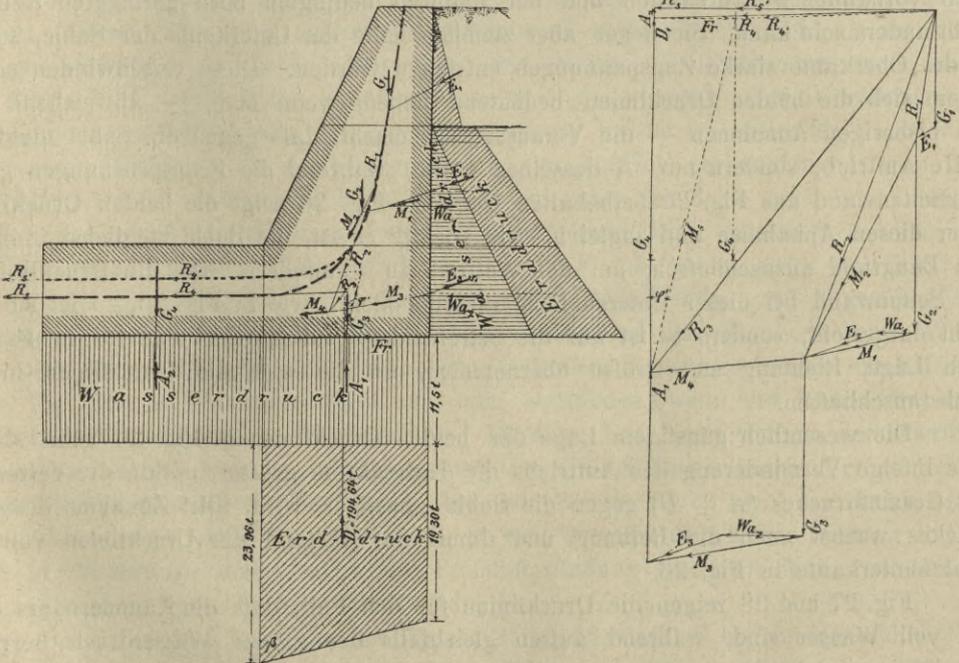


Fig. 25 zeigt die drei Drucklinien, welche den beiden Herstellungsweisen nach Fig. 21 und 22 entsprechen, wenn das Bauwerk wasserleer ist, aber aufsen der höchste Wasserstand gegen Seitenwand und Sohle wirkt. Die Drucklinie, welche am höchsten

Fig. 25.

*R<sub>0</sub>* (nach Einsetzung der Sohle hinterfüllt) günstiger.

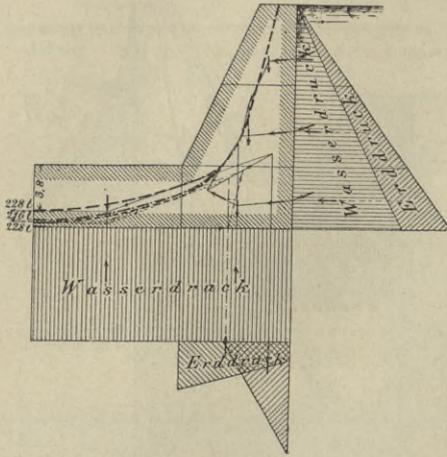
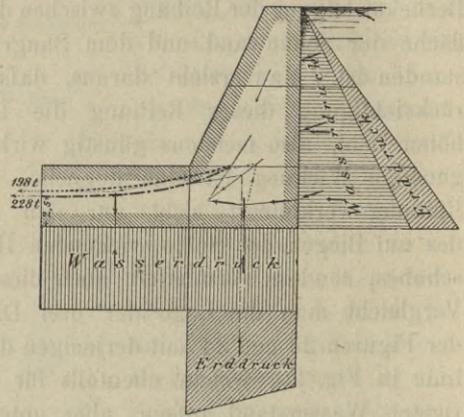


Fig. 26.

Drei Viertel des vollen Auftriebs gegen die Sohle angenommen.



liegt, entspricht der Annahme Fig. 21 (Hinterfüllung der Wand nach Einsetzung der Sohle). Diese Bauweise ist also gegen das Aufbrechen der Sohle die günstigste, weil sie bei dem in Fig. 25 dargestellten Belastungsfalle den geringen Rest der Erdreaktion am weitesten nach dem Ende der Sohle verlegt, wo er am wirksamsten zur Hebung der Drucklinie in der Mitte ist. Die Drucklinien, welche der anderen Bauweise (Fig. 22) entsprechen, weichen nur wenig voneinander ab, was bei der geringen, noch vorhandenen Erdreaktion und der dadurch bedingten noch geringeren Reibung nicht anders sein kann. Sie liegen aber ziemlich nahe der Unterkante der Sohle, sodass 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, dass gegen die Sohle nicht der volle Auftrieb, sondern nur  $\frac{3}{4}$  desselben wirke, während die Beanspruchungen gegen die Seitenwand aus Fig. 25 beibehalten werden. Fig. 26 zeigt die beiden Drucklinien unter diesen Annahmen 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 Fig. 25, so ist sie hier nicht dargestellt, sondern es ist nur die betreffende Resultante aus Fig. 25 in Fig. 26 nach Lage, Richtung und Größe übernommen, an die sich die Drucklinien in der Sohle anschließen.

Die wesentlich günstigere Lage der beiden Drucklinien in Fig. 26 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 Fig. 26.

Fig. 27 und 28 zeigen die Drucklinien für den Fall, dass die Kammern bis oben hin voll Wasser sind, während aufsen gleichfalls der größte Wasserdruck herrscht. Fig. 27 entspricht der Ausführungsweise von Fig. 21, Fig. 28 derjenigen von Fig. 22. 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.

Fig. 27.

Bauweise: Im Trockenen gebaut, Sohle vor Hinterfüllung der Seitenwände mit Boden eingesetzt (entsprechend Verteilungslinie Fig. 21).

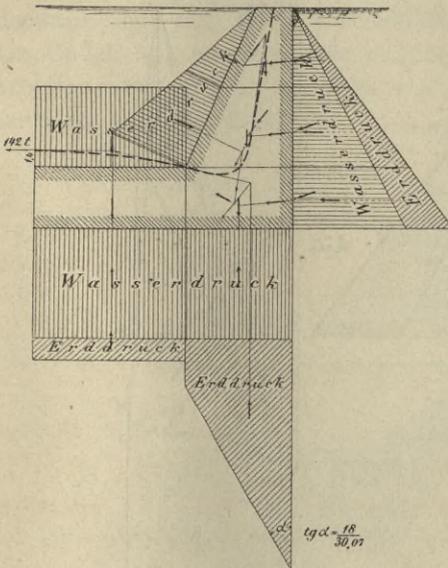
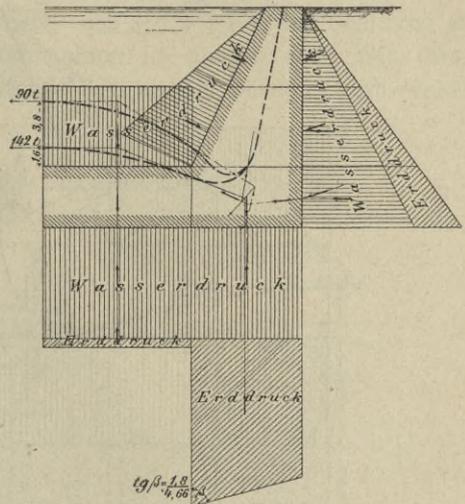


Fig. 28.

Bauweise: Im Trockenen gebaut, Sohle nach Hinterfüllung der Seitenwand mit Boden eingesetzt (Verteilungslinie Fig. 22).



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 zwischen denselben. 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, sodafs 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 größer 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 Fig. 27 und 28 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 muß man sie durch festes Aufstampfen des Betons unschädlich zu machen suchen. Erstreckt sich die Lockerung aber auf größere 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 zweckmäßiger, weil sicherer, sein, wie weiter unten nachgewiesen wird.

Im allgemeinen beweisen die Figuren 23 bis 28, dafs es bei der gewählten Form des Querschnittes zweckmäßiger 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.

Fig. 29.

Bauweise: Im Trockenem gebaut, Sohle vor Hinterfüllung der Seitenwände mit Boden eingesetzt (Verteilungslinie Fig. 21).

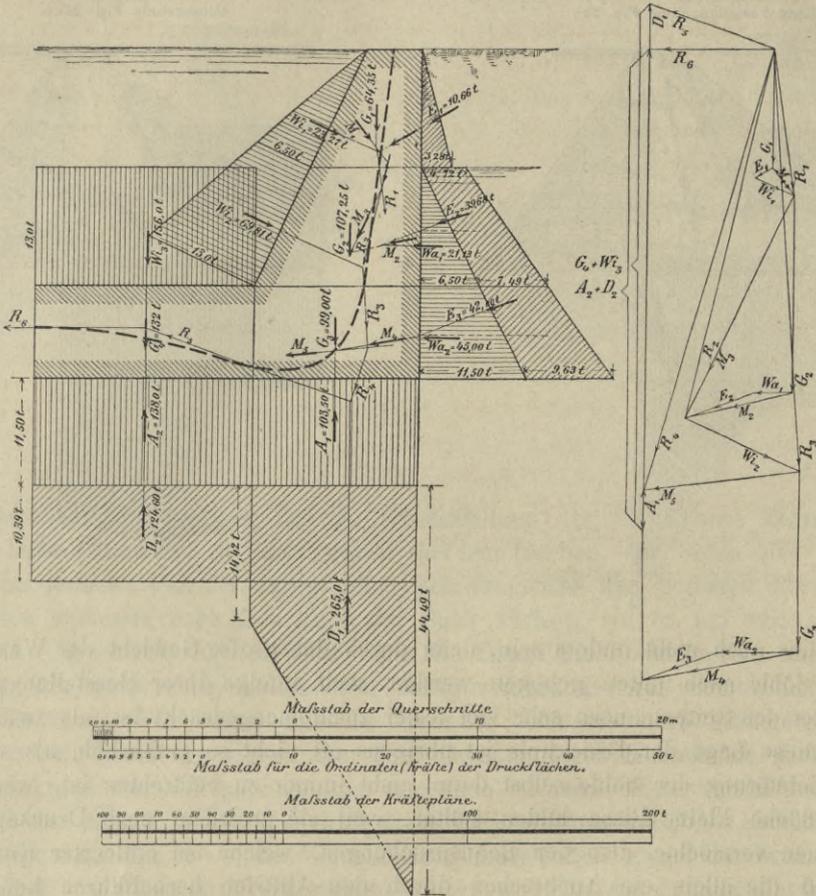


Fig. 29 zeigt noch die Drucklinie für den besonders bei Schleusen häufig zu erwartenden Fall, daß im Innern derselben der Oberwasserstand vorhanden ist, während das Grundwasser längs der Wände und der Auftrieb gegen die Sohle dem Unterwasserstande entspricht. Es ist hier die Bauweise nach Fig. 21 angenommen. Die Erdreaktion erreicht hier, abgesehen von der Zeit während der Herstellung in trockener Baugrube, wie bereits bei der Besprechung der Gleichungen bemerkt, ihren größten Wert. Der Verlauf der Drucklinie ist ein wesentlich günstigerer, als in Fig. 27, 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 Kräftepläne 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.

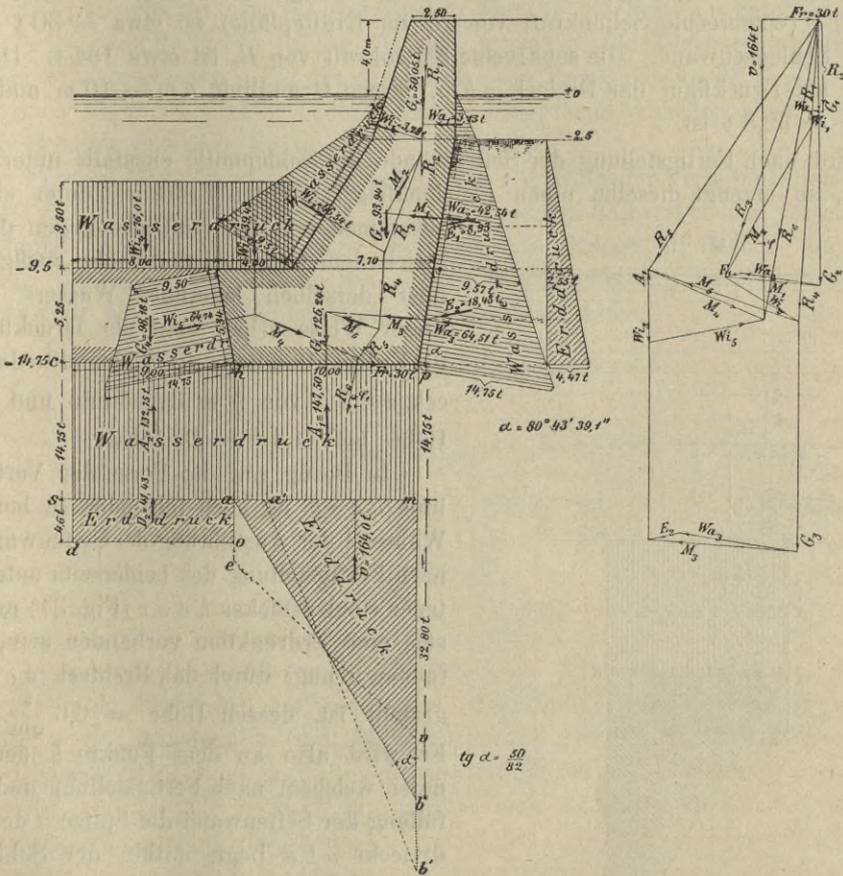
Die Figuren 30 bis einschließlich 34 zeigen die Drucklinien eines Docks, welches mit Hilfe von Pressluft unter Wasser hergestellt wurde. Auch hier ist wieder als un-

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

Bei Anwendung der Prefsflutgründung für das ganze Bauwerk stellt man zweckmäßiger Weise 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 Prefsflut ausgeführt werden können, wird weiter unten in § 12 mitgeteilt.

Fig. 30. Ermittlung der Verteilungslinie für Prefsflut-Gründung.

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

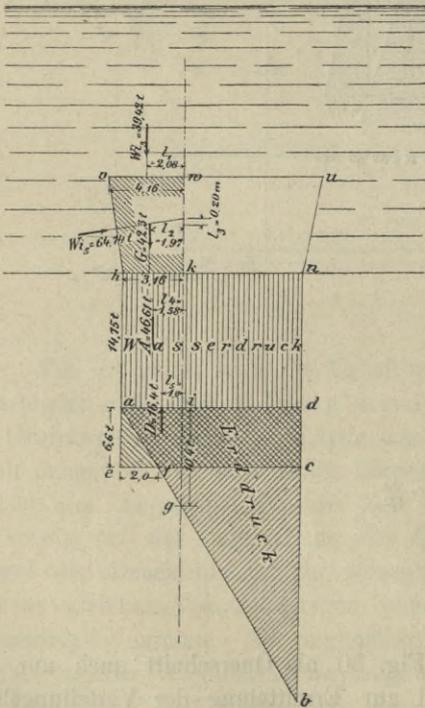


Diesem Bauvorgange entsprechend ist in Fig. 30 als Querschnitt auch nur der Rohbau in ausgezogenen Linien dargestellt und zur Ermittlung der Verteilungslinie  $doab$  benutzt, während die innere Grenze des fertig verkleideten Bauwerkes durch punktierte Linien dargestellt ist. Die Seitenwände sind hier bis zur Höhe  $-2,5$  unter-schnitten 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 (2. Aufl.), Konstruktion der Stütz- und Futtermauern, erfolgt. Aufser diesem Erddrucke wirkt, wenn die Mauer fertiggestellt ist, gegen sämtliche unter Wasser gelegene Flächen derselben — 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 Gröfse 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. Derselben 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 dieselbe einen gleichmäfsig 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  $4,6 \frac{t}{qm}$  Höhe, bei  $41,4$  t =  $D_2$  Inhalt.

Fig. 31.



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  $4,6 \frac{t}{qm}$  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  $hnuv$  (Fig. 31) unter diesem eine Erdreaktion vorhanden sein, welche (genau genug) durch das Rechteck  $aecd$  dargestellt ist, dessen Höhe =  $6,6 \frac{t}{qm}$  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  $6,6 \frac{t}{qm}$  auf 0 sinken. Damit müssen in dem

Sohlenteile  $vhnu$  Biegungsspannungen eintreten, welche in dem Schnitte  $wk$  (Fig. 31) sich aus der Gleichung:

$$M_x = -W_3 \cdot l_1 - G \cdot l_2 + W_5 \cdot l_3 + A \cdot l_4 + D \cdot l_5$$

berechnen lassen und für die vorliegenden Verhältnisse bei  $w$  eine Zugspannung von etwa  $1,3 \frac{kg}{qm}$  und bei  $k$  eine ebenso große Druckspannung ergeben. Die Zugspan-

nungen bei  $w$  würden noch gröfser werden, wenn die Begrenzungslinie  $ab$  der Druckfigur für die fertig aufgemauerte Seitenwand etwa die Lage  $a'b'$  in Fig. 30 erhalten hätte. Außerdem würde in diesem Falle ein Abheben der Sohle vom Boden auf der Strecke  $a'a'$  eintreten. Wenn Zugspannungen von  $1,3 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$  für Beton, welcher unter der Taucherglocke hergestellt, schon deswegen unbedenklich ist, weil nach Einsetzung des mittleren Sohlenteiles, wie die Figuren 32, 33 und 34 zeigen, in dem Schnitte  $wk$  (Fig. 31) bei dem Punkte  $w$  stets nur noch Druckspannungen auftreten, welche die Zugspannung von  $1,3 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$  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 Fig. 30 dargestellt ist, um ein Trapez als Druckfigur unter der Sohle, an Stelle des Dreiecks  $abm$  (Fig. 30), zu erhalten. Ist für das Trapez, Fig. 30, die Seite  $ae$  unter  $h$  so groß als die Höhe  $ao$  des Rechtecks in Fig. 31, 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 Figuren 32, 33 und 34 zeigen nun die mit Hilfe der Verteilungslinie  $doab$  aus Fig. 30 dargestellte Drucklinie des fertig verkleideten Bauwerkes bei verschiedener Beanspruchung. Fig. 32 für das leere Bauwerk bei niedrigstem Stande des Grundwassers, Fig. 33 desgl. bei höchstem Stande und Fig. 34 für das bis oben mit Wasser gefüllte Bauwerk bei gleichzeitig höchstem Wasserstande ausfen.

Fig. 32 bis 34. Bauweise: Prefluft-Gründung nach Fig. 30.

Fig. 32.

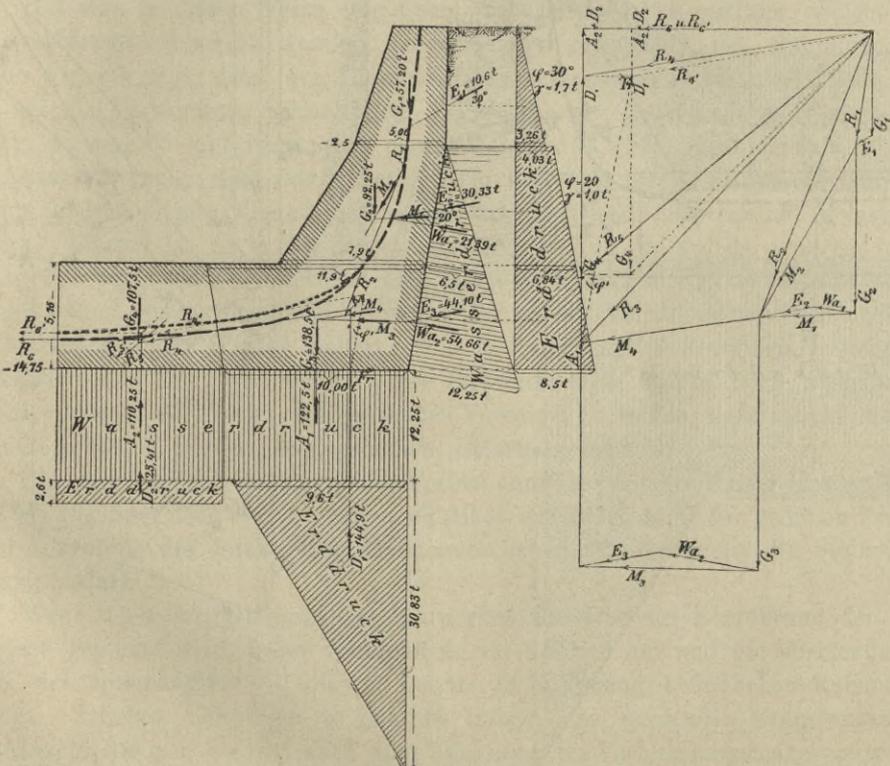


Fig. 33.

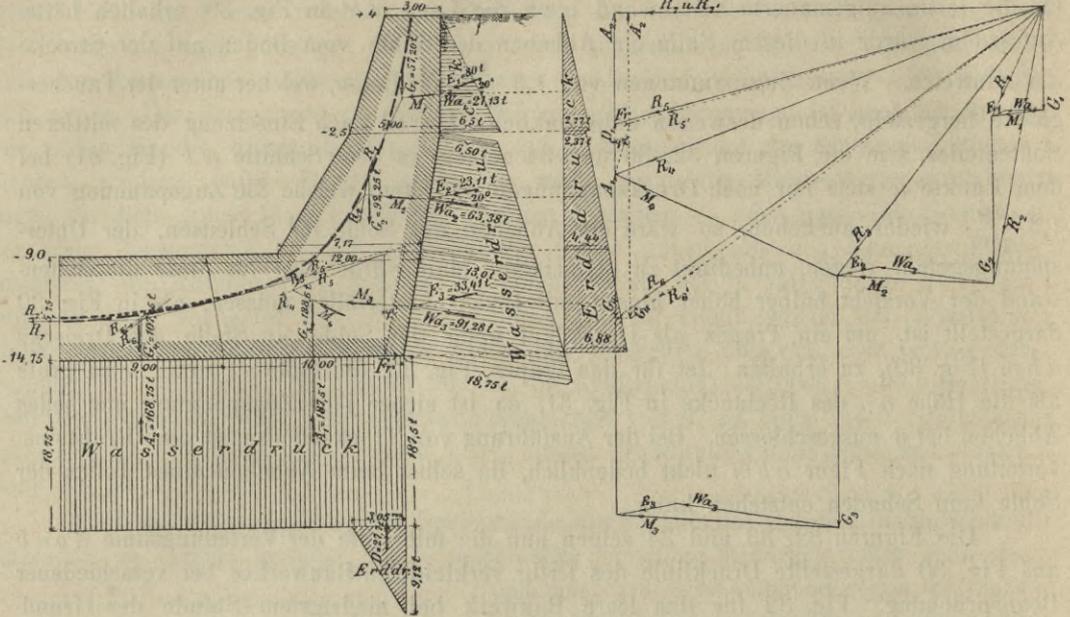
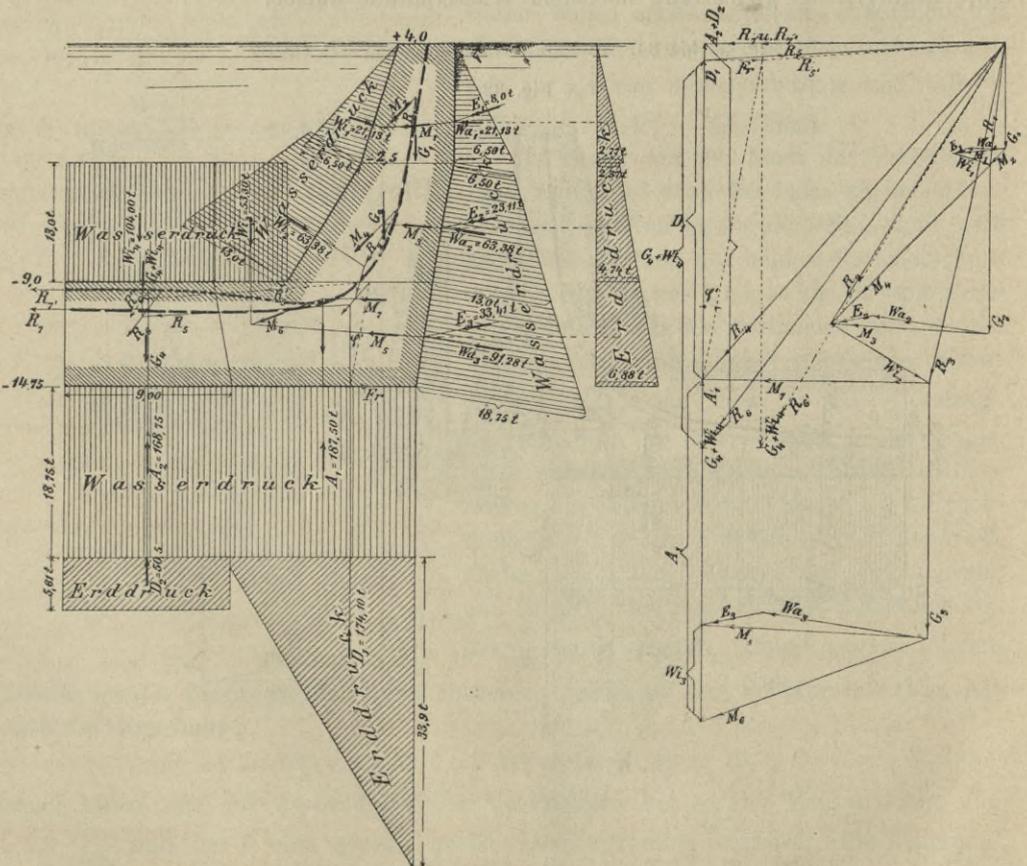


Fig. 34.



Sämtliche Drucklinien bleiben im Querschnitt, namentlich auch die des bis oben mit Wasser gefüllten Bauwerkes, welche bei der früher untersuchten Bauweise im Trockenen in der Sohlenmitte hoch oberhalb derselben verliefen. Wenn schon der in Fig. 30 bis 34 dargestellte Querschnitt bei der Herstellung im Trockenen eine etwas günstigere Lage der Drucklinie ergeben mag, als der in Fig. 21 bis 29 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 Fig. 34 weit weniger von denjenigen abweichen, welche während der Herstellung des Bauwerkes mit Prefsluft (Fig. 30) vorhanden waren, als von denjenigen, welche während der Herstellung in trockener Baugrube (Fig. 21 oder 22) 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.

Noch ist zu bemerken, daß von den beiden in den Sohlen der Querschnitte Fig. 32, 33 und 34 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 Fig. 32 z. B. beträgt die Kantenpressung in der Sohlenmitte, wenn Zugspannungen außer Betracht gelassen werden, ohne Berücksichtigung der Reibung 7 kg für 1 qcm; mit Berücksichtigung derselben nur 4,6 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 Fig. 30 zeigt, unter der Annahme untersuchen, daß das Bauwerk leer gepumpt wird, um die Verblendung anzubringen. Der Gang der Untersuchung ist derselbe, wie bei Fig. 32 und 33 und stützt sich ebenfalls auf die Verteilungslinie Fig. 30. Es ist aber nicht notwendig, daß das unverblendete Bauwerk bereits im stande 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 vorkommen 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, daß 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.

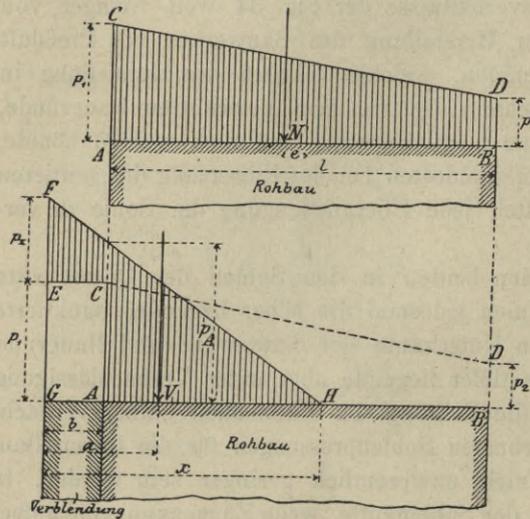
Wenn nach Fertigstellung des Bauwerkes dasselbe zur Ausführung der Verblendung leer gepumpt wird, treten Spannungen im Rohbau auf und die Verblendung wird — an sich spannungslos — diesem bereits in Spannung befindlichen Rohmauerwerk angefügt. Erhöhen sich dann in Zukunft infolge des steigenden Grundwasserstandes 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>21)</sup>:

Man beobachtet den Wasserstand, welcher während der Verblendung des gefährlichsten Querschnittes, dessen einstige grösste Beanspruchung man berechnen will,

Fig. 35.



im Hinterfüllungsboden vorhanden war und berechnet daraus den Spannungszustand im Rohmauerwerk dieses Querschnittes während der Einfügung des Verblendungsmauerwerks. Das Drucktrapez *C A B D* (Fig. 35) möge die Druckverteilung im Querschnitte des Rohmauerwerks während dieser Zeit darstellen. Wenn nun eine spätere grössere Belastung die Drucklinie weiter nach links verschiebt, sodafs die Vertikalkraft, welche den Querschnitt beansprucht, aus der Lage *N* (obere Figur) in die Lage *V* (untere Figur) gertickt wird, so kann das vorgesezte Verblendungsmauerwerk von der Breite *b* erst Druckspannungen erhalten, wenn in der linken Kante des Rohmauerwerks die Spannung *p*<sub>1</sub> 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:

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

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<sub>x</sub>* aus obigen Gleichungen einsetzt:

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

In den Gleichungen bedeutet:

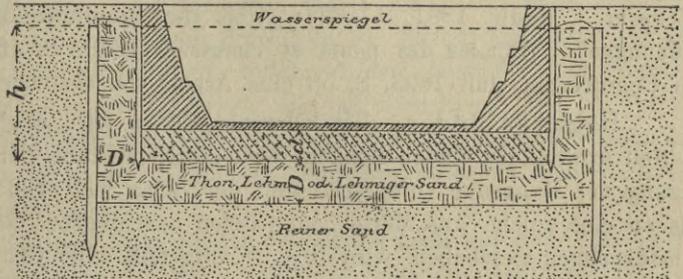
- p*<sub>1</sub> die Kantenpressung im Rohmauerwerk während der Ausführung der Verblendung,
- V* der grösste in dem fertigen Querschnitte auftretende senkrechte Druck,
- p*<sub>x</sub> die durch *V* erzeugte Kantenpressung im Verblendungsmauerwerk,
- p*<sub>A</sub> die gleichzeitig im Rohmauerwerk vorhandene Kantenpressung,
- x* Grundlinie der Druckfigur,
- a* Abstand von *V* von der Kante der Verblendung,
- b* Stärke der Verblendung.

<sup>21)</sup> Über Berechnung und zweckmässige Bauweise gemauerter Schleusen und Trockendocks, von L. Brennecke. Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 541.

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 der Einschließung des letzteren durch Spundwände auf möglichste Dichtheit derselben Bedacht nehmen 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 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 durch-

Fig. 36.



lässigen 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 Thonschlag ist für diese Bodenschicht das Beste. Wenn im Baugrunde ursprünglich der volle Auftrieb vorhanden war, so würde eine Thonschicht von der Dicke  $D$  (Fig. 36) 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 Thon 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 Fig. 26 mit  $\frac{3}{4}$  des Auftriebes folgt. Steht reiner Thon nicht zur Verfügung, so ist auch ein aus Thon oder Lehm und Sand gemischter Boden bereits wirksam. Um indessen dieselbe Druckverminderung wie bei reinem Thon zu erzielen, würde man die Schicht entsprechend verstärken müssen.

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

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

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 Koeffizienten  $\varepsilon_D$  und  $\alpha$  ermittelt werden können, ist in der Arbeit des Verfassers: Über die Größe des Wasserdruckes im Boden. Zeitschrift für Bauwesen 1886, S. 101 zu entnehmen.

Da die Einbringung einer undurchlässigen Schicht immer eine trockengelegte Baugrube voraussetzt, wird die Anwendung derselben bei massiven 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, da 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.

Hölzerne Böden. Bei hölzernen Böden wird ein Thonschlag weit häufiger mit Vorteil Anwendung finden können, weil die Herstellung derselben 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 Größe der Auftriebverminderung ergibt sich auch hier nach der Formel 8, welche vollen Auftrieb im Baugrunde voraussetzt. Ist der Baugrund weniger durchlässig, so ist die Größe des vorhandenen Auftriebes entsprechend der in dem Aufsätze: „Über die Größe des Wasserdruckes im Boden“ gegebenen Anleitung zu ermitteln.

Im allgemeinen wird man es bei den Erdarten, in welchen hölzerne Böden Verwendung finden (vergl. § 5 und 8), mit verhältnismäßig geringem Auftriebe, etwa  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{4}$  des theoretischen zu thun haben. Dieser Auftrieb muß — abgesehen vom Gewichte des Thonschlages — da der hölzerne Boden im Wasser als gewichtlos anzusehen ist, durch den Widerstand der Rostpfähle unter der Sohle und die Biegefestigkeit der Holzkonstruktion aufgenommen werden. Den Widerstand eines gewöhnlichen Pfahles gegen das Ausziehen ist etwas geringer als seine Tragfähigkeit und kann zu 0,8 bis 0,9 derselben angenommen werden.

Die Widerstandsfähigkeit kann man bedeutend vergrößern, wenn man statt der gewöhnlichen Rammpfähle Schraubenpfähle verwendet. Der senkrechte Zug, welcher erforderlich ist, um einen solchen Pfahl aus dem Boden zu reißen, ist<sup>22)</sup>:

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

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 bedeutet. 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 Auftriebes unbedingt und unmittelbar widerstehen können. Im übrigen

<sup>22)</sup> Versuche über den Widerstand von Schraubenpfählen gegen Herausreißen, von L. Brennecke, Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 449.

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 zwischen denselben 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 Dichtheit erzielt wird. Kleinere Setzungen der Seitenwände sind bei hölzernen Böden wegen der großen Biegsamkeit, welche dieser Baustoff, namentlich im nassen Zustande, besitzt, weit weniger gefährlich als bei steinernen. Die Anzahl der Pfähle unter den Seitenwänden bestimmt sich nach dem zu tragenden Gewichte derselben, 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>23)</sup>

Für hölzerne Böden ohne Pfahlrost mit darauf befindlichen massiven Wänden ist noch zu bemerken, daß 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 massiven Wände auf Holzböden nützt den letzteren nichts, da die Verbindung der Wand mit dem Holz, selbst, wenn eine Verankerung vorhanden ist, dennoch keine so innige wird, daß 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

<sup>23)</sup> Näheres hierüber findet man in der Arbeit von Tellkamp: Erbauung des Hafenbollwerks am Bahnhofs zu Flensburg, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, S. 110, ferner in derselben Zeitschrift 1893, S. 30: Die Berechnung der Standsicherheit der Bohlwerke, von L. Brennecke, desgl. im „Grundbau“ des Verfassers.

man hierfür nur zwei Anordnungen wesentlich verschiedener Art, die Schützöffnungen in den Thoren und die Umlaufkanäle in oder hinter den Seitenwänden. In neuerer Zeit ist — und zwar zuerst in Amerika — noch eine Abart der letzteren in Aufnahme gekommen, nämlich die Grundläufe in der Sohle des Bauwerks. Bei allen dreien muß als Aufgabe gelten, daß sie durchaus dicht verschließbar, sowie leicht und rasch zu öffnen und zu schliessen sind und daß sie nach der Öffnung dem Wasser mit möglichst wenig Hindernis den Durchgang gestatten. Die erste Forderung wird namentlich wichtig, wo mit dem Oberwasser gespart werden muß, außerdem bewirkt eine Undichtigkeit unter Umständen auch eine, wenngleich langsame, Abnutzung. Die anderen Forderungen sind um so wichtiger, je lebhafter der Verkehr, und stimmen in dieser Hinsicht mit den nach § 20 an die Bewegungsvorrichtungen der Thore gestellten Anforderungen überein. Ein Zeitgewinn von einer halben Minute bei dem einmaligen Durchschleusen kann die Zahl der an einem Tage passierenden Schiffe um einige derselben 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 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 Thorschütze ergibt sich:

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

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 Ausfluskoeffizienten (etwa = 0,62) bedeuten. Diese Zeit ist doppelt so groß, als sie für die Füllung oder Leerung der Kammer bei einer gleich bleibenden Druckhöhe  $h$  sein würde. Die Schützöffnung ist unter Annahme einer bestimmten Zeit für das Füllen und Leeren und bei gegebenen Größen für  $A$  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 Unterthoren und außerdem noch fünf Umläufe von gleichem Querschnitt (1,2 qm), welche teils durch Cylinderschütze, 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 bzw. gefüllt, wobei jedoch das letzte halbe Meter bis zur völligen Ausgleichung der Wasserstände unberücksichtigt blieb. Die aus je drei Beobachtungen gemittelten Ergebnisse, auf gleichen Querschnitt der Öffnungen zurückgeführt und mit Zugrundelegung des bei jedem Kanale u. s. w. an der Stelle des Verschlusses vorhandenen kleinsten Querschnittes, waren folgende: In Prozenten ausgedrückt war die Wirksamkeit der Thorschützen 100, diejenige der Kanäle 93, 87, 84 und sogar nur 55. Den letztgenannten geringen Nutzeffekt zeigte ein Kanal, in welchem der Wasserstrom gezwungen ist, zweimal eine

scharfe Wendung von  $90^\circ$  zu machen.<sup>24)</sup> Je gerader die Führung, 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 derselbe 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, aufser möglichst glatten Wänden auch möglichst sanfte Biegungen anzuordnen.

Es ist ferner zu bemerken, dafs die Druckhöhe  $h$  in obiger Formel die volle Spiegeldifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser ist, dafs also nicht etwa zeitweilig der ausfliefsende Wasserstrahl zum Teil in der freien Luft liegt; mit anderen Worten, obige Formel gilt nur, wenn die Austrittsöffnungen der Umläufe bezw. die Schützöffnungen in den Thoren 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 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 abfliefsenden Behälters im Vergleich zu der betreffenden hydrostatischen Spiegelhöhe zu erzeugen, mufs auf die eingehenden Untersuchungen von Lagrené in dessen *Cours de navigation intérieure*, Bd. III, S. 128 u. ff., verwiesen werden.

Es hängt nun zwar gemäfs Obigem nach geschehener Verbindung der betreffenden Wasserflächen die Zeit der Ausspiegelung wesentlich von der Weite der sie verbindenden Öffnungen ab. Aber die Gröfse der Öffnungen darf auch nicht über ein gewisses Mafs gehen, wenn nicht zunächst die Schwierigkeit in der Konstruktion und in der Handhabung der Verschlussvorrichtung, sodann aber auch die Bewegung des ein- und ausströmenden Wassers für die Schleuse und für die Schiffe zu grofs werden sollen. Je gröfser die Schütze in den Thoren oder die Umläufe in oder hinter den Seitenmauern, desto mehr werden diese wichtigen Konstruktionsteile geschwächt oder in ihrer Herstellung erschwert, und um so mehr Zeit wird zur Bewegung der Verschlussvorrichtungen bei Annahme gleicher Arbeitskraft verbraucht. Für gewöhnliche, hölzerne Kanalschleusenthore wird es schwer halten, ohne Schwächung des ganzen Thores höhere Öffnungen als etwa von 0,5 bis 0,6 m herzustellen, während die Breite in konstruktiver Hinsicht weniger beschränkt ist, aber wegen der Handhabung nur bei besonderen Einrichtungen etwa über 1 m zu nehmen sein dürfte. Eine Vergröfserung der Gesamtöffnung der Schützen oder Umläufe des Oberhauptes über das Mafs von 1 qm bringt ferner bei etwa 2 bis 3 m Spiegeldifferenz in der Kammer einer gewöhnlichen Kanalschleuse schon eine sehr merklige Wasserbewegung hervor, indem der aus jenen Öffnungen kommende Strahl sich nicht sofort dem gröfseren 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 Wasserstrahles, wenn er zu heftig ist, kleinere oder unbeladene Schiffe in der Kammer hin- und hergeworfen und dabei ihnen oder den Schleusenthoren Beschädigungen zugefügt. Aufser-

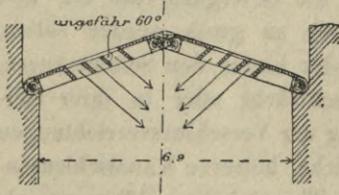
<sup>24)</sup> Zeitschr. f. Bauwesen 1890, S. 34: Lieckfeldt. Die Schützvorrichtungen der Stadtschleuse in Bromberg.

dem würden gröfsere Wassermassen leicht schädliche Erschütterungen an verschiedenen Konstruktionsteilen verursachen.

Aus der oben aufgestellten Formel  $T = \frac{2A \cdot \sqrt{h}}{\mu A_1 \sqrt{2g}}$  ergibt sich z. B. für eine Schleuse von 40 m Länge zwischen den Thoren und 6 m Breite, also einer Oberfläche  $A = 240$  qm, und bei einem Gefälle  $h$  von 2 m, einer Gesamtweite der Schütze  $A_1 = 1$  qm, unter Annahme des Ausflufskoeffizienten  $\mu = 0,6$ , 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 Ausflufgeschwindigkeit 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. Dafs die Querschnittsgröfse der Öffnungen mit der Oberflächengröfse der Schleuse im einfachen Verhältnisse wachsen mufs, 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 Mafse zulässig, weil der Stofs des Wasserstrahls mit seiner Masse wächst und, wie oben erwähnt, nicht im umgekehrten Verhältnisse zur Kammergröfse steht. Da indessen die Gröfse der Schiffe im allgemeinen mit der Schleusengröfse wächst und das gröfsere Schiff auch einen heftigeren Stofs ertragen kann, so kann annähernd jenes Verhältniß zwischen Schleusengröfse und Schützöffnung als ein ziemlich konstantes 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.

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine Anordnung aufmerksam gemacht, welche wohl geeignet ist, den Stofs des Wassers beim Eintritt durch Thorschützen 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

Fig. 37.



Schützen nach dem Innern der Kammer zu Leitschaukeln angebracht, wie Fig. 37 zeigt, durch die das Wasser, welches die gezogenen Schütze der beiden Thorflügel liefern, nach der Schleusenaxe zu so gegeneinander geleitet wird, dafs sich die beiden Wasserströme ungefähr unter rechtem Winkel treffen. Die Schleusenkammern sind dort 37,5 m lang und 6,9 m breit, jedes Schütz (in jedem Thore 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 Thorschütze, Umläufe oder Grundläufe zu wählen sei. Alle drei haben ihre eigentümlichen Vorzüge, die jedoch von verschiedenen Umständen abhängig sind. Im allgemeinen sind die Thorschütze 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 Mauerwerkes Veranlassung, indem das Wasser mit einer Geschwindigkeit von einigen Metern fließt.<sup>25)</sup> Eine Reparatur in den Kanälen ist, wenn nicht die ganze Schleuse trocken gelegt wird, nur mit großen 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

<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 F. 16 bis 28, T. VII, sowie Fig. 78, § 13 Beispiele geben.

Unterhäuptern der Kanalschleusen mit Ausnahme bei einigen im § 24 beschriebenen Schleusen, wobei die Umläufe noch zu anderen Zwecken als dem bloßen Füllen und Leeren der Kammer angelegt sind. Bei vielen Seeschleusen dagegen, bei denen die Umlaufkanäle mit geeigneten Abzweigungen zugleich zur Spülung der Thorkammer und Vorschleuse (siehe weiter unten) dienen, wie z. B. bei der Harburger und Geestemünder Schleuse (Tafel V und VII), wobei das Aufsenhaupt während der längsten Zeit als Unterhaupt gilt, sind die Umläufe schon wegen des gedachten Zweckes notwendig und alsdann mit besonders großen Querschnitten auszuführen.

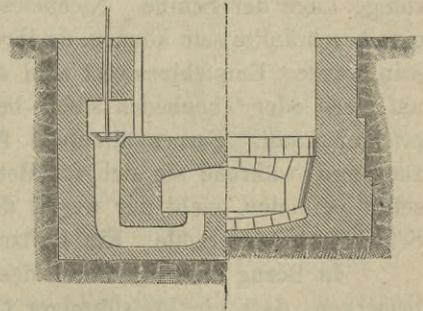
Wo aber nur das Füllen der Kammer in Frage kommt, sind bei den Oberhäuptern der Kanalschleusen in der Regel die Umläufe den Thorschützen vorzuziehen und zwar zunächst dann, wenn die letzteren eine zu große Schwächung der niedrigeren und zur Versackung geneigteren Oberthore herbeiführen würden und wenn man bei den Thorschützen 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, daß das Wasser aus der Schützöffnung in das Schiff stürzt. Man kann zwar zur Vermeidung dieser Mängel mit einigen Mehrkosten das Oberthor so tief hinabführen, daß die Schützöffnung stets unter dem Unterwasser liegt, wobei außerdem gegen das Versacken eine günstigere Thorform erreicht wird, vergl. § 15. Es bleibt aber immer bei den Thorschützen im Oberhaupt der Mangel, daß bei nicht genügender Befestigung die Schiffe durch den ausfließenden Wasserstrahl in ihrer Längsrichtung stark gegen das Unterthor getrieben werden. Diese sämtlichen Übelstände werden durch seitliche, aber symmetrisch liegende Umläufe vermieden, welche, wie z. B. bei Fig. 73 bis 75, § 13 und bei F. 9, T. VI, dicht über dem Thorkammerboden oder, wie in F. 11, T. VI, 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 Thorschützen. Offenbar wird auch das Gefälle des Wassers für die Ausflusgeschwindigkeit voll benutzt, wobei freilich durch die Richtungsänderungen des Umlaufkanals wieder ein gewisser Verlust entsteht. Die schon bei einigen älteren Schleusen nach Fig. 38, sowie auch neuerdings bei den Schleusen des Marne-Saône-Kanals nach F. 15 u. 16, T. V gewählte Anordnung,

daß die Mündungen der Umlaufkanäle sich in dem Abfallboden vereinigen, vermeidet nur durch die bedeutende Weite der Ausflußöffnung an ihrem Ende einen starken Stofs des ausfließenden Wassers. Wenn zu demselben Zwecke die Umlaufkanäle wie in Fig. 38 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 konstruktiv schwierige Anordnung nicht zu empfehlen.

Weit einfacher wird Beruhigung des Wassers bei den Oberhäuptern einiger Schleusen mit Klappthoren erreicht. Bei denjenigen des Erie-Kanals liegen die Dreh-

Fig. 38.



schützen im Thorkammerboden vor dem Thore, sodafs sie von dem geöffneten Thore überdeckt und gegen Beschädigungen durch darüber hinfahrende Schiffe geschützt werden. Zwischen Thor und Boden ist aber Spielraum genug, um auch bei geöffnetem Thore die Schütze öffnen zu können. Der ganze Thorkammerboden einschliesslich der horizontalen Wendeschwelle für das Thor 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 Schleusenkammer. Der Hohlraum unter dem Boden, in welchem die Schütze sich befinden, steht mit der Schleusenkammer 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 Profilerweiterung sehr abgeschwächt, bevor er die Schiffe trifft. — Einige Schleusen des Oder-Spree-Kanals zeigen dieselbe Anordnung, jedoch besteht bei denselben die Wendeschwelle aus Werksteinen, welche auf einem grossen von Schleusenwand zu Schleusenwand reichenden Stichbogen ruhen. Nur der Teil des Bodens, welcher die Drehschütze enthält, besteht aus Holz, vergl. F. 21 bis 23, T. X.

Wichtig ist es für die Wirkung aller Umläufe, dafs keine Luft mit in den Kanal treten und sich an einer geeigneten Stelle festsetzen kann, weil dadurch der Durchflufs 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, dafs hinter dieser Vorrichtung keine Luft in den Kanal treten kann.

Grundläufe. Die beiden zuletzt genannten Konstruktionen, bei denen der Schleusen- bzw. Thorkammerboden 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 Fig. 38 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 dieselben bei gemauerten Sohlen, wenn das Bauwerk auf Fels- oder Thonboden steht, bei dem die ganze Ausführung bequem im Trocknen erfolgen kann. Ferner allenfalls für hölzerne Böden, bei ebenfalls geringem Wasserzudrange, während sie sich für Betonböden, die unter Wasser hergestellt werden, 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, dafs ein kreisförmiger Querschnitt, welcher bekanntlich den grössten Inhalt bei geringstem Umfange bietet, bei gleichem Flächeninhalte und gleicher Druckhöhe die grösste Wassermenge liefern müfste. 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, T. XII, F. 2—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 umgekehrt, um an Fundierungstiefe zu sparen.

Wenn die Querschnitte der Umläufe und Grundläufe so groß werden, daß eine zu große Beunruhigung der in der Schleusenammer liegenden Schiffe eintreten würde, falls man die ganze Wassermenge durch eine Öffnung in die Schleusenammer einführte, so versieht man den Hauptkanal mit einer größeren Anzahl in die Schleusenammer 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 Kammer-sole und — wenn in beiden Seitenwänden Umläufe vorhanden sind — einander gegenüber münden, ersteres, um den Strom des eintretenden Wassers möglichst unter dem Schiffsboden zu haben, letzteres, damit die aus zwei einander gegenüber liegenden 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 werde.

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 (Fig. 39).

Fig. 39 u. 40. Schleusen des Kanals St. Denis.

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 Cylinderschütze 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 in Verbindung. Diese Stichkanäle bestehen aus Thonrohren (Fig. 40), die in den Schleusenboden versenkt sind (Fig. 39) und sich, nach oben offen, abwechselnd bis 1 m von der Mittelmauer bzw. 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 Neifse-Mündung angeordnet:

Noch gleichmäßiger verteilt sich das Wasser bei den Grundläufen des St. Mary-Falls-Kanals in Nordamerika, welche durch die Figuren 41 bis 44 dargestellt sind. Die Schleuse ist hier unmittelbar auf Felsen gegründet, nur eine teilweise Beton-Auffüllung 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 Beton-Einbettung unmittelbar auf dem Felsen auf. Der Boden der Schleuse und der Grundläufe wurde aus Querschwellen mit doppelter Bohlenbekleidung hergestellt, während die Seitenwände der letzteren aus mehreren Schichten fest verbolzter Langhölzer bestehen. Die Sohle der Schleusenammer bildet die Decke

Fig. 39.

Schnitt durch die Kammern. M. 0,004.

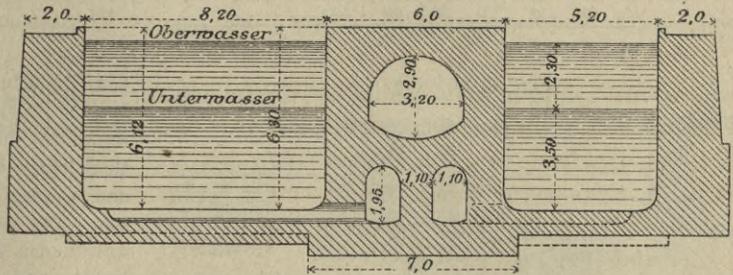
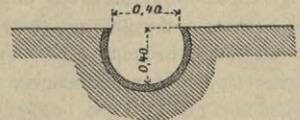


Fig. 40.

Schnitt durch einen Stichkanal. M. 0,02.



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

Fig. 41 bis 44. Schleuse des St. Mary-Falls-Kanals (Nord-Amerika).

Fig. 41.

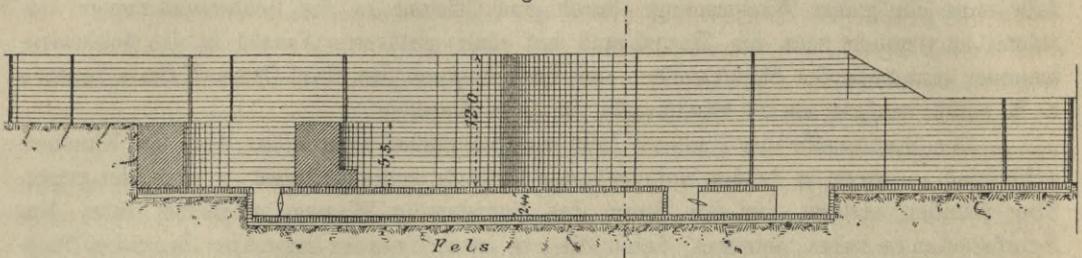


Fig. 42.

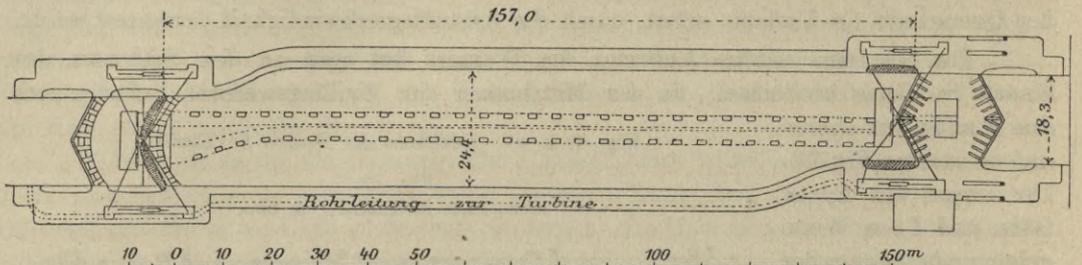
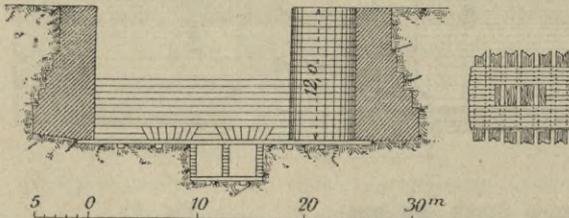


Fig. 43 und Fig. 44.



(Fig. 43) auf 0,61 m Breite und 1,37 m Länge in Fortfall kam. Dadurch wurden drei Zwischenräume der Schleusenschwellen aufgedeckt, sodass jede Öffnung aus drei Einzelöffnungen 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>27)</sup> Für dieselbe Seeverbindung sind gegenwärtig (1894) noch zwei größere Schleusen mit Grundläufen gleicher Ausführungsweise im Bau.

Die seiner Zeit geplanten Schleusen des Panama-Kanals von 11 m Gefälle sollten ebenfalls Grundläufe erhalten. Dieselben wollte man 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 Dremeln 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>28)</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

<sup>27)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 37.

<sup>28)</sup> De ingénieur 1888, S. 160 u. f. Mit Abbildungen.

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 Drehschützen geschlossen. Die 58 Öffnungen in der Decke, welche das Wasser in die Kammer treten lassen, sind in gleichen Abständen verteilt und dadurch hergestellt worden, daß der doppelte Bohlenbelag des Schleusenbodens

Schleusen des St. Mary-Falls-Kanals — durch eine besondere Grundlaufgrube vor den Unterthoren, sondern, wie bei den Schleusen des Panama-Kanals angenommen war, durch die Grundläufe selbst vorzunehmen, um diese jedesmal dadurch zu spülen. Hierdurch wird auch das Drängen der Schiffe nach den Unterthoren 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.

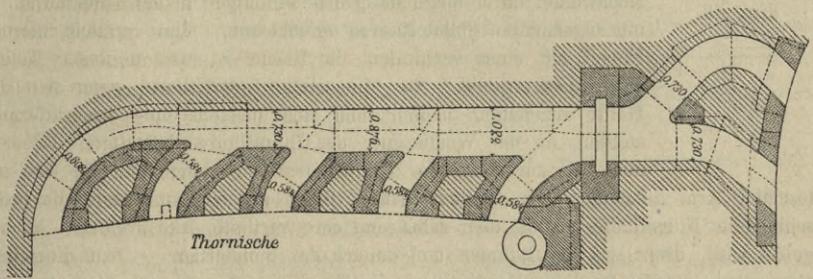
Spülvorrichtungen. Während für das Füllen der Schleusen ein möglichst sanfter Austritt des Wassers wünschenswert ist, erfordern die Spülvorrichtungen möglichst kräftige Strömungen. Für diese darf daher die Summe der Stichkanal-Querschnitte niemals größer sein, als der Querschnitt des zuführenden Hauptkanals. 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 als vorteilhaft für die Lösung des Schlammes vom Boden 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.

Als Beispiel einer nur die Beseitigung der Schlickablagerungen in der Thorkammer und in dem vorderen Teil des Vorhafens bezweckenden Spülvorrichtung dient Fig. 45

(Doekschleuse zu Leer). Die Abbildung zeigt den Grundriß der in dem Mauerwerk angelegten Spülkanäle, wobei der Schnitt dicht über dem horizontalen Boden derselben

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



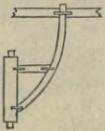
genommen ist. Der Thorzapfen und die Wendenische lassen die Lage der 16,8 m weiten Schleuse erkennen. Es münden danach je zwei Arme der Spülkanäle nach außen in den sich allmählich auf 52 m erweiternden und 64 m langen Vorhafen, während auf der Binnenseite in jeder Thornische der Hauptkanal sich in fünf 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 jedoch in der innen liegenden Thorkammer der Schlick angesogen wird, wenigstens in der Nähe der Thornische, in welcher die Ablagerung besonders unbequem für die Bewegung der Thore sein würde. Die nach außen mündenden Kanäle lassen ihre Spülströme nach der Mitte des Vorhafens zusammentreffen. Die Spülkanäle sind zur Verhütung von Verstopfungen

aufsen mit kleinen, während der Spülung zu entfernenden Gittern, innen jedoch nur mit je zwei festen Eisenstäben versehen.

Etwas mehr verwickelt ist die Spülanlage bei einer Kammerschleuse, wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse, s. F. 11 bis 15, T. VII. 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 gufseernes, in eisernen Falzen laufendes Zugschütz. Es kann also bei niedrigem Aufsenwasser zunächst der Vorhafen mit dem annähernd auf gewöhnlicher Fluthöhe stehenden Bassinwasser gespült werden. Um aber auch die Thorkammern der zwei Ebbethore und des äusseren Fluthores spülen zu können, befindet sich zwischen dem Hauptkanal und jeder Thorkammer eine seitliche, durch ein Schütz verschließbare Öffnung von fast gleichem Querschnitt wie im Hauptkanal, hinter welcher sich parallel zur Linie der Thornische ein nach den Enden an Querschnitt abnehmender Kanal ausbildet und mit sechs Öffnungen in der Thorkammer ausmündet. Durch geeignete Stellung sämtlicher Schützen läßt sich der Spülstrom aus jeder Ebbethorkammer in den Hauptkanal und damit in den Vorhafen oder auch in die Fluthorkammer leiten; es könnte sogar bei geöffnetem Fluthor und äusserem Ebbethor auch der Spülstrom von der inneren Ebbethorkammer oder direkt von dem Hafenbecken her in die äusseré Ebbethorkammer geleitet werden. Die Schlickablagerung in den Thorkammern und dem oberen Teil des Vorhafens wird auf diese Weise leicht beseitigt, ehe sie der Schifffahrt und der Bewegung der Thore hinderlich werden kann. In dem vorderen oder unteren Teile des gekrümmten Vorhafens (vergl. Fig. 4 des XIII. Kapitels, S. 7) muß jedoch außerdem häufig gebaggert werden. Zur Spülung der Schleusenkammer und Drempe sind die Ebbethore 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.

Als ein Beispiel, wo eine zur Schifffahrt und zur Abwässerung dienende Seeschleuse zugleich mit großen Spüleinrichtungen versehen ist, um das dem Schlickfall ausgesetzte Aufsenfahrwasser einigermaßen zu spülen, dient die F. 21, T. VII angedeutete Schutzschleuse bei Emden. Das Spülen geschah bis zur Erbauung der Kammerschleuse durch Einlassen von mätsigen Springfluten bis zu 1,25 m über gewöhnlichem

Fig. 46.



Hochwasser durch möglichst große Öffnungen in den Ebbethoren. Diese Öffnungen waren mit sogenannten Spindelthoren verschlossen. Man versteht hierunter große Tafeln oder Flügel mit einer vertikalen, die Fläche in zwei ungleiche Teile zerlegenden Drehaxe; das Nähere ergibt § 23. Um solche Spindelthore gegen den Überdruck der größeren Hälfte zuzuhalten, bedient man sich meistens eines dreieckförmigen, in Fig. 46 dargestellten, an der Wendesäule des Hauptthores befestigten Rahmens, von welchem nach oben bis zur Höhe des Hauptthores ein langer beliebig fest zu schließender und zu lösender Arm aufsteigt. Der Rahmen drückt dabei an der Aufsenseite die größte nach dorthin aufschlagende Flügelhälfte zu, ist aber selbst um eine vertikale Axe drehbar. Sobald also der obere Arm gelöst wird, dreht sich der Rahmen und danach das Spindelthor. — Auf Einzelheiten ist um so weniger einzugehen, als die fragliche Konstruktion die Thore betrifft und sich nicht sonderlich bewährt hat.

Von den Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals sind nur die Schleusen an der Elbe, Tafel XI und XII, mit Spülvorrichtungen versehen, da das Wasser der Ostsee schlickfrei ist. Da genannter 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 genannten Schleusen abgelassen werden soll, so hofft man, im Vorhafen den während der Flut gefallenen Schlick durch diese Strömung wieder zu beseitigen und dem Strome zuzuführen.

**§ 8. Gestaltung und Material der steinernen Böden.** Wenn zwischen steinernen und hölzernen Böden unterschieden wird, so muß die Unterscheidung davon ausgehen, ob die wesentlichsten Konstruktionsteile 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 das Material der steinernen Böden zu besprechen; die Herstellungsweise wird nur in soweit 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 gröfsere Schleusen in vielen Fällen die Holzböden verdrängt, seitdem man gelernt hat mit Hilfe maschineller Einrichtungen 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, hauptsächlich freilich unter den Seitenmauern mitunter Senkbrunnen angewandt. Noch sicherer führt die in § 12 mitgeteilte Prefsluftgründung mit nachträglich eingesetzter Sohlenmitte in solchem Falle zum Ziel, vergl. § 6.

Trotz verschiedener 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 thunlich durch ein verkehrtes Gewölbe gebildet, für welches die Seitenmauern die Widerlager abgeben. Es wird dadurch eine bedeutend gröfsere Stabilität der Mauern gewonnen. Dieselben können unter gleichem Materialaufwand gar nicht vorteilhafter, oder bei kleinstem Materialverbrauch nicht stabiler gebildet werden, als mit einem sich gegen ihren Fuß stützenden verkehrten Gewölbe. Man sucht aus diesem Grunde auch die Gewölbekämpfer so hoch als möglich hinaufzuziehen, soweit es eben die Rücksicht auf die Form der Schiffe gestattet. Fast allgemein steht man jedoch in den Thorkammerböden von einer Wölbung ab, weil es bei den meisten Thorflügeln zu ungünstig sein würde, sie mit einer tiefreichenden Schlag säule und einer kurzen Wendesäule zu gestalten. Die Versackung des Flügels würde dadurch erheblich befördert. Für Schwimmthore (vergl. § 19) fällt allerdings dieser Grund zum Teile fort, jedoch bleibt auch bei diesen ein Bestreben zur Formveränderung. Dazu kommt, dafs die Konstruktion eines gewölbten Thorkammerbodens sehr umständlich ist, und dafs in der Nähe des Vorbodens eine Wölbung doch fast unmöglich wird. Das einzige Beispiel eines gewölbten Thorkammerbodens befindet sich, soweit bekannt, 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 Thorkammerböden, welche ohnehin um die Breite der Thornischen 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 horizontale Begrenzung sämtlicher Teile des Bodens angewiesen, bei den Kammerböden ist jedoch die Bogenform nicht ausgeschlossen, vergl. F. 3 und 14, T. VI.

Um die Steinböden in genauer Form herzustellen und zu erhalten ist es zweckmässig, 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 Thorkammerböden u. s. w. aus vorzüglich guten Quadern herzustellen, welche zur Verhütung von Verschiebung (oft in übertriebener Weise) wohl mit horizontaler Wölbung als Keilsteine gebildet oder auch mit Verschränkung versehen werden.

Spundwände. Ein wesentlicher Unterschied der Steinböden gegen die Holzböden besteht in der Anbringung der Spundwände. Während, trotz aller Vorsicht in der Konstruktion und Ausführung, der Holzboden zur Sicherheit nicht als absolut dicht angenommen werden darf und deshalb an jeder Stelle, wo darüber eine ungleiche Wasserhöhe vorkommt, mit einer Querspundwand versehen werden muss, 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 ist dies um so willkommener, als solche unter dem Boden liegende Wände nur um ein geringes Mafs in den Boden von unten eingreifen dürfen, also stets schwierig herzustellen sind. Bei Betonierung insbesondere würde es ein grosser 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 (F. 1 bis 3, T. VII) die unter den Drempe liegenden Querspundwände ganz bis zur Höhe der Übermauerung und bei der Geestemünder Schleuse (F. 10, daselbst) verschiedene Querspundwände wenigstens bis zu etwa der halben Betondicke reichen.<sup>20)</sup> In dem ersteren Falle wird das sich unter dem Betonbette befindliche, bei hohen Fluten stark gepresste 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 F. 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

<sup>20)</sup> Eine in neuerer Zeit bei Ymuiden erbaute Seeschleuse ist ohne Querspundwände unter den Drempe ausgeführt, vergl. das 2. Heft der „Fortschritte der Ingenieurwissenschaften“, T. IV, F. 1.

etwa 0,3 m tief in den Beton eingreifen 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.

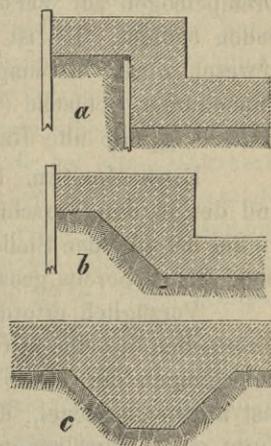
Zur Sicherheit, daß das Wasser sich nicht vom Ober- zum Unterwasser unter dem Boden hindurch Bahn breche, ist also nur je eine Querspundwand am oberen und unteren Ende eines einheitlichen Bodens nötig. Da nun aber die Herstellung des Bodens, namentlich bei Betongründung unter Wasser, die Umschließung des ganzen Bettes fordert, so werden fast stets auch Längsspundwände im dichten Anschluß mit den Querspundwänden 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 Aufsenwassers. 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 (Fig. 47a) zu vermeiden, kann man die Anordnung Fig. 47b mit schräger Unterfläche des Betons treffen. Vergl. F. 1, T. VI und Fig. 75, § 13.

Außerdem kann man bei der Betonierung an geeigneten Stellen nach unten Verstärkungen (Fig. 47c) anbringen, und dadurch zugleich das Hindurchziehen von Quellen unter dem Boden unterbrechen und abschwächen.

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, 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 Drempeeln mit starkem Mauerwerk, übrigens aber nur der genauen Form wegen zu übermauern. Dies ist namentlich in den Thorkammern, wo eben nur eine horizontale 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 andererseits eine Übermauerung, wenn sie nicht mehr schaden als nützen soll, immer eine sorgfältige Ebenung des in der geschütteten Oberfläche rauhen und undichten Betons.

Hinsichtlich der mit steinernem Boden auf Pfahlrost versehenen Schleusen ist unter Hinweis auf den folgenden Paragraph 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

Fig. 47.



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 Thorkammern. 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. F. 13, T. V), hat man sich in den nur mit flachen Quadern bedeckten Thorkammerböden, sowie auch unter den Drempebögen 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 (Tafel V) vermöge der zweckmäßigeren Konstruktionen nur etwa 180000 M., die alte Harburger dagegen 420000 M. gekostet hat.

Einzelheiten. Da von den Einzelheiten der Drempe, 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 Drempe eine sorgfältige Bearbeitung, weil die einzelnen Steine ohne dieselbe in Gefahr kommen können, durch das Anschlagen oder durch sonstige Bewegungen der Thore verschoben oder gehoben zu werden. Es ist daher zunächst fast allgemein Regel, die Drempesteine groß zu wählen und bei großen Schleusen in Form eines Gewölbes zu legen (s. F. 11 u. 12, T. V und F. 15, T. VII), weil hierdurch jeder einzelne Stein sich fester gegen den anderen stützt. Eine eigentliche Gewölbespannung 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 mit an der Innenseite gekrümmten Thoren werden deshalb die Fugen fast stets radial gelegt (F. 15, T. VII) und die Steine an der Hinterseite so gebrochen, daß die spitzen Winkel thunlichst fortfallen. Da bei derartigen Schleusen in der Regel der Drempe zugleich in vertikaler Richtung ein verkehrtes Gewölbe bildet, so werden die Steine dieses Gewölbes ebenfalls nach unten hin in ähnlicher Weise bearbeitet (s. F. 12 u. 14, T. VII). Wie in § 19 hinsichtlich des Anschlages großer gekrümmter Thore näher besprochen ist, wird jedoch der Anschlag der Thorflügel an den Drempe nicht in der ganzen Stirnfläche des Gewölbes, sondern nur in einem etwa 20 bis 30 cm breiten horizontalen Streifen desselben hergestellt. Es liegen deshalb nach F. 12 nur in der Mitte der Schleuse die eigentlichen dem Anschlage ausgesetzten Drempequader auch in dem Bogen, während nach den Seiten hin außerdem noch besondere Quader unter demselben vorkommen.

Wesentlich einfacher ist die Anordnung der Drempe in kleineren Schleusen mit geraden Thoren und ohne gewölbten Boden. Es wird hierbei der Fugenschnitt möglichst rechtwinklig zu den Anschlaglinien des Drempes angeordnet, dabei sucht man jedoch zu lange Steine und zu scharfe Spitzen zu vermeiden. Liegt ein Abfallboden nahe hinter dem Drempe, so wird die Linie des ersteren gewöhnlich bogenförmig gehalten und die Fugen gehen rechtwinklig zu dieser Linie (s. F. 4 u. 15, T. VI). Bei kleineren und nicht gewölbten Böden gehen die Drempesteine noch um ein gewisses Maß bis in den Thorkammerboden. Für Drempe, an welche sich ein Abfallboden nicht anschließt, erscheint der Fugenschnitt F. 20, T. IV beachtenswert. Bei neueren Schleusen findet man jedoch noch einfachere Anordnungen, vergl. F. 20, T. X.

Über die senkrechte Höhe des Drempes über dem Thorkammerboden ist folgendes zu bemerken. Hierfür ist einestheils der notwendige Spielraum zur Bewegung der Thor-

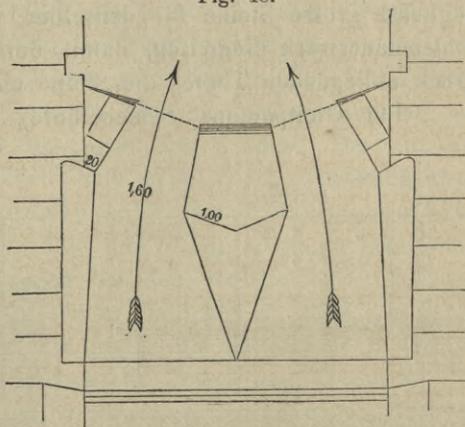
flügel, andernteils die zum dichteren und sicheren Anschlag derselben an den Drempele erforderliche Höhe, der sogenannte Drempele- oder Thoranschlag, maßgebend. In ersterer Beziehung kommt in Betracht, ob der Thorkammerboden der Aufschlickung, Zusan- dung u. s. w. sehr ausgesetzt ist, ob mit Wahrscheinlichkeit auf das öftere Fallenlassen von Steinen, Torf u. s. w. zu rechnen und ob ein Durchsacken der Schleusenthore zu be- sorgen ist. Wenn auch alle diese Ursachen für die Verringerung des anfänglichen Spiel- raumes durch geeignete Mittel abgeschwächt werden können, so muß doch der Sicher- heit wegen auf das Eintreten einer Verringerung gerechnet werden. Bei auf Rollen laufenden Thorflügeln, 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 Drempele bedingt wird, s. übrigens § 20. Außerdem ist zu beachten, daß bei allen Holzthoren die sogenannte Schlagsäule innen um mindestens 5 bis 10 cm vor der Unterkante des Thores vortreten muß. Es darf daher der Spielraum wohl nie unter 15 cm genommen werden und unter Umständen bis zu 30 cm steigen. Für den Drempele- oder Thoranschlag wird je nach der Größe des Thores und des Wasserdrucks 10 bis 20 cm Höhe genügen, sodafs der Drempele im ganzen 25 bis 50 cm über dem Thorkammerboden liegt.

Bei großen Schleusen mit eisernen Thoren und Luftkästen ist auch folgendes zu beachten. Wenn die Gründung des Thorkammerbodens nicht besondere Schwierigkeiten verursacht, sollte man die Höhenlage so bemessen, daß ein Mann unter dem fertigen Thorflügel auf dem Rücken liegend Niete und Fugen, welche sich bei der Probe der Schwimmthore 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 thun, über die man das nachzusehende Thor 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 Thore vorüber- gehend zur Anwendung gekommen sind.

Abweichend von den deutschen, englischen und holländischen Schleusen giebt man in Frankreich dem Steindrempele mitunter eine mittels horizontaler Steinschrauben befestigte Holzschwelle, F. 2 u. 4, T. VI, um zu verhüten, daß die einzelnen Steine durch das Anschlagen der Thore bewegt oder beschädigt werden. Eine solche Schwelle wird „falscher Drempele“ (*faux busc*) genannt. Die Anbringung einer solchen Holzschwelle erscheint entbehrlich, es empfiehlt sich aber, die obere und vordere Kante der Steindrempele etwas abzurunden.

Eine eigentümliche Anordnung haben auf einigen französischen Flüssen, welche sehr viel Geschiebe führen, die Drempele zu dem Zwecke erhalten, um eine Ablagerung der Steine auf dem Thorkammerboden und namentlich ein Einklemmen derselben zwischen Thorflügel und Drempele zu vermeiden. Es ist dazu in jeder Drempelehälfte eine Lücke gelassen, welche sich der Form der keiligen Drempelesteine anpaßt und sich etwa durch die ganze Thorkammer aufwärts mit einer schwachen Neigung fortsetzt. Beide geneigte Ebenen vereinigen sich in einiger Entfernung von der Drempele Spitze, siehe Fig. 48. Die wenigen übrig bleibenden Drempelesteine erfordern eine besonders gute Befestigung in dem Boden. In neuerer Zeit wird jedoch in Frankreich von dieser Anordnung kein Gebrauch gemacht.

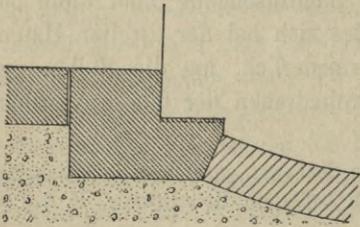
Fig. 48.



Für die sogenannte Abfallmauer oder den Übergang von dem Oberdrempe zum Kammerboden gilt zunächst als Regel, daß er als horizontales Gewölbe sich gegen die Seitenmauern stützen und ohne die früher mitunter angewandte Neigung vertikal 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 Drempe benutzt, sodafs 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 mäfsigen Höhe zwischen beiden und bei gutem Anschluß an die Unterlage von Beton oder Mauerwerk keiner besonderen Sicherheitsmafsregeln, 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 Thorkammer anzubringen, s. F. 1, T. VI. Es gewinnen dadurch die Thorflügel des Oberhauptes eine günstigere Form, die etwaigen Umläufe sind bequemer anzubringen und die Konstruktion 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 Dammbalze angeordnet sind oder nicht. Im ersteren Falle ist bei gewölbtem Boden ein horizontal liegender Falz anzubringen (F. 15, T. VII), während bei ungewölbtem Boden nur für

Fig. 49.



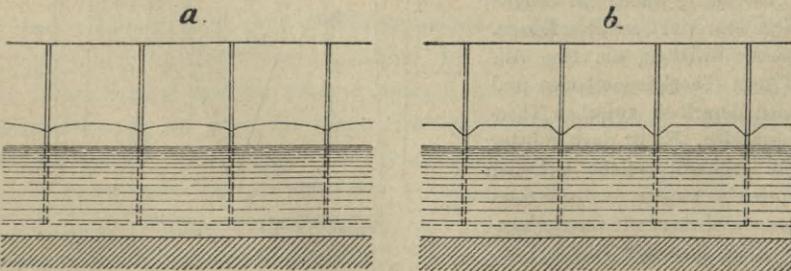
eine völlig ebene Fläche zum Auflegen des untersten Dammbalkens zu sorgen ist. Übrigens erfordert der Vorboden keine weitere Vorsicht, als daß alle Ecken und Kanten mit Quadern eingefasst sein müssen. Diese im Grundriss gewölbartig anzuordnen, hat keinen Wert.

Bei den Thorarten, welche nicht stemmen (vergl. § 21), ist der Drempe wesentlich einfacher, indem er vollkommen geradlinig ist. Auch hier wird man

möglichst große Steine für denselben verwenden müssen, die namentlich tief in das Sohlenmauerwerk eingreifen, damit durch eine ungünstige Bewegung des bereits mit Druck anliegenden Thores die Steine nicht gehoben werden können.

Für Gleitpontons (Schiebethore) benutzt man die ausgeklinkten Drempesteine

Fig. 50.



(Fig. 49) zweckmäßig zugleich zur Herstellung der Gleitbahn. In der Gleitbahn macht man dann die Oberfläche der Steine nicht eben, sondern abgerundet, wie Fig. 50 a

zeigt, oder bricht wenigstens die Ecken (Fig. 50 b). Dadurch vermeidet man, daß irgend eine scharfe Kante am Ponton beim Darübergleiten hinter die Steinkanten greifen und den Stein aus dem Mauerwerk herausreißen kann.

**§ 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 mäßigen Preise zu haben ist. Unter diesen Umständen wird der Holzboden meistens billiger als jede Konstruktion von Steinmaterial sein und sich hinreichend lange erhalten, wenn er gut ausgeführt 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 Abruch 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 übrigens 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 Drempeel gehörenden Hölzer über dem Rostbelag, halten denselben mit nieder, müssen also, weil sie unmittelbar von dem Druck der Thore 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, daß der zeitweilig oder dauernd vorhandene Überdruck des Wassers von der einen nach der andern Seite des Bauwerks unter demselben sich einen Weg 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 andererseits auch der Boden leicht nicht vollständig dicht ausfüllt, so ist es Regel, unter jedem Drempeel 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 andererseits neben den Drempeeln 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, triebandigen Boden dienen sollen. Sie vermindern alsdann das Aufquellen in der Baugrube und das etwaige Einrutschen der Ufer derselben.

Bei der nachfolgenden Beschreibung der Konstruktion der hölzernen Böden im einzelnen sei auf die in Tafel V und VI enthaltenen Figuren Bezug genommen. Außerdem ist eine Vergleichung mit den zu Kap. XIII gehörenden Tafeln II bis IV, insbesondere für die Konstruktion kleiner Schleusen zu empfehlen. Die für Deichschleusen angewandten Böden werden mit besonderer Berücksichtigung des Auftriebs und der Abnutzung durch die Wasserbewegung konstruiert. Im übrigen aber ergänzen die in Kap. XIII besprochenen Konstruktionen 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. Weil ferner bei größeren Schleusen als den gewöhnlichen Kanalschleusen, also bei Weiten von über 10 m, und bei dem Wasserdruck von mehreren Metern diese Balken, um nicht zu große Stärke zu erhalten, nahe bei einander liegen müssen, so ergibt sich demgemäß die besonders aus F. 2 und 3, T. V 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 Thore jedesmal bei einer hohen Sturmflut ein Druck von reichlich 3 m wahrscheinlich wird; weniger dicht liegen sie unter dem Thorkammerboden, 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 demselben 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 Drempeelhölzer mit starken Bolzen sicher an dem Rost befestigen zu können, ist die Anzahl der Grundbalken und Pfähle unter den Drempele der großen Papenburger Schleuse, sowie auch der dortigen kleinen Binnenschleuse (s. F. 3 u. 9, T. V, sowie F. 22 u. 23, T. VI) vermehrt, sodaß eine genügende Zahl Bolzen angebracht werden konnte. In ähnlicher Weise ist nach F. 3 u. 10, T. V auch für die Unterstützung des Thorzapfens ein starker Eichenklotz auf einigen Pfählen zwischen die betreffenden Grundbalken eingeschaltet.

Spundwände. Die Spundwände werden unter den Drempele 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 dieselben stets durch Schraubenbolzen fest gegeneinander zu ziehen, weil dadurch die Wand noch etwas begradigt 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 Schraubbolzen 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. F. 7, T. V. 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 und 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 thunlichst 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 verkeilten Zapfen sind aber schwierig herzustellen und zu kontrollieren, weshalb die offen verkeilten 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 F. 9, T. VI 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 das Maß desselben 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. Dieselben 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 Bohlenstärke stark sein können, vergl. F. 4, T. V.

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

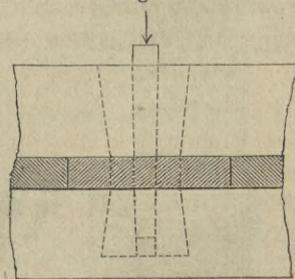
der Rostbohlen hinausgehenden Stärke von etwa 10 cm und einer sorgfältigen Ausscheidung aller etwas schadhaften, z. B. rissigen Bohlen, welche sonst ohne Nachteil zu einem Roste verwendet werden könnten.

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>30)</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 sein, hierzu fetten und feuchten Thon zu verwenden, wie dies z. B. nach F. 9 u. 10, T. V 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 Thon eingebracht und vor der Aufbringung des Bohlenbelags nochmals so stark wie möglich eingestampft, bis er überall etwas über den Oberkanten der Grundschwelle vortrat, jedoch ohne diese zu bedecken. Jede einzelne Bohle schob den über tretenden Thon 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 dürfte 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 verdienen, 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 Tafel V und VI 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 Schraubbolzen begreiflicherweise 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. Dieselbe besteht nach Fig. 51 aus drei Teilen, wovon der mittlere nach Einsetzung der zwei anderen zuletzt eingetrieben wird. Die kleinste gesamt Querschnittsfläche der drei Stücke leistet bei guter

Fig. 51.



<sup>30)</sup> Vergl. die Arbeit des Verfassers: „Über die Größe des Wasserdrucks im Boden“. Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 101.

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 massiven 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 zweckmäßig 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 konstruiert, wenn die Verbindungen der einzelnen Teile miteinander nicht nur überhaupt im stande 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>31)</sup>

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

Fig. 52.

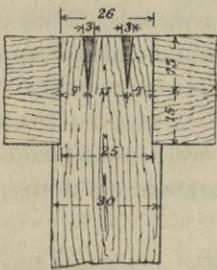


Fig. 53.

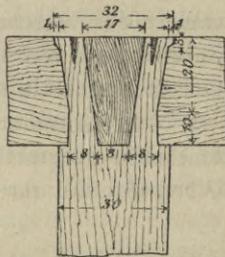


Fig. 54.

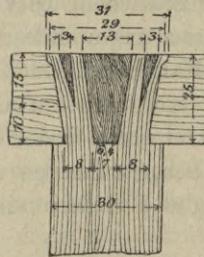


Fig. 55.

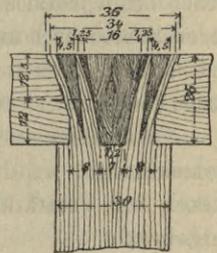
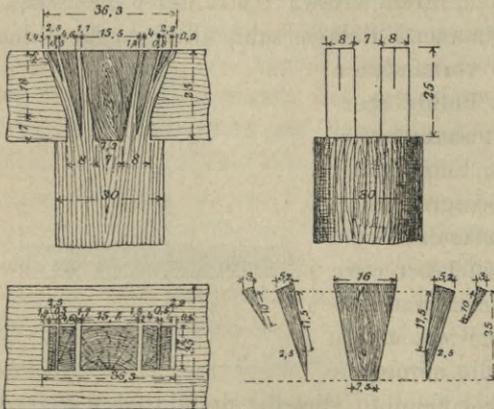


Fig. 56.



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 Fig. 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 Fig. 53 dargestellte Verbindung an. Dieselbe löste sich zwar erst bei 13 t Zug, war aber sehr nachgiebig, sodafs 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.

<sup>31)</sup> Proeven betreffende den wederstand van vloeren in den dag van sluizen tegen oppersing: Escher. Tijdschr. van het kon. inst. van ingenieurs 1886/87, S. 1.

Der Zapfen nach Fig. 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 Fig. 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 Fig. 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, ist auch für sie die Endfestigkeit nicht ermittelt. Die Pfähle waren von Kiefernholz, die Zapfen hatten vor dem Eintreiben der eichenen Keile (Fig. 56 rechts unten) die in Fig. 56 rechts oben dargestellte Form. Die beiden Zungen des Zapfens wurden also, wie Fig. 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 giebt folgende Tabelle das Gesamtergebnis an.

Verschiebung des Zapfens im Zapfenloch mm	Zug in der Pfahlaxe in Tonnen				
	Versuche in Vlissingen		Versuche in Vianen		
	Verkeilung nach Figur		Verkeilung nach Figur		
	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 vom Zapfen.	5,1	11	8	Unbekannt.	Unbekannt.

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

Ferner wurde die Widerstandsfähigkeit von eisernen Holzschrauben und vierkantigen Holznägeln aus trockenem Eichenholz, die in cylindrisch 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 gleichmäfsig 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, sodaß 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 soviel nach, daßs 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 Holznägel 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, sodafs 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 Thorschütze oder Umläufe tretenden Wassers ist eine ebene Oberfläche durchaus notwendig zur Erzielung eines ruhigen Abflusses. Etwaige Wirbel würden ausserdem das Holz noch stärker angreifen, als das glatt fliefsende Wasser es ohnehin thut. 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 Anschluß 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 ausserdem 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 F. 7, T. V in der Vorschleuse der grofsen Papenburger Schleuse und ebenso nach F. 20, 22 u. 23, T. VI in den Thorkammern der dortigen kleinen Binnenkanal-Schleuse, sowie neben denselben ein doppelter Bohlen-

belag hergestellt. — In dem letzteren Falle, wo die Sohle der Kammer fast in der Höhe des Unterdrempels liegt, erschien ein schräger Übergang aus der unteren Thorkammer in den Kammerboden (F. 22) wegen Reinhaltung der ersteren, sowie auch konstruktiv günstiger als ein senkrechter Absatz des Bodens.

Drempel. Den wichtigsten und schwierigsten Teil des Holzbodens bildet endlich der Drempel. Es muß zunächst von einer so unklaren Konstruktion wie bei der auf T. VI, F. 9 dargestellten Weichselschleuse abgesehen werden. Es läßt sich unzweifelhaft für Schleusen von mäfsiger Gröfse ein Drempel in reiner Holzkonstruktion ebenso dauerhaft und dabei weit leichter wasserdicht herstellen, als auf Holzboden ein steinerner Drempel. Eine zweckmäfsige Konstruktion ist die in F. 7, 8, 9 u. 10, T. V dargestellte. Hier ist nun zunächst zu bemerken, dafs für die senkrechte Höhe des Drempels über dem Thorkammerboden die bei Besprechung der steinernen Böden erörterten Regeln (s. S. 114 u. 115) gelten. Bei Holzböden sucht man jedoch dies Mafs möglichst zu beschränken und da auferdem diese nur bei Schleusen bis zu 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 auferdem die Drempelhölzer unmittelbar auf den ersten Bohlenbelag legen wollte. Dies ist bei der Papenburger Schleuse dadurch umgangen, dafs unter dem ganzen Drempel eine Lage von 17 cm starken Spannbohlen dichtschiessend gelegt ist, von denen auferdem zwei etwas stärkere noch in den unteren Bohlenbelag eingreifen. Auf dieser, die Grundlage des Drempels bildenden und durch starke Bolzen auf die betreffenden Grundbalken befestigten Holzschicht ruht der Drempel 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 Horizontalverschiebung dadurch geschützt, dafs der Zwischenraum zwischen den Schlagschwellen und den Spannbalken durch 17 cm dicke, keilig eingetriebene Eichenstücke ausgefütert ist. Ebenso sind auch, wie aus F. 2 zu ersehen, die Zwischenräume zwischen den Schlagschwellen und der Haupt- oder Mittelschwelle durch 50 cm hohe Holzklötze ausgefüllt. Auf diese Weise besteht der Drempel von dem Rostbelage ab aus 68 cm dickem Holze, welches völlig scharf behobelt und auferdem in allen horizontalen Hauptfugen mit geteertem Fließpapier gedichtet ist. Wie aus F. 8 ersichtlich, greifen nicht allein die Enden der Mittelschwellen, sondern auch die der Schlagschwellen unter das Mauerwerk. Diese Hölzer sind durch starke horizontale Schraubbolzen an den Enden und auferdem durch geeignete Schienen unter sich und mit den in der Mittellinie der Schleuse liegenden „Königsstücken“ verbunden. Sodann sind in etwa 1,5 m Entfernung 5 cm dicke Spitzbolzen durch starke Schläge bis in die betreffenden Grundbalken getrieben und dadurch die Drempelhölzer vor der etwaigen Gefahr des Aufhebens durch die Schleusenthüren geschützt. — Diese reine Holzkonstruktion war insofern von der üblichen abweichend, als bei den meisten Holzdrempeln der Zwischenraum zwischen den Schwellen mit Mauerwerk ausgefüllt und dann mit etwa 7 cm dicken Bohlen, die in Falzen der Drempelhölzer liegen, bedeckt ist. Es bedarf wohl keines Beweises, dafs 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 Schliessen der Thore verursacht, nicht ausbleiben kann. Wesentlich besser ist in dieser Beziehung die bei der Kesselschleuse des Ems-Jade-Kanals (siehe § 2 und § 13 am Schlufs) an-

gewandte Ausfüllung mit Asphaltbeton, da dieses Material eine gewisse Elasticität 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 cm große gußeiserne Zapfenplatte zwischen die vorhin erwähnten Futterhölzer auf die Spannbohlen gesetzt ist. Der Pfannenbalken giebt durch seine vielfachen Überschneidungen oft Veranlassung zu Undichtigkeiten und ist deshalb nicht zu empfehlen.

Da nach Vorstehendem die sämtlichen Holzkonstruktionen eines Schleusenbodens mit der allergößten 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 Wasserandrang, 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 bekanntlich der Steinbau bevorzugt.

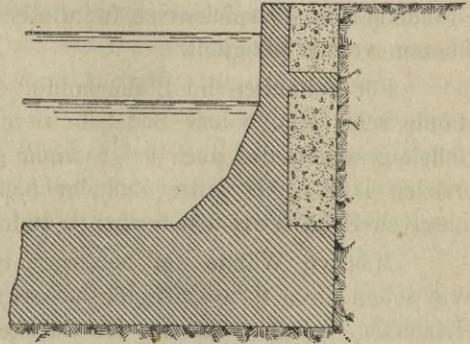
**§ 10. Steinerne Wände.** Dieselben sind, wie bereits erwähnt, sowohl bei hölzernen als auch bei steinernen Böden anwendbar. Da das Mauerwerk an das Holz nicht anbindet, so haben die steinernen Wände auf hölzernem Boden größere Ähnlichkeit mit auf Rost gegründeten Kaimauern, vor denen sie aber den wesentlichen Vorzug haben, daß 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 Fuß möglichst vorziehen und die Innenfläche mit Anlauf versehen, wiewohl dies oft nur in beschränktem Maße 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 Größe 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 könnten an der Rückseite der Wand eiserne Anker, die bis zur Unterkante der Sohle reichen, vielleicht mit Nutzen verwendet werden.

Es ist ferner ein Unterschied zu machen zwischen den Wänden der Thorkammern und denjenigen der Schleusenkammer. Bei Verwendung der immer noch am meisten gebräuchlichen Stemthore ist es für die Wände der Thorkammern ein unbedingtes Erfordernis, daß sie unbeweglich stehen, weil bei jeder Bewegung derselben die Dichtigkeit der Thore leiden muß, ja ihr ganzer Bestand in Frage stehen kann. Da dies bei einflügeligen Drehthoren, noch mehr aber bei Klappthoren und Schiebethoren durchaus nicht in demselben Maße der Fall ist, so ist hierin auch ein Grund zu sehen, weshalb die Ingenieure in neuerer Zeit ihr Augenmerk diesen Thorarten wieder mehr zugewendet haben, siehe § 17. Dazu sind die meisten Thorformen derart, daß sich die

oben angegebenen Mittel zur Herstellung einer gröfseren Standsicherheit (vorgezogener Fufs, Dossierung) bei ihnen für die Thorkammerwände ganz oder teilweise verbieten, denn sowohl die Ausbildung aller um senkrechte Achsen drehbaren Thore, als auch der Gebrauch der in § 14 zu beschreibenden Dammfalze verlangen möglichst senkrechte Innenflächen der Mauern. Nur allein für Schiebethore und Pontons dagegen, aber nur für diese, sind dossierte Flächen und vorgezogener Mauerfufs kein Hindernis. Endlich unterscheiden sich die Mauern aller derjenigen Schleusenhäupter, welche nur nach einer Seite zu kehren haben — diesmal zu ihren Gunsten — von den Wänden der Schleusen-kammer selbst noch dadurch, dafs sie, abgesehen von der Beanspruchung durch den Stemmdruck von Stemmthoren, eine gleichmäfsigere Beanspruchung erfahren, weil die Höhe des Wasserspiegels in solchen Häuptern sich wenig ändert.

Betrachtet man nun die Wände der Schleusen-kammer, so folgt schon daraus, dafs mitunter dieselben ganz fehlen oder bei massiven Häuptern aus Holz bzw. bei hölzernen Wänden der Häupter 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 durchzuschleusenden Schiffe mafsgebend 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 verhältnismäfsig leichtem Ziegelmauerwerke herstellen, mit Aussparungen an der Rückseite, die mit möglichst schwerem Sparbeton gefüllt werden (Fig. 57).

Fig. 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, dafs dieselbe bei Binnenschleusen nicht unter 0,6 bis 1 m und bei Seeschleusen nicht unter 1 bis 1,5 m je nach der Schleusengröfse zu nehmen ist, und zwar gilt dies gemeinsam für die Wände der Schleusen-kammer und der Thorkammern mit Ausnahme der Thorsäulen für Stemmthore, 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 Schleusen-kammer einerseits und der Thorkammern 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, dafs 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 Häuptern anders zu behandeln als diejenige der Wände längs der Schleusenkammer. Man ist hierzu auch vollkommen berechtigt, weil die Wände der Häupter der am meisten gebräuchlichen Stemmthore 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 (F. 8, T. VI) zu geben und hier womöglich plastischen Thon oder wenigstens thonhaltigen 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 Materialersparnis fordert. Dieser Wechsel im Hinterfüllungsmaterial bei demselben Bauwerke hat noch den Vorteil, daß, wenn zwischen dem Thon 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 Kammerschleusen, welche auf nachgiebigem Grunde stehen, beispielsweise für die Endschleusen von Seekanälen mit grossen eisernen Thoren, von Wichtigkeit.

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

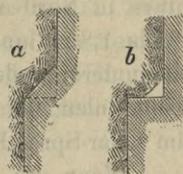
Massive Wände auf hölzernen Böden sind in dieser Beziehung unabhängiger. Wie schon in § 6 am Schlufs bemerkt, ist die Verbindung solcher Wände mit dem Holzboden, selbst wenn an der Rückseite Verankerungen vorhanden wären, keine so innige, daß man Mauer und Boden statisch als ein Ganzes betrachten könnte. 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 Thon 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 Thore, 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 verzüngte Hinterflächen giebt. Statt der letzteren, die jedenfalls den Vorzug verdienen, wendet man der bequemerer und billigeren Herstellung wegen auch häufig Abtreppungen im oberen Teile an, während man den unteren Teil senkrecht läßt, vergl. z. B. F. 4, T. V; F. 13, T. VI und F. 3, T. VII.

Um die Abtreppungen hinsichtlich der Bildung von Wasseradern möglichst unschädlich zu machen, füllt man dieselben wohl nach Fig. 58a aus. Denn es muß als

wahrscheinlich gelten, daß die Hinterfüllungserde in der bei *b* gezeichneten Weise sich nicht dichtschliessend in den rechtwinkligen Raum an die Mauer legen, sondern eine gewisse Fuge offen lassen werde. Je größer dann der Wasserdruck und je löslicher die Hinterfüllungserde, desto leichter bilden sich dadurch, besonders in größerer Tiefe, Wasseradern hinter der Mauer aus. Solche Abschrägungen sind in F. 4, T. V zwar nicht gezeichnet, jedoch bei der Ausführung durchweg angebracht. Außer den Abschrägungen wendet man ferner die Vorsichtsmaßregel an, alle Abtreppungen in horizontaler 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 völlig abschneiden, die sich an der übrigen Mauer etwa gebildet haben. Solche Hinterpfeiler sind außerdem für die Verankerung der Thorflügel geradezu unentbehrlich und werden deshalb zunächst hinter der Thorsäule angebracht und von da aus in entsprechenden Entfernungen an anderen geeigneten Punkten wiederholt. So sind z. B. in F. 2, T. V unter den in die Deichkrone zurückspringenden Deckplatten der Mauer auch solche senkrechte Pfeiler aufgemauert, wie aus F. 4 ebenfalls hervorgeht. Ebenso befinden sich am Binnenhaupt die in F. 6 ersichtlichen Hinterpfeiler hinter den Thorsäulen. An der in F. 2 bis 4, T. VI dargestellten Schleuse sind außer hinter der Thorsäule des Oberhauptes noch drei senkrechte Pfeiler hinter der Schleusenkammer angebracht. Bei den an der Nordsee liegenden Schleusen des Amsterdamer Seekanals (F. 2, T. VII) sind an der nördlichen Seite neben der Entwässerungsschleuse sogar außer den Hinterpfeilern der Thorsäulen 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.

Fig. 58.



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 Tafeln V bis IX zu ersehen, große in gutem Verbande liegende Quader von vorzüglicher Güte hierzu zu verwenden. Dieselben müssen sämtlich vor dem Versetzen die dem Thorrückten 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 Thores 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 Thorrückten 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 Excen-

tricität der Drehaxe (vergl. § 15) wird das geöffnete Thor in der so hergestellten Wendische mit dem gewählten Spielraume liegen.<sup>32)</sup>

Statt der Quader sind in einzelnen Fällen mit Vorteil gusseiserne Platten zur Herstellung der Wendischen angewandt, so z. B. bei der Schleuse zu Koekuk im Kanal des Moines in Nord-Amerika.<sup>33)</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 Holzthore sind ebenfalls mit Gusseisen armiert, vergl. § 18. Auch beim Oder-Spree-Kanal ist jene Konstruktion versuchsweise ausgeführt.

Wenn die Wendesäule wie bei den Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals sich nur mit zwei Holzleisten an die Nische lehnt, so ist die Bearbeitung derselben entsprechend einfacher. Auch bei der neuen Schleuse in Charlottenburg und bei verschiedenen Schleusen des Oder-Spree-Kanals ist das Ausschleifen der ganzen Wendische vermieden, indem der Stemmdruck der Thore durch einzelne Gufsstahlstücke (Stützwinkel) auf die Nische übertragen wird, welche hier aber noch aus Stein besteht. Es brauchen in diesem Falle nur die Teile der Nische eingeschliffen zu werden, gegen welche diese Stahlstücke sich stützen, sowie die Anschlagfläche der die Dichtung bewirkenden Holzteile.<sup>34)</sup>

Mit ähnlicher Sorgfalt wie die Nischen, wenn auch ohne Ausschleifung, sind die Dammfalze zu bearbeiten. Endlich muß als Regel gelten, daß alle Kanten, wie z. B. der Dammfalze, 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 F. 10, T. VII und denen des Nord-Ostsee-Kanals, T. XI, F. 13 u. T. XII, F. 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 siehe § 14 und 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.

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 zweckmäßige. Wenn auch wegen verhältnismäßig zu schwieriger Konstruktion und zu geringer 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 Holzkonstruktion ausgeschlossen bleiben, so werden namentlich Kanalschleusen, deren Bedeutung für eine größere Zeit noch nicht feststeht, also z. B. die in Moorkanälen anzulegenden Schleusen, weit zweckmäßiger ganz in Holz konstruiert 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

<sup>32)</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>33)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1877.

<sup>34)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 207.

Untergrund in der Regel nicht mehr, als es früher der an ihrer Stelle belegene Boden that. Bei weichem Untergrunde ist ein geringes Schleusen- oder Kanalgefälle zweckmäßig; dies kommt der Konstruktion der Holzwände dadurch zu statten, daß die abwechselnd 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 einer Holzkonstruktion wesentlich abnimmt, wenn 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 und soll nur unter Voraussetzung solcher Verhältnisse die Konstruktion im Nachstehenden näher beschrieben werden. Als selbstverständlich kann dabei wohl gelten, daß bei hölzernen Wänden auch nur hölzerne Böden und zwar der leichtesten Konstruktion vorkommen.

Ein sehr geeignetes Beispiel einer Holzschleuse bietet die in den F. 20 bis 23, T. VI in einzelnen Teilen dargestellte, von L. Franzius ausgeführte Binnenkanalschleuse zu Papenburg.<sup>35)</sup> Diese Schleuse ist auf Tafel XV in F. 9 als II. Verlaat (nach der dort üblichen holländisch-ostfriesischen Benennung) angegeben, aus welcher Figur 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 Tafel V mitgeteilten Schleuse an der Ems führt.

Die meisten Binnenschleusen dieser Moorkanäle, sowie viele ähnliche in Ostfriesland und Holland haben im Durchschnitt nur etwa 1 m Gefälle, dabei eine Dremptiefe von etwa 1,9 m. Ebenso wie diese Tiefe für die kleinen, zur Abfuhr des Torfes aus den oberen Kanalstrecken dienenden Schiffe reichlich bemessen ist, indem dieselben nur etwa 1 m tief gehen, ist auch die Breite der Schleusen nach dieser Hinsicht übermäßig groß, nämlich 6,6 m zwischen den Thorständern, während für die Torfschiffe etwa 4 m genügt hätte. Diese größeren Maße sind aus dem Grunde gegeben, um den seinerzeit sehr schwungreich betriebenen Bau hölzerner Seeschiffe auch in den oberen Strecken des Kanals ausüben zu können. Schiffe bis zu 300 Tonnen wurden dort etwa bis zum Jahre 1870 in großer Zahl gebaut, in einem Jahre sogar 30 derselben, und leer in die Ems geschafft. Die Kammer der Schleuse hat ferner die große Weite von 8,9 m und eine Länge von 26 m außer dem oberen Hinterboden und dem unteren Thorkammerboden erhalten, um gleichzeitig vier gewöhnliche Torfschiffe (sogenannte Mutten) durchschleusen zu können. Die Schleuse ist also eine Kesselschleuse, und diese Anordnung erscheint deshalb gerechtfertigt, weil jene Torfschiffe in der Zeit der Torfverschiffung stets in großer Zahl hintereinander fahren.

Die Konstruktion der Schleuse ist mit der größten Sparsamkeit durchgeführt, 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 Thore, 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 Straßenverkehr so wenig als möglich zu stören. Es ist ohne weiteres klar, daß eine derartige billige und rasche Bauweise nur bei Holzkonstruktion möglich ist. Dabei darf dieselbe in ähnlichen Fällen keineswegs als zu vergänglich gelten, wie sich z. B. die älteren und nicht einmal so gut gebauten Papenburger Holzschleusen, unter mehrfacher Erneuerung der Thore und des oberen Teils der

<sup>35)</sup> Die wasserbaulichen Anlagen der Stadt Papenburg, von L. Franzius. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, Bd. XII (1866).

Wände in ihrem größten Teile einige Menschenalter hindurch gehalten haben. Wie nämlich F. 20 u. 21 zeigen, liegt fast sämtliches Holz unter dem Oberwasser, welches bei dem lebhaften Verkehr so gut wie dauernd angesehen werden kann. Dafs das Oberwasser etwa 0,5 m unter der Oberkante der Seitenwände und Strafsse steht, erscheint auffallend, ist jedoch durch die geringen Schwankungen desselben und das baldige Ansteigen der Ufer nach oben hin begründet. Um nämlich selbst bei starkem Wasserzuflufs des Kanals von dem etwa 5000 ha grofsen Moorgebiet in den oberen Haltungen keine Anschwellung zu bekommen, sind die Thore der Schleusen nur bis zur Höhe des normalen Spiegels verkleidet und auferdem mit verhältnismäfsig grofsen Schützen versehen. Auf diese Weise wird der Wasserstand teils selbstwirkend, teils mit etwas Nachhilfe durch die Schleusen geregelt, sodafs nur fast unmerkliche Schwankungen eintreten. In der untersten Haltung allerdings kann bei hohem Aufsenwasser der Ems und grofsen Zuflufs der gesamten Abwässerungsfläche eine zeitweilige Überschwemmung nicht verhindert werden.

Ist schon demnach das Holzwerk der Schleuse fast gänzlich von dem dasselbe ohnehin erhaltenden Moorwasser bedeckt, so ist durch die Konstruktion der Wände Gelegenheit gegeben, nach etwaigem Abfaulen der oberen, bis zum Unterwasser reichenden Teile durch Abschneiden der Ständer in dieser Höhe das untere gesund gebliebene Holz beizubehalten und nur etwa in 1,5 m Höhe eine Aufständigung vorzunehmen. Dabei werden sogar dieselben Verankerungen bestehen bleiben können. Diese gewähren bei der vollständig geschlossenen Konstruktion durch Zugstange und Strebe eine grofse Sicherheit. Der Fufs der Wandständer stützt sich in der größten Länge der Kammer aufer mit dem Zapfen noch mit dem vollen Holze gegen die aus F. 22 u. 23<sup>b</sup> 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 Konstruktion mit eingeramnten Wandpfählen als unzweckmäfsig bezeichnet werden. Es ist dabei nämlich in keiner Weise ein so guter dichter Anschlufs des Bodens an die Seitenwände zu erreichen und die Stabilität der sich gegen den Boden stützenden Ständer wird durchaus nicht von der der eingeramnten Pfähle übertroffen. In dieser Hinsicht verhält sich ein gewöhnliches freistehendes Bohlwerk wesentlich anders, als die Wand einer mit festem Boden versehenen Schleuse.

Die Sicherung des Thorständers gegen den Druck und Zug der Thorflügel ist wesentlich mit Hilfe der fast bis zum Oberwasser reichenden Querspundwand beschafft, indem auf derselben ein 5 cm starker eiserner Zuganker liegt, welcher den Thorständer und den hinter der Spundwand stehenden Pfosten verbindet. Auferdem 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 verkämnten Streben, sowie die oberen Wandholme, mit denen der Thorständer ebenfalls fest verbunden ist, sowohl dem Zug als dem Druck entgegen, vergl. F. 20, 21 u. 23, T. VI.

Die einzige Schwäche einer Schleuse mit Holzwänden liegt vorzugsweise in der verhältnismäfsig geringen Dichtigkeit der Wandbekleidung. Man kann indessen hierbei durch sorgfältige Bearbeitung der Bekleidungsbohlen, die trocken angebracht nach der Füllung der Schleuse noch etwas quellen, sowie durch Hinterfüllung mit fettem Thon diesem Übelstande sehr wirksam entgegenzutreten, wobei der geringe Wasserdruck eben-

falls von Bedeutung ist. Die Anbringung von hohen Querspundwänden neben den Thoren erscheint aber in dieser Hinsicht trotzdem unerlässlich.

Nach allem diesem dürfen Schleusen mit hölzernen Wänden unter den geeigneten Verhältnissen empfohlen werden, indem dieselben dasselbe leisten wie massive, kaum den fünften Teil der letzteren kosten, und bei etwa gesteigertem Bedürfnisse leicht beseitigt und durch größere 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 (2. Aufl.), Kap. VII behandelt sind, nicht unterscheiden. Es soll vielmehr nur das den Schleusenbauten bei den verschiedenen Gründungsarten Eigentümliche theils durch allgemeine Erörterung, theils durch Vorführung besonderer Ausführungen mitgeteilt werden.

Wie bei allen großen 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 zweckmäßig, mindestens einen Teil derselben mittels Ventilbohrern auszuführen, da man durch diese ein weit sichereres Bild von der Beschaffenheit der verschiedenen Bodenarten erhält, als durch ausschließliche Bohrung mit Wasserspülung. Dafs man die Bohrlöcher nicht in der Baugrube selbst, sondern zu beiden Seiten derselben abteufen mufs, 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 obengenannten Kapitel, sowie in den §§ 9 und 11 dieses Kapitels 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 Thonboden angewendet, wiewohl diese Herstellung unter Umständen auch bei Sandboden ausführbar ist, wie wir weiter unten an dem Beispiele der Ostsee-Schleuse des Nord-Ostsee-Kanals sehen werden. Bei Felsboden würde aufer der Bildung der Drempele u. s. w. überhaupt nur eine Ausgleichung der Unebenheiten nötig sein und es wäre namentlich darauf zu achten, dafs alles Mauerwerk mit gutem Cement 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 Thon dagegen ist das unmittelbare Mauern zweckmäßig, jedoch mufs, falls eine Kompression desselben zu befürchten ist, die Vorsicht gebraucht werden, dafs 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 Thon immerhin Wasseradern ausbilden und den Thon aufweichen können. Ein mehrfaches Eingreifen von herdartigen Quermauern unter dem Boden würde bei recht festem Thon den nur mangelhaft einzutreibenden Spundwänden vorzuziehen sein. Ist die Thonschicht, 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 Schleuse des Nord-Ostsee-Kanals angewandten Weise helfen, deren Ausführung zunächst kurz beschrieben werden möge.

Fig. 59 u. 60. Schleuse zu Holtenuau.

Fig. 59. Lageplan.

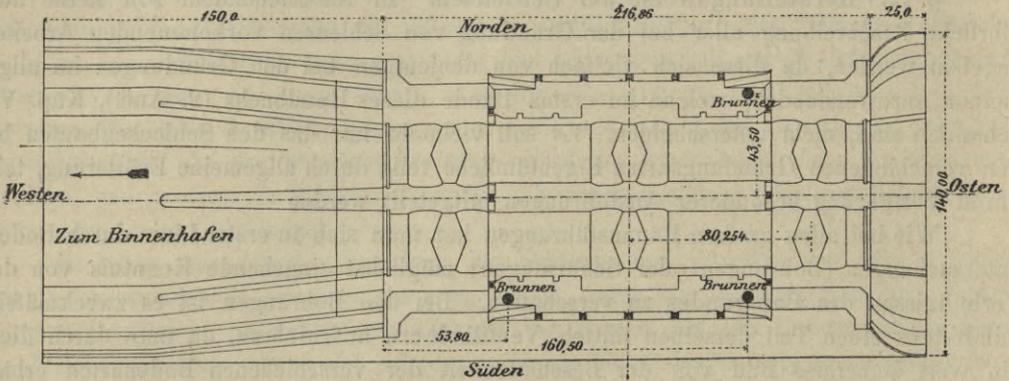
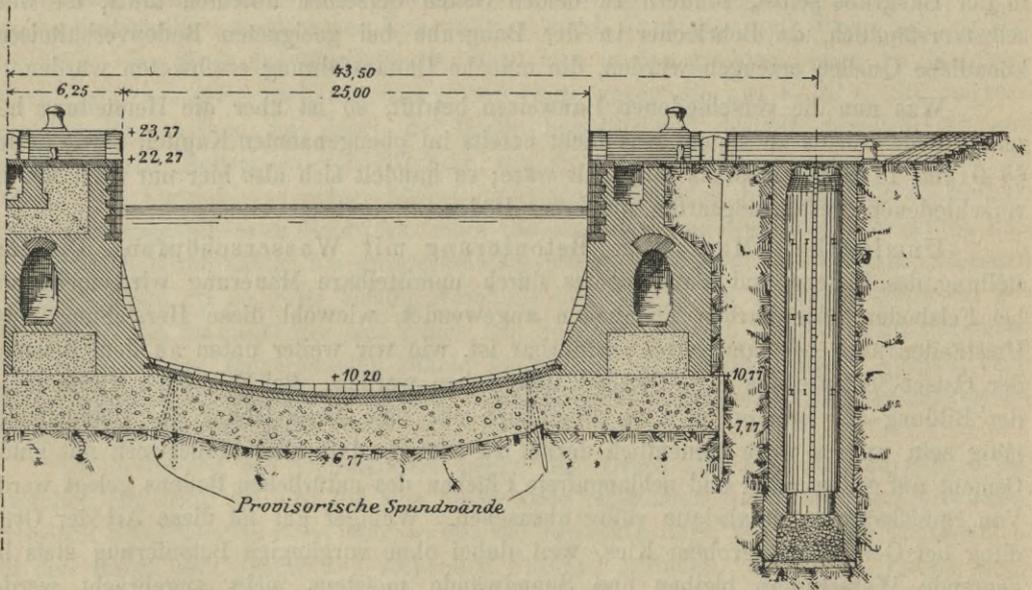


Fig. 60. Querschnitt. M. 0,0025.



Die Bodenuntersuchungen für dies Bauwerk hatten ergeben, daß sehr wasserhaltige Sandschichten mit starken Mergelschichten abwechselten. Letztere 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 verschieden hohen Wasserstände in den Bohrlöchern vermuten ließen, nach derselben 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 ziemlich behindert war, sodafs 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 im Stande sei, mit derselben 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 als Schacht in bekannter Weise abzuteufen, hatte aber damit, wie vorauszusehen war, keinen Erfolg, denn als man sich mit dem Abteufen der wasserführenden Schicht auf einige Meter näherte, brach die Sohle infolge des hohen Wasserdrucks auf, sodaß der Schacht voll Wasser lief und auf mehrere Meter Höhe mit Sand angefüllt wurde.

Wenngleich 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 daselbst das Bauwerk im Trocknen ausgeführt werden könne. Für diesen Zweck wurden vier Brunnen von rund 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 Fig. 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 Nord-Ostsee-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 bezw. Steinen angefüllt (Fig. 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 Thorkammerböden auf  $+5,77$  liegt, so betrug die Druckhöhe des Grundwassers jetzt nur noch  $0,23$  bezw.  $1,23$  m in der Baugrubenmitte.

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

Die Brunnen sollen nach Beendigung des Baues oben zugewölbt werden, damit man sie später wieder zur Entlastung der Sohle benutzen kann, wenn die Kammern einmal trocken gelegt werden sollen.<sup>36)</sup>

Auf die angegebene Weise verlor der Bau der Schleusen bei Holtenua ganz den sonst so gefürchteten Charakter eines Wasserbaues und konnte in der bequemsten Weise vollkommen im Trocknen ausgeführt werden. Es geschah dies in der Reihenfolge, daß 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 Fig. 60 ersichtlich.

Betonierung unter Wasser. Das Einsetzen der Sohlen zwischen die zuvor aufgemauerten Wände war ursprünglich auch für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals in Brunsbüttel (F. 17, T. XI und 1 bis 6, T. XII) geplant, und wäre, wie die Folge zeigte, des viel weicheren Baugrundes wegen hier auch notwendiger gewesen als in

<sup>36)</sup> Begleitschrift zu dem auf der Weltausstellung zu Chicago ausgestellten Modelle der Schleusen und eigene Notizen des Verfassers.

Holtenau. Nach Versuchen mit einer Anzahl eiserner Brunnen erschien indessen die Trockenlegung der Baugrube in derselben Weise wie in Holtenau nicht durchführbar, und zur Preßluftgründung, welcher Verfasser das Wort redete, konnte man sich an maßgebender Stelle nicht entschließen.

Es wurde daher Betonierung unter Wasser, Trockenlegung nach Erhärtung der Sohle und die Aufmauerung der Wände auf derselben 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>37)</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 (2. Aufl.), Kap. VII verwiesen werden muß, erscheint es zweckmäßig, die für Schleusen besonders zu beachtenden Regeln hier 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 Cement dem rasch bindenden vorzuziehen ist und ebenfalls Traßmörtel 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

<sup>37)</sup> Wie wünschenswert selbst bei wesentlich festerem Baugrunde das nachträgliche Einsetzen der Sohlenmitte ist, zeigte auch der Bau einer infolge der Herstellung des Nord-Ostsee-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.

wasserhaltenden Schicht liegt, und die Senkung so tief reicht, daß der Gegendruck des gesenkten Binnenwassers kleiner wird als der thatsächliche Druck des Aufsenwassers in der Sohle der Baugrube. Dieser thatsächliche Druck ist nämlich aufser 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 der vollen Wasserdifferenz entsprechende Druck, vergl. § 6. Es wird also in vielen Fällen eine gewisse Senkung des Binnenwassers über der Baugrube geschehen dürfen. Dieselbe gestattet namentlich 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 Erdrich von dem Betonbette abzuhalten. Wenn dies voraussichtlich nicht der Fall ist, werden, wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse nach F. 11 bis 16, T. VII und bei der Hamelner Schleuse (F. 14, T. VI), 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 hintern 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 Baugraben 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 Cementbeton — muß unten durch Pumpen vorsichtig vor der fortschreitenden Schüttung abgesogen werden, damit er die fertige Lage nicht überflute und das Anbinden der nächsten verhindere.

Am festesten und gegen Biegen am widerstandsfähigsten wird die Betonsohle, wenn man dieselbe von einem Ende der Baugrube beginnend und in schrägen Lagen schüttend sogleich in der vollen Stärke ausführt, wie Fig. 61a andeutet, nicht aber mehrere horizontale Lagen übereinanderlegt, wie es meistens geschieht (Fig. 61b).

Fig. 61.

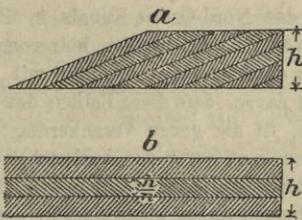
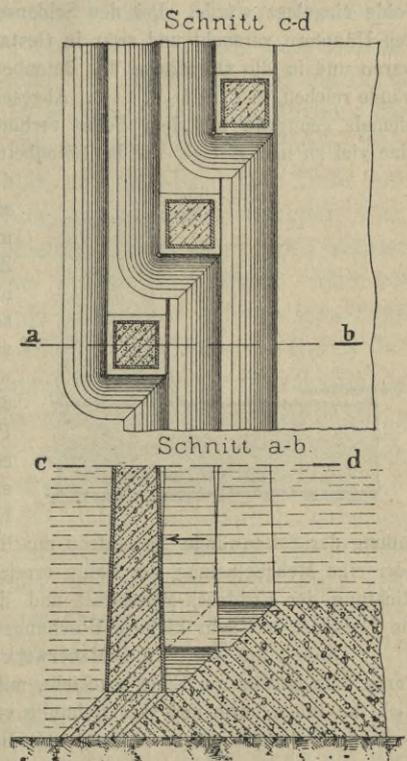


Fig. 62.

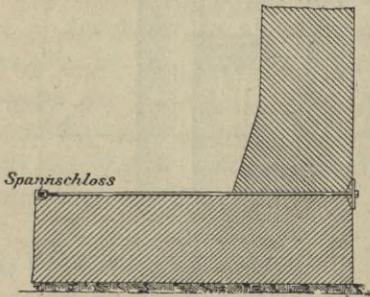


Mit Trichtern läßt sich dies in der Weise erreichen, daß man mehrere derselben von verschiedener Länge auf einem fahrbaren Gerüst unmittelbar hinter- und nebeneinander quer durch die Baugrube bewegt, wie Fig. 62 zeigt. Die Verschiebung des Gerüsts in der Richtung des Pfeiles nach Beendigung einer Querlage 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 horizontalen 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 Fig. 61a verhält sich näherungsweise zur Festigkeit eines solchen aus  $n$  horizontalen 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>88)</sup> — Auf alle Fälle hätte man sich, während der Betonierung längere Pausen eintreten zu lassen, da man dann gewärtigen muß, an der Unterbrechungsstelle starke Quellen zu bekommen.<sup>89)</sup>

Zur Verstärkung der Zugfestigkeit von Betonsohlen, die im ganzen ausgeführt sind, könnte man mit Vorteil eine Querverankerung anwenden, die vor Beginn der Aufmauerung der Wände oben in die Sohle eingelegt würde. Bei den Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals in Brunsbüttel ist eine solche bei den Hauptern versucht und zwar in Gestalt von  $\frac{80}{80}$  cm starken hölzernen Spannbalken, die ausgeklinkt waren und in die Oberfläche des Betonbettes eingelassen, 1 bis 2 m mit ihren Enden unter die Seitenwände reichen, s. T. XII, F. 1—6. Abgesehen davon, daß diese Balken das Betonbett schwächen, und sich niemals genügend mit dem Beton verbinden, ist die ganze Verankerung infolge der notwendigen Stöße eine viel zu nachgiebige, um das Betonbett genügend gegen das Aufbrechen schützen zu können, wie auch

Fig. 63.



der trotz der Verankerungen erfolgte Bruch zeigte. Zweckmäßiger erscheinen daher nach Ansicht des Verfassers eiserne Anker, die man schon in Spannung versetzt, bevor im Betonbette bedeutende Zugspannungen auftreten. Man müßte also zu diesem Zwecke, nachdem das Betonbett trockengelegt ist, in die Oberfläche desselben kleine Querrillen zur Aufnahme der Anker hauen, die bis zur Hinterkante der Seitenwände reichen (Fig. 63).

In diese Rillen werden die Anker eingelegt und an beiden Enden zur Verteilung des Druckes mit großen gußeisernen Platten versehen. Um die Anker anziehen zu können, bekommt entweder das eine Ende derselben eine große Mutter, oder sie erhalten in ihrer Mitte ein Spannschloß und alsdann an beiden Enden nur Köpfe. Letztere Anordnung ermöglicht es, die Hinterfüllung der Seitenwände fortlaufend mit ihrem Anwachsen vorzunehmen. Ob mit dieser eine Entlastung oder eine Mehrbelastung der Sohle erreicht wird, hängt allerdings, wie in § 6, S. 78 erwähnt, von der Richtung der Erddruck-Mittelkraft und der Breite des Bauwerks ab, indem bei breiten Schleusen nur ein Erddruck mit sehr kleinem Böschungswinkel die Sohle entlasten wird.

Soweit die Anker vom Mauerwerk überdeckt werden, streicht man dieselben, falls das Anziehen durch eine Mutter am Ende geschieht, mit Talg an, damit der Mörtel sie zwar wasserdicht umhülle, aber nicht an ihnen haften und ihre Dehnung verhindern. Im übrigen bleiben sie in den Rillen der Betonsohle vorläufig unbedeckt liegen. Wenn nun die Seitenwände aufgemauert werden, zieht man die Anker nach

<sup>88)</sup> L. Brennecke. Herstellung großer Betonbetten unter Wasser. Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 5.

<sup>89)</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. Ing.-Ver. zu Hannover 1882, S. 593. — Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 444. — Wochenblatt f. Arch. u. Ing. 1881, S. 371 u. 524. — Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 24.

und nach an, und zwar so stark, als es ohne Schädigung des Mauerwerks der Seitenwände irgend statthaft ist. Auf diese Weise kann man die Zugspannungen, welche das wachsende Gewicht der Seitenwände in der Oberfläche der Betonsohle erzeugen mußte, fortlaufend ganz oder wenigstens grófstenteils auf die Anker übertragen, somit die Sohle vor dem Aufbrechen in der Mitte schützen. Nach Fertigstellung der Wände werden die Anker in der Sohle vollständig mit Beton umhüllt.

In Brunsbüttel hat man die hölzernen Anker den eisernen vorgezogen, weil man fürchtete, daß das Eisen trotz der Einmauerung verrosten könnte, sodafs alsdann der Schleusenboden für spätere Trockenlegungen der Kammern zu schwach wäre. Die hölzernen Anker dagegen seien als unvergänglich zu betrachten, da sie stets unter Wasser liegen. Demgegenüber ist zu bemerken, daß bei späteren Trockenlegungen der Schleusen die Sohlen niemals wieder so ungünstig beansprucht werden, als während der Bauzeit. Denn erstlich wird bei späteren Trockenlegungen nach § 6 der Druck gegen die Seitenwände gröfser und namentlich günstiger gerichtet sein, als während der Aufmauerung, wo der Wasserdruck gegen diese fehlte, indem sie nur mit trockener Erde hinterfüllt waren, und zweitens wird dann das Mauerwerk der Sohle eine ganz andere Festigkeit besitzen. Dasselbe hat endlich alsdann auch noch ein gröfseres Gewicht, da die Verblendung fertiggestellt ist.

Man könnte die Sohle vielleicht auch nach Art des Monier-Systems durch einfaches Einlegen einer großen Anzahl dünner Eisenstäbe verankern (vergl. § 13), wobei infolge der großen Umfläche der vielen Stäbe ein sehr inniger Verband zwischen Eisen und Beton erzielt würde, während allerdings kleine Risse wegen der weit gröfseren Elasticität des Eisens kaum zu vermeiden sein würden.

Gründung auf Brunnen. Eine eigentümliche Gründungsweise ist bei einigen Schleusen zu Bordeaux angewendet worden. Wie aus F. 4 bis 6, T. VII ersichtlich, liegen unter den beiden Seitenmauern, der Mittelmauer und unter den äufseren und inneren Begrenzungen der Vorschleusen dicht nebeneinander riesige Blöcke oder Senkbrunnen, welche ein Rechteck von 205 m Länge und etwa 57 m Breite umschließen. Dieselben 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 die Blöcke nach ihrer Versenkung bis zu durchschnittlich 14 m unter dem natürlichen Terrain oder etwa 13 m unter der höchstbekanntesten Flut bis auf den in dieser Tiefe vorhandenen groben Sand. Der Grund für die Versenkung so kolossaler 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 Thon. 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 Blöcke und das damit entsprechend fortschreitende Ausheben der von ihnen umschlossenen Grube erwartete man dagegen zwar eine mäfsige Austrocknung und Senkung des umliegenden Terrains, aber eine vor 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 derselben leichter erreicht werden kann. Die aus einzelnen, wenn auch nachträglich verbundenen Blöcken zusammengesetzten Mauern dürfen aber ebenso wenig als mustergiltig empfohlen werden, wie die dort angewendete, den Baugrund lockernde Wasserhaltung.<sup>40)</sup>

Prefsluft-Gründung. Die Gründung mittels Prefsluft ist bei Schleusen und Dockbauten im Auslande bereits vielfach, in Deutschland aber bis jetzt (1894) noch nicht in Anwendung gekommen. Wenn diese Bauweise namentlich dann, wenn sie wie bei uns überhaupt noch wenig im Gebrauch ist, bei der Veranschlagung vielleicht teurer

<sup>40)</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 exposés à Vienne 1873, relatifs aux travaux des ponts et chaussées, réunis par les soins du ministère des travaux publics. Paris 1873.*

erscheint, als irgend eine andere, so hat sie 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. 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 desselben das Sohlenmauerwerk und dasjenige der Seitenwände auführte. Hatte der Senkkasten den Grund erreicht, so wurde er mit Prefsluft 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, daß es außerordentlich schwierig war, den großen schwimmenden Senkkasten durch das Mauerwerk gleichmäßig zu belasten, sodaß sich bedeutende Verbiegungen zeigten. Jede Verbiegung aber war gleichbedeutend mit einem Riß in dem über der Decke aufgeführten Mauerwerke; die Festigkeit und Dichtigkeit desselben konnten somit auf diese Weise schwer gewahrt werden. Dies mag auch wohl die Ursache gewesen sein, weshalb bei der zweiten derartigen Ausführung, dem Trockendock in Saigon, statt des einen zwei halb so große 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 historischen Wert und möge daher auf die Quellen: *Engineering* 1879, April, S. 287, 331 u. 376 oder *Annales industrielles* 1878, Juni, S. 777, Juli, S. 18 u. 38 bezw. für das zuletzt genannte Dock auf: *Annales 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 großen Kammerschleusen nur die beiden Häupter auf je einem Senkkasten von mäßiger Größe gründete, die Schleusenkammer dagegen je nach den vorliegenden Baugrund-Verhältnissen, sei es mit oder ohne Prefsluft, getrennt ausführte. Aus dem angegebenen Grunde erscheint die Prefsluft-Gründung mit verloren gehendem, eisernen Senkkasten namentlich dann berechtigt, wenn es sich um die Herstellung einer einfachen Dockschleuse handelt, wie bei dem Halbtide-Bassin zu Dieppe.<sup>41)</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 dieselbe und glaubt den Zweck vollkommen erreicht zu haben, weil nach dem Auslassen der Prefsluft nur in zwei Schachtrohren trotz des Überdruckes von 10 m das Wasser aufstieg. Es dürfte dies aber nur beweisen, daß die Decke unmittelbar neben den 10 dichten Schachtrohren gut unterfüllt war, und daß die 10 Schachtrohre selbst in ihrem unteren Teile gut ausgefüllt wurden. Einen Schluß auf

<sup>41)</sup> *Ann. des ponts et chaussées* 1887, II, S. 535.

die Dichtigkeit unter der ganzen Decke daraus ziehen zu wollen, ist entschieden unzulässig.<sup>42)</sup>

Wenn schon bei der zuletzt erwähnten Ausführung der an den beiden ersten gerügten Nachteil des Reifens der Mauerkörper möglichst vermindert ist, so haben alle drei doch den einen gemeinsamen und niemals zu vermeidenden Mangel, daß 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 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 im stande 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 Kapitel VII des ersten Bandes (2. Auflage) und auf Kapitel XII des vierten Bandes (1. Auflage) dieses Handbuches, sowie auf folgende Quellen verwiesen werden:

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

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

Revue industrielle 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 fertig stellen, die Verblendung aber nachträglich in freier Luft anbringen. Lag das Bauwerk während der Prefsluftgründung im offenen Wasser, so schließt man den Rohbau an beiden Häuptionen durch einen später wieder fortzubrechenden Betonfangdamm, oder auch nur durch eine Holz- oder Eisenkonstruktion wasserdicht ab und pumpt das Innere desselben zur Vornahme der Verblendung und zur Montierung der Thore 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

<sup>42)</sup> Auch für Verlängerung bereits fertiger Docks oder Schleusen läßt sich das eben beschriebene Verfahren mittels eiserner Senkkasten verwenden; vergl. Engineering 1893, 12. Juli, S. 92.

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 Mischen desselben 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.

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>43)</sup>

Fig. 64. M. 1:1500.

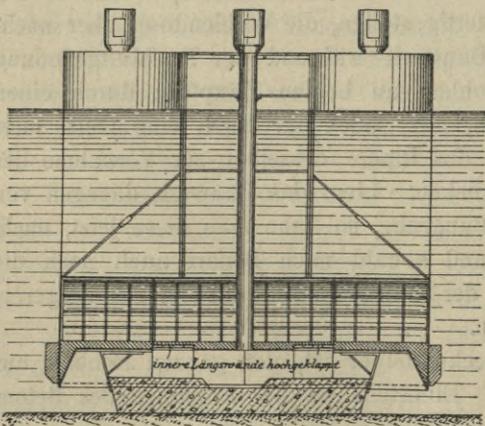


Ist der Baugrund nicht widerstandsfähig genug, so führt man den mittleren Teil der Sohle zunächst nicht aus, sondern nur diejenigen, auf denen die Seitenwände stehen und unterscheidet sie an ihrer der Schleusenaxe zugewandten Begrenzungsfläche. Auf diesen Sohlenteilen werden dann zunächst die Seitenwände im Rohbau fertig gestellt, sodafs alsdann das Bauwerk den durch Fig. 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

Fig. 65. Vorrichtung bei Prefsluft-Gründungen.

M. 1:400.



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

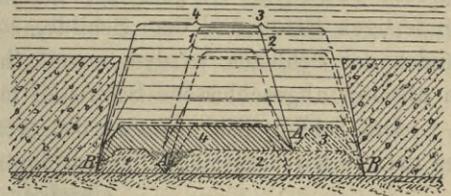
Der bei der Herstellung des ganzen Rohbaues aus Beton zu verwendende Mörtel darf nicht zu langsam abbinden, damit die Seitenbegrenzungen bald gelöst und die Taucherglocke versetzt werden kann. Reiner Trafsbeton wird daher für die Außenflächen nicht gut verwendbar sein.

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

<sup>43)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 462.

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 (Fig. 66) sind durch verschiedenartig ausgezogene Linien und eingeschriebene Ziffern die nacheinander folgenden Stellungen gezeigt, welche diese Taucherglocke während der Ausfüllung einzunehmen hat. Die Betonmassen, welche bei den einzelnen Stellungen der Glocke unter derselben 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 Fig. 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>44)</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.

Fig. 66. M. 1:300.



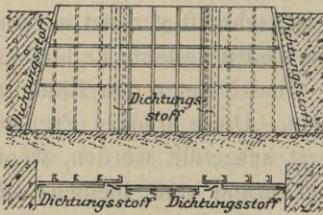
Diese Ausführungsweise erfordert verhältnismäßig kleine Prefsluft-Einrichtungen und empfiehlt sich infolge dessen zur Ausfüllung von Sohlenschlitzten bei Bauwerken, die im übrigen Teile ohne Hilfe von Prefsluft ausgeführt wurden. Hätte man z. B. die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals zu Brunsbüttel in 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 Bauwerkes ungünstigste Belastungszustand geherrscht, sodaß nach Erhärtung des Betons im Schlitz ein Reißen der Sohle ausgeschlossen gewesen wäre.

<sup>44)</sup> Vergl. Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 113.

Wird das ganze Bauwerk mit Hilfe von Prefsluft ausgeführt, so wird man ohnehin große Prefsluft-Einrichtungen 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 Wänden des Schlitzes werden soweit thunlich luftdicht geschlossen und es wird der nun allseitig abgeschlossene Schlitzteil mit Hilfe von Prefsluft trocken gelegt.

Die Schilde (Fig. 67 und 68) werden je nach der Breite des Schlitzes aus zwei oder drei Teilen hergestellt, die mit ihren Rändern übereinander greifen (Fig. 68). Die

Fig. 67 u. 68. Schild.



einzelnen Teile sind in sich luft- und wasserdicht, sodass 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 unterbrochenen 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

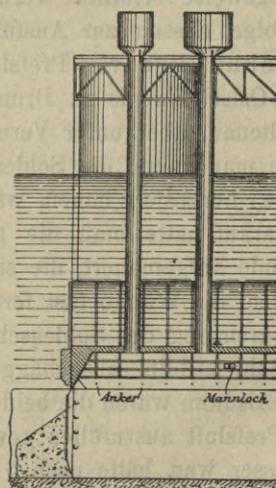
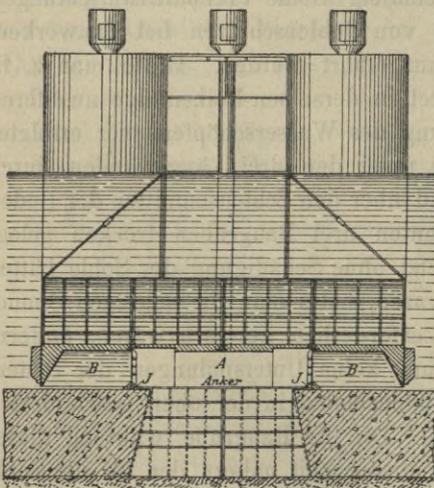
besser sein, die Schilde nicht, wie Fig. 68 zeigt, ganz aus Eisen, sondern aus Eisen und Holz herzustellen, sodass ihr Gewicht dem des verdrängten Wassers möglichst gleich ist.

Bei Sohlenschlitzten von so bedeutender Breite und Tiefe wie der in Fig. 67 dargestellte bietet die ausreichende Belastung der Glocke einigermaßen Schwierigkeiten. Das Gewicht des Eisens der Glocke und des Ballastes muß namentlich nach Abzug

Fig. 69 u. 70. Vorrichtung bei Prefsluft-Gründungen. M. 1:400.

Fig. 69. Querschnitt.

Fig. 70. Teil des Längenschnitts.



des vom Eisen und Ballast verdrängten Wassergewichtes noch mindestens gleich dem Gewicht des ganzen durch die Prefsluft ersetztten Wassers sein.

Um diese bedeutende Belastung zu erhalten, ist die verhältnismäßig breite Glocke, welche Fig. 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 (Fig. 69) mit Prefsluft, die beiden äußeren dagegen mit Wasser gefüllt sind, während bei der Benutzungsweise nach Fig. 65 die ganze Arbeits-

kammer 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 derselben voll Wasser pumpt.

Die Längswände zur Trennung der Arbeitskammer in drei Teile sind mit Gelenkbändern an der Decke befestigt und liegen bei der Arbeitsweise Fig. 65 aufgeklappt in Nischen, welche in derselben ausgespart sind, und in denen auch die eisernen Anker, welche die unteren Ränder der beiden Wände in Fig. 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 (Fig. 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.

**§ 13. Besondere Konstruktionen von Böden und Wänden.** Da bei den Kamerschleusen die eigentliche Kammer in der Regel mehr als die Hälfte der Länge des ganzen Bauwerks einnimmt und, wenngleich 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 stabiler Seitenmauern angenommen ist, so lässt sich ohne Nachteil für die Solidität dieser beiden Hauptteile der Kammer hieran 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 Wasserspiegel 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 vor oder hinter demselben sich genau so verhält wie der ungedeckte Kammerboden einer Kamerschleuse, ist aber erwiesen, dass diese Gefahren, bei übrigens zweckmäßiger Anlage der letzteren, wenig zu fürchten sind.

Ähnlich verhält es sich mit den Seitenmauern hinsichtlich der Sicherheit der ganzen Anlage. Wenn sie fehlen, so bestehen gewissermaßen zwei selbständige Häupter hintereinander, welche sowohl abwechselnd den vollen und grössten Wasserdruck zu ertragen haben, als auch zeitweilig sich durch Verteilung des grössten Unterschiedes der

Wasserhöhen gegenseitig unterstützen können. Dies ist z. B. der Fall bei Kammer-schleusen, bei denen nur bis zu einer gewissen Höhe des Aufsenwassers durchgeschleust, bei einer größeren 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 thunlichst 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 soweit möglich niedrig zu haltendes Binnenwasser abschließen. Die andere Absicht läßt sich in gewissem Mafse auch durch Vergrößerung 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 Holtenu z. B., die außerdem nur wenige Tage des Jahres in Wirksamkeit treten, 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 Konstruktionen von den gewöhnlichen erheblich abweichen.

Als Beispiel einer Kammer ohne festen Boden und Seitenwände diene zunächst die auf Tafel V dargestellte und bereits in § 2 u. 3 besprochene Papenburger Hauptschleuse. Die verfügbaren Geldmittel zwangen zur größten 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 Ausspülung mit guter Klaierde ausgestampft wurden. Diese Wände beschwerten den Boden am wenigsten und stützten die hinterliegende Erde wirksam. Bei etwaigem Nachsinken bedürfen sie nur einer Aufhöhung. Ihre horizontale 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 Thorschützen eine 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 eingefafst

und bis auf etwa 15 m von der Schleuse ab gedeckt. Alle diese sehr billigen Konstruktionen haben sich lange Zeit hindurch gut erhalten.

Bei der auf Tafel VII 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 F. 2, T. VII 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, außer 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 zur Zeit (1894) noch im Bau begriffenen neuen großen Kammerschleuse zu Ymuiden verwendet man für die Kammerböden Betonblöcke auf einer schwachen Bettung von grobem Kies, vergl. Fortschritte d. Ingenieurwissensch. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 23. — Ähnlich wie die vorhin erwähnte kleine Kammerschleuse ist auch die schon in § 3 besprochene Kammerschleuse bei Emden (F. 7, 8 u. 21, T. VII) 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 Konstruktion zeigen die in F. 16—19, T. VI dargestellten Schleusen aus dem mittleren Emsgebiet.<sup>45)</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 F. 18 sichtbar sind. Nur im Anschluß an die Häupter ist ein 3 m breiter Streifen der Sohle mit Beton und 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 F. 17 erkennbaren, mit einem starken, aus F. 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 Seitenwände, wogegen der obere Teil aus gußeisernen Ständern mit dazwischen gemauerten flachen, 1/2 Stein starken Gewölbkappen (Klinker in Cement) 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 massiven 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

<sup>45)</sup> Kerner. Die Schleusen der Schifffahrtskanäle im mittleren Emsgebiet. Centrabl. d. Bauverw. 1882, Mai.

mit einem hohlen Halbeylinder versehenen Ständer und der Holme wird durch gußeiserner Schuhe vermittelt, welche den Holm mit zwei vertikalen 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 Thore und 2,1 m Tiefe über den Drenkeln haben rund 107000 M. betragen. Durch die in F. 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 Figuren 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 kanalisiertem oberen Seine gebauten Schleusen. Man hat hier zwischen Kammer und Fluß nur einen Damm hergestellt. Derselbe hat nach Fig. 72 einen bis etwa 2 m tief in den festen Boden eingelassenen Thonkern, 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. Fig. 73), nach dem Flusse hin dagegen nur gegen eine Steinpackung nebst Spundwand. Das trockene Pflaster aus 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

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

Fig. 71. Grundriß nebst Wehranschlufs. M. 0,0005.

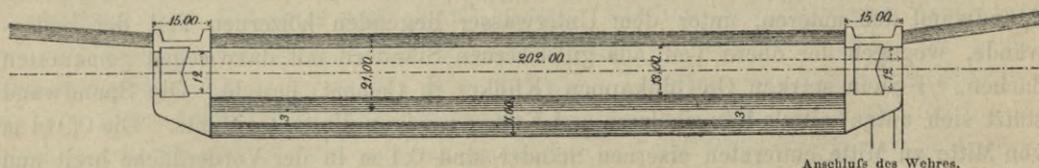


Fig. 72. Schnitt durch die Kammer. Maßstab zu Fig. 72 bis 75 = 0,005.

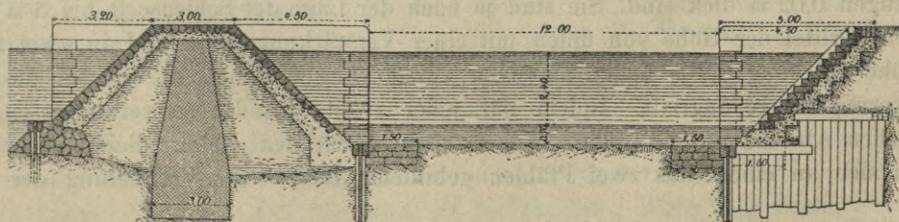


Fig. 75.

Schnitt A B.

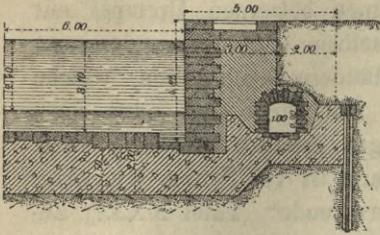
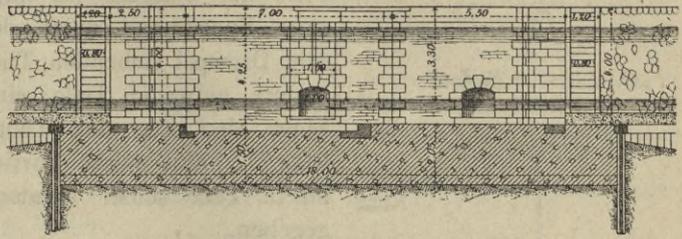
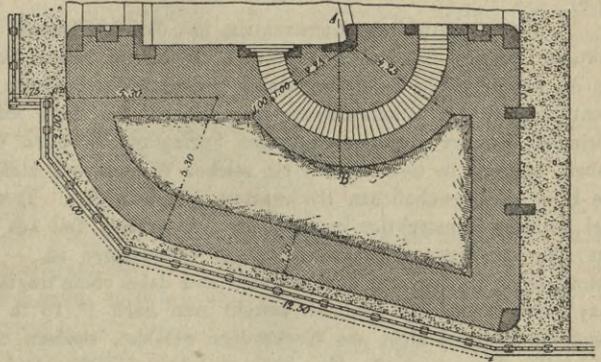


Fig. 73 u. 74.

Längenschnitt des Oberhauptes. Schnitt durch die Umläufe.

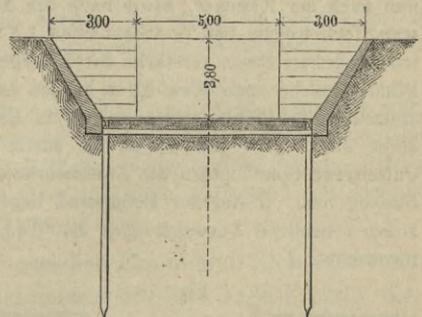


und statt der äußeren Steinpackung ebenso wie unten an der Innenseite hätte Beton verwandt und das Pflaster in hydraulischen Mörtel hätte gelegt werden sollen. Dieser Ansicht ist gewiß beizutreten, zumal für den an beiden Seiten im Angriff liegenden Zwischendamm, welcher eine ungleich höhere Bedeutung hat als die in gleicher Weise gedeckte Böschung der Kammer an der Landseite, von welcher in Fig. 72 ein Schnitt durch die kleine neben den Häuptern liegende Treppe gezeichnet ist. Die Kammersohle dieser Schleuse ist völlig unbedeckt geblieben. Bei dem guten Untergrund der dortigen Schleusen und dem billigen Mauerwerk jener Gegend ist die gewählte Konstruktion nicht als ganz zweckmäsig anzuerkennen.

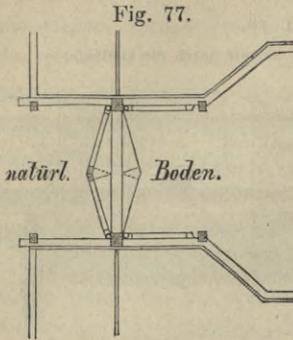


Eine sehr leichte und für kleine Schleusen unter Umständen nachahmungswerte Konstruktion findet man bei der Schleuse bei Mauloy in dem kanalisiertem Ourcq-Flusse. Während die Häupter der Schleusen auf einem gewöhnlichen, durch den sehr schlechten Untergrund bedingten Pfahlroste ruhen, welcher freilich unzweckmäßigerweise in den Böden mit einer etwa 0,5 m dicken Mauerschicht bedeckt ist, besitzt die Kammer nach Fig. 76 geneigte Wände aus einer hochkantigen Schicht Backsteine, welche sich gegen zwei Reihen 4 m von Mitte zu Mitte entfernter und verholmter Pfähle stützen, die durch Spreizen gegenseitig abgesteift sind. Der Boden ist durch quergelegte, auf jene Holme genagelte Bohlen bedeckt.

Fig. 76.



Eine sehr einfache Konstruktion 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 Thorkammerwände sind weggelassen und nur durch bogenförmig zurückspringende Flügel ersetzt. Um den Schleusenthüren eine Stütze bei geöffnetem Zustande zu geben, sind statt der Thornischen nur Dükdalben angebracht.

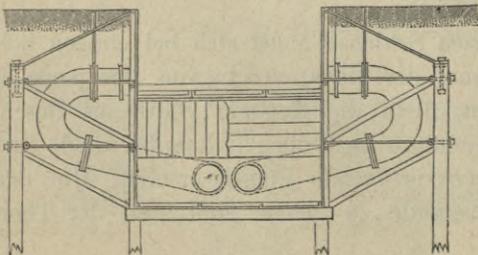


Man kann endlich bei sehr kleinen Kanalschleusen für leichte Kähne und bei gutem Boden die sämtlichen Teile der Schleuse bis auf einen hölzernen Drempel mit einer Spundwand unter demselben und neben den auf dem Drempel stehenden Thorständen beschränken, welche letztere entweder Teile eines Bohlwerks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

Eine eigentümliche Konstruktion hat das der Themse zugekehrte Unterhaupt einer Schleuse der Viktoria-Docks in London, s. T. VII, F. 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 Bassin nahezu die Höhe des gewöhnlichen Hochwassers gehalten wird. Trotzdem ist der ersteren Schleuse eine sehr viel leichtere Konstruktion gegeben, die zum großen Teil aus Sparsamkeitsrücksichten, zum Teil dagegen aus sehr günstigen Terrainverhältnissen entsprungen ist. — Wie F. 17 angiebt, liegt die Sohle des Betons schon in dem fast wasserdichten und dabei völlig tragfähigen Thonboden, dem sogenannten London Clay. Der Boden der Schleuse besteht nun nach F. 16 in den Häuptern aus Ziegelmauerwerk, wobei sogar die Drempel 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 Drempel 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 F. 16 und 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 Thon bedeckt.

Ebenso leicht wie der Boden sind die Wände, namentlich in der Kammer. Die in der Thorammer 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 Außen- und Innen-Vorschleuse oder Einfahrt hin als die Hauptwand fort, welche bei  $\frac{1}{6}$  Anlauf oben 1,5 m, unten 2,7 m dick, also etwa  $\frac{1}{6}$  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 Thonhinterfüllung. Während des Baues sollen erhebliche Ausweichungen der Wände vorgekommen sein, doch stehen sie seitdem soweit bekannt unversehrt.

Fig. 78.



Es sei hier ferner die ausschließliche Verwendung von gußeisernen Platten zu Böden und zu Seitenwänden erwähnt, welche schon im vorigen Jahrhundert durch Telford auf dem Ellesmere-Kanale stattfand. Die Skizze Fig. 78 zeigt einen Schnitt unterhalb des Oberhauptes, sodass man gegen den Abfallboden sieht. Dieser ist zum Schutz gegen das Anstoßen 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. Thornischen, Wendenischen und Dammfalze sind durch entsprechende Krümmungen in den gegossenen Platten und die Drempele durch Einlegung von Holzschwellen zwischen entsprechende Rippen gebildet. Die Umläufe bestehen aus krummen gußeisernen Röhren, die an passenden Stellen der betreffenden Platten angeschraubt sind. Die ganze Konstruktion ist in ihrer 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 Gußeisens vor dem Holze stehen bei Berücksichtigung seiner Schwächen nicht in dem richtigen Verhältnisse zu den sehr viel größeren Kosten.

Aus neuerer Zeit sind einige Vorschläge zu erwähnen, welche bezwecken, anstatt der massiven Schleusen gemischte Konstruktionen anzuwenden, wobei namentlich durch Anwendung des Eisens Ersparnisse zu erzielen sein würden.

So schlägt Löhmann im Wochenbl. für Arch. u. Ing. 1884, S. 299 vor, die Schleusen und Thorkammern 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 will er der besseren Erhaltung des Eisens (und wohl auch der Belastung wegen) mit billigem Beton ausfüllen. Als Thore empfiehlt er anstatt der Stemmthore eiserne aus gewelltem Bleche hergestellte Hebethore, 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 giebt er auf Grund eingehender Veranschlagung nur halb so hoch an, als diejenigen einer gleich leistungsfähigen massiven.

Auch hier würde — abgesehen von den Thoren — eine reine Holzkonstruktion mindestens für alle stets unter Wasser liegenden Teile vorzuziehen sein. Wenn man eine solche auf Rostpfähle stellt, läßt sie sich gegen bedeutenden Auftrieb sichern, gegen welchen bei der Löhmann'schen Konstruktion nur ein geringes Gewicht wirksam ist.

Ferner empfiehlt Scheck im Centralbl. 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 Längenneter 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.

Wenn man annehmen dürfte, daß das Eisen in dieser Anwendung unvergänglich wäre, so würde diese Ausführungsweise zu empfehlen sein. So lange aber hierüber noch keine längeren Erfahrungen vorliegen, wird man mit derselben vorsichtig sein müssen. Es läßt sich indessen nicht leugnen, daß die Erfahrungen, welche bisher mit gemischten Ausführungen aus Stein und Eisen in Holland und dem mittleren Emsgebiete bei Wasserbauten gemacht wurden, sehr ermutigend sind.

Eine beachtenswerte neuere Ausführung, bei welcher Eisen und Stein verwendet sind, zeigen die Wände der in § 2 erwähnten Kesselschleuse im Ems-Jade-Kanale, siehe Fig. 79 bis 81. Dieselben bestehen aus eisernen, verankerten Ständern mit zwischen gespannten Klinkerkappen, haben also Verwandtschaft mit den oben besprochenen Wänden der Emskanal-Schleuse T. VI, F. 16—19. Anstatt der ursprünglich vorgesehenen, mit den Flantschen 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

Fig. 79 bis 81. Wände einer Kesselschleuse. Ems-Jade-Kanal.

Fig. 79.

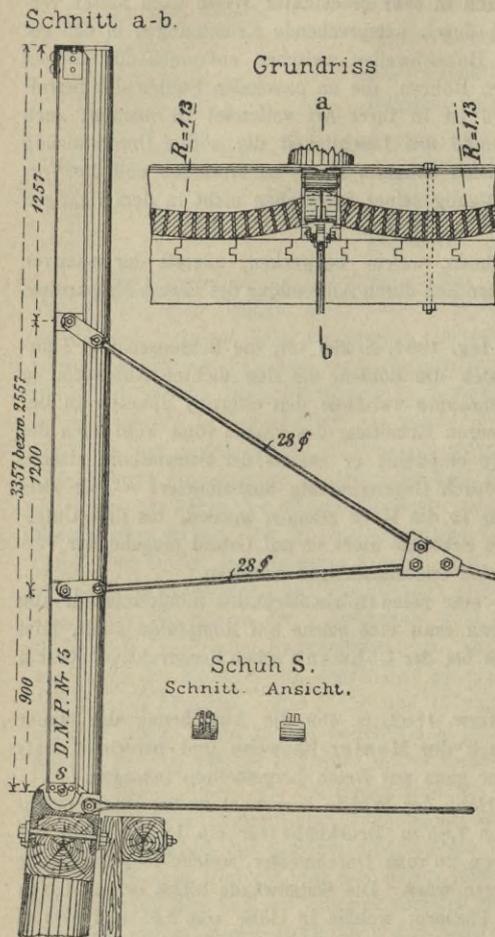


Fig. 80.

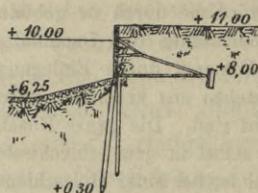
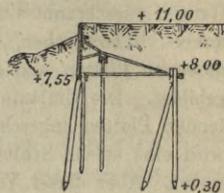


Fig. 81.



man, soweit man den gewachsenen Boden erreichen konnte, durchlaufende Ankerbohlen (Fig. 80). Wo dies nicht möglich war, sind Ankerböcke nach Fig. 81 verwendet.

Die Klinkerkappen zwischen den Ständern sind vorn mit Cementmörtel gefügt 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, siehe § 2, ist durch Einbringen einer starken, von Spundwänden eingeschlossenen Klaischicht erfolgt.<sup>46)</sup>

**§ 14. Einfahrten nebst Zubehör. Flügel. Dammfalze. Treppen.** Mit den Einfahrten der Schleusen stehen verschiedene kleinere bauliche Anlagen (Leitwerke, Spills, Poller, Trossenrollen und 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 außerhalb des letzten Thores und dessen Zubehörungen als Thorkammer, Thorsäule 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 ein-

<sup>46)</sup> Deutsche Techniker-Zeitung 1893, S. 192.

zufahrenden Fluß- und Seeschleusen sich die Einfahrt weit über die eigentliche Vorschleuse hinaus erstrecken und als sogenannter Vorhafen erscheinen. In solemem 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 konstruktiv mit ihr verbundenen Teile, liegen. Es mögen einige Beispiele aus den in den Tafeln V u. s. w. dargestellten Schleusen zur Erläuterung dienen.

Nur die nach den Figuren 2 u. 3, T. V eng mit dem übrigen Schleusenhaupt 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 Fluß 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 F. 10, T. VI 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 Fluß in die Schleuse zu erleichtern. Ferner wird bei den in F. 13, T. V 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 den in F. 2, T. VI und in Fig. 71—75 im Texte dargestellten Schleusen ist nun außer den möglichst kurz gehaltenen Vorschleusen keine weitere Einfahrt vorhanden, als in dem ersteren Falle eine von der Kanalseite her erfolgende Konvergenz der Kanalufer, während im zweiten Falle die Schiffe außerhalb der schmalen Vorböden sich sofort im offenen Wasser befinden.

Seeschleusen haben nicht selten außer 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 (F. 15, T. VII), die Kammerschleuse und die beiden Dockschleusen in Bremerhaven, die Kammerschleusen in Wilhelmshaven und andere, vergl. S. 66 u. 67. Außer 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 entweder nicht der Fall, oder wo statt des Vorhafens ein Halbtidebassin sich befindet, oder endlich wo der Platz zu einem Vorhafen gefehlt hat, wird nur eine kurze Einfahrt außer 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 außer 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 thunlichst einzuschränken, als um dadurch den Schiffen das Einfahren zu erleichtern. Bei rechtwinkligen Schleusenflügeln (s. weiter unten) und breiten Kanälen mit geraden Erdböschungen ist es unter Umständen nützlich, in den Hypothenusen der beiderseitigen rechten Winkel verholzte oder vergurtete Pfahlreihen anzubringen, welche eine trichterförmige Einfahrt zur Schleuse bilden.

Bei Flussschleusen würde jene schräge Führung der Uferlinien unter Umständen schon notwendiger sein, namentlich dann, wenn die Schleuse nicht, wie z. B. in Fig. 71, S. 148, dicht an einem der Ufer, sondern 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 derselben eine trichterförmige Einfahrt, jedoch nur an dem oberen Haupte gegeben werden. Es wird dabei gewiß 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 Außenseite, 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 Fluß- 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 daß das Schiff in seiner vollen Breite von der Strömung gefaßt und gegen das Ufer getrieben wird. Es muß folglich die Mündung der Einfahrt einen spitzen Winkel mit der Flutströmung bilden, d. h. stromaufwärts 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 größere Weite, mindestens so, daß zwei größte 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 Strömung ein- und auslaufen, wird ein Anstoßen gegen die Ufer der Einfahrt nicht immer zu vermeiden sein. Es ist deshalb unbedingt notwendig, daß außer möglichst geraden Linien nur sanft abgerundete Ecken vorkommen. Dabei werden außerdem 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 F. 10, T. VII zu ersehen, mit Reibhölzern ausgestattet; ebenso die Einfahrten von

Bremerhaven. In englischen Häfen sieht man außerdem sehr oft hölzerne verholzte und mit Bohlenbelag bedeckte Pfahlwerke (Leitwerke) neben den Schleuseneinfahrten. Dieselben sind jedoch meistens später entstanden, nachdem sich die Einfahrt als zu kurz herausgestellt hatte; sie sind indessen wegen ihrer Elasticität für die Schiffe sehr vorteilhaft.

Bei den Schleusen des Amsterdamer Kanals<sup>47)</sup> (F. 2, T. VII) 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 Fig. 82 dargestellten Form, welche in etwa 100 m Abstand voneinander angebracht sind. Dieselben dienen also auch wie die gewöhnlichen Dükdalben und sind zum bequemen Anbinden der Schiffe mit einer kleinen Plattform versehen. Vor den Zuidersee-Schleusen jedoch, wo zu beiden Seiten ausgedehnte Wasserflächen sich finden, mußten in der Verlängerung der beiden äußersten Mauern zusammenhängende Leitwerke von etwa 150 m Länge und in etwas geschweifter Form und selbst bei den zwei dazwischenliegenden Mauern der großen (mittleren) Schleuse kürzere gerade Werke bis 80 m Länge angelegt werden. Die äußersten sind zum Begehen eingerichtet, um den Schiffen frühzeitig helfen zu können und haben den in Fig. 83 dargestellten Querschnitt.

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

Die Endschleusen des Nord-Ostsee-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. F. 7, T. XII), in der Kieler Bucht von der Spitze der Nordmole bis zu den Schleusen 700 m Länge bei 120 m Breite. Außerdem sind die Einfahrten unmittelbar an den Schleusenhauptern 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.

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 Taue 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.

Fig. 82.

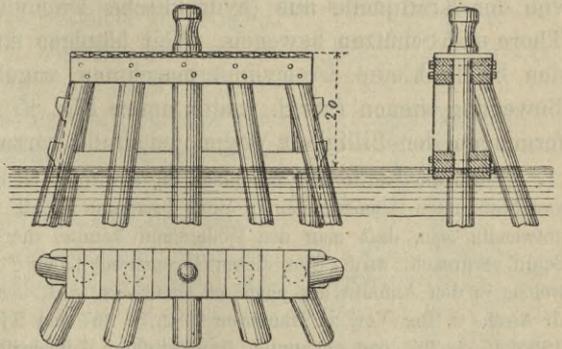
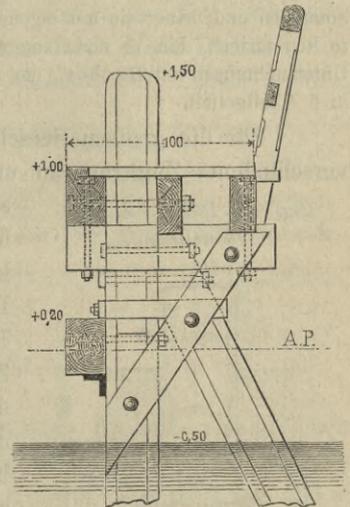


Fig. 83.



<sup>47)</sup> W. Kuntze. Der Amsterdamer Seekanal. Zeitschr. f. Bauw. 1881, S. 353.

Bei Schleusen, deren Thore und Schützen durch Maschinen bewegt werden, pflegt man auch die Spills für diesen Betrieb einzurichten, gleichzeitig aber die Anordnung so zu treffen, dafs, falls die Maschinenkraft versagen sollte, auch Handbetrieb möglich ist. Die Stellung der Spills wählt man so, dafs, falls die Bewegungsvorrichtung der Thore 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 F. 13, T. XI ersichtlich ist. Die Kraftübertragung erfolgt durch Transmissionswellen und Zahnräder von der Kraftquelle aus (hydraulische Dreicylindermaschinen), welche gleichzeitig die Thore und Schützen bewegen. Weit häufiger findet man aber unmittelbar in oder unter den Spills kleine Dreicylindermaschinen angebracht, welche ausschliesslich zu deren Bewegung dienen (vergl. weiter unten Fig. 85), eine Anordnung, die bei gröfseren Entfernungen der Billigkeit wegen jedenfalls vorzuziehen ist.

Um die Stärke der Maschinen für die Spills zu bestimmen, welche im Stande sein sollen, Schiffe von bestimmten Abmessungen in einer bestimmten Zeit in die Schleuse zu winden, würde es allerdings notwendig sein, dafs man den Widerstand kennt, 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—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, dafs 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, dafs es nicht angezeigt erscheint, dieselben wiederzugeben. Das wichtigste Ergebnis der Untersuchungen von Barbet, der zweckmäfsigste Abstand zwischen Schiffsboden und Dremmel ist bereits in § 4 mitgeteilt.

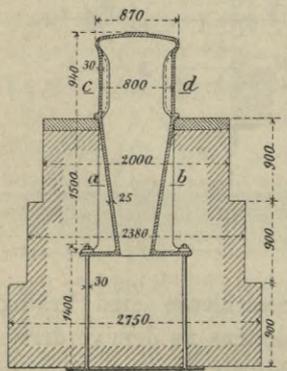
Für die grofsen Seeschleusen in England wendet man in der Regel Spills von verschiedener Zugkraft an und setzt die stärksten, welche je 11 bis 12 Tonnen Zug

entwickeln können, auf die Aufsenhäupter, da hier die Schiffe des unruhigeren Wassers wegen am meisten Widerstand leisten. Diese Spills werden bis jetzt fast ausnahmslos durch Druckwasser getrieben. Die zwei oder vier Spills auf dem Binnen- oder Mittelhaupte haben gewöhnlich je 5 Tonnen Zugkraft und werden selbst in solchen Fällen nicht selten durch eingesteckte Bäume bewegt, in denen eine Presswasseranlage vorhanden ist. 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 (Fig. 84) mit verstärkten Köpfen.<sup>48)</sup>

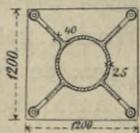
Wenn im allgemeinen die Spills nur bei grofsen Seeschleusen üblich sind, während bei Flufs- und Kanalschleusen die Schiffer selbst mit ihrer Mannschaft das Einfahren besorgen müssen; so ist man doch im Stande, durch maschinellen Betrieb nicht nur der Thore und Schützen, sondern auch des Ein- und Ausfahrens der Schiffe die Schleusungsdauer wesentlich zu verkürzen und dadurch die Leistungsfähigkeit

Fig. 84. *Poller*. M. 1 : 80.

Vertikalschnitt.



Schnitt c d.



Schnitt a b.

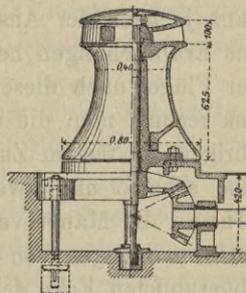
<sup>48)</sup> Vergl. auch Zeitschr. d. Arch- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 435.

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 Thore 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—3 Pferde aufs höchste angestrengt werden mußten, 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, siehe Centralbl. der Bauverw. 1883, S. 115.

Fig. 85 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 Dreicylindermaschine, welche die in der Figur angedeutete horizontale Welle antreibt. Näheres über diese Anlage findet sich in der Zeitschr. f. Bauw. 1884, S. 33.

Fig. 85.  
Cabstan (Spill). M. 1:40.  
Ansicht. Schnitt.



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			Thalfahrt			Mittlere Dauer der ganzen Durchschleusung
	Eigentliche Schleusung	Einfahrt in die Kammer bezw. Ausfahrt	Zusammen	Eigentliche Schleusung	Einfahrt in die Kammer bezw. 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 Thore 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 Stiehkanälen geschah bei den Versuchen in 3 Minuten, während es bei gewöhnlichem Betriebe etwa 5—6 Minuten dauern wird. Dieser Seitenkanal diente gleichzeitig zur Erleichterung des Ein- und Ausfahrens der Schiffe in der in § 24 näher klarzustellenden Weise.<sup>49)</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—1,6 m. Die Wasserspiegel der Haltungen lagen in der Regel 1,8 m über den Drempln.

<sup>49)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1885, März, S. 450—463; Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 272.

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 Landfasten oder Landpfosten (Poller) auf dem Ufer angebracht sein. Diese Einrichtungen sind bis auf die letztgenannten z. B. in F. 1 u. 2, T. V enthalten.

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, weil die Konstruktion sich nirgends ändert, 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 würden in F. 2, T. V binnen die Mauer von der obersten Treppenstufe ab, also einschliesslich der Treppe, aufsen dagegen von der untersten Stufe oder einer die beiden Mauerfluchten an der abgerundeten Ecke schneidenden Linie ab, also ohne die Treppe, als Flügel zu gelten haben, während aufsen die mit der Treppe bedeckte Mauer zur Vorschleuse und binnen der horizontal abgedeckte obere Mauerteil unbedingt zu dem Hinterboden und der Thorsäule gehört. In der Ansicht dagegen 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 F. 13, T. V, 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 Tafel VI u. VII.

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 Flügelspundwände hinter den Mauern, liegen zu diesem Zwecke am besten senkrecht zur Schleusenaxe und sind im Fundament unbedingt mit dichten Spundwänden zu versehen.

Dammfalze. Die Dammfalze dienen zur Abdammung der Hauptteile der Schleuse, namentlich der Thorkammer und der Kammer bei etwaigen Reparaturen an Thoren, 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 F. 6, T. V, 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 deren starken Durchbiegung eine Dichtung immer mangelhaft bleiben. — Eine in Holland mitunter vorkommende, raumersparende Anordnung doppelter Dammfalze zeigt F. 20, T. IV.

In hohem Mafse kann man jedoch eine einfache Abdämmung durch Anbringung einiger Sprengwerke verstärken, welche horizontal liegend sich gegen die inneren Mauertheile stemmen. Um ihre Wirkung auf alle Dammbalken zu verteilen, sind zwischen dieselben und die Sprengwerke senkrechte Ständer zu stellen. Bei hohen Wasserdrücken, z. B. wenn während einer Abdämmung eine Sturmflut eintritt, wird es aber auch für doppelte Dammbalken notwendig, eine Verstärkung anzubringen. Dies geschieht auch in letzterwähntem Falle für einfache dadurch am leichtesten, dafs man in der Mitte der Schleusenweite oder etwa gar an mehreren Punkten einen vertikalen 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, siehe F. 15, T. VII.

Bei kleinen Kanalschleusen sind diese Verstärkungen nicht notwendig, und genügen dabei meistens Balken von etwa 20 bis 25 cm Dicke. Für gröfsere Seeschleusen reichen unter Anwendung jener Verstärkungen meistens Balken von 30 cm Dicke aus. Die Tiefe der Falze mufs 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 mufs als Regel gelten, die Dammfalze nur in gutem Werkstein herzustellen und darauf zu sehen, dafs die Steine infolge der Falze nicht brechen. Eine in den übereinanderliegenden Schichten bald an der einen, bald an der anderen Seite des Falzes liegende Stofsuge läfst unter Umständen mit Vorteil vermeiden, dafs die Quader in ihrer Länge einen vollen Falz erhalten.

Bei Schleusen mit Umläufen ist es notwendig, auch die Schütze oder Ventile in denselben nachsehen zu können. Wo daher — was immer vorzuziehen — diese nicht so eingerichtet sind, dafs 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 gröfseren Höhe auf eine geringere heruntergehen, denn es ist durchaus notwendig, dafs 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 grofsen Schleusen den Schiffen mit gröfster Geschwindigkeit zu gewährenden Hilfeleistungen machen daher besonders

bequeme und breite Treppen nötig. Da nun massive Seitenwände ohnehin stets mit guten Deckplatten abgedeckt werden müssen, so verursacht die Herstellung massiver Treppen dabei wenig besondere Kosten, indem einfach statt der schrägliegenden Deckplatten Stufen angebracht werden. F. 1, 2 u. 5, T. V; F. 2 u. 4, T. VI; F. 2, T. VII; F. 13, T. XI und F. 1—5, T. XII geben verschiedene Beispiele hierzu. Ist der 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 Schiffern und Beamten den Verkehr zwischen Schiff und Ufer zu erleichtern. Solche Treppen liegen dann ähnlich wie in Trockendocks parallel zur Seitenwand. Es muß jedoch diese Anordnung in allen Fällen, wo nicht etwa die Schleusenkammer als Anlegeplatz für Passagiere gilt, wie z. B. bei der holländischen „Treckschuiten“-Fahrt, als fast überflüssig und für den Verkehr auf der Schleuse als gefährlich bezeichnet werden. Es genügt meistens für den erstgedachten Zweck, in einer dammfalzartigen, etwa 0,5 m breiten und 0,3 m tiefen Nische eine eiserne Steigeleiter anzubringen.

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

### C. Die Thore.

(119 Textfiguren.)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Stoffes gehörig Rechnung getragen wird, vergl. § 16 und 17. Es ist namentlich dann geeignet, wenn wegen beschränkten Betriebes die Bewegung der Thore von Hand geschehen kann, sodafs 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 Thore wegen lebhaften Betriebes durch Maschinen bewegt werden müssen.

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

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

Es eignet sich daher vorwiegend zum Verschluss der Oberhäupter, in denen es nach aufsen aufschlägt. Soll das geöffnete Thor ganz in einer Mauernische liegen, so würde allerdings ein sehr langes Oberhaupt erforderlich sein. Dieser Nachteil ist indessen zu vermeiden, da es nicht ausgeschlossen ist, einen Teil des geöffneten Thores aus dem Haupte hervorragen zu lassen und denselben in geeigneter Weise durch Pfähle zu schützen. Das einflügelige Drehthor wird also in Holz ausgeführt für kleinere Schleusen, in Eisen auch für gröfsere mit den Stemmthoren 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 Klappthoren (Thore mit horizontaler Drehaxe) ist bisher nur in geringem Mafse Gebrauch gemacht, jedoch beginnt man in neuerer Zeit denselben mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ihre Anwendung beschränkt sich zweckmäfsiger-

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

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

Die Vorzüge des Schiebethores sind:

1. Seine klare Beanspruchungsweise, die es mit den anderen einflügeligen Thoren teilt;
2. seine Fähigkeit, nach beiden Seiten kehren zu können;
3. die günstige Ausnutzung der Kammerlänge, die es bietet;
4. die bequeme Verbindung über die Schleuse für Fuhrwerk und selbst für Eisenbahnen, welche es ermöglicht;
5. die grofse Betriebssicherheit, die es namentlich in der Form als Gleitponton bietet, indem keine beweglichen, leicht zerstörbaren Teile unter Wasser liegen;
6. die Eigenschaft, dafs man es auch bei durchgehender Strömung schliessen, sowie öffnen kann, bevor die vollkommene Ausspiegelung erfolgte<sup>50)</sup>, endlich
7. seine Unempfindlichkeit gegen etwaige Kippbewegungen der Schleusenwände bei schlechtem Baugrunde, da solche weder die Dichtigkeit des Thores beeinträchtigen, noch Beschädigungen desselben herbeiführen können.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bei eisernen Thoren von 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 Drempeel ihre Stütze finden. Diese Stemmthore mögen im Gegensatze zu den mit einer größeren Anzahl sich stemmender Riegel versehenen und als Riegel-Stemmthore zu bezeichnenden, Ständer- oder Pfosten-Stemmthore benannt werden, vergl. T. XII, F. 8—16.

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

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

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

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

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

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

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

so viel wie möglich allen einzelnen vorspringenden Teilen, wie Schraubenköpfen, Zugbändern u. s. w. die gleiche Dicke zu geben, genau um diese Dicke die Tiefe der ganzen Thornische über das für den eigentlichen Thorflügel erforderliche Maass 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 Thorflügel bei etwaigem Stofs sich an vielen Punkten gegen die Wand stützen und am wenigsten zu leiden haben. Bei grossen Thoren bringt man auch, um ein gleichmässiges Anlehnen des offenen Flügels gegen die Nischenwand leichter zu erzielen, in verschiedenen Höhenlagen geeignete Futterleisten von Holz an (F. 17, T. XI; F. 10 u. 14, T. XII).

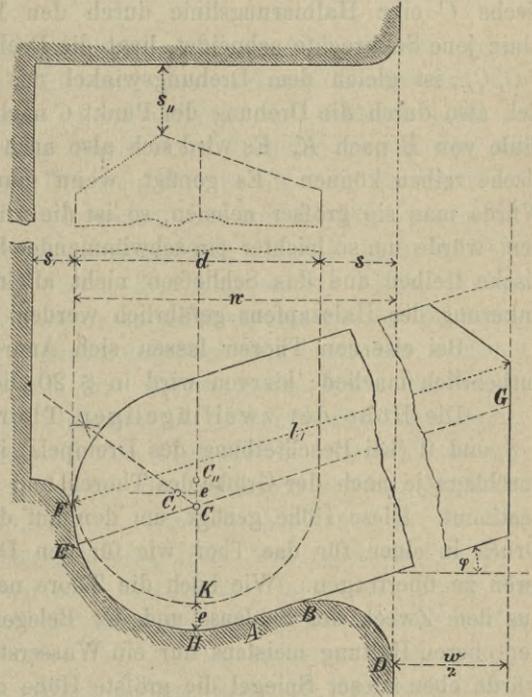
Nummehr ist bei bekannter Weite der Schleuse und bei gegebenem Vorsprunge des Dremfels über seine Grundlinie die Breite des Thorflügels genau zu bestimmen. Es mufs nach Fig. 86 zunächst derselbe in geöffneter Lage gezeichnet werden; aus seiner Dicke  $d$ , der Gröfse des vorderen Spielraums  $s$  und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

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

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

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

Fig. 86.



Es erübrigt indessen noch, die vorhin erwähnte, nach erfolgter Öffnung des Thores eintretende Excentricität des Thorrückens gegen die Rundung der Wendensche zu besprechen. Diese Excentricität wird angewandt, um bei dem Öffnen und Schliessen der Thore möglichst wenig Reibung und Abnutzung der Wendensäule und Wendensche zu erhalten. Man legt dazu die Drehaxe  $C$ , des Thorflügels ebenfalls nach Fig. 86 excentrisch zu der Mittellinie oder Axe  $C$  der Wendensche, alsdann wird sich beim ersten Beginn des Öffnens sofort der Rücken der Wendensäule von der Wendensche entfernen. Die Lage der Drehaxe des Thorflügels wird gefunden, wenn die vorläufig angenommene Excentricität der Mittelpunkte der Wendensche und der Wendensäule des geöffneten Thorflügels  $e$  in der Richtung der Mittellinie des geöffneten Flügels von  $C$  nach  $C_1$ , aufgetragen und halbiert wird, wenn ferner auf dem Halbierungspunkt eine Senkrechte gegen jene Mittellinie gezogen und endlich aus dem Mittelpunkte der Wendensche  $C$  eine Halbierungslinie durch den Winkel  $ECC_1$ , gezogen wird. Wo diese Linie jene Senkrechte schneidet, liegt die Drehaxe für den Thorflügel. Denn der Winkel  $CC_1C_1$  ist gleich dem Drehungswinkel des Thores oder gleich  $GCC_1$ , und es wird sich also durch die Drehung der Punkt  $C$  nach  $C_1$ , begeben oder der Rücken der Wendensäule von  $E$  nach  $K$ . Es wird sich also auch kein Punkt der Wendensäule in der Wendensche reiben können. Es genügt, wenn man die Excentricität  $e$  gleich 2 cm nimmt. Würde man sie gröfser nehmen, so ist die Anbringung der Zapfen unbequem und auferdem würde um so leichter ein schwimmender Körper bei geöffnetem Thore in die Wendensche treiben und das Schliessen nicht allein erschweren, sondern auch für die Verankerung des Halszapfens gefährlich werden.

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

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

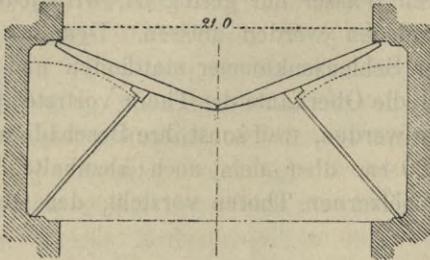
Hochwassers die des höchsten schiffbaren Wassers erheblich übersteigt und außerdem die Schleuse in oder unmittelbar neben dem eigentlichen Flußbette belegen ist, sodafs nur durch unverhältnismäßige Mehrkosten die Schleuse selbst wasserfrei gemacht werden könnte. Wo dagegen die Schleuse in einem Seitenkanal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

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

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

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

Fig. 87. Gegenthor.



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

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

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

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

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

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

1. die Stemmthore mit den Unterabteilungen,

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

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

#### 1. Stemmthore.

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

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

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

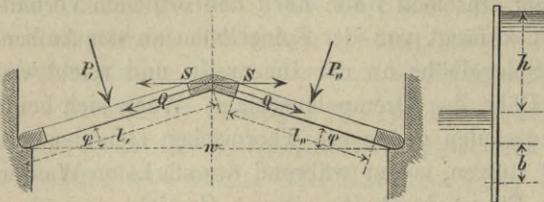
Wegen praktischer Schwierigkeiten sieht man davon ab, daß dem Thorflügel im senkrechten Querschnitt eine dem Wasserdruck entsprechende äußere Begrenzung gegeben werden könnte, man nimmt vielmehr im allgemeinen an, daß diese Begrenzung ein Rechteck oder daß die Dicke des Thores oben und unten gleich sei.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

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

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

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

Fig. 88.



wenn  $\gamma$  das spezifische Gewicht des Wassers. Beide Drücke sind in horizontaler Richtung gleichmäßig über die Längen  $l$ , und  $l,,$  verteilt. Der erstere Druck ist maßgebend für den von dem ganzen Thorflügel oder einem horizontalen Streifen desselben aufgenommenen

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

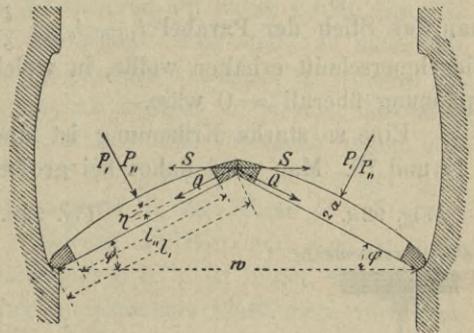
Setzt man für  $P,$  den Wert  $l, b h \gamma$  und für  $P,,$  den Wert  $l,, b h \gamma$  ein und läfst die vorhin gebrauchten Bezeichnungen wieder gelten, so ist die grösste vorhandene Beanspruchung, welche die zulässige des Materials nicht übersteigen darf,  $K = K, + K,,$ :

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

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

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

Fig. 89.



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

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

Die daraus sich ergebende Biegungsspannung im Riegel ist:

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

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

Fig. 90.

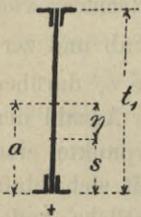
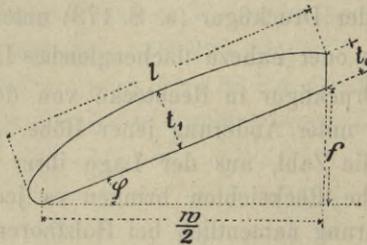


Fig. 91.



nicht nur, sondern an jeder Stelle = 0 wäre, sodafs der Riegel nur noch die einfache Druckbeanspruchung infolge des Stemmens, welche sich gleichmäfsig über den ganzen Querschnitt verteilt, auszuhalten hätte, so würde dies offenbar die günstigste Gestalt sein. Nach der oben angeführten Arbeit von Landsberg

(S. 50) tritt dieser Fall ein, wenn man dem Riegel die sogenannte halbparabolische Gestalt und der Parabel die Pfeilhöhe  $t_1 - t_0 = \frac{l \cdot f}{w}$  giebt (Fig. 91), worin  $f$  der Pfeil des Drepfels und  $w$  die theoretische Weite der Thore ist, also  $\frac{2f}{w} = \tan \varphi$ .

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

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

Fig. 92 a.

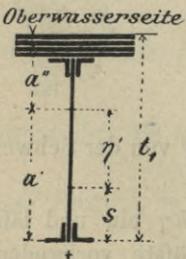
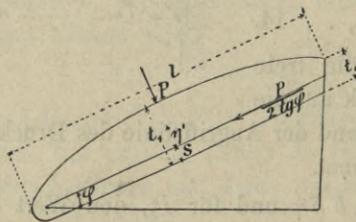


Fig. 92 b.



querschnitte symmetrisch herzustellen und es vorziehen, die Beanspruchung dadurch günstiger zu gestalten, daß man den Abstand  $\eta$  (in Fig. 90) vergrößert, indem man einen unsymmetrischen Riegelquerschnitt anwendet, s. Fig. 92a. Dieser Querschnitt zeigt auf der Oberwasserseite eine Anzahl starker Gurtplatten, welche den Schwerpunkt desselben nach dieser Seite hinübertücken, sodafs  $\eta$  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 größte Druckspannung aus dem Biegemomente allein wird nun:

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

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

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

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

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

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

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

werden und die größte Zugspannung an der Unterwasserseite:

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

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

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

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

Hat man so für die Mitte den günstigsten Querschnitt festgestellt, so muß man in bekannter Weise die Abstände von den beiden Riegelenden ermitteln, in welchen die Gesamtbeanspruchung gestattet, die einzelnen Gurtplatten endigen zu lassen. Besonders nützlich erweist sich bei diesen Untersuchungen das zeichnerische Verfahren, indem man z. B. für Querschnitte mit gleichbleibender Anzahl der Gurtplatten, aber von der Mitte nach den Enden abnehmender Höhe die Trägheitsmomente  $J'$ , die Werte  $a'$  und  $\eta'$  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 Gleichung 16 das zweite Glied  $\frac{P \cdot \eta}{2 \cdot \tan \varphi} > \frac{P \cdot l}{8}$  wird, so erhält das Moment in der Mitte des Riegels einen negativen Wert, d. h. das Moment würde den Riegel gegen das drückende Oberwasser hin durchzubiegen suchen. Solche Durchbiegungen sind in der That bei eisernen Thoren in Frankreich beobachtet (vergl. § 17) und sie entstehen, wenn die Thore infolge einer Verkürzung durch Abnahme der Temperatur oder aus irgend einem anderen Grunde unten am Dremmel anliegen, ohne zu stemmen. In solchem Falle fällt bei den unteren Riegeln der Stemmdruck ganz fort, sie werden also ein stärkeres positives Moment aufzunehmen haben, denn die Momentengleichung für die Mitte lautet für sie jetzt  $M_m = \frac{P \cdot l}{8} - 0$ . In solchem Falle wird ferner die Schlagsäule in ihrem unteren Teile stark auf Biegung beansprucht, denn sie muß den Auflagerdruck  $\frac{P}{2}$  an jedem Endpunkte eines nicht stemmenden Riegels als Einzellast aufnehmen und wird durch diese Lasten nach dem Unterwasser zu verbogen. Die Schlagsäule selbst findet ihre Stütze einerseits unten am Dremmel, gegen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 93.

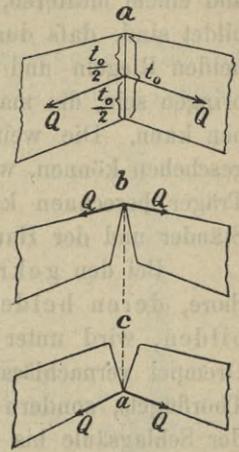
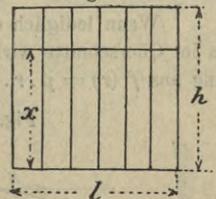


Fig. 94.



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

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

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

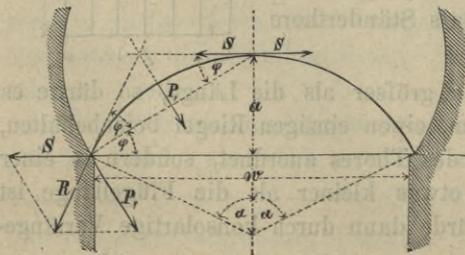
$$K = \frac{r \cdot p}{F} \dots \dots \dots 23.$$

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

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

Wenn lediglich die Materialverwendung des Thores in Betracht gezogen und diese als eine Funktion des im Querschnitte wirkenden Druckes und der Flügellänge angesehen wird, so ergibt sich durch Rechnung aus  $f(r) = p \cdot r \cdot r \cdot \alpha$ , wo  $\alpha$  (Fig. 95) den

Fig. 95.

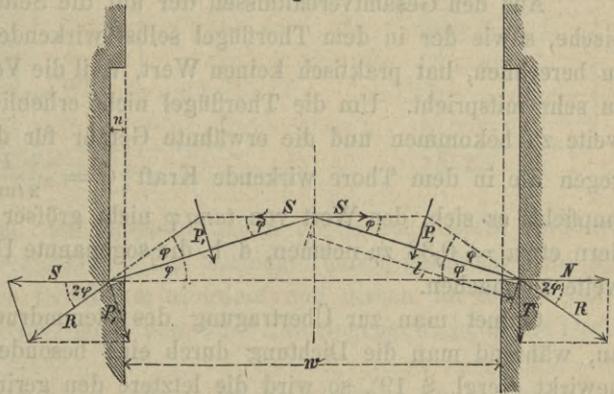


halben Centriwinkel bedeutet, der Winkel  $\alpha = 66^\circ 47'$  und hiernach  $r = 0,544 \cdot w$  als derjenige Wert von  $r$ , wobei die Materialverwendung im Thore zu einem Minimum wird. Es folgt hieraus weiter, daß dann  $\alpha : w = 0,3296$  oder etwa wie 1 : 3 sein müßte, wenn nicht mit Rücksicht auf die vorhin genannten Umstände diese Pfeilhöhe weit kleiner, etwa gleich 1 : 5, zu nehmen wäre. Will man in einem bestimmten Falle das zweckmäßigste Verhältnis ermitteln, so läßt sich für verschiedene Werte von  $r$  das Verhältnis der verschiedenen Tangentialdrücke, sowie der danach zu wählenden Querschnitte und die Materialverwendung in Zahlen

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

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

Fig. 96.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Aus den Gesamtverhältnissen der auf die Seitenwände einschließlic der Wendensche, sowie der in dem Thorflügel selbst wirkenden Kräfte den günstigsten Winkel  $\varphi$  zu berechnen, hat praktisch keinen Wert, weil die Verschiedenheit der Materialien dabei zu sehr mitspricht. Um die Thorflügel nicht erheblich größer als die halbe Schleusenweite zu bekommen und die erwähnte Gefahr für die Wendensche zu vermeiden, dagegen die in dem Thore wirkende Kraft  $Q = \frac{P}{2 \tan \varphi}$  nicht zu groß werden zu lassen, empfiehlt es sich, den Wert von  $\tan \varphi$  nicht größer als 0,4, nicht kleiner als 0,2, sondern etwa = 0,33 zu nehmen, d. h. die sogenannte Drempehöhe gleich  $\frac{1}{6}$  der Schleusenweite zu machen.

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

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

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

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

$$V = G - A, \dots \dots \dots 27.$$

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

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

wenn  $\alpha$  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 Thoren geschieht dies am einfachsten dadurch, daß man einen Drehbaum anordnet und diesen an seinem Ende so stark belastet, daß der Gesamtschwerpunkt von Thor und Gegengewicht in die Drehaxe fällt. Dann ist also  $Z$  und  $Z_1 = 0$ .

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 97.

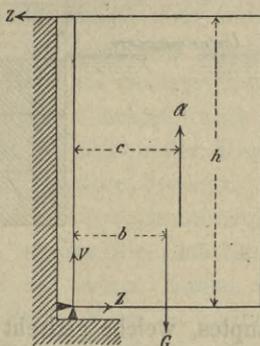


Fig. 98.

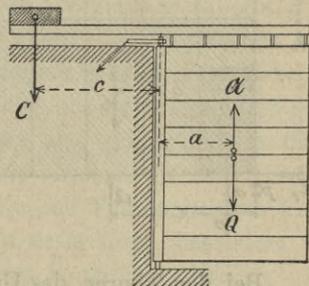
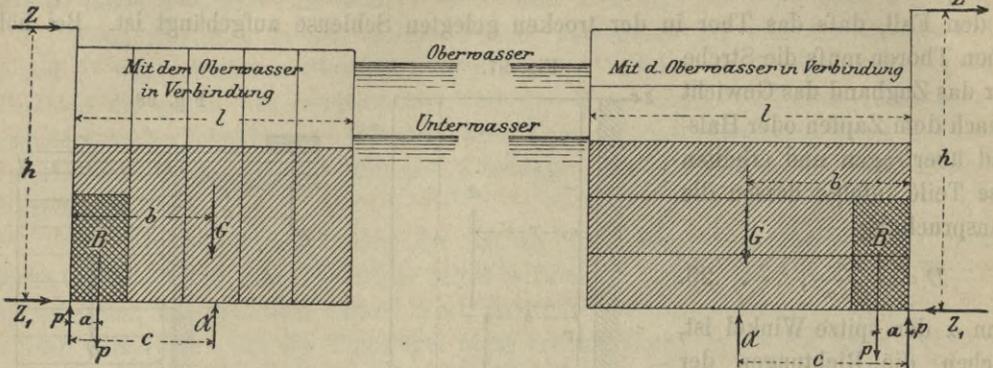


Fig. 99 a.

Fig. 99 b.



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

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

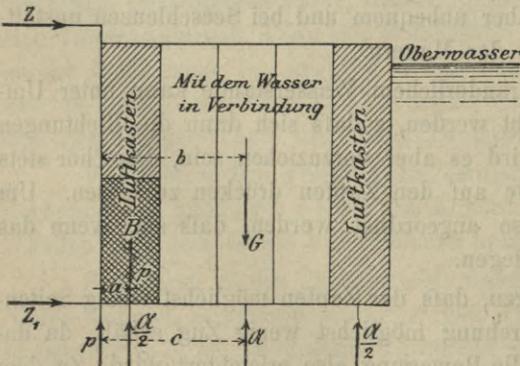
oder, wenn  $b$  und  $c$  als gleich angenommen werden, was meistens nahezu der Fall sein wird:

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

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

Bei Ständerthoren für das Oberhaupt, die also bei Eintauchung in das Oberwasser gedreht werden und bei denen daher die Luftkasten bis zum Oberwasserspiegel hinaufreichen können, wird es unter Umständen bequemer werden, zwei Luftkasten, den

Fig. 99 c.



einen an der Schlagsäule, den anderen an der Wendesäule von je  $\frac{\mathcal{A}}{2}$  Auftrieb ( $\mathcal{A} = G$ ) anzuordnen, wiewohl nicht zu übersehen ist, daß alsdann mehr Fugen dicht zu halten sind. Fig. 99 c zeigt diese Anordnung, bei welcher dann im Ständerfelde am Zapfen der Ballastraum  $B$  liegen muß.  $Z$  und  $Z_1$  behalten dann den in Gl. 31 angegebenen Wert bei.

Die mittleren Ständerfelder erhalten dann entweder nur einseitig eine Haut,

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

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

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

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

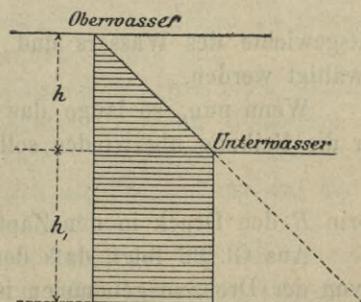
## 2. Einflügelige Drehthore. Klappthore. Schiebethore. Pontons.

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

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

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

Fig. 100.



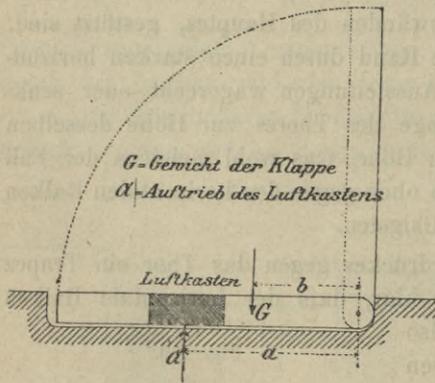
Die Drehthore mit nur einem Flügel bieten, wenn sie aus Holz hergestellt werden, wenig Bemerkenswertes. Sie verlangen dieselben Verstrebungen und Verankerungen, wie ein Flügel eines Stemthores, jedoch werden diese, der größeren Länge des Thores wegen, entsprechend stärker ausfallen müssen, um Versackungen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

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

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

Auch für eiserne Klappthore ist die eben beschriebene Anordnung die nächstliegende, nur wird es bei sehr großen Thoren meistens zweckmäßiger sein, das Gewicht durch die Anbringung von Luftkasten auszugleichen; wenn diese Luftkasten auch dann, wenn das Thor aufgerichtet ist, richtig wirken sollen, müssen sie unterhalb des Wasserspiegels liegen, welcher während des Schließens vorhanden ist. In Bezug auf die Größe und Lage des Luftkastens ist folgendes hervorzuheben. Soll der Luftkasten so groß sein, daß von dem Bewegungsmechanismus nur die Reibung in den Lagern der Wendesäule zu überwinden ist, aber kein Teil des Thorgewichtes mehr gehoben werden muß, so muß nach Fig. 101 die Gleichung stattfinden:

Fig. 101.



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

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

oder der Auftrieb  $A$  müßte gleich sein:

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

Dabei ist allerdings die Gewichtszunahme vernachlässigt, welche eintritt, wenn der obere Teil der Eisenkonstruktion aus dem Wasser auftaucht; diese ist gleich dem kubischen Inhalte des über Wasser liegenden Eisens mal dem Ein-

heitsgewichte des Wassers und muß außer der Reibung durch die Hebevorrichtung bewältigt werden.

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

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

worin  $R$  den Druck in den Zapfenlagern bedeutet.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

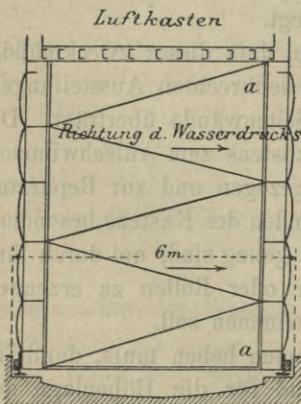
Soll das Thor nach beiden Seiten hin kehren, so erhält es auf beiden Seiten eine Haut und Anschlagleisten, die am einfachsten aus Holz bestehen. Die ganzen Stirnwände des Thores dagegen sind mit Ausnahme des vom Schwimmkasten eingenom-

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

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

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

Fig. 102.



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

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

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

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

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

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

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

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

Je größer indessen die Schiffe wurden und je mehr sich die Holzbestände in der alten Kulturwelt 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, schließlic sah man sich dennoch genötigt, für die Thore großer Schleusen das im Brücken- und Hochbau schon in weit größerem Umfange eingeführte Eisen anzuwenden. Wenn noch jetzt, wo selbst die großen Seeschiffe nur noch aus Eisen hergestellt werden, beim Manchester-Seekanale die Schleusenthore aus Holz gefertigt wurden, so muß dies als verfehlt bezeichnet werden.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Telford wandte später auch das Gufseisen 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 Thorflügel mit nur 0,15 m Pfeilhöhe besitzen. In Fig. 104 ist der Horizontalschnitt eines solchen Thores und der in der Nähe der Schlagsäule genommene, aber die Wendesäule zeigende Vertikalschnitt skizziert. Es ist dabei das Prinzip 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 Halbcylinder von 0,45 m Durchmesser mit oben und unten angegossenen cylindrischen 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 dichteren Anschluß erhalten, die 7 cm starken eichenen Bekleidungsbohlen laufen vertikal und sind durch Schraubenbolzen mit den Vertikalrippen der Riegel verbunden. Trotzdem die alten Thore noch im Jahre 1874 keine Mängel erkennen ließen, waren doch bei einigen Schleusen dieses Kanals neue Holzthore mit Riegeln von ähnlicher Krümmung wie die alten gusseisernen angebracht, angeblich, weil die letzteren durch anstossende Schiffe zersprungen sein sollten.

Fig. 103.  
Thorflügel aus Gufseisen.

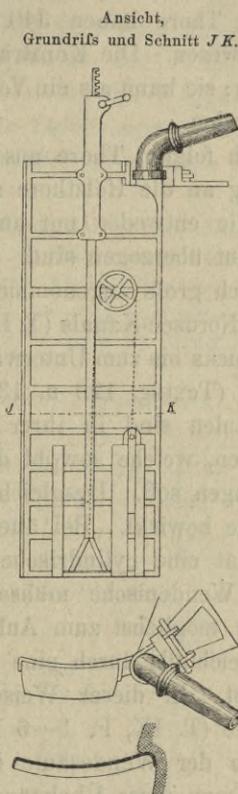
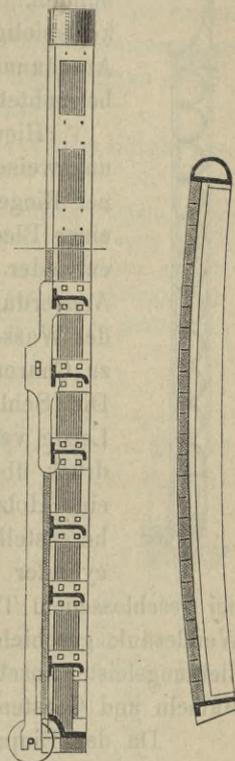


Fig. 104.



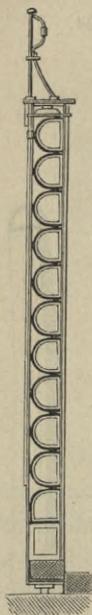
Obgleich nun in England selbst große Seeschleusen, z. B. in Woolwich von 24 m Weite, mit gusseisernen Thoren erbaut sind, so muß doch heutzutage die Verwendung von Gufseisen zu allen Hauptteilen als veraltet erscheinen. Denn es bleibt außer der zweifelhaften Haltbarkeit des Gufseisens im Seewasser für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

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

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

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

Fig. 105.



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

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

Da das Einpassen der Wendesäule in die Wendensiche 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 Stemmleiste versah, welche sich den Ungleichheiten der steinernen Wendensiche leichter anpassen ließ. In dieser Weise ist das Thor der Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals (T. IX, F. 7—9) ausgeführt, auch die Fluthore der Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals (T. XI, F. 14—17).

Bei Seeschleusen werden diese Holzleisten durch den Bohrwurm unter Umständen schnell zerstört, sodaß es wünschenswert ist, das ganze Thor samt Dichtungs- und Stemmleisten aus Eisen herzustellen. Eine derartige Ausführung wurde für die zweite Hafeneinfahrt zu Wilhelmshaven geplant<sup>53)</sup>, aber in Bezug auf die eiserne Stemmleiste an der Wendesäule an der damals maßgebenden Stelle der Kaiserlichen Marine nicht genehmigt, sodaß die ganze Wendesäule zum Stemmen gebracht werden mußte.

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

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

<sup>53)</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.

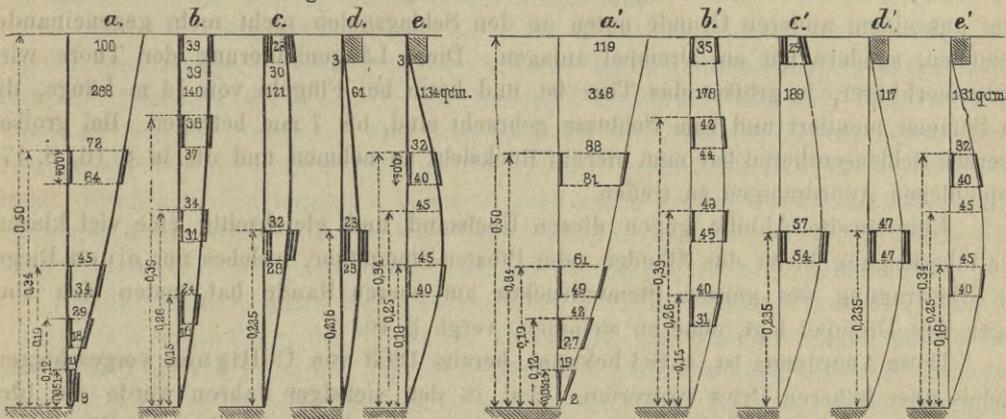
wodurch für die mit doppelter Haut versehenen Thore das Nachsehen der einzelnen Abteilungen sehr beschwerlich wird.

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

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

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

Fig. 106. Vertikalschnitte des Modellthores.



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

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

- a. Dafs die grösste Verbiegung eintrat, wenn die Riegel im umgekehrten Verhältnis zum Wasserdruck verteilt wurden;
- b. dafs die 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 c. die Verbiegung am kleinsten und viermal kleiner wurde als im Falle a.;
- e. dafs bei Verteilung der beiden in der Mitte vereinigten Riegel auf ein und zwei Drittel der Höhe die Durchbiegung wieder zunahm,

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

Auf Grund dieser Versuche sind die Thore der Schleuse zu Ablon<sup>54)</sup> (T. VIII, F. 13—15) konstruiert, worüber in § 19 das Nähere angeführt ist.

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

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

Aufser dem Fortschritte, welchen die klarere Beanspruchung bedingt, zeigt dies Thor noch eine andere theoretisch richtige Anordnung, deren Notwendigkeit für große eiserne Thore nicht aus den obigen Versuchen, sondern aus den Beobachtungen von M. Galliot<sup>55)</sup> zu folgern ist. Diese Anordnung besteht darin, daß das Thor unten nicht stemmt; sie ist in Ablon übrigens nur getroffen, um der Kette für die Schleppschiffahrt Platz zu machen, und nicht auf Grund theoretischer Erwägungen.

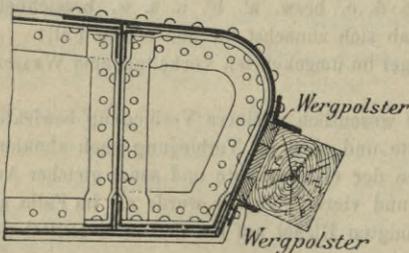
Die erwähnten Beobachtungen von Galliot an verschiedenen eisernen Thoren französischer Schleusen haben nun ergeben, daß sich die obersten Riegel derselben teilweise nach dem Oberwasser zu durchbogen. Dies kommt, wie in § 16 nachgewiesen ist, daher, daß die Thore infolge ihrer Verkürzung durch Abnahme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

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

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

Nach demselben Grundsatz sind dann die neuen eisernen Thore der Schleuse in Havre gebaut<sup>56)</sup>, sowie die Sperrthore und die Ebbethore der Endschleusen des Nord-Ostsee-Kanals. Die Thore in Havre zeigen aber merkwürdigerweise auch unten einen

Fig. 107.



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

Will man denselben noch mehr vermindern, so muß man zwischen die Dichtungsleiste und die Schlagsäule elastische Körper

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Wir dürfen aber auch hoffen, daß in weiterer Zukunft unsere theoretische Kenntnis weit genug entwickelt und das Verständnis für Eisenkonstruktionen so verallgemeinert werden wird, daß es keinerlei Schwierigkeiten mehr bietet, auch Stemmthore 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 Bewegungsvorrichtungen nötig machen und infolge dessen entsprechend leichter Betriebsstörungen erwarten lassen. Da indessen in nicht zu langer Zeit der elektrische Betrieb den hydraulischen bei den Schleusen verdrängt haben dürfte, so hat man dann wenigstens nicht mehr nötig, unbequeme und kostspielige Kanäle und Tunnels für die Kraftleitungen herzustellen.

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

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

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

Fig. 108. Ansicht der Binnenseite.

Fig. 109. Schnitt A B.

Fig. 110. Ansicht der Außenseite.

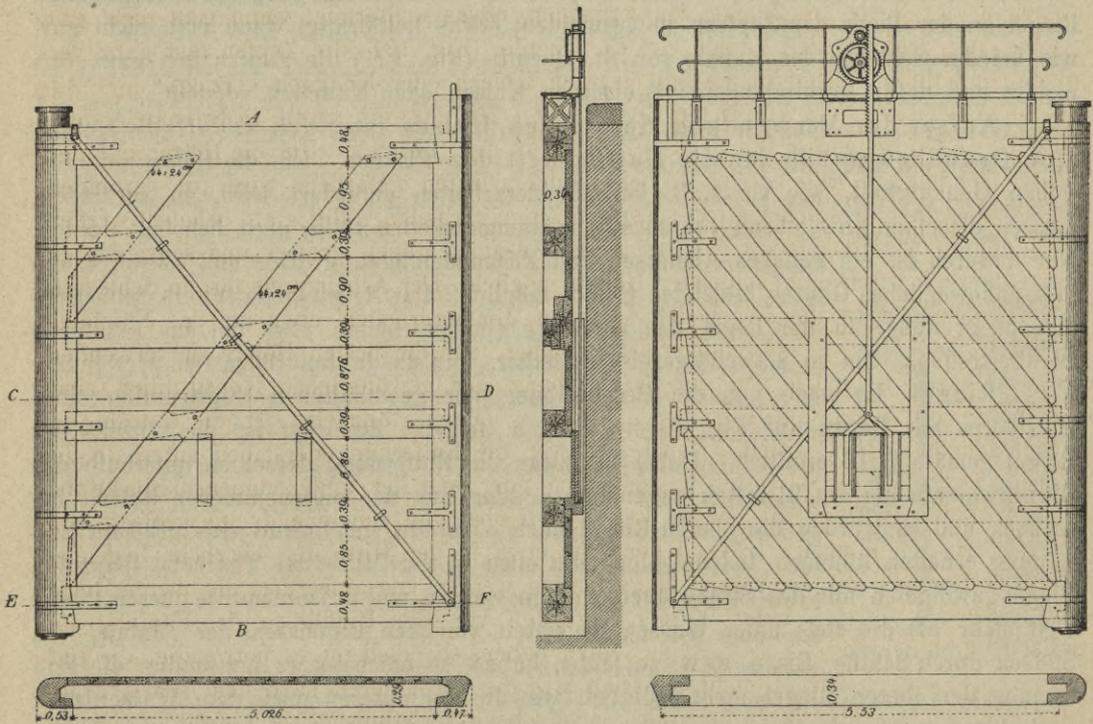


Fig. 111. Schnitt C D.

Fig. 112. Schnitt E F.

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

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

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

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

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

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

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

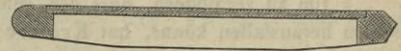


Fig. 113.

Streben und Bebohlung. Sind nun nach vorstehenden praktischen und den im § 16 gegebenen theoretischen Erwägungen die Abmessungen der Haupthölzer des Thorgerippes bestimmt, so erübrigt noch die Stärke und Lage der Streben und der Bohlen festzustellen. Die Strebe darf, um wirksam zu sein, nicht viel steiler als unter 30 Grad zu der Wendesäule stehen, zudem kann bei einem starken Oberrahmholz die freitragende Länge desselben bis zur Schlagsäule als hinreichend sicher gegen Verbiegung angesehen werden. Der Strebe eine große Dicke zu geben hat keinen Wert, weil sie um so stärker mit den Riegeln 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 Thoren werden zur Vermehrung der Wirkung wohl zwei Streben nebeneinander angebracht (Fig. 108) oder man sucht durch zwischengesetzte Stücke die Dicke der Strebe zu vermehren, s. Fig. 114 u. 115. Es wird dabei den einzelnen Stücken außer dem Versatz noch eine etwas schräge Stützfläche gegen die Riegel gegeben, um durch Anziehen der die beiden Strebenhälften verbindenden Schraubbolzen eine um so kräftigere Wirkung der einzelnen Stücke zu erzielen und dauernd erhalten zu können. Diese Anordnung kann jedoch schon wegen der vielen Bolzenlöcher und Verbindungen nicht empfohlen werden. Man darf auch den Bohlen namentlich, wenn sie wie üblich in gleicher Richtung mit der Strebe aufgebracht werden, und dem später zu erwähnenden Zugbande wohl zutrauen, daß sie die Strebe genügend unterstützen, um eine Versackung des Thorflügels zu verhindern.

Fig. 114. Horizontal-schnitt.

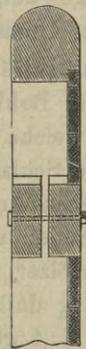


Fig. 115. Schnitt durch die Streben.



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

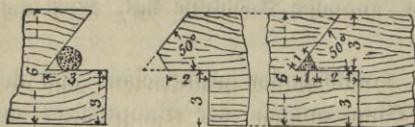
Fig. 116.



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

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

Fig. 117.



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

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

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

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

<sup>57)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 179.

des Halszapfens wegen sogar nötig (s. § 20), während unten keine Mehrlänge erforderlich ist, diese im Gegenteile nur die Konstruktion der Pfanne und des Schubes 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 Außenseite des Thores 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. Dafs dieses bei Fig. 122 unterlassen wurde, ist keineswegs zu billigen. Über die Anbringung von Thorschützen siehe § 23.

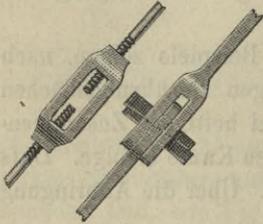
Beschläge und Zugstangen. Die Eisenbeschläge des Thores, als Bügel, Schienen u. s. w. dienen nebst den Zugstangen dazu, die nur einen geringen Zusammenhalt des ganzen Flügels gewährenden Holzverbindungen zu verstärken. Ohne sie würden die letzteren nicht im stande sein, das Versacken und Auseinanderfallen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

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

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

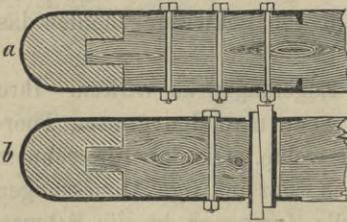
Um den Zugstangen eine angemessene Spannung zu geben, wendet man bei größeren und verhältnismäßig niedrigen Thoren ein sogenanntes Schraubenschloß oder eine Keilvorrichtung (Fig. 118) an, oder man versieht die oberen Enden der Zugstangen mit Gewinden und Muttern, wenn die Stangen durch an der oben erwähnten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

Fig. 118.



Sodann sind starke eiserne Bügel zunächst um den Rücken der Wendesäule bis soweit auf die Riegel und Rahmhölzer reichend notwendig, daß mindestens zwei Bolzen durch die horizontalen Hölzer gezogen werden können. Diese zwei Bolzen müssen wieder dem Querschnitt der Bügel entsprechen. Außerdem kann man, wie bei Fig. 108, S. 197 nach Fig. 119a geschehen, den Bügeln vorn rechtwinkelig gebogene Nasen geben, die

Fig. 119.



nach dem Einlassen und Auftreiben der Bügel zuerst eingeschlagen werden und durch geringe Schräge der Nasen den Bügel stark anziehen. Diese Anordnung ist einfacher als die Anbringung von Keilen durch den ganzen Riegel hindurch, Fig. 119b. Die Bügel der Rahmhölzer sind stärker als die der Riegel. Um die Schlagsäule durchweg Bügel zu legen, würde zu unbequem sein. In Fig. 108 ist nur oben ein solcher angewandt, unten dagegen mit Rücksicht auf die Zugstange eine Winkel-

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

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

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

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

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

Fig. 120 bis 122.

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

Fig. 120.  
Schnitt G H.

Fig. 121.  
Ansicht der Unterwasserseite.

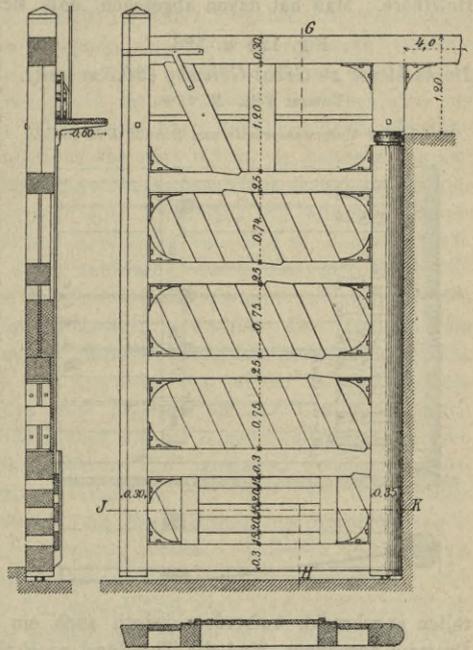


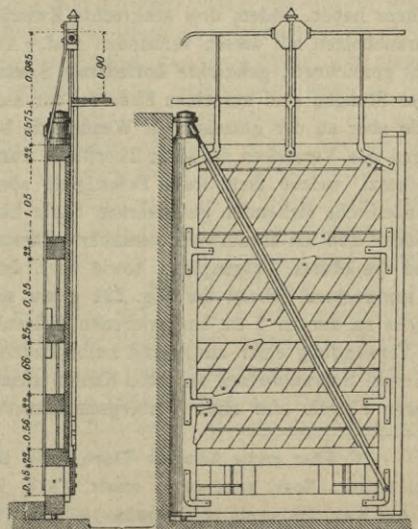
Fig. 122, Schnitt J K.

Fig. 123 u. 124.

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

Fig. 123.  
Vertikalschnitt.

Fig. 124.  
Ansicht der Unterwasserseite.



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

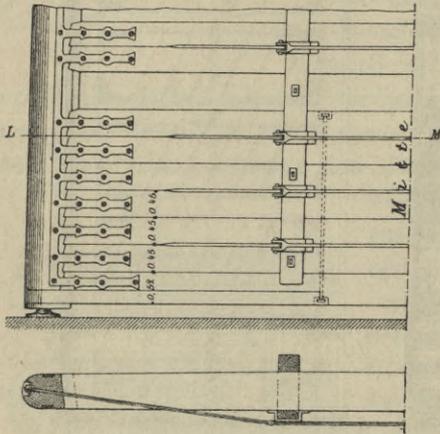
Das nur zum Teil dargestellte Thor der 21 m weiten, im Jahre 1853 erbauten Schleuse zu Great-Grimsby (Fig. 125 u. 126) ist auf einer ganz anderen Grundlage konstruiert, als die bisher betrachteten Holzthore. Man hat davon abgesehen, daß sich das Thor selbst frei tragen solle, deshalb keine Ver-

Fig. 125 u. 126.

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

Unterer Teil. M. 0,008.

Ansicht der Unterwasserseite und Schnitt LM (halb).



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

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

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

Die in Fig. 221, § 22 dargestellten eichenen Thore der Schleuse im Kanal des Moines am Mississippi bei Koekuk<sup>59)</sup> sind im wesentlichen aus Riegeln konstruiert, welche die Form eines Laves'schen Balkens haben, indem drei senkrechte Zwischenständer die Riegelhälften auseinander halten und durch Schraubbolzen mit diesen verbunden sind. Außerdem liegt zwischen je zwei Riegeln eine in der Ansicht nicht gezeichnete, geknickte horizontale 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 Thorflügel 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 Thorzapfens, sowie auch der untere Thorzapfen wesentlich entlastet, vergl. § 20. Die im senkrechten Schnitt der Fig. 221 unten sichtbaren Rollen sind keine Laufrollen, sondern Leitrollen, welche zu der im § 22 beschriebenen hydraulischen Bewegungsvorrichtung gehören. Bedenklich erscheint die Verwendung einer annähernd halbcylindrischen gußeisernen 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.

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

<sup>59)</sup> *Zeitschr. f. Bauw.* 1877.

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

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

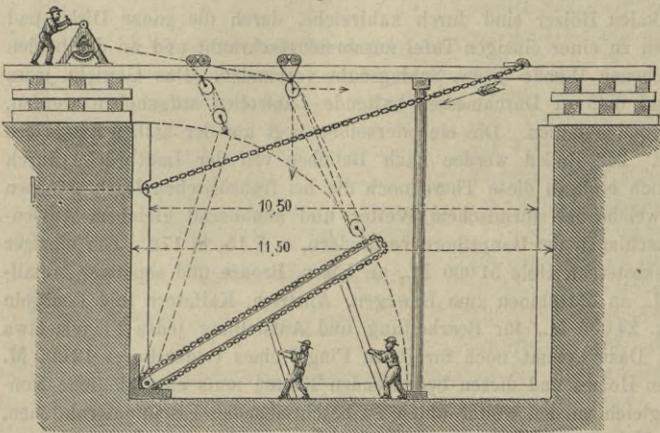
Eine abweichende, sehr einfache Bauweise zeigen vielfach die Schleusenthore der Binnenschiffahrts-Kanäle in Norwegen, die aber nur Anwendung finden kann, wo das Holz so wenig Wert wie dort hat,

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

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

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

Fig. 127.



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

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

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

<sup>60)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 276.

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

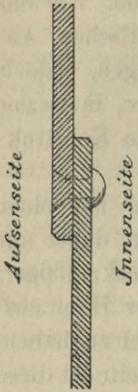
Kleinere Eisenthore findet man fast ausnahmslos nur auf einer Seite mit einer dichten Haut (Eisen oder Holz) bekleidet. Die ganze Last des Thores wirkt dabei auf Zapfen und Halsband. Bei zunehmender Schleusenweite ist es aber zweckmäßiger, sogenannte Schwimmthore anzuwenden, d. h. die Thore beiderseits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

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

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

Nach Mitteilungen von Rudloff hat man in Bremerhaven beobachtet, 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 Thoren in schlickreichem Wasser zweckmäßig, die horizontalen Blechnähte möglichst so anzuordnen, dass das obere Blech das darunter liegende überdeckt, wie Fig. 128 zeigt. Um jene Beschädigung der Nietköpfe zu vermeiden, kann man dieselben versenken,

Fig. 128.



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

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

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

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

Fig. 131. Schnitt A B.

Fig. 129. Ansicht der Oberwasserseite.

Fig. 130. Ansicht der Unterwasserseite.

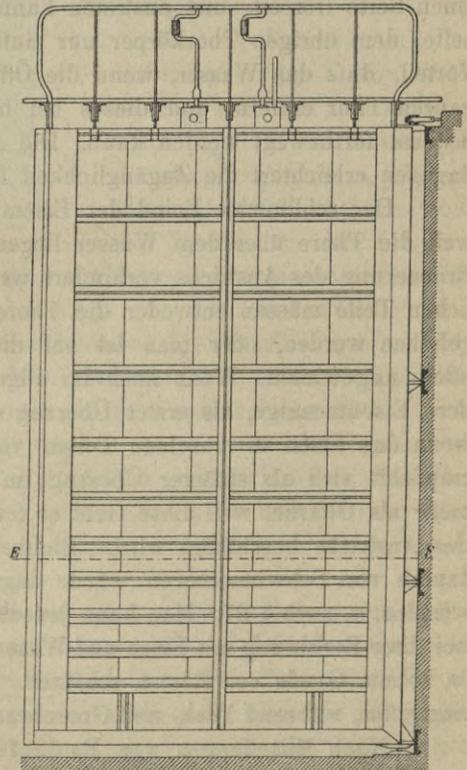
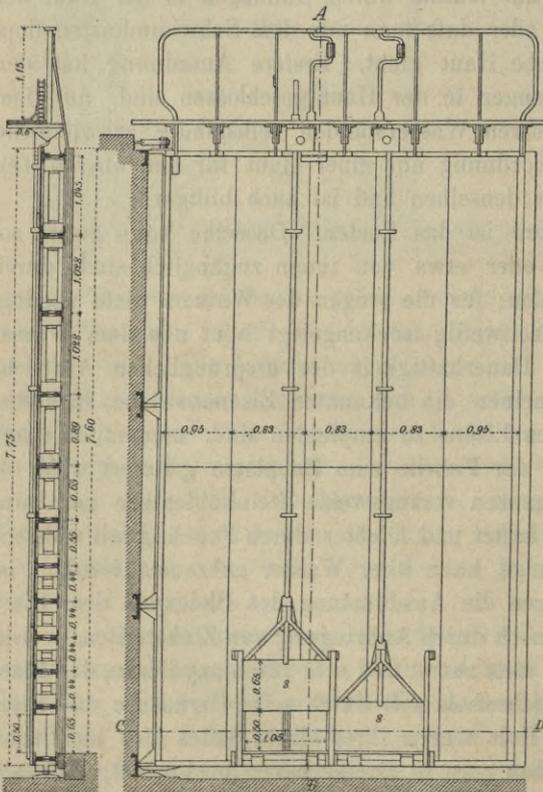


Fig. 132. Schnitt C D.

Fig. 133. Schnitt E F.

<sup>61)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1887, II, S. 411 u. f.

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

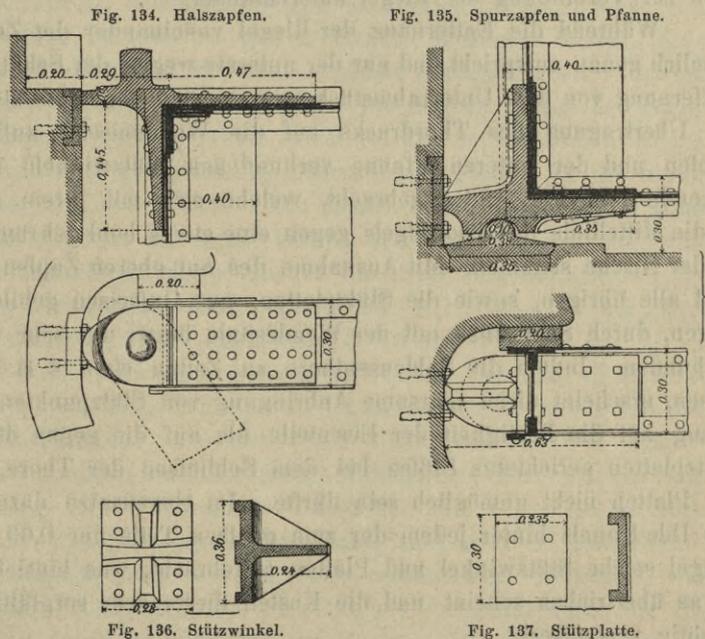
Es war hierfür im Projekte gewalztes Eisen von dieser Form vorgesehen. Wegen verzögerter Lieferung ist statt dessen ein Profil aus einem Mittelblech und vier Winkel-eisen hergestellt, wodurch nicht allein die Materialkosten höher wurden, sondern auch die Einfachheit der Konstruktion beeinträchtigt worden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

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

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

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

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

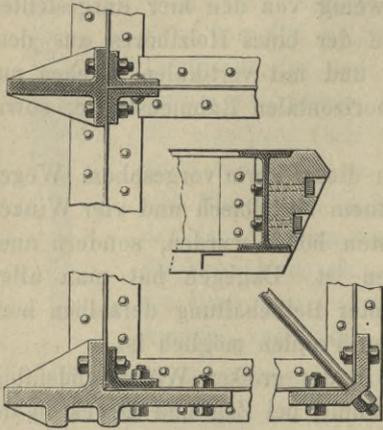


Die Riegel sind an ihren Enden so abgeschnitten, daß der Steg als Blatt bis an den Steg der Wende- und Schlagsäule reicht, während die Winkeleisen dieser letzteren

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

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

Fig. 138.



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

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

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

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

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

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

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

säule sind sieben dem Drucke entsprechend verteilte gegossene Stemmkörper (Stützwinkel), welche sich gegen ebenfalls gegossene, in die Wendenische eingelassene Platten legen, ähnlich denjenigen der Thore von Ablon (T. VIII, F. 13) und Charenton (Fig. 129, S. 208).<sup>63)</sup> Wellbleche, Buckelbleche oder Tonnenbleche (vergl. S. 188) sind übrigens mit Vorteil nur an solchen Thorteilen anzuwenden, welche nicht zu einem Luftkasten gehören. Für letzteren wendet man der zusammengesetzten Beanspruchung wegen besser gerade Bleche an.

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

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

<sup>63)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1892, II.

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

Bei dem von Mohr geleiteten Bau des Oder-Spree-Kanals sind die Unterthore der Schleusen im Anschlusse an ein Patent von Offermann teilweise aus schmiedeeisernen Rahmen mit Wellblechüberkleidung hergestellt. Die gekrümmten Wellblechtafeln sind in den schmiedeeisernen Rahmen eingeschoben. Gegen Verbiegungen des Rahmens durch die im Wellblech bei Wasserdruck eintretende Spannung sind Stahlanker (Spannstangen) zwischen den die Wende- und Schlagsäule bildenden Eisenkonstruktionen eingezogen. Zur Herstellung eines wasserdichten Schlusses sind die an Werkstein anschlagenden Thorflächen mit Holz bekleidet. Die auf diese Weise konstruierten Thorflügel der Schleuse zu Wernsdorf sind in den Zeichnungen T. X, F. 4—14 dargestellt. Die in F. 4 abgebrochen gezeichneten C-Eisen tragen Gegengewichte, vergl. § 16. Die Wendesäulen sind Kastenträger, welche sich mit aufgeschraubten stählernen Stützwinkeln bei geschlossenem Thore gegen die Nische stemmen, ähnlich wie bei den Thoren der Charlottenburger Schleuse<sup>64)</sup> und anderen.

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

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

<sup>64)</sup> Vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1886, Charlottenburger Stauanlage.

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

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

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

Bei einer Dockschleuse zu Willemsoord<sup>65)</sup> am Helder (F. 16—19, T. VIII) zeigen die Thore im Horizontalschnitt die Form eines sogenannten Halbparabelträgers; sie sind namentlich hinsichtlich der Lage der Blechtafeln auf den beiden Seiten beachtenswert. Während nämlich die nach ihrer Lage verschieden starken Bleche auf der Innenseite in ihrer Längsrichtung horizontal liegen, sodafs sie mit ihren Breiten von 0,96 m bei jeder 0,75 m voneinander entfernten Horizontalrippe abwechselnd um etwa 0,2 m sich überdecken, gehen auf der Außenseite die Bleche in ihrer Längsrichtung aufwärts und zwar über 4 bis 5 Horizontalrippen hinüber. An der Wendesäule und Schlagsäule liegen die Bleche stumpf gegeneinander und sind nur mit den Schenkeln der innen liegenden Winkeleisen vernietet. Die bei anderen Thoren üblichen äußeren Laschen fallen also hier überall fort. Über dem unteren Thorzapfen befindet sich eine bis an den oberen Zapfen reichende vertikale Querwand, welche in der Drehaxe noch durch zwei Winkeleisen verstärkt ist. Der obere Zapfen liegt mit seinem Halse unter der obersten Fläche des Thores und reicht unterhalb seines Bundes noch durch vier Horizontalwände, welche übrigens nur durch Mannlöcher und durch die Pumpen u. s. w. durchbrochen sind. Der unterste, vier Abteilungen umfassende Raum ist nicht mit Luft, sondern zum Teil mit Wasser gefüllt, während der ganze darüber befindliche Raum in der Regel Luft enthält. Für beide Räume dienen zur etwa nötigen Entleerung von Wasser zwei verschiedene Pumpen, wogegen ebenfalls beide Räume zum Füllen Ventile besitzen, die wie auch die Pumpen von der Laufbrücke aus bedient werden können. An der Schlagsäule befindet sich eine Feststellvorrichtung. Der Anschlag ist an den Kanten der Innenseite von Holz hergestellt. An einer anderen Schleuse zu Willemsoord ist dieser Anschlag noch mit Leder bedeckt. —

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

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

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

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

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

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

Die Wendesäule ist ganz aus 19 mm starkem Walzblech mit entsprechenden Winkeleisen und aufsen mit versenkten Nietten konstruiert, was zwar wegen jener Blechstärke große Schwierigkeiten geboten hat, indessen wegen der Gleichmäßigkeit des Materials für das ganze Thor auch Vorzüge vor gemischten Konstruktionen gewährt. Es ist dabei die Excentricität der Zapfen oder der senkrechten Drehaxe nur zu 12,5 mm genommen, damit beim Offenstehen der Thore schwimmende Körper nicht hinter das Thor in die Wendenische dringen und sich dort festsetzen. Wenn auch in dieser Hinsicht die Anordnung einer so geringen Excentricität bei so großen Thoren mit voller 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. Thatsächlich ist bei der Geestemünder Schleuse in einem Winter wenige Jahre nach der Erbauung durch das Einklemmen des Eises ein Bruch des ursprünglich gußeisernen

<sup>66)</sup> Näheres s. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865.

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

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

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

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

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

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

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

durchlaufenden, 0,3 m breiten und 13 mm dicken Vertikalblech abgesteift, welche an dem Ende der Wendesäule die beiden mit einer besonderen dicken schmiedeeisernen Platte an der obersten und untersten Horizontalrippe befestigten gußeisernen Spurrinne unterstützen. An den beiden vertikalen Enden jedes Flügels sind zunächst in der Mitte, sodann an der einen Seite der Wendesäule und endlich zum Anschluß an den Dremmel 30/15 cm starke Holzleisten angebracht und zwar unter Wasser von Greenheart-Holz, über gew. Wasser aus Teak-Holz. Die Bolzen, welche durch die Hölzer, ihre untergelegten Futterbleche und die betreffenden Thorbleche gehen, verursachten Leckstellen in den Thoren, die nachträglich dadurch gedichtet sind, daß sämtliche Bolzenlöcher in den Blechen mit Gewinden und mit hineingeschraubten Futterröhren versehen wurden, welche das zwischen Holz und Eisen trotz vorhergegangener Kalfaterung eingedrungene Wasser von dem Bolzenloch abhielten. Ein äußerer Flutthorflügel wiegt 45 000 kg, ein innerer bezw. Ebbethorflügel 40 000 kg. Eine Feststellvorrichtung sichert die Thorflügel bei längerer Ruhe gegen Wellenschlag und unterstützt sie gegen eigenes Übergewicht. Die Kosten der 8 Thorflügel haben 148 000 M. betragen, die der hydraulischen Bewegung außerdem 45 000 M.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Die vier Ebbethore und die Flügel eines Reservethores für die beiden Schleusen zu Brunsbüttel enthalten 852,7 t Flusseisen in den Thoren selbst, 36 t desgl. in den Nischenabdeckungen und Geländern, 14,4 t 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 F. 8—12, T. XII dargestellten Sperrthore der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals endlich sollen bekanntlich den Zweck erfüllen, vor dem Schluß der Ebbe- oder Flutthore die durch die Schleuse nach innen oder ausen stattfindende Strömung abzuschneiden, um den Schluß der eigentlichen Thore alsdann in ruhigem Wasser vornehmen zu können. Um das Schließen dieser Thore bei der bis 1,5 m Geschwindigkeit annehmenden Strömung ohne zu großen Kraftaufwand ausführen zu können, sind dieselben mit sehr großen Schützenöffnungen versehen, die erst geschlossen werden, wenn das Sperrthor selbst zuvor zum Schluß gebracht wurde. Die Schützenöffnungen liegen im oberen Teile des Thores, sodafs die Schützen, wenn sie geschlossen werden sollen, von unten nach oben gezogen werden. So lange die Schützen offen sind, bildet das geschlossene Thor also gleichsam ein Grundwehr, welches eine große Wassermenge abführt. Die Sperrthore beider Schleusen müssen stets gleichzeitig geschlossen werden, weil der vorherige Schluß der Thore in der einen Schleuse die Geschwindigkeit des Wassers in der anderen und damit die Schwierigkeit des Thorschlusses steigern würde. Für die Lage der Schützenöffnungen oben und möglichst nach der Schleusenmitte zu war die Erwägung maßgebend, dafs in diesem Teile des Querschnittes des fließenden Wassers die größte Geschwindigkeit herrscht, sodafs also, wenn man diesen Teil im Thore während des Schließens derselben offen hält, das Thor selbst den geringsten Wasserstoß bekommt. Die Bewegung der Schützen von unten nach oben für das Schließen derselben wurde deswegen für die zweckmäßigere gehalten, weil dabei das etwa durch die Öffnungen fließende Treibeis nicht festgeklemmt werden kann. Es wird vielmehr von den Schützen aus dem Wasser gehoben und kann leicht beseitigt werden.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>67)</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>68)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 419.

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

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

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

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

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

Dort wurden die vorher in der Fabrik zusammengepaßten Thore nahe der Verwendungsstelle liegend zusammengenietet und in dieser Lage durch inneren Wasserdruck auf ihre Dichtigkeit untersucht. Nach vollständiger Abdichtung wurden sie auf hölzernen Gleitbahnen von 0,14 zu 1 Neigung zu Wasser gelassen. Das Gewicht eines Thorflügels von 17,5 m Länge und 9,8 m Höhe betrug 160 t, sein Inhalt 248 cbm. Der Flügel wurde nun in das Schleusenaupt gefloßt, mit dem oberen Rahmen gegen die Schleusenwand gekehrt und hier mittels des in Fig. 139 und 140 dargestellten Gerüstes durch sechs Differentialflaschenzüge angehoben. Diese Arbeit wurde bei Hochwasser vorgenommen, indem in den unteren Teil des Thores Wasserballast eingelassen wurde. In dem Maße, wie mit der Ebbe der Wasserstand sich senkte, ließ man auch den Flügel sinken, wobei ein Taucher von Zeit zu Zeit die Stellung des Zapfens zum Zapfenlager anzeigte. Der erste Thorflügel erforderte zum Einhängen vier Stunden, bei den anderen geschah dies in 2¼ 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>69)</sup> giebt 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 dieselben 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 Thore für die Kraftübertragung kann keine Schwierigkeiten bereitet haben, da das Thor als Ständer-Stemthor nur oben sich gegen das Mauerwerk stützte.

Die Probe des Thores auf Dichtigkeit durch inneren Wasserdruck, welche in Havre bereits auf dem Lande vorgenommen wurde, kann bei Thoren, welche in der trockenen Schleuse montiert werden, sehr unbequeme Stemmarbeiten verursachen, wenn sich Undichtigkeiten an der bereits in der 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 Thores vergleiche man § 8, S. 115.

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

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

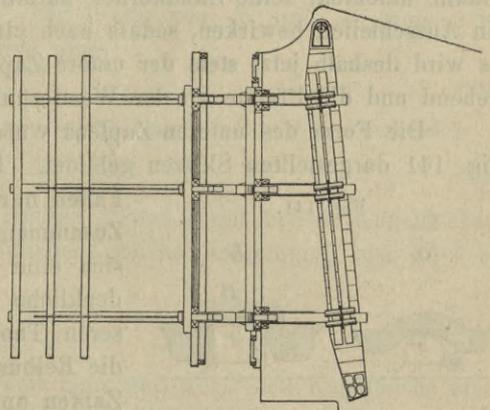
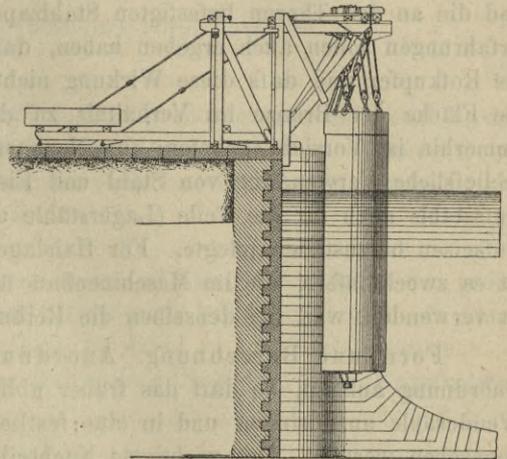
Material. Bekanntlich bilden sich galvanische Ströme, wenn verschiedenartige Metalle miteinander in Berührung treten, während sie vom Seewasser benetzt werden, und die Folge davon ist, daß das eine der Metalle zerstört wird. Aus diesem Grunde wird man bei eisernen Thoren von Seeschleusen die Verwendung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

Fig. 139 u. 140.

*Schleuse der transatlantischen Dampfer zu Havre.*

Gerüst zum Einhängen der Thore. Aufrifs und Grundriffs.

M. 0,03.



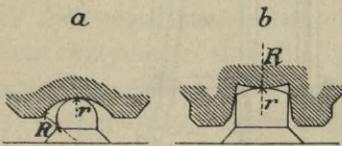
<sup>69)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1887, II, S. 411 und Zeitschr. d. Ver. zu Hannover 1888, S. 743.

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

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

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

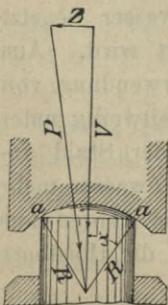
Fig. 141.



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

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

Fig. 142.



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

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

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

Dies trifft ein, wenn der Winkel  $\alpha$  so bestimmt wird, daß

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bei den Zapfen soll man niemals an Material sparen, da ein Bruch derselben ohnehin mitunter vorkommt<sup>70)</sup> und sehr unangenehme Störungen verursacht. Man macht dieselben daher meist wesentlich stärker als die Rechnung erfordert.

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

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

Fig. 143.

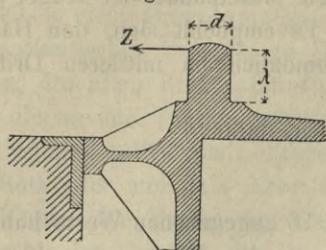
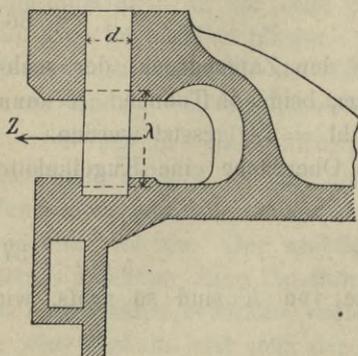


Fig. 144.



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

Für Gufseisen:

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

für Schmiedeeisen:

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

für Stahl:

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

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

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

Für Schmiedeeisen:

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

für Stahl:

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

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

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

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

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

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

Das Gewicht des durch die Anker gefassten Mauerwerks muß so groß sein, daß die Mittelkraft aus  $Z$  und diesem Gewichte die untere Fuge nicht näher an der Kante schneidet, als die zulässige Druckinanspruchnahme des Mauerwerks gestattet; außerdem darf auch der Winkel der Mittelkraft  $R$  mit der Fugennormalen nicht größer sein, als der dem Mauerwerk entsprechende Reibungswinkel. In Fig. 146 ist

$Z$  zunächst in die Ankerspannung  $Y$  und die lotrechte Seitenkraft  $V$  zerlegt,  $Y$  ist mit dem Mauergerichte  $G$  und die Mittelkraft beider mit  $V$  zusammengesetzt und in dieser Weise  $R$  erhalten. Um die Gefahr der Verschiebung zu vermeiden, empfiehlt Landsberg, die Fugen möglichst senkrecht zu  $R$  anzuordnen, wie die strichpunktierte Linie andeutet. Man wird indessen meistens mit den bequemeren horizontalen Fugen auskommen, da unsere jetzigen Mörtel sehr großen Widerstand leisten und zwar mehr, als der einfachen Reibung entspricht.

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

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

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

Fig. 145.

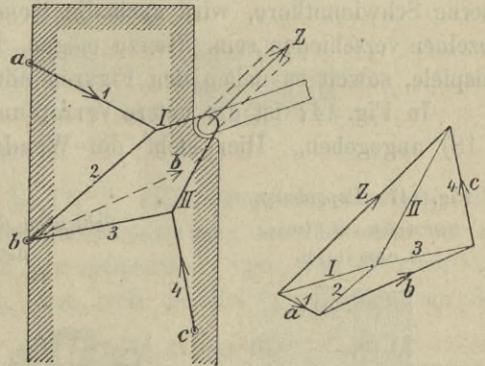
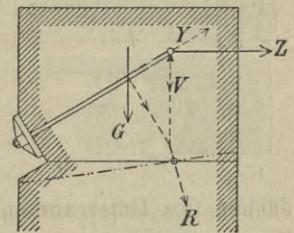


Fig. 146.



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

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

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

Fig. 147. Papenburg.

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

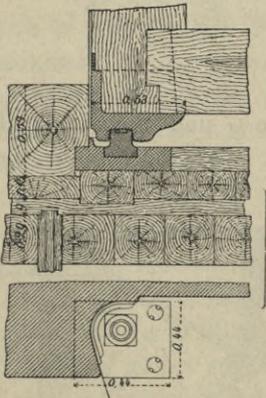
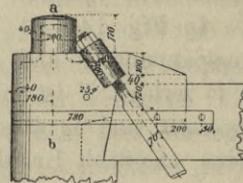
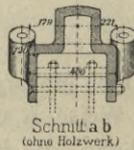


Fig. 148.  
Schleusen der Main-Kanalisation.

Halszapfen und Haube.  
M. 0,03.



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

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

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

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



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

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

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

Fig. 154 u. 155. Hameln.

Spurzapfen, Pfanne und Zapfenplatte.

M. 0,04 (1:25).

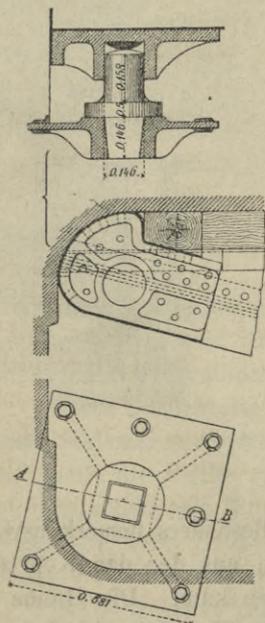
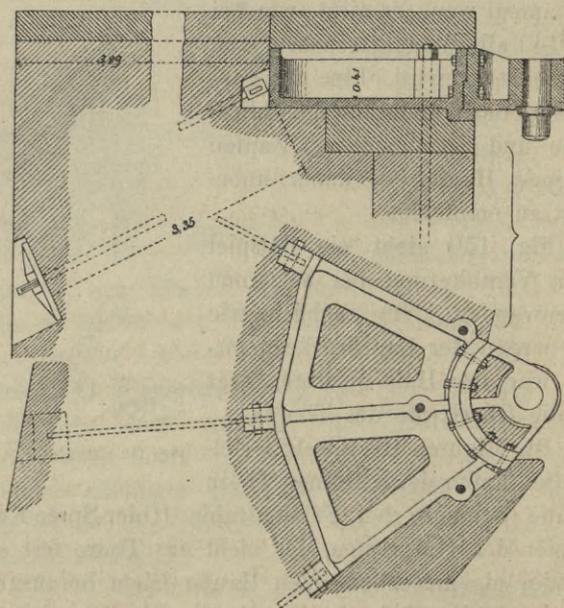


Fig. 156. Geestemünde.

Halszapfen, Halslager und Verankerung.

M. 0,02 (1:50).



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

Thoren nach Fig. 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.

Die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals zu Holtenau und Brunsbüttel (Fig. 157 und 158) besitzen starke Stahlzapfen, die in kräftige gusseiserne Grundplatten eingesetzt sind. Die Platten sind vergossen und mit Steinschrauben befestigt. Die Gleitfläche ist eine Kugelkalotte, 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.

Fig. 157 u. 158. Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals.

M. 0,04 (1:25).

Fig. 157. Spurzapfen und Pfanne eines Fluthores.

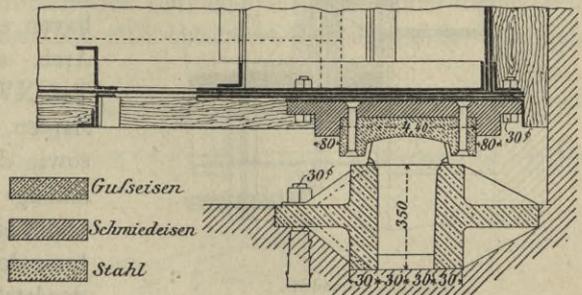
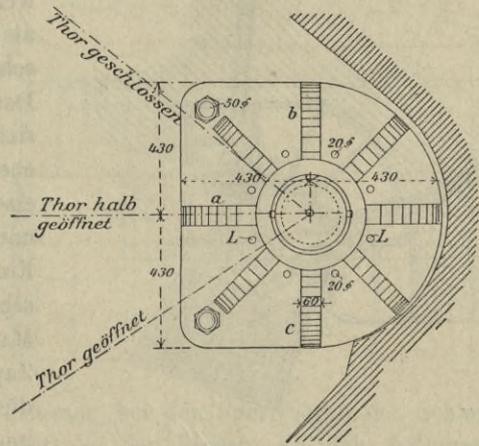


Fig. 158. Spurzapfen und Zapfenplatte eines Fluthores.



Die drei Rippen *abc* fehlen auf der unteren Seite.

*L* Luftlöcher zum Vergießen der Platte.

Zwischen dem Zapfen und dem Hohlzylinder des Halsbandes ist nach der Nische zu ein kleiner Spielraum gelassen, damit bei geschlossenen Thoren der Zapfen durch den Stemmdruck nicht beansprucht werden kann. Das Gufsstahlstück, welches den Zapfen umschließt, stemmt sich gegen einen großen eingemauerten Körper aus Gufseisen mit einer Fläche, welche einen Teil eines Cyliindermantels bildet. Beide Teile werden, nachdem das Gufsstahlstück richtig eingestellt ist, durch senkrechte Keile *a* (Fig. 160) gegeneinander festgelegt. Die Anker, welche an der Wendenische ein Scharnier *f* mit senkrechter Axe haben, werden mit dem Gufsstahlstücke durch Keile *b* verbunden. Mit Hilfe dieser letzten Keile und der vorhin erwähnten Gufseisenkörper, die man verschieden stark

<sup>71)</sup> Die Seitenflächen der Zapfen hat man nachträglich nicht cylindrisch gemacht, sondern, um eine geringe Beweglichkeit zu ermöglichen, oben und unten etwas eingezogen, sodafs sie etwa ellipsoidenartig sind.

Fig. 159 u. 160.

Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals.

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

Fig. 159. Vertikalschnitt.

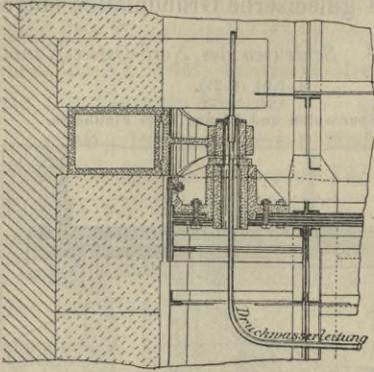


Fig. 160. Grundriss.

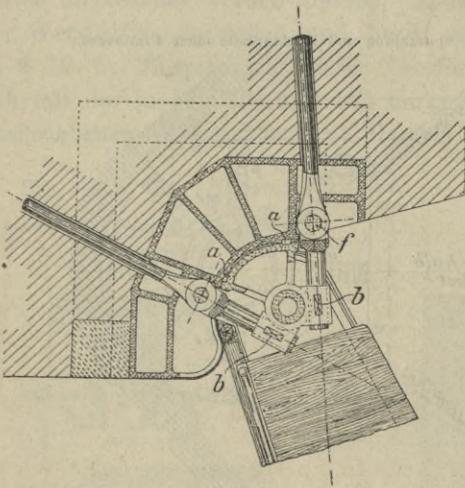
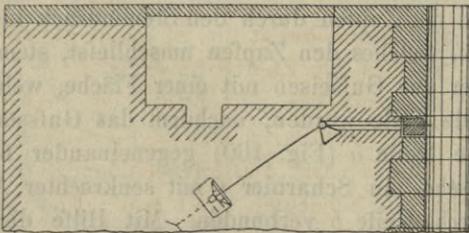


Fig. 161. Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals.

Verankerung eines Flutthores.

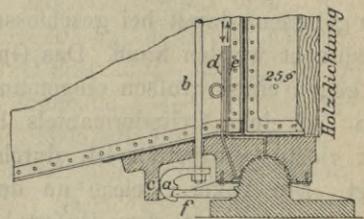


machen kann, ist infolge der Scharniere in den Anker ein genaues Einstellen des Halszapfens möglich. Die Anker der Ebbehore bleiben in wagerechter Lage, während diejenigen der Flutthore nach unten geführt sind, wie Fig. 161 zeigt, um mehr Mauerwerk zu fassen.

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

Fig. 162. Barry-Dock.

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



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

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

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

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

Diese statische Unklarheit hat Verfasser bei den Sperrthoren der Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals dadurch vermieden, daß er den Riegeln an den Schlagsäulen bewegliche Stemmkörper gab, s. Fig. 165 u. 166. Die beiden beweglichen Stemmkörper eines Thorpaars bilden ein Universalgelenk. Die Körper haben nämlich

cylinerförmig abgedrehte Rückseiten, die Axen der Cylinder haben aber verschiedene Lage, indem an dem einen Thore die Axe senkrecht steht, an dem anderen aber wagerecht liegt.

Fig. 163 u. 164.

Schleuse für transatlantische Dampfer zu Havre.

Haube der Wendesäule.

Stahlschuh der Schlagsäule.

M. 0,025 (1:40).

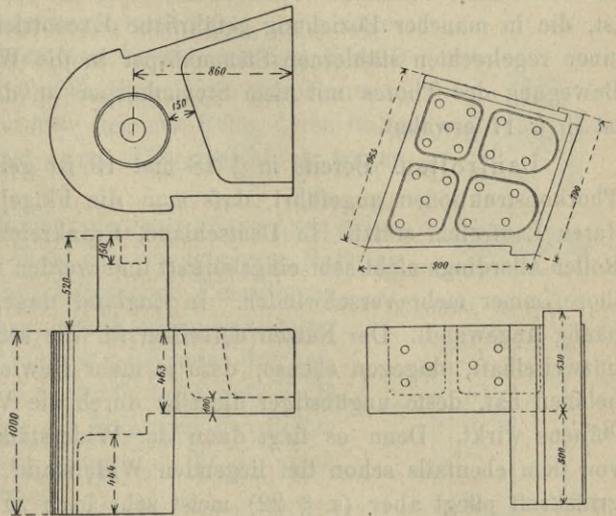
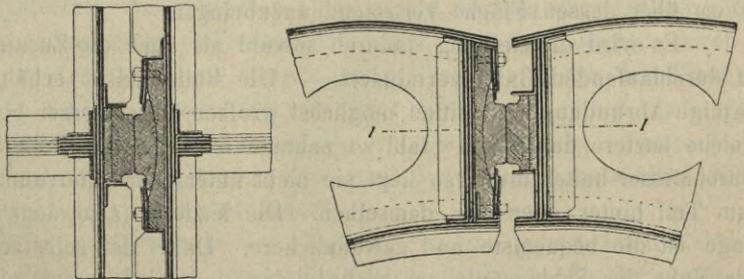


Fig. 165 u. 166. Stemmlager. M. 0,04 (1:25).

Vertikalschnitt I I.

Horizontalschnitt.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 167 u. 168.

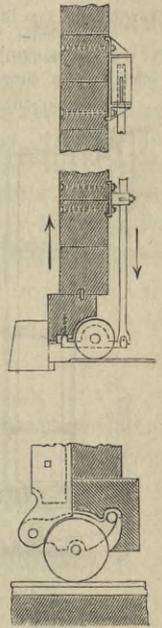
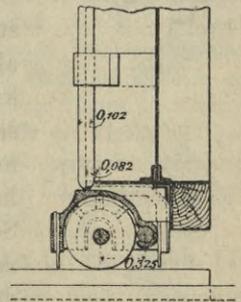


Fig. 169. M. 1:50.

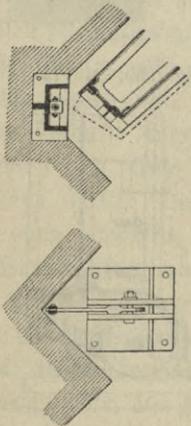
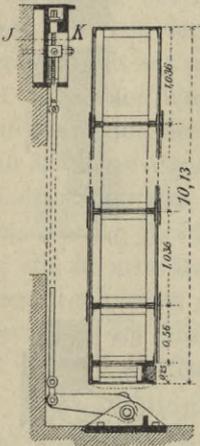


sind auch später, wenn sie schadhafte werden, schwer auszubessern. Es verdient daher eine Ausführungsweise erwähnt zu werden, die ganz über Wasser liegt und jederzeit

Fig. 170 u. 171.  
Brake.

Vorrichtung zum Stützen  
der Thore.

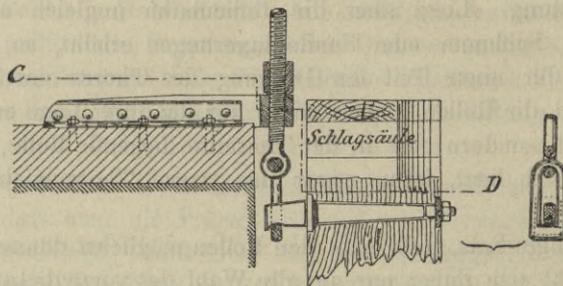
Vortikalschnitt,  
Schnitt JK u. Grundrifs.  
M. 0,02 (1:50).



nachträglich angebracht werden kann. Dieselbe ist bei einer Kammer-  
schleuse im Kanal zwischen dem Leck und der Merwede bei Gorin-  
chem angewendet und durch Fig. 172 dargestellt.<sup>79)</sup> Mittels Stein-  
schrauben ist eine Platte auf dem Mauerwerke der Nische befestigt,  
welche einen Ausleger mit einer Hülse am freien Ende trägt, durch  
die in senkrechter Richtung eine Schraube gesteckt ist. Die Schraube  
hat unten ein Auge, in welchem ein Bügel befestigt ist, der unter  
einen Knaggen an der Schlagsäule des offenen Thores greift. Zieht  
man die Mutter der Schraube an, so wird die Schlagsäule gehoben  
und damit das Thor an seinem freien Ende gestützt.

Fig. 172. Merwede-Kanal.

Vorrichtung zum Stützen der Thore.



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

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

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

<sup>79)</sup> De ingénieur, Jahrg. 5, No. 14, und Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 282.

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

Fig. 173.

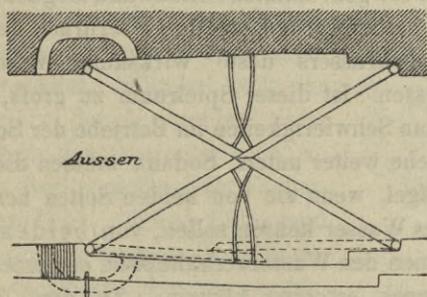
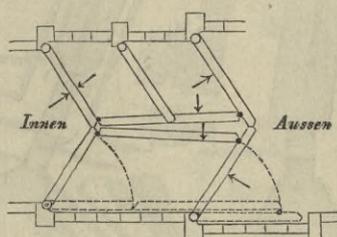


Fig. 174.



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

Fächerthore. Eine glücklichere Lösung der Aufgabe zeigt die in Fig. 175 u. 176 (S. 238) dargestellte Fächerschleuse von Blanken. In ähnlicher Weise sind in Holland mehrere Schleusen erbaut, dagegen soweit bekannt in Deutschland nur die Schleusen des ältesten Bassins in Bremerhaven und einer Abzweigung des Nord-Ostsee-Kanals nach Rendsburg. Der gewöhnlichste Zweck solcher Schleusen ist, aus einem Binnenbecken zur Spülung des Vorhafens während des niedrigen Außenwassers eine starke Ausströmung zu veranlassen. Die allgemeine Anordnung geht aus den genannten Figuren leicht hervor, wenn namentlich die nur durch punktierte Schlitze angedeuteten Schützen in den Kanälen *ab* und *cde* (Fig. 176) beachtet werden. Indem die zwei ungleich langen, in der Regel sich wie 5:6 in der Länge verhaltenden Flügel jeder Seite fest miteinander zu einer Fächerform verbunden sind, und hinter dem 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 Binnenseite des Thores

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

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

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

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

Fig. 175 u. 176.

Schleuse mit Fächerthoren bei Vreeswijk.

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

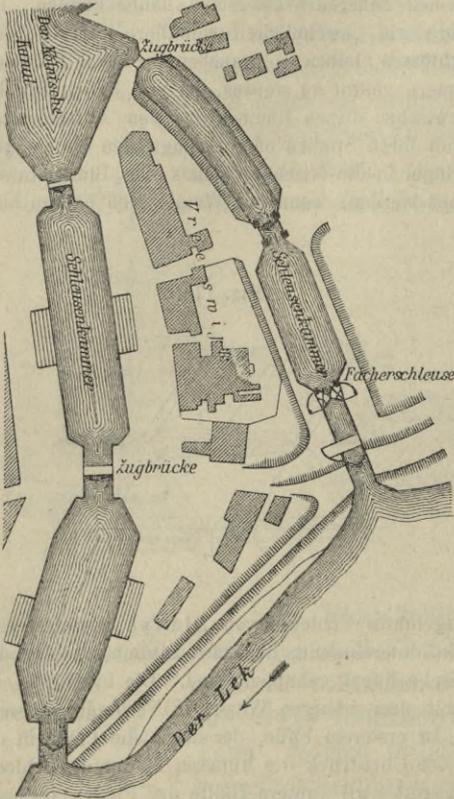
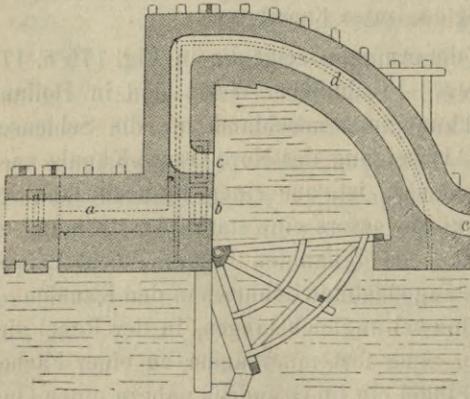


Fig. 176. Grundrifs. M. 0,004 (1:250).



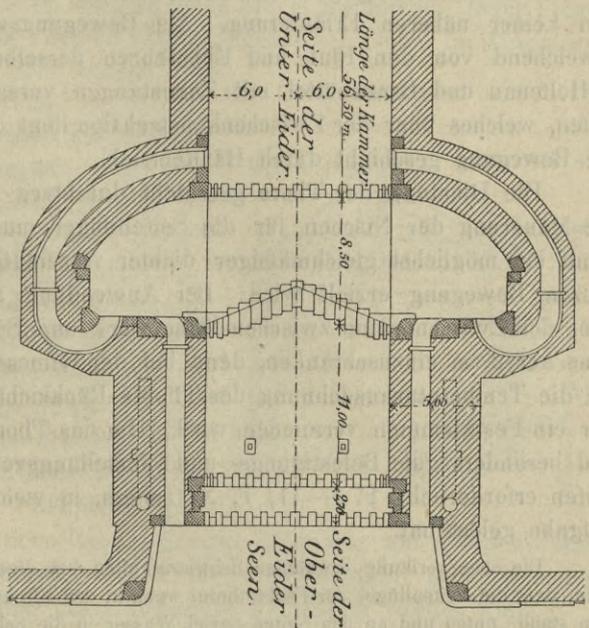
Dagegen möge nachstehend eine Darstellung und Beschreibung der Fächerthore der neuen Rendsburger Kammersehleuse, als der neuesten derartigen Ausführung und so viel bekannt, der ersten in Eisen, folgen.

Die Schleuse besitzt nach der Untereider, welche einen höchsten Flutwasserstand von + 22,0 und einen niedrigsten Ebbwasserstand von + 18,3 hat (Null = - 20 A. P.),

Fig. 177. Schleuse mit Fächerthoren bei Rendsburg.

Grundriß des Hauptes an den Obereider-Seen.

M. 0,002 (1:500).



Die Stemmflügel der Fächerthore sperren gegen das Flutwasser der Untereider. Fällt bei Ebbe das Wasser in der Untereider tiefer ab, als in den Obereider-Seen, so können die Stemmflügel der Fächerthore auch bei offenen Ebbe- und Flutthoren des anderen Hauptes dadurch geschlossen gehalten werden, daß man hinter die Seitenflügel das hohe Wasser aus den Obereider-Seen eintreten läßt. Es können also Schiffe aus der niedrigeren Untereider in die Schleuse einfahren und nach Schluß des Ebbethores in die Obereider geschleust werden, nachdem man den Wasserstand in der Schleusenkammer auf den der Obereider-Seen und der Nischen der Fächerthore gehoben hat.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 178.

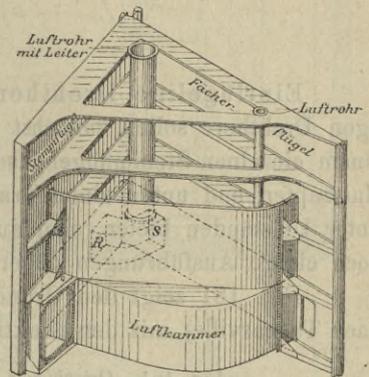
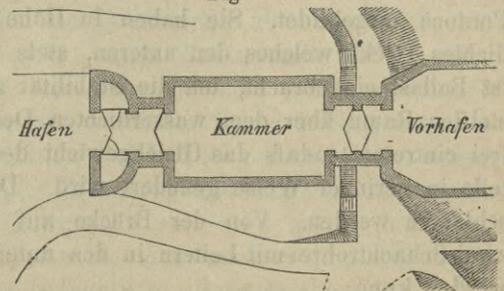


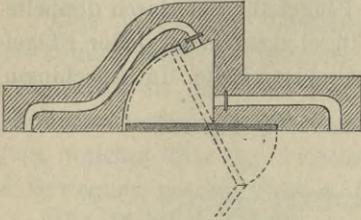
Fig. 179.



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

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

Fig. 180.



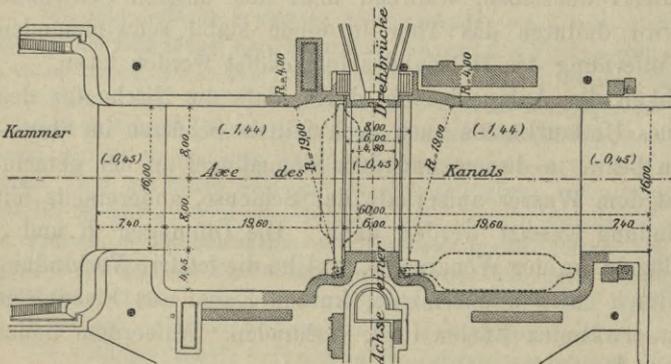
Eine ähnliche Benutzung ist möglich durch Anbringung einer quadrantförmigen Nische, in welche der längere Flügel eines mit einem kürzeren Flügel geradlinig verbundenen Drehthores schlägt (Fig. 180).

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

Fig. 181 zeigt den Grundrifs der Ostschleuse zu Tancarville (Kanal von Havre nach Tancarville) mit den punktiert angedeuteten beiden einflügeligen Drehthoren, welche

Fig. 181. Ostschleuse zu Tancarville.

Grundrifs. M. 1:800.



eine Schleusenweite von 16 m abschließen. Die ganze Thorlänge beträgt 18,75 m, die größte Breite 4,02 m, die Höhe des Flutthores 9,85 m, die des Ebbethores 7,85 m. Die Abmessungen der in den Figuren 182 bis 184 (S. 243) dargestellten Thore der Westschleuse sind dieselben bis auf die Höhen, welche dort 9,25 bzw. 7,25 m betragen.

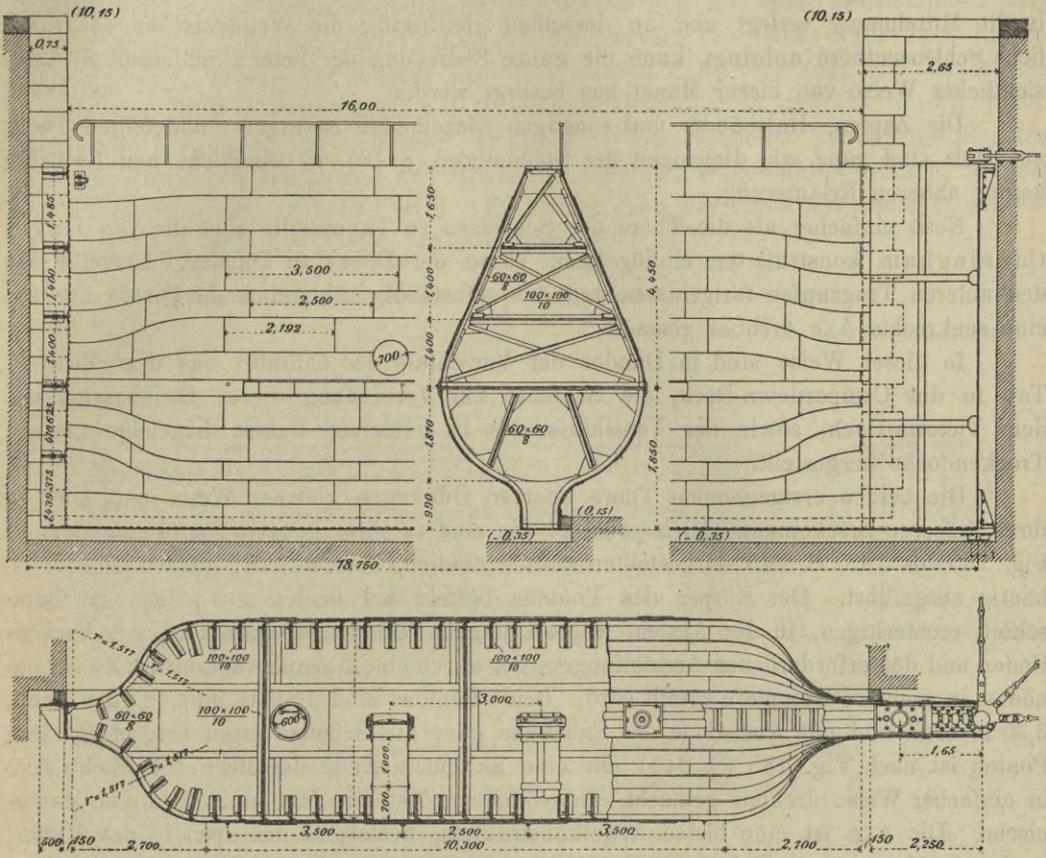
Die Thore sind vollkommen wie frei schwimmende

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

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

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

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



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

Durch Anordnung von ausreichendem Ballast im unteren Räume der Thore und möglichst leichte Konstruktion des oberen Teiles, sowie durch den gewählten birnenförmigen Querschnitt hat man es erreicht, daß das Metacentrum über oder wenigstens ganz dicht unter dem Schwerpunkt des Systems bei jedem Wasserstande bleibt, sodafs eine nennenswerte Neigung zum Kentern und eine Beanspruchung auf Torsion nicht vorhanden ist. In der Quelle, der diese Mitteilung entstammt<sup>75)</sup>, wird mitgeteilt, daß sich die Thore 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 Thorform nicht genehmigt, sondern Stemmtore vorgeschrieben.

<sup>75)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1892, I, S. 710.

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

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

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

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

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

Bei dem Ponton in der Einfahrt vom Flusse in das Camperdown-Dock sind die unter N. W. Nipp-Tiden liegenden Kammern als Luftkammern ausgeführt, deren unterste soviel Wasserballast aufzunehmen hat, daß das Ponton gerade noch einen geringen Auftrieb besitzt. Über den Luftkammern liegt eine in drei Querabteilungen getrennte weitere Kammer, in welche von der Dockseite aus durch kleine Schützen Wasser gelassen werden kann, um das vor die Öffnung gelegte Ponton beim Eintritt der Ebbe senken und so einen dichten Verschluss herstellen zu können. Bei Einsetzen der Flut wird dieses Wasser durch Schützen an der Außenseite wieder ausgelassen, sodafs 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 Dockbassins hat zu seinen beiden Seiten stets gleiche Wasserstände, kann also nicht wie das vorige durch Ein- und Auslassen von Wasserballast gehoben und gesenkt werden. Dies Ponton enthält in den unteren Kammern soviel Wasserballast, daß es noch gerade unten aufsteht. Über den Luftkammern steht dem Wasser der freie Ein- und Austritt in das Ponton zu, sodafs wechselnder

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

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

Fig. 185. Ansicht.

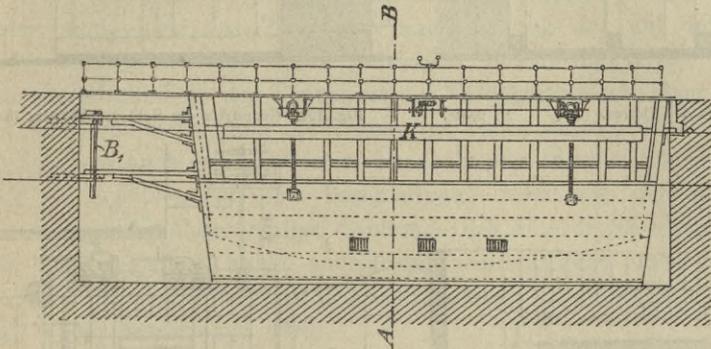


Fig. 186. Schnitt A B.

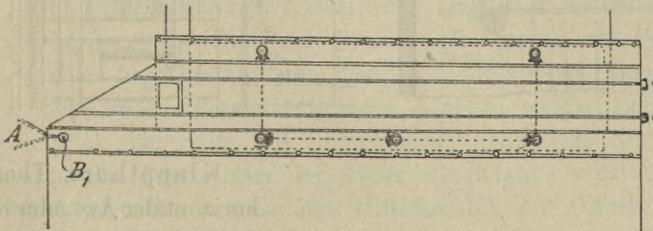
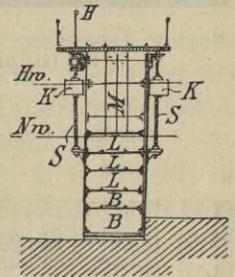


Fig. 187. Grundriss.

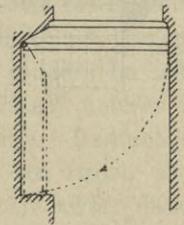


Fig. 188. Thornische.

Der Abschluss für das Trockendock ist ganz ähnlich konstruiert, über dem Luftkasten aber nur einhäutig. Das in den Figuren 185 bis 188 dargestellte Ponton hat die Räume *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>76)</sup>

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

<sup>76)</sup> Deutsche Bauz. 1889, S. 605.

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

Fig. 189. Ansicht.

M. 0,008.

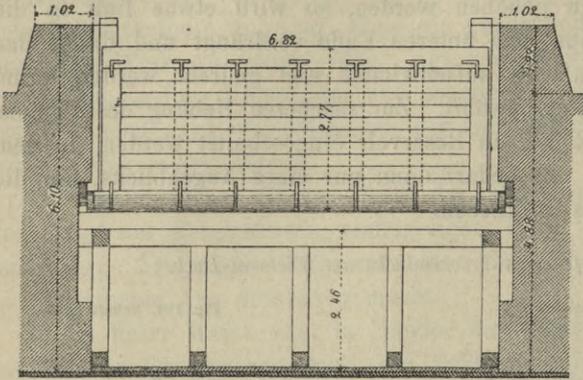


Fig. 190. Längenschnitt.

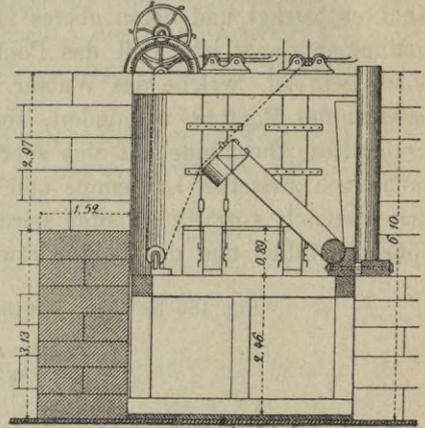


Fig. 191. Grundrifs des Thores.

M. 0,008.

Fig. 192. Grundrifs des Schleusenkörpers (halb).

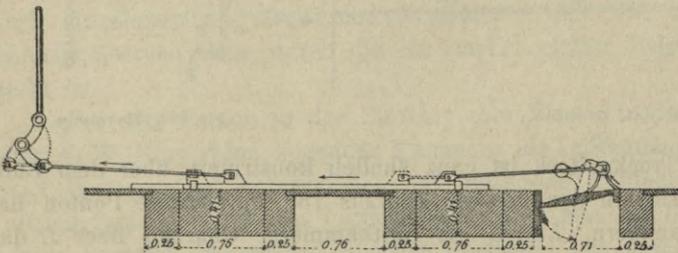
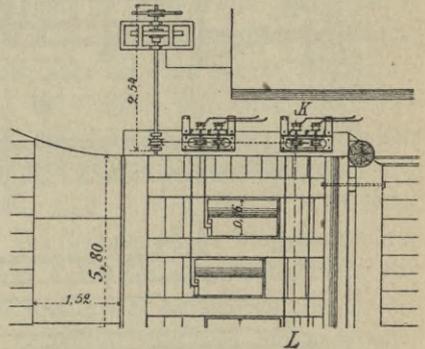
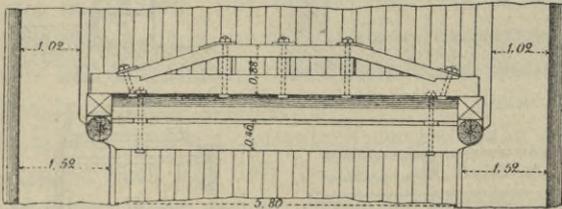


Fig. 193. Schnitt KL (Fig. 192). M. 0,016.

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

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

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

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

Eine bemerkenswerte Abweichung zeigt das Klappthor für den Erweiterungsbau der Alsterschleuse in Hamburg, welche gleichzeitig als Freiwasserablafs dienen soll. Bei demselben liegt die Drehaxe nämlich nicht an der Unterkante, sondern im mittleren Drittel, nahe dem unteren Drittel der Klappe, welche sich mit ihrem unteren Rande gegen eine an der Seite des Unterwassers befindliche Schwelle legt. Dadurch ist erreicht, dafs das Oberwasser der Alster die Klappe stets zu schliessen strebt, während das Unterwasser des sogenannten Mittelbassins auf Öffnen derselben wirkt, dafs aber bei einer gewissen Höhe des Oberwassers (+ 6,60) das Moment des Unterwassers in Bezug auf die Drehaxe bereits bei einem Stande von + 5,05 desselben gröfser, als das Moment des Oberwassers wird. 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 thunlichst gleich dem Minimum ausfällt — ein Punkt, der für die Bereitstellung der zum Bewegen der Klappe erforderlichen Kraft, wenn dieselbe nach zuvoriger Öffnung der Stemthore des Unterhauptes zum Zwecke des Wasserablassens aus der Alster umgelegt werden soll, von entscheidender Bedeutung ist.

Die Klappe soll gleichzeitig als Einlafsschütz (Drehschütz) zum Füllen der Schleusenkammer dienen und zu diesem Zwecke zunächst nur soweit 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, wo indessen die Konstruktions-Einzelheiten noch nicht mitgeteilt werden.

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

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

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

Fig. 194. Ansicht.

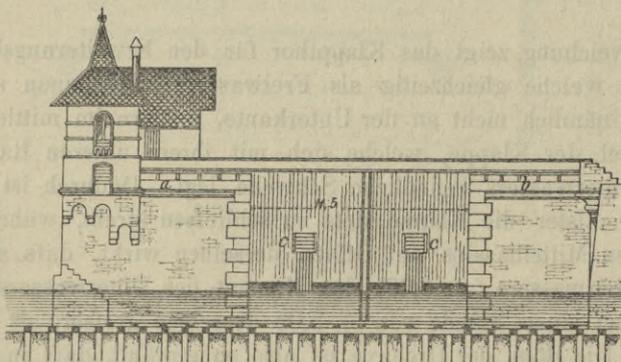
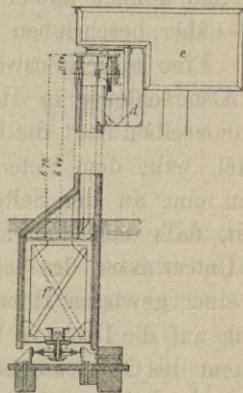


Fig. 195. Vertikalschnitt. M. 1:100.

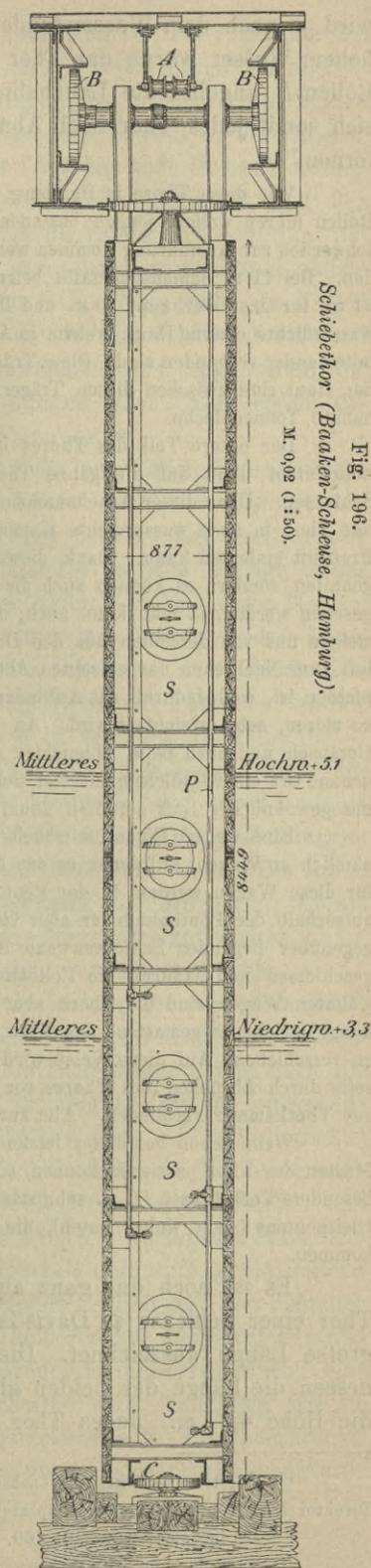


Eine Kammerschleuse mit Drehthoren würde aber selbst bei der besten Einrichtung etwa 10 Minuten für jede Durchschleusung erfordern und erschien deshalb weit weniger geeignet, als die in ihrer Idee von Dalman herrührende Schleuse mit Schiebethoren, welche, obgleich als Kammerschleuse gebildet, dennoch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

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

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

Das Gerippe der Thore besteht vorwiegend aus U- und L-Eisen (Flusseisen) und ist an allen Seiten mit Holz verkleidet. In jedem Thore befinden sich acht völlig zusammengeschweißte Schwimmkasten *S*, welche lose in das Eisengerippe eingeschoben sind. Die Schweifung anstatt der Nietung bietet eine große Gewähr der Dichtigkeit der Schwimmkasten, sodass 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 Thores durch eine Pumpenleitung *P* von etwa eingedrungenem Wasser entleert werden können. Durch die Schwimmkasten



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

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

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

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

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

Es ist noch das ganz aus Holz bestehende durch F. 20—23, T. IX dargestellte Thor einer Schleuse zu Davis-Island in Ohio<sup>79)</sup> zu besprechen, welches sich durch seine große Länge auszeichnet. Die Schleusenweite beträgt nämlich 33,35 m und infolge dessen die Länge der beiden gleich großen Thore 36 m. Die Thorbreite ist 4,06 m und die Höhe 4,27 m. Jedes Thor wird von 8 eisernen Axen mit 16 Rollen von 0,72 m

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

<sup>78)</sup> De ingénieur 1888, S. 160. — Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 507.

<sup>79)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1885, I, S. 1029.

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

Diesen Schiebethoren insofern ähnlich, als sie ebenfalls auf Rollen liefen, welche unten an den Thoren befestigt waren, sind die älteren Thore nach dem Patente von Kinipple. Das in unten genannter Quelle<sup>80)</sup> dargestellte Thor befindet sich zu Greenock und dient zum Verschlusse eines Docks (vergl. Kap. XXII der zweiten Auflage dieses Werkes, T. XXVI, F. 7—9). Das Ponton belastet die vier kleinen zweirädrigen Wagen, auf denen es in die neben dem Dock liegende Pontonkammer geschoben werden kann, bei jedem Wasserstande nur mit einem mäfsigen Gewichte, es kann aber durch Entfernung des Wasserballastes aus seinem Innern zum Aufschwimmen gebracht werden. Diese Schiebepontons von Kinipple sind, wie bereits in § 16 erwähnt, rund herum — auch an den Stirnseiten — geschlossen. Das aus der Pontonkammer beim Öffnen des Thores zu verdrängende Wasser mufs also unter das Thor hindurch oder durch Umläufe abfliefsen. Durch ein unter N. W. liegendes Deck wird das Thor in zwei Hauptabteilungen geteilt, deren untere die Luftkammer und gleichzeitig den Ballastraum bildet. Der Raum über dem Luftkasten steht durch Ventile mit dem Aussenwasser in Verbindung, sodafs für diesen Teil der Wasserdruck stets auf die am Anschlage liegende Haut wirken kann. Vom Luftkasten führt durch diesen Wasserraum ein Einsteigeschacht nach oben.

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

<sup>80)</sup> Ann. des ponts et chaussées, Bd. XI, I, S. 30.

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

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

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

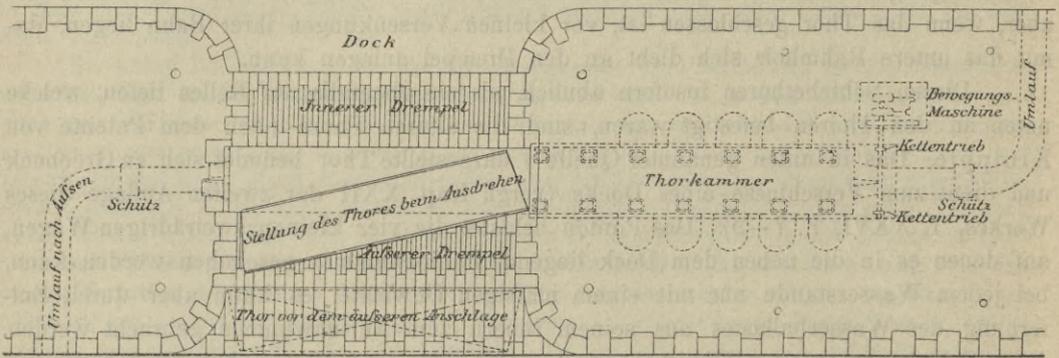
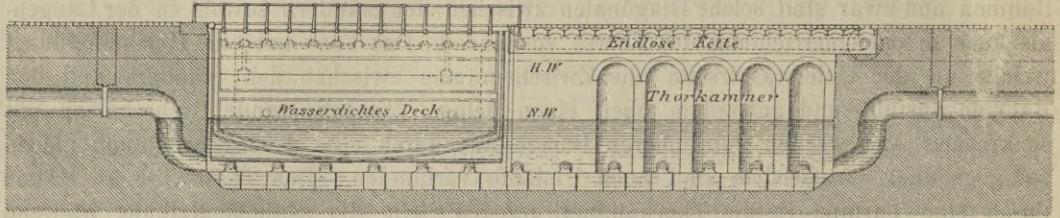
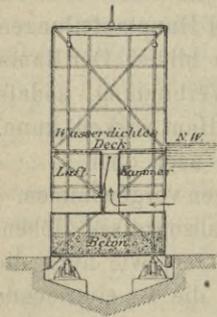


Fig. 199. Querschnitt.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

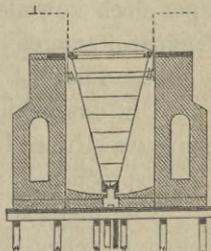
Gleitpontons. Bei den neuesten Ausführungen sind die höher gelagerten Rollen dem Schmutze oder der Beschädigung durch feste Hindernisse weit weniger ausgesetzt, als etwa die Rollenbahnen von Drehthoren und die Ketten zur Bewegung derselben.

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

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

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

Fig. 200.



Das in Fig. 201 bis 203 leider sehr skizzenhaft dargestellte und in der Quelle<sup>82)</sup> nur oberflächlich beschriebene Gleitponton stellt eins der in Portsmouth hergestellten dar. Auch dies ist an den Stirnwänden geschlossen, sodafs das aus der Pontonkammer abfließende Wasser unter dem Ponton oder durch Umläufe seinen Weg suchen muß. Das Ponton ist durch zwei wasserdichte Decks in drei Hauptteile zerlegt. Der unterste derselben dient als Ballastraum und wird mit Wasser gefüllt. Über diesem folgt der Luftraum, in welchem die Pumpen stehen, die zum Leeren des Ballastraumes dienen, wenn das Ponton aufschwimmen soll. Vom Luftraum führen nach oben zwei Einsteigegschächte, in denen gleichzeitig die Transmissionswelle zum Betriebe der Pumpen untergebracht ist. Der Raum über der Luftkammer steht wieder mit dem Aufsenwasser in Verbindung. Die Brücke über dem Ponton senkt oder hebt sich, je nachdem das auf Rollen laufende Gestänge am unteren Ende der Hebel *b* mit seinen inneren Endpunkten *a* einander genähert oder in die Lage Fig. 203 gebracht wird. Ist die Brücke gesenkt und das Gelände 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 Eisenbahnschienen auf Granitmauerwerk, welches auf der Gleitfläche poliert wird. Die einzelnen

<sup>82)</sup> Engineering 1892, Aug. S. 275.

Fig. 201 bis 203. Schiebeponton (Portsmouth).

Fig. 201. Ansicht.

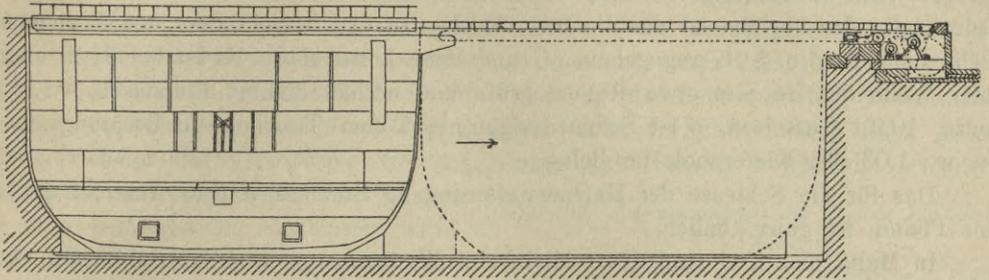


Fig. 202. Grundriss.

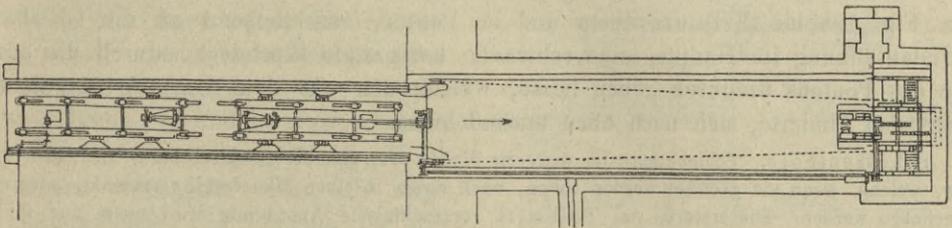
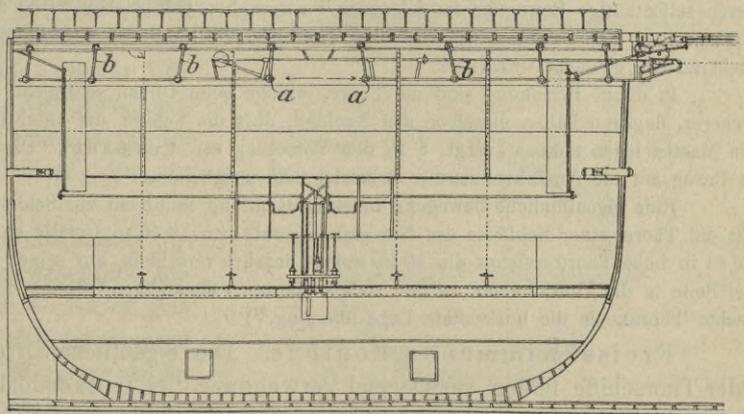


Fig. 203. Längenschnitt.



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

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

<sup>83)</sup> Vergl. auch Fortschritte der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 121.

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

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

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

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

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

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

Freischwimmende Pontons. Die eigentlichen freischwimmenden Pontons oder Thorschiffe finden vorwiegend Verwendung bei Trockendocks, für welche sie neben den Schiebethoren und Drehpontons einen sehr geeigneten Verschluss bilden. Ihre allgemeine Anordnung, sowie die äufsere Gestalt ist durch die Besprechung der Drehthore S. 242 und Drehpontons S. 245 bereits bekannt. Sie erhalten meistens einen Kiel, der sich in Vorder- und Achtersteven fortsetzt und zu beiden Seiten wie die letzteren mit hölzernen Dichtungsleisten versehen ist. Bei den Trockendocks, wo es auf gröfsere Dichtigkeit ankommt, werden die Holzleisten wohl noch mit besonderen 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 Drempel 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

<sup>84)</sup> Näheres hierüber in De ingenieur 1888, S. 348.

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

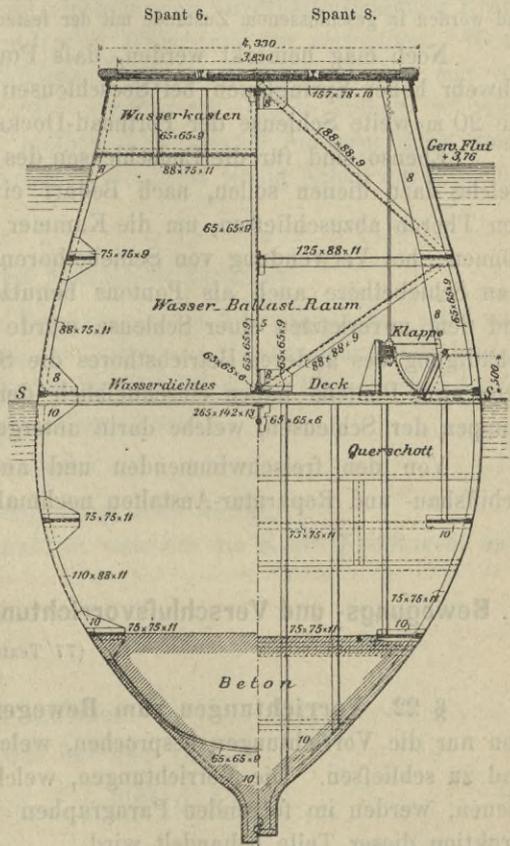
Unmittelbar über dem wasserdichten Deck befinden sich die Einlässe für das Wasser, welche geöffnet werden, wenn das Ponton auf den Grund gesenkt werden soll. Da die Wassereinlässe sowie das wasserdichte Deck nur wenig über der Schwimmlinie liegen, so ist nur ein geringer Ballast erforderlich, um das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

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

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

Fig. 204. Kammerschleuse der zweiten Einfahrt zu Wilhelmshaven.

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



<sup>85)</sup> Vergl. De ingénieur 1888, S. 391.

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

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

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

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

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

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

(77 Textfiguren.)

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

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

<sup>86)</sup> Engineering, Okt. 1877, S. 291.

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

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

1. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Stemthore.

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>87)</sup> Der erstere ist nach der auf S. 172 näher bezeichneten Arbeit von Landsberg: Die Eisenkonstruktionen des Wasserbaues:

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

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

Der Widerstand des Wassers gegen das bewegte Thor ist:

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

Darin bedeutet:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

einfache Zugstange unter Voraussetzung dieser Bedingung wirksamer sein können, als eine nur durch Handkurbeln zu bewegende Winde mit großer Übersetzung, weil bei letzterer viel Reibungsverlust in den Zahnrädern stattfindet und der Mensch vorzugsweise nur mit der Muskelkraft arbeiten kann. Wenn jedoch das Thor so groß ist, daß ohne mehrfache Übersetzung der menschlichen Kraft die Reibung der Ruhe kaum überwunden werden kann, so muß schon eine 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 dieselben sowohl das Thor schließsen als auch öffnen oder nur eins von beiden verrichten können. Wenn letzteres der Fall ist, z. B. wenn nur Ketten zwischen Winde und Thor vorhanden sind, so müssen auch für jeden Thorflügel zwei Winden angebracht werden, dagegen kann bei Anwendung einer festen Schiebestange von ein und derselben Winde der betreffende Thorflügel auf- und zuge dreht werden. Diese Einrichtung findet aber bei großen Weiten ihre Schwierigkeiten sowohl in der Größe eines noch bequem zu handhabenden Schiebebaums als auch namentlich darin, daß derselbe unter Wasser angreifen und in der Seitenwand liegen mußte. Es haben daher kleinere Schleusen in der Regel eine feste Stange für die Schließung der Thore, wobei die Öffnung entweder durch dieselbe Stange oder mit Hilfe von Seil oder Kette geschieht und die betreffende Winde in der Nähe der Schlagsäule des geöffneten Thorflügels neben dessen Thornische steht. Dagegen steht für einen nur mit Ketten bewegten Thorflügel die Winde zum Öffnen zwar ebenso wie im vorgenannten Falle, die zum Schließsen aber auf der anderen Seite der Schleuse, wobei die Richtungen der beiderseitigen Ketten möglichst in eine gerade Linie fallen müssen, wenn das Thor halb geöffnet ist.

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

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

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

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

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

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

Fig. 205 u. 206.

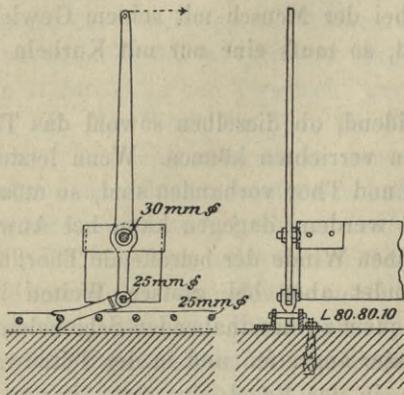
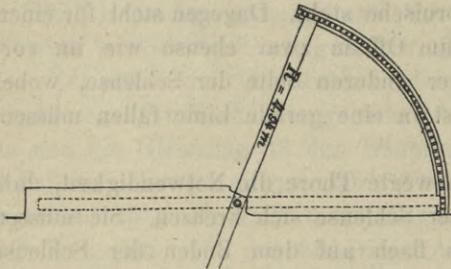


Fig. 207.



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

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

Fig. 208.

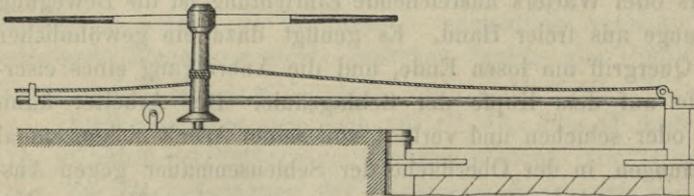
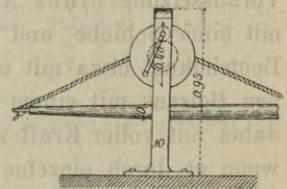


Fig. 209.



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

<sup>88)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413.

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

Eine recht zweckmäßige Anordnung für die Bewegung mit Zug- und Druckstange, die zuerst am Kanal du Centre und danach an einer grösseren Zahl französischer Kanäle in Anwendung gekommen ist, zeigt Fig. 210 a—d. Die oben am Thor durch ein Scharnier mit senkrechter Axe befestigte Schubstange trägt an beiden Enden kleine Kettenrollen mit horizontaler Axe und ist am Lande durch eine Hülse geführt. Diese Hülse liegt mitten unter der Kettentrommel und ist mit dieser in einer Gabel gelagert, die sich um eine senkrechte Axe, je nach der Stellung, die das Thor einnimmt, drehen kann. Unter der Hülse befinden sich zwei Haken, in welche die Enden der Kette eingehakt werden. Die Kette geht, wie die Fig. 210 d zeigt, schräg durch die Windetrommel hindurch,

Fig. 210 a—d. Kanal du Centre.

Fig. 210 a.

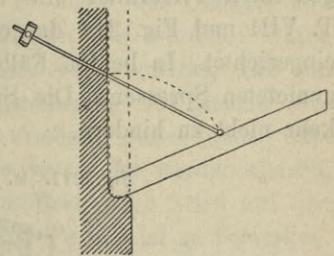
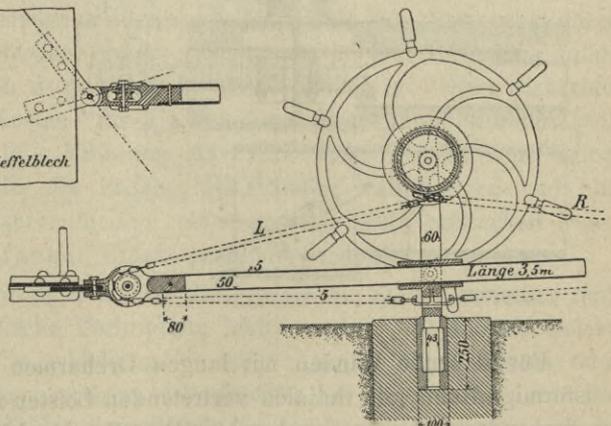
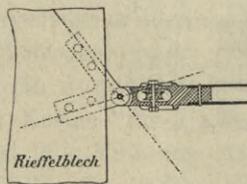
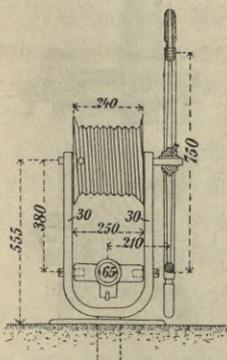


Fig. 210 b.

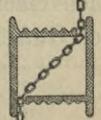
M. 1 : 25.

Fig. 210 c.



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

Fig. 210 d.



ablaufenden Trum folgend, auf. Die sinnreiche Durchquerung der Kettentrommel durch die Kette beschränkt die Trommellänge also auf die Hälfte derjenigen, welche erforderlich wäre, wenn die Kette nur 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 Thor befestigte Ende der Stange beschreibt.<sup>89)</sup> Alles weitere ergibt sich aus den Figuren.

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

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

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

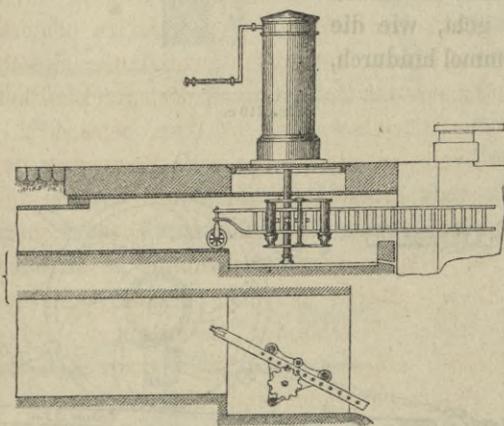
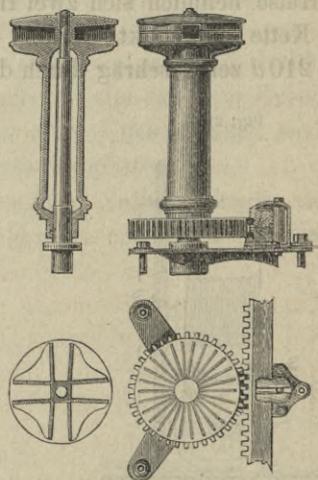


Fig. 212.



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

<sup>89)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1886, II, S. 673.

<sup>90)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1886, I, S. 745.

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

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

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

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

Jene Gefahr besteht bei Zahnstangenbetrieb darin, daß die Stange zwischen dem Thor und Getriebe eine wenig elastische Verbindung bildet, sodaß alle Stöße, welche das Thor treffen, leicht das Getriebe schädigen.<sup>92)</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 Trieb rad ausgertückt wird, sobald das Thor geöffnet oder geschlossen ist. Ein fernerer Nachteil besteht darin, daß sich in den Zähnen der Stange leicht Schmutz festsetzt, der die Widerstände vermehrt. End-

<sup>91)</sup> Begleitschrift zu dem auf der Weltausstellung zu Chicago ausstellten Modelle der Schleusen.

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

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

Anstatt einer Zahnstange hat man auch unmittelbar auf das Thor wirkende hydraulische Pressen angewandt, so bei den Schleusen des Schelde-Maas-Kanals<sup>93)</sup>

Fig. 213. Barry-Dock in Cardiff.

M. 1: 450.

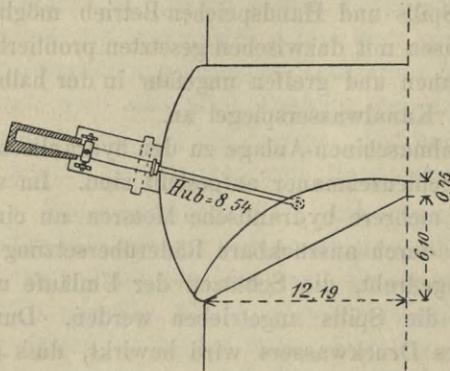


Fig. 214 u. 215. Schleuse bei Evry.

Fig. 214. Schnitt A B.

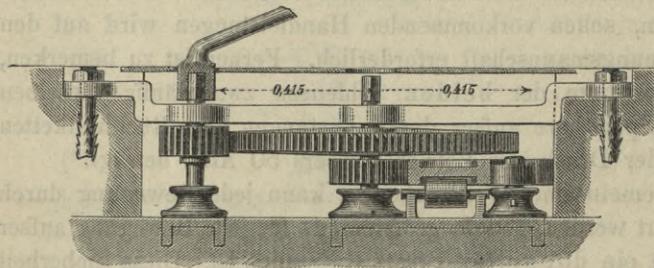
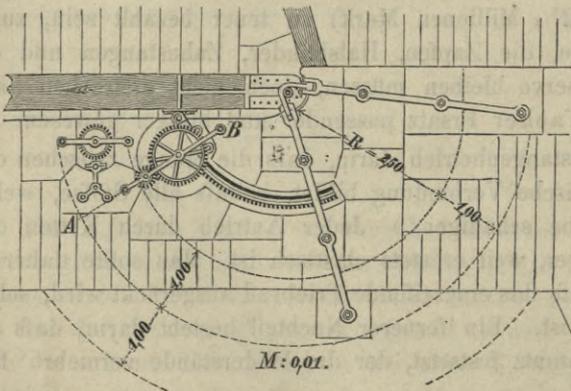


Fig. 215.



von 5,2 m Weite für einflügelige Thore und bei dem Barry-Dock zu Cardiff<sup>94)</sup> von 24,38 m Weite für Stemmthore. In ersterem Falle ist der Kolben so an dem Thore befestigt, daß der Befestigungspunkt einen Bogen von 1,2 m Halbmesser beschreibt. Bei den Thoren in Cardiff dagegen greift der Kolben ungefähr in halber Höhe und halber Länge derselben an und hat 8,55 m Hub. Der Cylinder ist hier im Mauerwerk so gelagert, daß er nicht nur um eine senkrechte, sondern auch um eine wagerechte Axe gedreht und fast senkrecht aufgerichtet werden kann, wenn man den Kolben vom

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

<sup>93)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1883, II, S. 6.

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

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

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

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

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

Fig. 216.

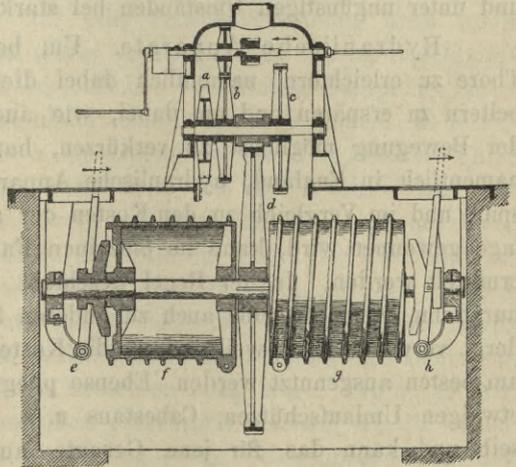
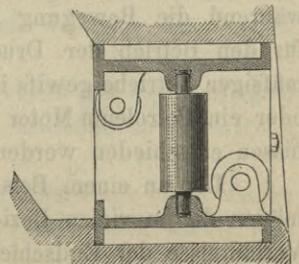
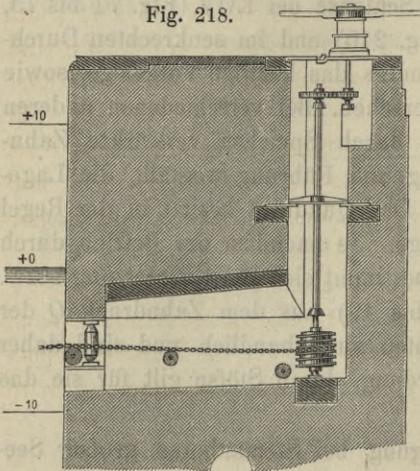


Fig. 217.



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

Fig. 218.



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

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

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

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

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

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

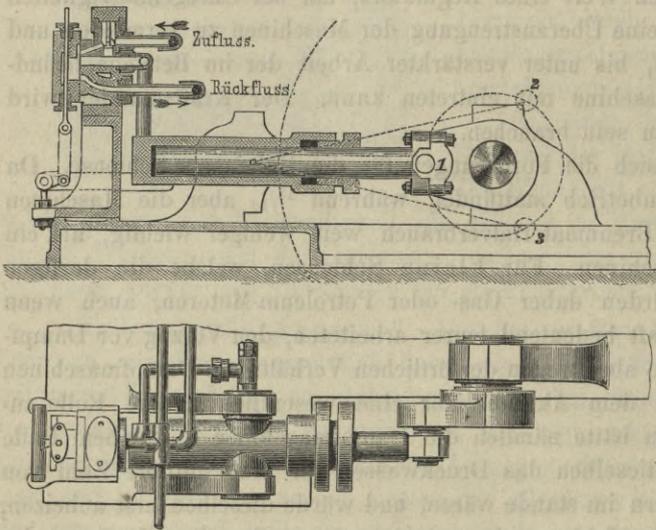
Daß eine möglichste Ersparnis an Betriebspersonal, die selbst bei regelmässigem Schleusenbetrieb erwünscht ist, bei einem Betriebe wie der in Holtenau zu erwartende doppelt zu erstreben ist, versteht sich von selbst.

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

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

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

Fig. 219.



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

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

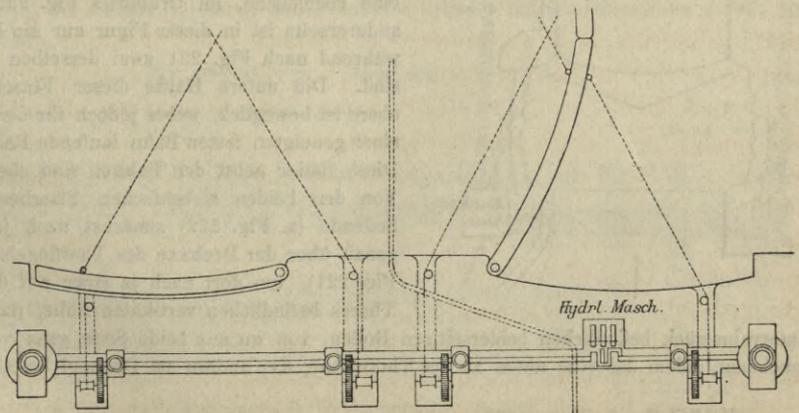
Schiebern. Die großen, einfachen Cylinder erfordern wohl größere Anlagekosten, sind aber wegen ihrer langsamen Kolbenbewegung und des einfacheren Mechanismus weit robuster und zuverlässiger als jene.

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

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

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

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

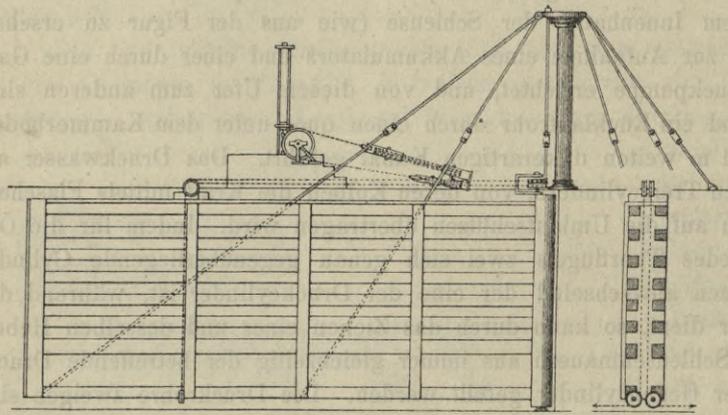


(s. F. 14, T. V) und endlich durch eine Öffnung über eine Leitrolle bis an den Flaschenzug der Cylinder. Sämtliche Leitrollen haben 0,4 m Durchmesser. Die Ketten sind mit Spann- und Regulierungsvorrichtungen versehen (ähnlich wie bei der Schleuse in Bordeaux).

In Fig. 220 (S. 271) ist die in den Jarrow-Docks an der Tyne im Jahre 1858 ausgeführte Anordnung dargestellt, wobei jedoch nur eine Hälfte der Schleuse gezeichnet ist und die andere gleiche Hälfte 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 Figur ange-

Fig. 221 bis 223. Schleuse zu Keokuk.

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



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

Bei der Schleuse zu Keokuk im Kanale des Moines<sup>95)</sup> ist zwar auch ein Düker vorhanden, die gesamte Bedienung erfolgt aber vom Maschinenhaus aus. Hinter dem Treibcylinder *a* der Umlaufschütze steht, wie aus Fig. 222 hervorgeht, der in Fig. 221 erkennbare Treibcylinder für die Bewegung der Thorflügel, während in dieser Figur der Treibapparat der Schützen

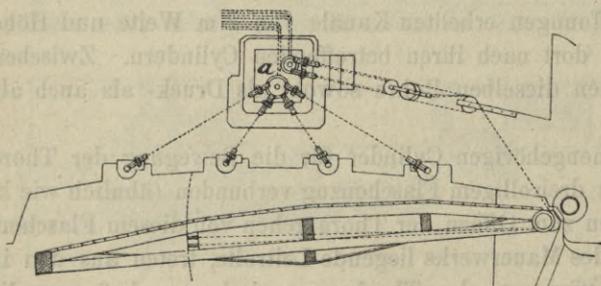
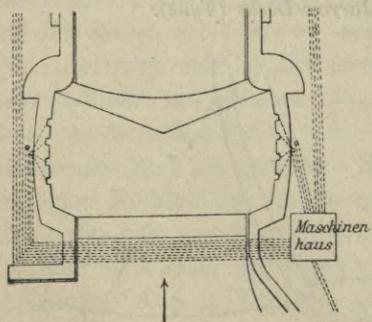


Fig. 222. Grundrifs einer Thornische.

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



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

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

<sup>95)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1877.

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

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

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

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

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

Fig. 224 bis 228. *Bordeaux.*

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

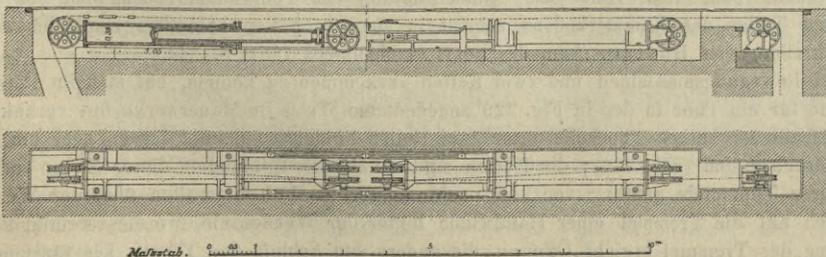


Fig. 226.  
Gegengewicht.

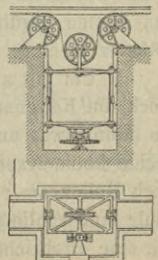
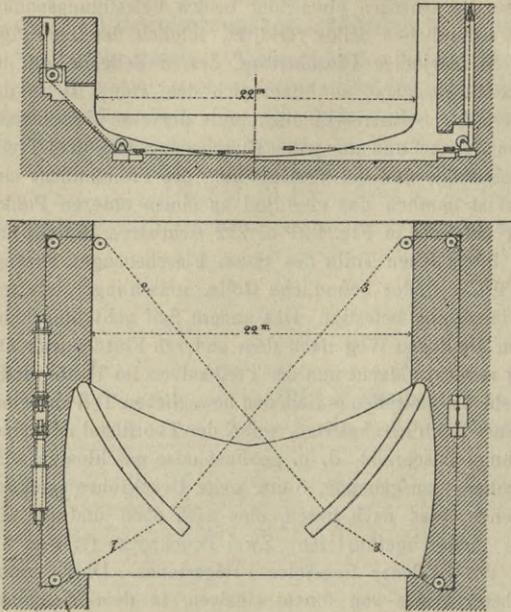


Fig. 227 u. 228. Schnitt durch Kammer und Thorkammer.  
Grundrißs.



Die Übertragung der Bewegung geschieht durch Ketten und Räder, wobei drei verschiedene Kettenstränge zu unterscheiden sind, zunächst nach Fig. 224 die beiden ersten Stränge, welche bereits erwähnt sind und je einen Flügel ausßen bzw. innen fassen und öffnen bzw. schliessen; der dritte Strang faßt mit seinen beiden Enden genau an den Punkten der beiden Thorflügel an, welche nur durch die Dicke der letzteren von den beiden Angriffspunkten der anderen Kettenstränge getrennt sind und geht von dort über Leitrollen durch zwei vertikale Schächte hindurch nach der Oberfläche der anderen Schleusenmauer. Hier, gegenüber dem auf der anderen Mauer befindlichen Motor, trägt diese dritte Kette nach Fig. 226 eine zwischen zwei festen Rollen hängende lose Rolle, an welcher ein Gegengewicht als Regulator hängt. Dieses besteht aus zwei horizontalen Gufeseisenplatten, 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 Fig. 227 die Thätigkeit der drei Ketten, so ergibt sich, daß die erste und zweite stets abwechselnd aktiv oder passiv sich verhalten, und daß die zeitweilig aktive auch die dritte Kette so in Thätigkeit setzt, daß die beiden Thorflügel genau dieselbe Bewegung erhalten. Die dabei in der dritten Kette entstehende Spannung hebt das regulierende Gegengewicht um ein geringes, aber in der Kettenrichtung sich verdoppelndes Maß; hört aber die Spannung in der Kette auf, so sinkt das Gegengewicht auf sein Auflager.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 229. Grundriss.

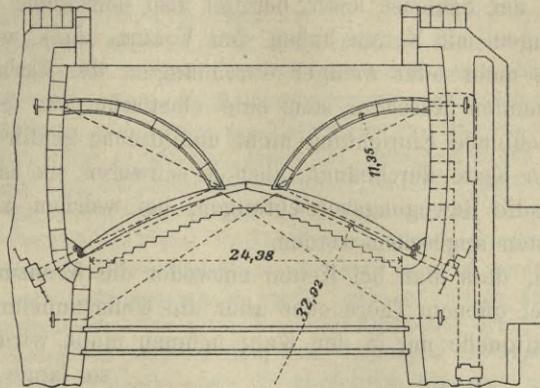
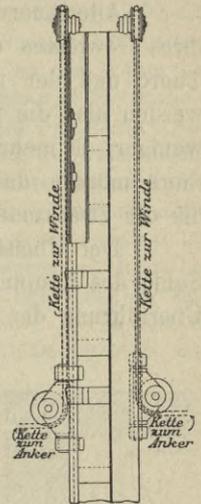


Fig. 230. Lotrechter Schnitt durch die Rollen-nische. M. 1:100.



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

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

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

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

Fig. 231.

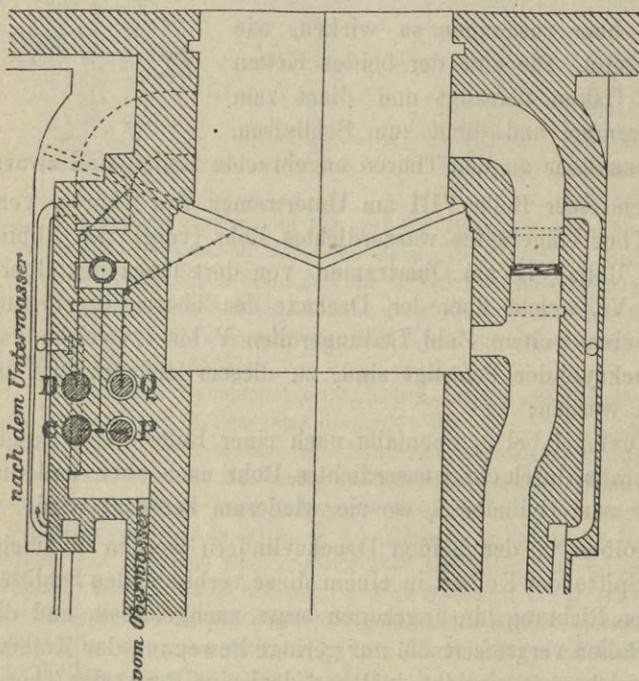
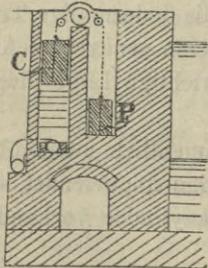


Fig. 232. Schnitt durch die Schleusenmauer bei Schacht C.



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

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

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

<sup>97)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 237 und 1886, S. 92.

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

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

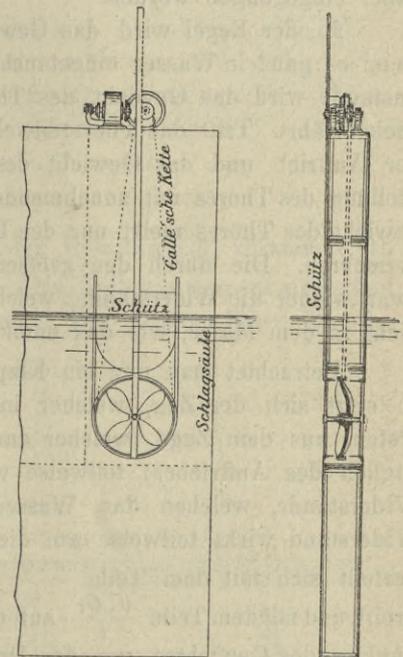
1. Außerordentlich bequeme Kraftübertragung durch ein einfach auf das Thor geleitetes Kabel ohne alle baulichen Unbequemlichkeiten, als Tunnel, Schächte u. dergl.;
2. die Schraube kann schon in Thätigkeit gesetzt werden, bevor die volle Ausspiegelung erfolgte, wodurch die letztere wesentlich beschleunigt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

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

## 2. Einflügelige Drehthore. Fächerthore. Klapphore. Schiebethore. Pontons.

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

Fig. 233.



<sup>98)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1894, 6. Jan.

Zahnradquadranten erhalten<sup>99)</sup>, welche aus Schmiedeeisen zusammengenietet sind, und die Fächerthore der Schleuse zu Rendsburg, welche den Nord-Ostsee-Kanal mit der Untereider verbindet, werden in gleicher Weise bewegt, wobei der Quadrant in bequemer Weise über der Zwischenkonstruktion der beiden Flügel und die Winde an der Vorderkante der Überdeckung der Nische für den Seitenflügel Platz gefunden hat, s. T. XI, F. 3. Die beim Öffnen und Schließsen der einflügeligen Thore zu überwindenden Widerstände sind genau dieselben, welche bei den Stemmthoren auftreten, sodafs die für diese gegebenen Formeln ohne weiteres Anwendung finden können. Der Kraftverbrauch zum Bewegen von Doppel- und Fächerthoren dagegen hängt zu sehr von den Konstruktionsverhältnissen (der Weite der Umläufe u. s. w.) ab, um durch eine genügend einfache Formel wiedergegeben werden zu können. Es mufs daher hiervon Abstand genommen werden, was um so mehr statthaft erscheint, als diese Thorarten sehr selten angewendet werden.

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

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

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

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

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

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

Setzt man nun die Teile von  $G_1$  und  $G_2$ , welche auf das obere Thorende entfallen, also  $\frac{a \cdot G_1}{l}$  und  $\frac{3}{4} 75 S \cdot v^2$ , zeichnerisch zur Mittelkraft  $R_1$  zusammen, wie in Fig. 234 links geschehen, und zerlegt  $R_1$  wieder in der Richtung der Kette und des Thores in  $Q_1$  und  $D_a$ , setzt dann ferner die von  $G_1$  und  $G_2$  auf die Drehschwelle bezw. die Zapfen entfallenden Teile  $\frac{b \cdot G_1}{l}$  und  $\frac{1}{4} G_2 = \frac{1}{4} 75 \cdot S \cdot v^2$  mit  $D_a$  zu der Resultante  $R_2$  zusammen, so liefert  $R_2$  den Zapfendruck nach Gröfse und Richtung. Das Reibungsmoment desselben bildet den dritten Widerstand und ist  $r \cdot R_2 \cdot \mu$ , wenn  $r$  den Zapfen bezw. Wendeschwellen-Halbmesser und  $\mu$  den Reibungskoeffizient der Zapfenreibung bezw. der Reibung zwischen dem Material der Wendeschwelle und dem der horizontalen Wendennische bedeutet; hierbei ist angenommen, dafs keine eigentliche Zapfenausbildung vorhanden ist, sondern dafs die ganze Wendeschwelle bei der Drehung anliegt, eine Konstruktion, die übrigens nicht zu empfehlen ist.

Fig. 234.

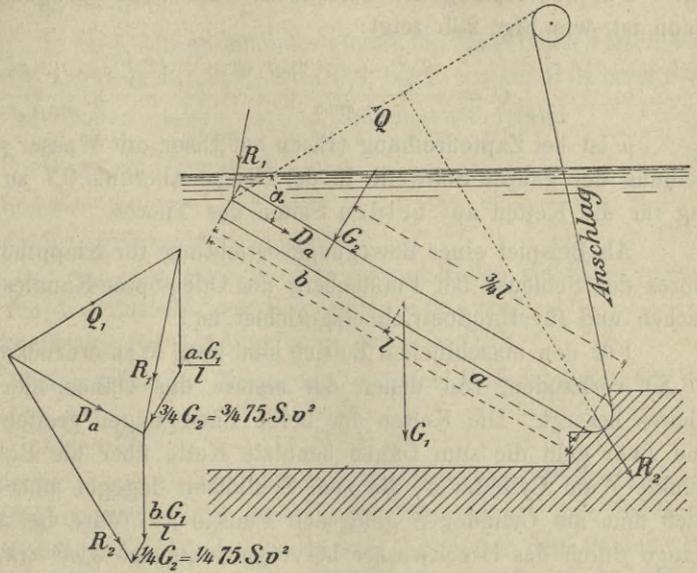
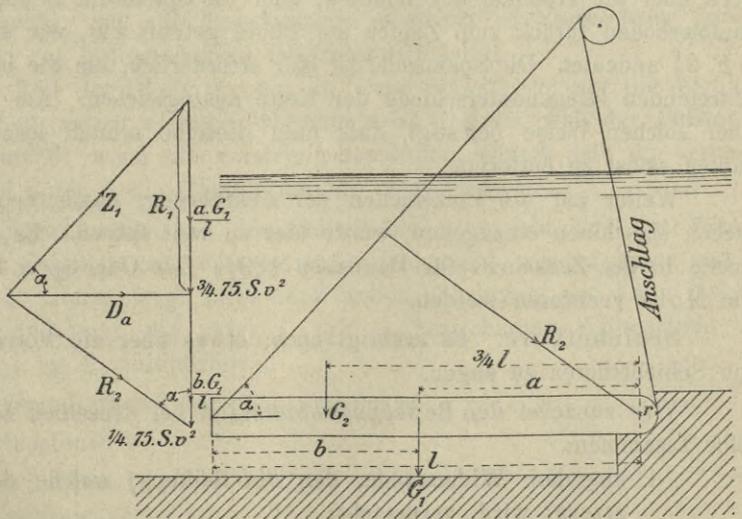


Fig. 235.



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

Der ganze Kettenzug ist also genau genug:

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

worin  $Q_1$  und  $R_2$  aus dem Kräfteplan abzugreifen sind.

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

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

$\mu$  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 Thores.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Für Pontons, welche auf Rollen gleiten, ist der Reibungswiderstand

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

worin  $R$  der Rollenhalmmesser in mm,  
 $r$  der Halmmesser der Rollenzapfen in mm,  
 $f$  den Hebelarm der rollenden Reibung (für eiserne Rollen auf Eisen = 0,48 bis 0,87 mm, für den Zustand der Bewegung = 0,5 mm),  
 $\mu_1$  der Reibungskoeffizient für Zapfenreibung, etwa = 0,28.

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

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

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

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

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

Der Gesamtwiderstand würde sich also ausdrücken

für ein Gleitponton:

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

und für ein Rollenponton:

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

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

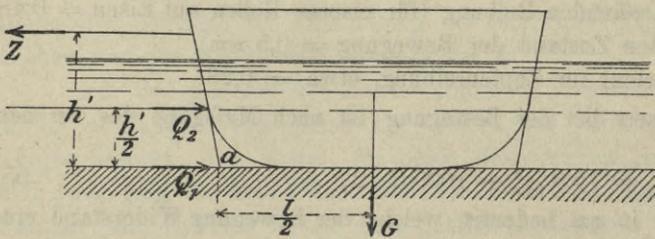
bewegen. Der Angriffspunkt von  $Q_2$  liegt genau genug im Schwerpunkte der Flächen  $S$  des ersten Gliedes von  $Q_2$ .

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

$$Z \cdot h < (75 S \cdot v^3 + 1000 S' \Delta) h' + G \cdot \frac{l}{2}, \dots \dots \dots 58.$$

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

Fig. 236.



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

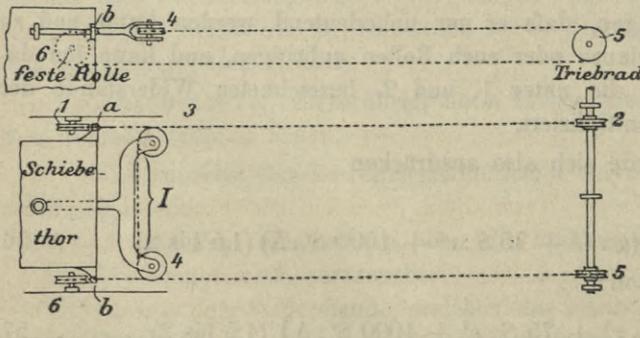
Thore solche Übersetzungsverhältnisse erhalten, daß 75 t Zugkraft zum Öffnen des Thores in 15 Minuten, 25 zum Öffnen in 5 und 15 zum Öffnen in 3 Minuten, je nach den augenblicklichen Widerständen geleistet werden können.<sup>100)</sup>

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

Fig. 237.

Kinipple's Bewegungsvorrichtung für Schiebethore.

Aufriß und Grundriß.



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

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

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

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

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

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

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

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

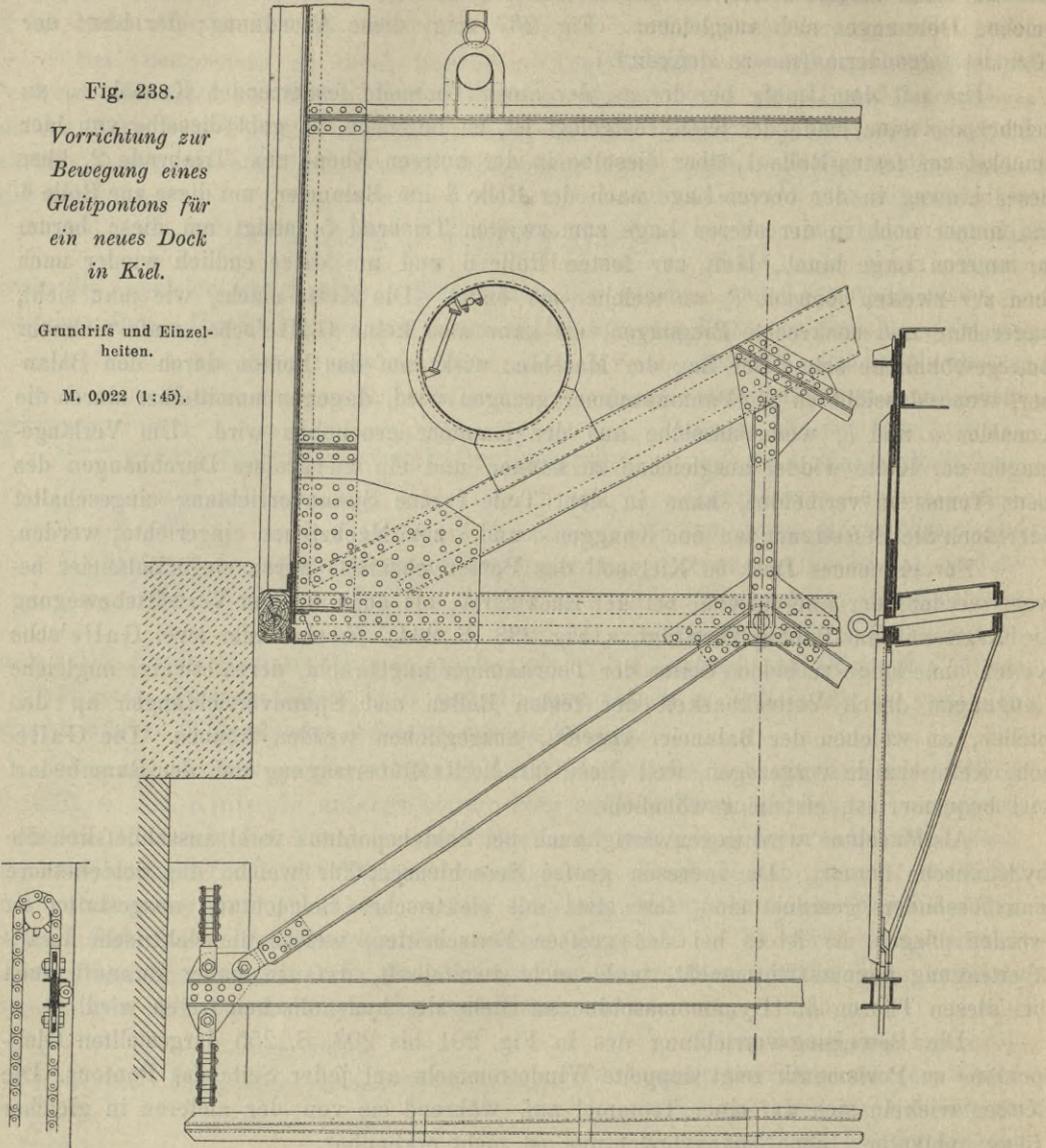
<sup>101)</sup> Die Quelle, der diese Skizze entlehnt ist, nämlich die erwähnte Arbeit von Barkhausen, läfst den Lauf der Kette nicht sicher erkennen. Derselbe dürfte aber in obigem richtig beschrieben sein.

Fig. 238.

Vorrichtung zur  
Bewegung eines  
Gleitpontons für  
ein neues Dock  
in Kiel.

Grundriss und Einzel-  
heiten.

M. 0,022 (1:45).



doppelt nach der rechten Seite über eine festliegende Leitrolle *c*. An ihrer unteren Hälfte ist der eine, an der oberen Hälfte der andere Thorflügel befestigt. Sobald sich die losen Rollen *a* nach rechts fortbewegen, wickelt sich die untere Kettenhälfte auf, die obere aber ab und die beiden Thorhälften entfernen sich voneinander. Im umgekehrten Falle schliessen sie sich ebenso gleichmäÙig.

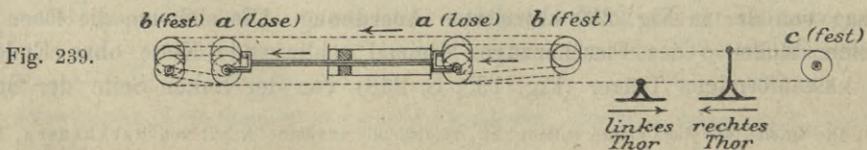
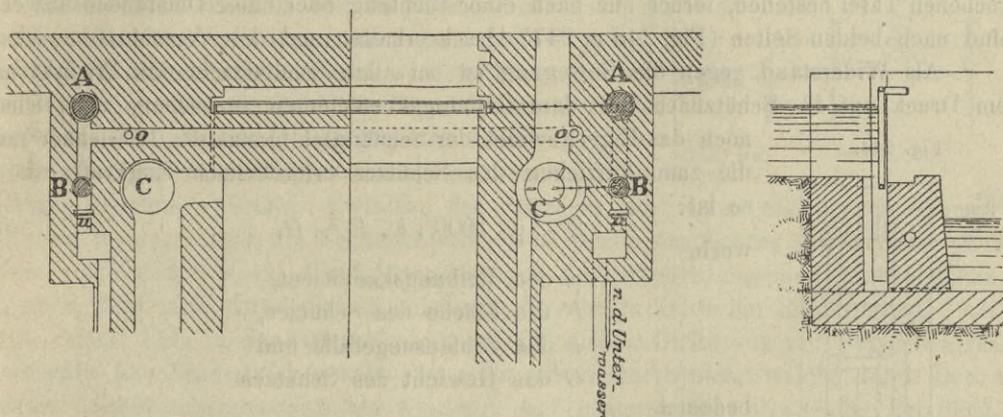


Fig. 239.

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

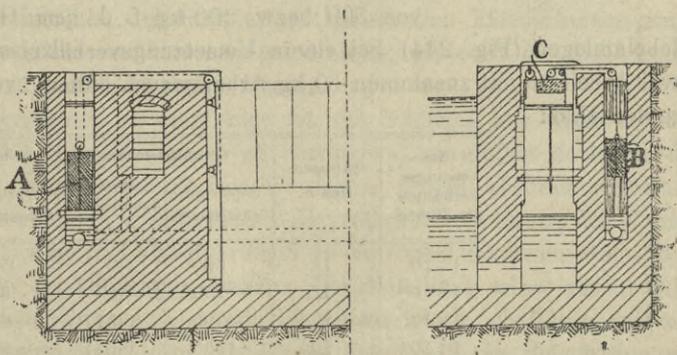
Tolkmitt hat zur Bewegung solcher Thore für das Oberhaupt einer Schleuse die nachfolgende Anordnung vorgeschlagen, welche der oben für Stemmthore beschriebenen ähnlich und wie diese in Abhängigkeit mit dem Schliessen und Öffnen der zugehörigen Cylinderschützen steht.

Fig. 240 u. 241.



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

Fig. 242 u. 243.



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

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

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

1. Zugschützen.

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

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

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

worin

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

bedeutet.

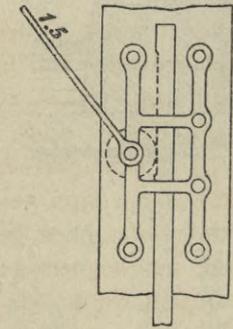


Fig. 244.

Nach Landsberg, „Die eisernen Stemmthore der Schiffschleusen“ lassen sich gusseiserne und schmiedeeiserne Schützen von 300 bzw. 200 kg f. d. qcm Gewicht noch durch einfaches

Hebelumlegen (Fig. 244) bei einem Umsetzungsverhältnisse des Hebels von 1:10 von zwei Arbeitern mit zusammen 60 kg Arbeitsdruck öffnen, wenn folgende Verhältnisse vorhanden sind:

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

Werden größere Schützöffnungen, als in der Tabelle angegeben, erforderlich, so sind Vorgelege oder Schrauben nötig, vergl. T. VIII, F. 5 u. 7, sowie Fig. 110, S. 197 und Fig. 245.<sup>103)</sup>

<sup>102)</sup> Centrabl. d. Bauverw. 1886, S. 92.

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

Die konstruktiven Einzelheiten sind aus folgenden Beispielen näher zu ersehen.

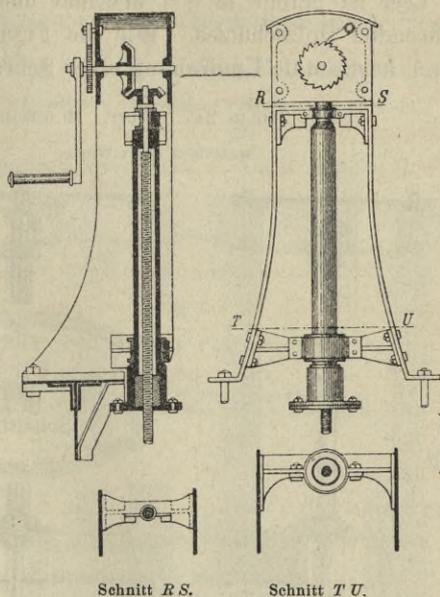
In Fig. 110 ist ein großes hölzernes Thorschütz der Papenburger Schleuse von reichlich 0,9 qm Weite dargestellt. Bei derartigen Schützen werden zwischen zwei unter dem Unterwasser oder Niedrigwasser liegenden Riegeln zunächst zwei Schützständer von gleicher Dicke wie die der Riegel eingezapft sowohl zur Unterstützung der Schütztafel als der abgeschnittenen Bekleidungsbohlen. Damit das Schütz seine Führung erhalte, werden die sogenannten Schützgeleitständer oder Schützleisten aufsen auf der Fläche der Bekleidung aufgeschraubt von einer solchen Höhe, daß aufser der nötigen Führung das Schütz hoch genug für etwaige Reparaturen u. s. w. hinaufgezogen werden kann. Diese Ständer sind entweder von Holz oder wie in Fig. 122, S. 203 von Gußeisen und enthalten einen Falz von

einigen Centimeter Breite. Zwischen den Ständern liegt unten mit der Oberkante des Riegels in einer Höhe die Schüttschwelle, auf welche das Schütz sich aufsetzt. Um in dem vorliegenden Falle die Schütztafel über das schräge Zugband hinüberziehen zu können, liegt eine etwas dickere Leiste an der oberen Kante der Schützöffnung; außerdem ist der Falz in den Geleitständern um die gleiche Dicke von der Bekleidungsfläche entfernt. Die Schütztafel besteht aus gespundeten Querbohlen, welche durch zwei vertikale Leisten zusammengehalten werden. Auf letzteren liegt die Gabel der oben gezahnten Schützstange, welche beide mit einem Gelenk verbunden sind, um bequem getrennt werden zu können. Damit der Reibungswiderstand möglichst klein werde, sind die Schütztafeln und die Geleitflächen der Ständer mit gehobelten Eisenschienen eingefasst, sodafs die Reibung nur etwa ein Viertel so groß bleibt, als wenn die Holzschützen sich auf den hölzernen Leisten hätten bewegen müssen.

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

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

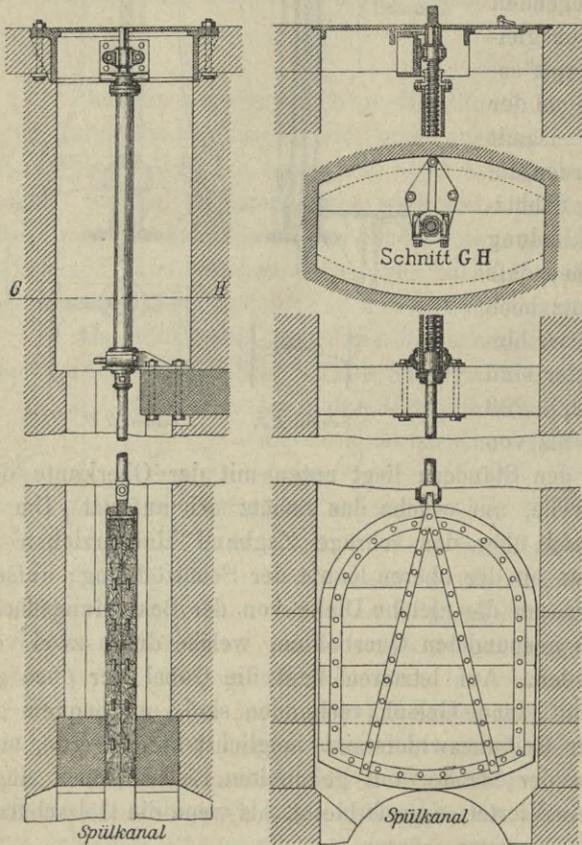
Fig. 245. M. 0,05.



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

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

Spülschütz nebst Winde.



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

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

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

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

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

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

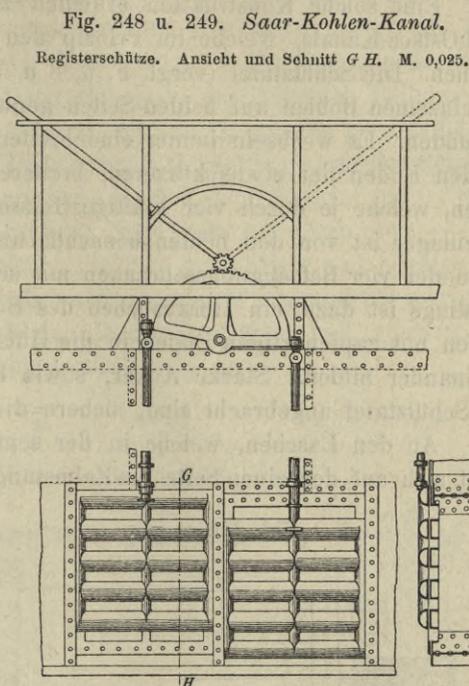
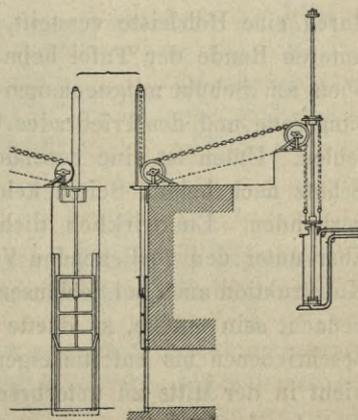
Registerschützen haben eine größere Anzahl Fugen und sind infolge dessen naturgemäÙ schwerer dicht zu bekommen. Auch ist es wegen der engen Durchflußöffnungen leichter möglich, daß ein durch die Strömung mitgerissener fester Körper in der Öffnung hängen bleibt und zu Betriebsstörungen Veranlassung giebt,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

Ein Beispiel hierfür bieten die Umlaufschützen der bereits in § 22 erwähnten Schleuse zu Keokuk, s. Fig. 250. Jedes Schütz hängt dort an einer Kette, die über die zwei aus der Figur ersichtlichen Rollen

Fig. 250. Keokuk.

Schütz für die Umläufe. M. 0,005.

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

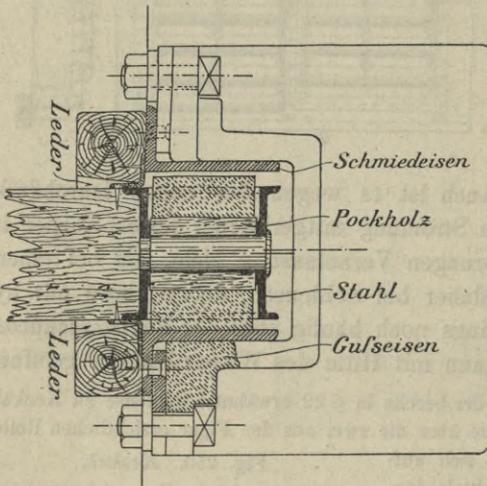


Um indessen an Kraft zu sparen, ist man bestrebt gewesen, die gleitende Reibung bei großen Zugschützen in rollende oder Zapfenreibung umzuwandeln.

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

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

Fig. 251.



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

Der freie Schenkel des Lederstreifens ist

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

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

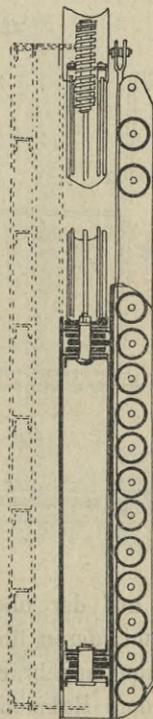
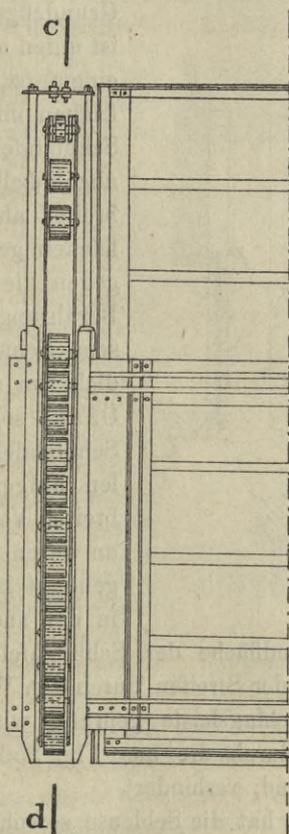
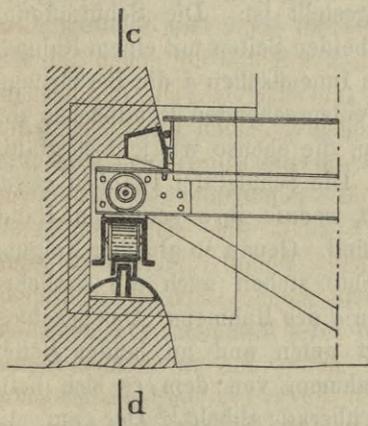
Darin ist wie früher  $F$  die Fläche des Schützes,  $h$  das Schleusengefälle und  $G$  das zu hebende Gewicht des Schützes mit allem Zubehör. Es ist ferner  $R$  der Halbmesser der Rollen und  $r$  der Halbmesser der Rollenzapfen,  $f$  die Dichtungsfläche der Lederstreifen, alles in m, qm und kg.  $t$  ist der Hebelarm der rollenden Reibung, der für Rollen aus hartem Holze oder Eisen auf eben solchen Unterlagen = 0,00048 bis 0,00087 m zu setzen ist, für den Zustand der Bewegung = 0,0005 m.  $\mu_1$  ist der Reibungskoeffizient für Zapfenreibung bei Wasserschmierung (je nach dem Material bis 0,3 wachsend),  $\mu$  endlich der Koeffizient für gleitende Reibung (hier Leder auf Eisen etwa = 0,38).

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

Fig. 252. Wagerechter Schnitt.

Fig. 253. Ansicht.

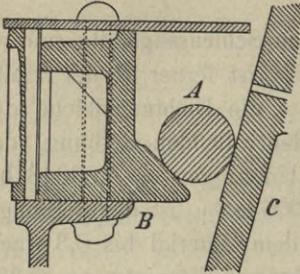
Fig. 254. Schnitt  $CD$ .



Bei dieser Konstruktion sind die Rollen in einem beweglichen Rahmen vereinigt, s. Fig. 252 bis 254. Wird nun das Schütz gezogen, so rollt es dabei auf den Rollen, ohne deren Zapfen zu belasten und nimmt dieselben samt dem Rahmen mit nach oben, wobei jedoch die Rollensachsen 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 desselben, Stoney, hat mehrfach die in Fig. 255 dargestellte mit gutem Erfolge angewendet. Ein rund abgedrehter Eisenstab  $A$  wird durch den Wasserdruck in die Fuge zwischen der am Schütz befestigten Leiste  $B$  und der am Mauerwerk befestigten eisernen Platte  $C$  gedrückt und versperrt dieselbe. Die Berührungsflächen

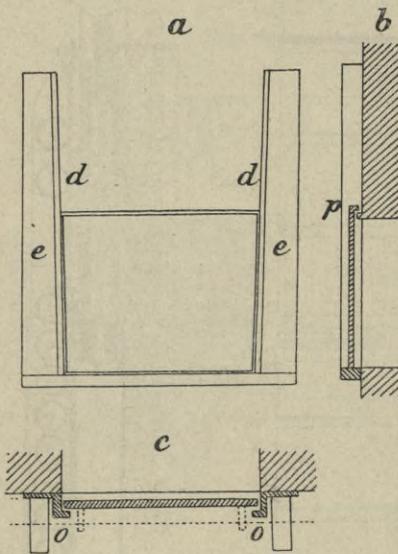
Fig. 255.



Sinn haben, wie bei Gl. 61. Werden die Dichtungsstangen vorher entfernt, so fällt  $\mu \cdot f$  fort. Ist das Gewicht des Rollenrahmens durch Gegengewichte ausgeglichen, so fällt auch  $g \left( \frac{\mu_1 r}{R} + \frac{1}{2} \right)$  aus.

Eine weitere zweckmäßige Neuerung an Zugschützen zeigt die von Tolkmitt an der Schleuse in Woltersdorf getroffene Anordnung<sup>104)</sup>, welche in Fig. 256 in ihren

Fig. 256.



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

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

<sup>104)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413.

Die zum Öffnen eines solchen Schützes erforderliche Zugkraft muß sein:

$$Z \geq 1000 h \left( \frac{F'}{R} (t + \mu_1 r) + f \right) + G, \quad \dots \quad 63.$$

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

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

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

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

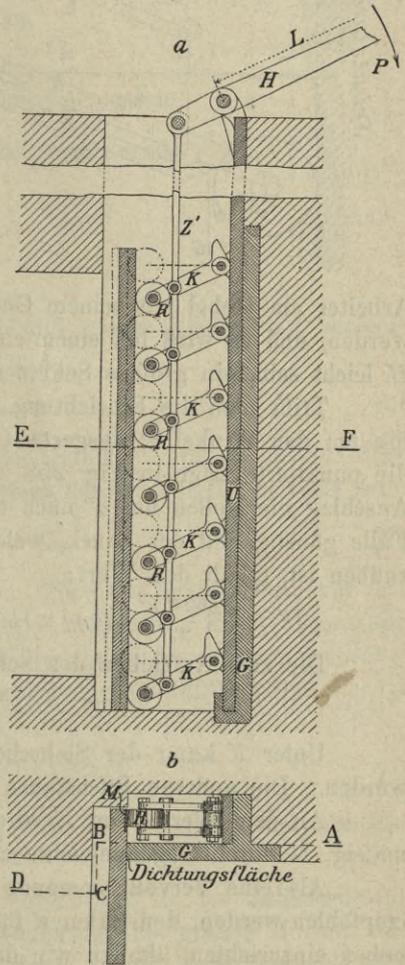
Die beiden senkrechten Seiten der Schütztafel sind um ein genügendes Stück über die Dichtungsfläche hinaus verlängert und tragen hier gehobelte Eisenschienen  $M$  (Fig. 257b), welche als Laufflächen der Rollen  $R$  dienen. Diese Rollen sitzen an den Enden der Kniehebel  $K$  (Fig. 257a), deren andere Enden an der Leiste  $U$  um wagerechte Axen drehbar befestigt sind. Heben und Senken der Kniehebel und damit der Rollen  $R$  erfolgt gemeinsam an der Zugstange  $Z'$  mittels des Hebels  $H$ . Haben die Kniehebel die in Fig. 257a 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 Anschlage abzurücken durch Anziehen der Kniehebel  $K$ . Hierfür ist an der Zugstange  $Z'$  ein gleichnamiger Zug auszuüben, der sein muß:

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

$F'$  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 Horizontalen bilden (Fig. 258),

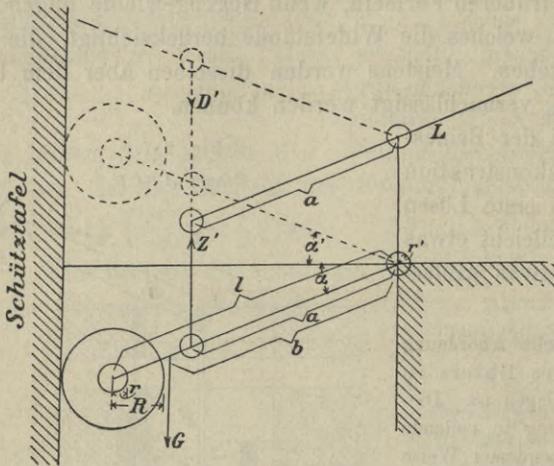
Fig. 257.  
Schnitt A B C D.



Schnitt E F.

$R$  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 Schützenseite, welches im Abstände  $b$  vom Drehpunkte

Fig. 258.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 2. Drehschützen.

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

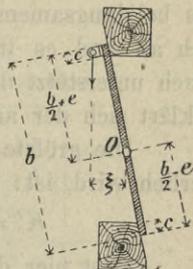
wobei der Überdruck der größeren Fläche den dichten Anschluß der Klappenränder an den festen Rahmen bewirken muß. Bei der Öffnung muß die Klappe dem durchströmenden Wasser möglichst wenig Widerstand entgegensetzen, dazu an den der Strömung entgegenliegenden Kanten thunlichst schmal sein und sich genau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

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

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

worin

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



bedeuten, vergl. Fig. 259.

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

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

Bezeichnet man ferner mit  $\xi$  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  $\eta$  eine Konstante bezeichnet, welche die Widerstände des Bewegungsmechanismus berücksichtigt und die je nach der Konstruktion der Geradföhrung gleich 1,1 bis 1,2 genommen werden kann, so ist:

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

$\mu$  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>105)</sup>

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

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

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

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

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

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

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

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

$\xi$  ist hier der Hebelarm der Kraft  $P$  gegen die Drehaxe bei einer Stellung der Klappe von etwa  $67^\circ$  gegen die Lotrechte (für Klappen mit wagerechter Axe). Für Handbetrieb der Drehschützen muß man die Klappenmaße in den Gleichungen 69 bis 73 so bestimmen, daß  $K$  nicht größer als 30 kg wird.

Was die vielfach zur Unterstützung des Öffnens angewendete negative Excentricität der Drehaxe anbelangt, so ist deren Wirkung, da sie höchstens gleich der Hälfte der Anschlagbreite bemessen werden darf, wenn nicht ein selbstthätiges Öffnen der Klappe stattfinden soll<sup>106)</sup> und deshalb wohl selten über 5 mm beträgt, nach Lieckfeld nur verschwindend klein. Jedenfalls ist der durch solche negative Excentricität der Drehaxe vermehrte Übelstand der Undichtigkeit viel erheblicher, als der durch die geringe Kraftverminderung erreichte Vorteil. Es empfiehlt sich deshalb, entweder gar keine oder eine auf Schließen wirkende, positive Excentricität der Drehaxe anzuwenden.

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

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

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

<sup>106)</sup> Vergl. weiter unten die Schützen der Stadtschleuse zu Bromberg mit hölzernem Anschlag.

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

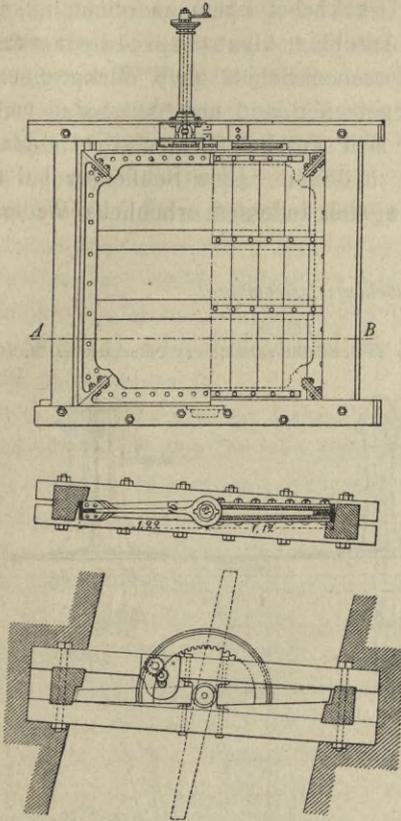


Fig. 262. Spülthor.  
Grundrifs.

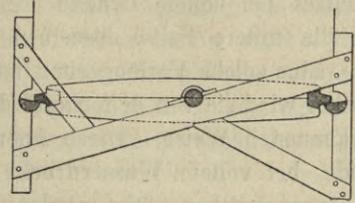
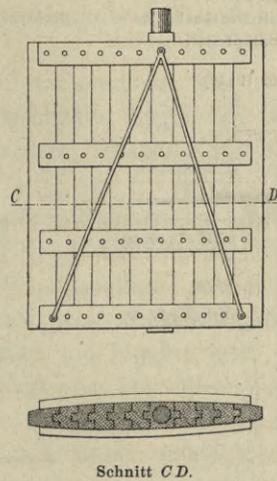


Fig. 263. Spülflügel.  
Ansicht.



sie am Thore nicht so bequem zu bedienen ist, als eine Klappe mit horizontaler Axe, vorausgesetzt, daß dabei eine mäfsige Gröfse nicht überschritten wird. Es bedarf nämlich bei den horizontalen Klappen nur einer etwas schrägen Stellung während des Verschlusses und eines abwärts gerichteten Drucks gegen die gröfsere obere Hälfte der Klappe, um diese zur Öffnung zu bringen. Diese Bewegung wird besonders leicht durch einen auf der Laufbrücke liegenden Winkelhebel hervorgebracht, dessen langer Schenkel etwa 10mal so groß 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 große Klappen in einigen Sekunden Zeit öffnen, während zum Öffnen eines etwa gleich großen einfachen Zugschützes etwa 2 Minuten erforderlich sind.

Ähnlich ist die Anordnung bei der Mehrzahl der Drehschützen für die Umläufe der Stadtschleuse in Bromberg ausgeführt (Fig. 264, S. 298). Man hatte hier versucht, die Excentricität der Drehaxe so zu bemessen, 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 gröfsere Seite der Klappe hergegeben würde. Man fand aber,



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 große schmiedeeiserne Schütztafel ist nämlich in einem gußeisernen Rahmen befestigt, in welchem sie sich gleichfalls um eine horizontale Axe dreht. Dieser Schützrahmen, welcher in einem in den Ecken mit Winkeleisen besetzten Schlitz frei in die Höhe gezogen werden kann, setzt sich unten auf eine Platte und wird von dem Wasserdrucke gegen einen lotrecht vermauerten gußeisernen 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 Schützenrahmen befestigte Doppelrolle geführt, deren beide Scheiben sich unabhängig voneinander frei auf ihrer gemeinsamen Welle bewegen.

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

Der harte Anschlag der Klappe an dem gußeisernen Rahmen hat sich weder als Übelstand, noch überhaupt bemerkbar gemacht, zumal die Kettentrommel des Getriebes durch eine Sperrklinke gehalten wird, ein selbstthätiges Zuschlagen des Schützes also nicht stattfinden kann. Derselbe ermöglicht aber einen weit dichteren Abschluß als der Holzanschlag und gewährleistet denselben namentlich auf längere Zeit. Das Schütz wird in sechs Umdrehungen der Kurbel geöffnet, erfordert aber bei vollem Wasserdrucke von 3,2 m und halber Öffnung der Klappe eine größte Kraft von 45 kg an der Kurbel, sodafs dann zwei Mann erforderlich sind. Es würde sich daher empfehlen, durch Erhöhung des Umsetzungsverhältnisses auf 10 Umdrehungen die erforderliche Kraft an der Kurbel soweit zu vermindern, daß ein Mann zur Bedienung genügt.

In horizontaler Lage kommen die Drehschützen hauptsächlich bei Klappthoren vor. So bei den Schleusen des Erie-Kanals in Nordamerika (Fig. 189 bis 192, S. 246) und bei den Oberthoren der Schleusen des Oder-Spree-Kanals, vergl. F. 21—23, T. X.

Wie bei Beschreibung der Drehschützen alter Konstruktion mit hölzernem Anschlagrahmen erwähnt wurde, hat man, um die hydraulischen Widerstände während des Öffnens zu vermindern, die untere Klappenhälfte um 14 cm verlängert. Den gleichen Zweck wird man offenbar erreichen, wenn man nach Lieckfeld's Vorschlag in der oberen Klappenhälfte eine Klappe anbringt, die vor dem Öffnen des Drehschützes aufgemacht wird, sodafs dadurch die Druckfläche der oberen Klappenhälfte verkleinert wird, s. Fig. 266.

Als ferneres Mittel zur Verringerung des Kraftverbrauchs empfiehlt Lieckfeld die Zerlegung des Schützes in eine Anzahl kleinerer, s. Fig. 267. Da der hydraulische Widerstand, wie oben erwähnt, im Verhältnis zum Quadrat der Höhe des Schützes wächst, so wird, wenn der Widerstand für ein Schütz von der Höhe  $h$  einem Ausdrücke  $A h^2$  entspricht, der Widerstand von  $n$  Schützen von je  $\frac{h}{n}$  Höhe nur  $n \cdot \left(\frac{h}{n}\right)^2 \cdot A$  betragen, also nur den  $n$  ten Teil des großen.

Fig. 266.

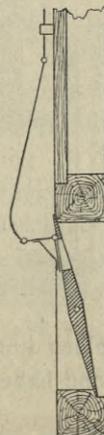


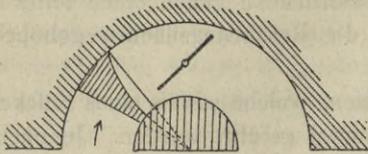
Fig. 267.



Ein Jalousieschütz mit zwei eisernen Klappen und eisernen Anschlagrahmen hat eine Schleuse zu Hansweerd in Holland in ihren Thoren erhalten.<sup>108)</sup> Derartige Jalousieschütze haben allerdings dieselben Übelstände wie das Jalousie-Zugschütz (viele Fugen und leichteres Festsetzen von Fremdkörpern).

Bei Klappschützen mit lotrechter Drehaxe, wie sie in Umläufen Verwendung finden können, kann die Führung des Kanals zur Unterstützung des Öffnens benutzt werden. Bei einem Kanal, wie ihn Fig. 268 im Grundrifs darstellt, verteilt sich die Geschwindigkeit und nach dem Quadrate der letzteren die Stoswirkung des Wassers in dem Kanalquerschnitte etwa nach der schraffierten Fläche. Bei der gezeichneten Anordnung der Klappe wird deren Öffnen daher unterstützt; bei entgegengesetztem Anschlagen derselben würde das Öffnen der Klappe durch den Stofs des Wassers erschwert werden.

Fig. 268.



Im allgemeinen empfiehlt es sich, die Anwendung von Drehschützen auf geringe Druckhöhen oder kleine Abmessungen zu beschränken, sofern nicht mechanische Betriebskräfte vorhanden sind. Zur Anwendung in Schleusenthoren, bei denen eine leichte Handhabung besonders erwünscht ist, erscheint daher anstatt des einfachen Drehschützes das Jalousie-Drehschütz um so mehr geeignet, weil es gleichzeitig in geöffnetem Zustande weniger vor die Thorfläche vortritt, also geschützter liegt, als das gleich große einfache. Übrigens werden die hydraulischen Widerstände bei Drehschützen in Thoren kaum dieselbe Höhe erreichen, wie in Umläufen, weil das Thor die Richtung der durch das nur teilweise geöffnete Schütz strömenden Wasserstrahlen weniger einschränkt als ein geschlossener Umlaufkanal.

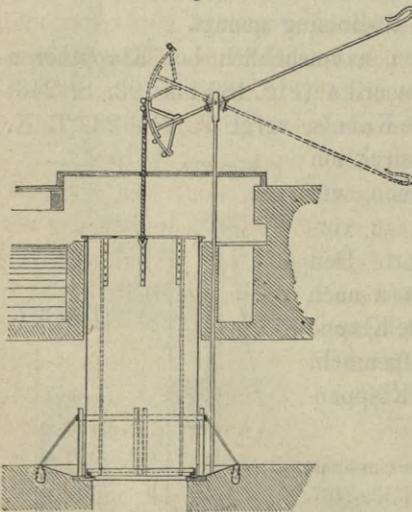
Bei größeren Druckhöhen ist jedenfalls ein eiserner Rahmen und Anschlag dem hölzernen vorzuziehen.

Eine besondere Art von Drehklappen bildet das sogenannte Kreis- oder Segmentschütz, wobei die Drehaxe ausserhalb der verschliessenden Klappe liegt und diese eine Segmentform erhält. Der Widerstand wird hierbei sehr gering, aber in gleichem Masse auch die Dichtigkeit.

### 3. Ventile.

Die Ventilverschlüsse können als einfache Klappenventile, Kegel- und Glockenventile oder als Cylinderventile gebildet sein. Das wesentliche bei ihnen ist, dass von der verschlossenen Öffnung ein den vorstehenden Namen entsprechender Körper abgehoben und für den Verschluss wieder darauf niedergelassen wird. Der Form dieser

Fig. 269.



Körper gemäß ist bei dem Anheben ein großer oder kleiner Widerstand zu überwinden, je nachdem der Wasserdruck auf die Oberfläche des Körpers unmittelbar zu überwinden ist, oder nur die diesem Druck entsprechende Reibung oder gar nur die Reibung des Wassers an dem Körper. In letzterem Falle, namentlich bei den Cylinderventilen, ist die zur Hebung notwendige Kraft besonders klein. Während der Öffnung erhalten die Ventile einen hydraulischen Druck, welcher bei geeigneter Form ebenfalls sehr klein ausfällt.

Von den Ventilverschlüssen sind die Klappen- und Kegelventile nach einigen Anwendungen als unzuverlässig verlassen, dagegen verdienen die in den Figuren 1—4, T. VIII dargestellten und auch bei dem Caligny'schen Apparat (s. § 24) benutzten Cylinderventile für Umläufe besondere Beachtung. Dieselben kommen u. a. auch bei Verschlüssen von Einlaufrohren für Wasserleitungen vor und haben den bereits oben erwähnten Vorteil, dass die zu ihrer Bewegung

<sup>108)</sup> Tijdschr. van het kon. Inst. van ingenieurs 1886/87, S. 22 und Tafel 9.

erforderliche Kraft und Zeit verhältnismäßig am kleinsten ist. Sie bestehen nach Fig. 269, sowie nach F. 3, T. VIII im wesentlichen aus einem über das Oberwasser reichenden Blechcylinder, welcher unten entweder mit einer konischen Ringfläche (Sitz) oder einfacher mit einem schweren Zinkwulst auf einem Gummiringe an dem Rande einer festen Öffnung aufsteht und oben an einer Kette (am besten einer Galle'schen wegen Drehung) hängt. Die Kette selbst ist entweder an einem Kreissegment oder an einer Zahnstange befestigt, sodafs bezw. ein einfaches Niederdrücken des Hebels oder ein entsprechendes Aufziehen der Zahnstange mittels eines Vorgeleges zur Hebung des unten in einer ringförmigen Führung stehenden Cylinders genügt, wobei die Hubkraft nur etwas mehr als das Gewicht desselben beträgt, wenn nicht gar letzteres durch ein Gegengewicht ganz oder zum Teil ausgeglichen wird. Ein besonderer Vorteil liegt bei diesen Cylindern unter Umständen darin, dafs ohne Gefahr einer Stofswirkung die Öffnung plötzlich geschlossen werden kann.

Der Ventilverschluss in den Umläufen der Schleuse zu Breslau, F. 1—4, T. VIII, besitzt in der Einströmungsöffnung ein konoidisch erweitertes gufseisernes Mundstück, in welches das aus 6 mm starkem Eisenblech bestehende Cylinderventil mit dem unteren gufseisernen und nach einer Kugelzone abgedrehten Rande hineinfaßt. Der dichte Verschluss wird durch die letztere Form von der übrigens noch durch schmiedeeiserne Arme bewirkten Führung (s. F. 3) unabhängig. Der 3,75 m hohe, auch oben offene Cylinder ist nur bis zur Höhe des höchsten schiffbaren Oberwassers geführt, und wird bei noch höherem Wasser zur Verhütung der Durchströmung mit einem Deckel geschlossen. Das Gewicht des Ventils (etwa 750 kg) wird durch ein hufeisenförmiges Gegengewicht (F. 2 u. 3, T. VIII) so ausgeglichen, dafs nur die Reibung zu überwinden ist. Die Bewegung geschieht mittels einer kleinen Winde und einer bis zum oberen Rand des Ventils hinreichenden gezahnten Stange durch einen Arbeiter in fünf Sekunden. Der Hub des Ventils wird rechtzeitig begrenzt dadurch, dafs sich das Gegengewicht auf einen Mauervorsprung der Nische legt. Näheres s. Zeitschr. f. Bauw. 1880.

Auch die mehrfach erwähnte Stadtschleuse in Bromberg besitzt Cylinderventile von 1,2 m Durchmesser und 6 mm Wandstärke. Der Ventilsitz ist aus Gufseisen und schließt sich wie in Breslau möglichst der Gestalt des zusammengezogenen Wasserstrahles an. Rings um den Blechcylinder ist in Höhe des Zuleitungskanales eine Ausparung des Mauerwerks von 35 cm Weite vorgenommen, um dem Wasser von allen Seiten ungehinderten Eintritt in den Schacht des Abführungskanals zu gewähren.

Der Blechcylinder ist auch hier durch ein Gegengewicht aus Gufseisen entlastet, das aber beim Anheben des Cylinders sich in denselben hineinsenkt. Die Führung des Ventils bei der Bewegung bewirkt eine die Cylinderaxe bildende und mit diesem fest verbundene schmiedeeiserne Stange von 60 mm Durchmesser, welche unterhalb des Cylinders durch einen von drei vermauerten Armen getragenen Führungsring gesteckt ist und oberhalb das Gegengewicht durchdringt. Dieser Führungsring ist indessen später zerstört und hat sich auch als überflüssig erwiesen. Die Führungsstange trägt oben eine Zahnstange, welche ohne weitere Übersetzung durch ein 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 Schließsen des Ventils die Luft und teilweise auch das aufspritzende Wasser entweichen.<sup>109)</sup>

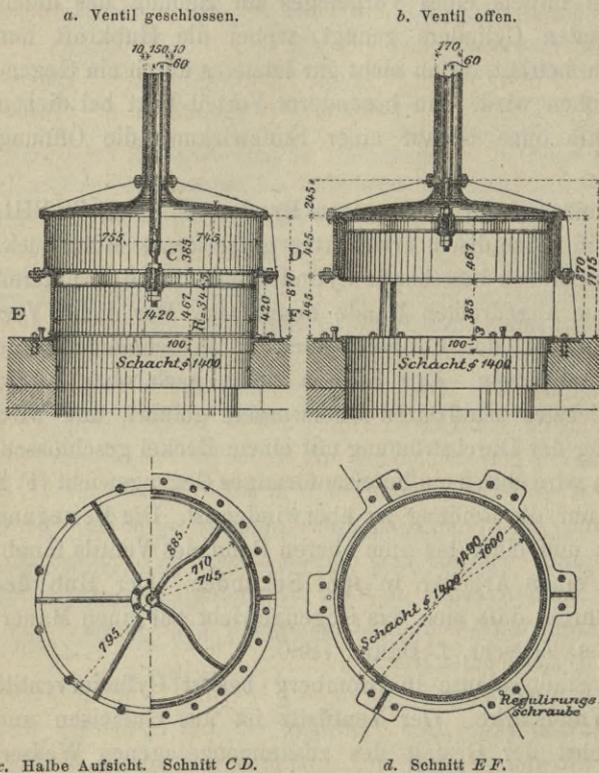
<sup>109)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 53.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß ein Cylinderventil ebenso gut anwendbar ist, wenn der höhere Wasserspiegel im Innern des Cylinders sich befindet, als wenn derselbe das Ventil außen umgiebt.

Neuerdings wird in Frankreich unter dem Namen „niedrige Cylinderventile“ vielfach die in Fig. 270 dargestellte Abart angewendet, so namentlich bei den Schleusenumbauten des Kanals St. Denis.

Fig. 270. Kanal St. Denis. Cylinderventil.

M. 0,04 (1 : 25). Vertikalschnitte.



Das Ventil besteht im wesentlichen aus zwei Cylindern, einem beweglichen, oben und unten offenen, welcher die Durchlaßöffnung seitlich abschließt, und einem festen, in den der bewegliche Cylinder beim Öffnen hinaufgezogen wird, s. Fig. 270 b. Der feste Cylinder ist oben durch einen Deckel abgeschlossen, an den sich ein Rohr anschließt, welches in der verlängerten Axe der beiden Cylinder nach oben führt bis über den höchsten Wasserstand. Durch dieses Rohr führt ein entsprechend engeres nach unten, welches als Zug- und Druckstange zum Heben und Senken des beweglichen Cylinders dient. Die Arbeitsleiste außen am oberen Rande des beweglichen Cylinders ist genau nach demselben Durchmesser abgedreht, wie eine entsprechende Arbeitsleiste am inneren unteren Rande des festen, sodafs, wenn das Ventil geschlossen

ist (Fig. 270 a), beide Arbeitsleisten genau ineinander passen und einen wasserdichten Abschluß herstellen. Eine abgedrehte Fasse am unteren Rande des beweglichen Cylinders greift in eine entsprechende Nut des Ventilsitzes und bildet dadurch den unteren Verschluss. Bei geschlossenem Ventil steht also der Innenraum desselben, wie bei der älteren Konstruktion der Innenraum des großen Cylinders, mit dem Unterwasser in offener Verbindung.

Um die richtige Stellung der beiden Cylinder gegeneinander zu sichern, ist der feste Cylinder mit dem eingemauerten Ventilsitz am Rande des Schachtes durch drei gußeiserne Stützen verbunden, ferner sind drei Stellschrauben (Fig. 270 d) angebracht, welche ein genaues Montieren ermöglichen sollen.

Die oben beschriebene Gestalt des Ventilsitzes hat man wohl der genaueren Einstellung wegen gewählt; für das Einströmen des Wassers in den Schacht ist dieselbe nicht günstig, da sie eine bedeutende Kontraktion des Strahles bewirkt. Ferner werden auch die drei Stützen des festen Cylinders den Einlauf ungünstiger gestalten, als bei den hohen Cylindern älterer Konstruktion. Dagegen ist die Wasserzuführung bei diesem Ventil wesentlich günstiger, als bei jenen, denn das Wasser kann hier nicht

nur an den Seiten, sondern auch über dem Ventil zufließen. Ohne weiteres dürfte daher der einen oder der anderen der beiden Arten der Vorzug nicht unbedingt zuzusprechen sein.

Übrigens lassen sich die Nachteile der französischen Konstruktion leicht beseitigen. Man hat nur nötig, den festen Cylinder nicht mit dem Ventilsitz durch Stützen zu verbinden, sondern aufzuhängen, und zwar um eine geringe Beweglichkeit zu ermöglichen, nicht den Cylinder selbst, sondern diesen mittelbar durch das Rohr an seiner Decke (s. Fig. 271). Wenn man dann die Dichtung zwischen dem unteren Rande des beweglichen Cylinders und dem Ventilsitz nicht durch passend gedrehte Metallteile, sondern durch einen elastischen Dichtungsring am unteren Rande des Cylinders bewirkt, kann man auch den Ventilsitz wieder entsprechend der Gestalt des einfließenden Wasserstrahles absträgen. Die Einziehung des unteren Randes des Ventils bewirkt ferner, daß der hydraulische Druck des einströmenden Wassers, sobald das Ventil vom Sitze gelüftet ist, das Ventiltgewicht teilweise aufhebt, also die Bewegung erleichtert. Damit ein selbstthätiges unbeabsichtigtes Abheben des Ventils vom Sitze nicht vorkommen kann, falls das Ventil nicht vollkommen schließt, darf die Abschrägung nicht zu groß genommen werden. Die Führung des Ventils in der Axe des Gehäuses geschieht aufser in diesem selbst zweckmäßig auch noch an zwei Stellen des Rohres.

Auch diese niedrigen Cylinderventile 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 Cylinders eintreten kann. Dies befürchtend hat man

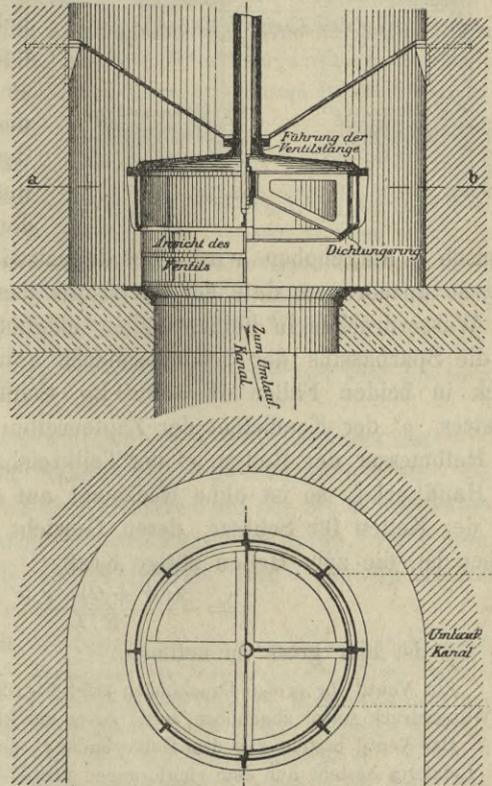
bei den Ventilen der Sparbassins der Schachtschleuse im Kanal St. Denis (vergl. § 25), welche bald von innen, bald von außen Überdruck erhalten, für die festen Cylinder keine Deckel angewendet, sondern unter Verzicht auf die oben erwähnte bequeme Wasserzuführung dieselben in vollem Durchmesser bis über Wasser geführt.<sup>110)</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.

Für diese doppelwirkenden, sowie für die neuesten niederen Cylinderventile überhaupt ist als Dichtung eine solche von Leder für die obere Fuge zwischen beweglichem und festem Cylinder vorgesehen. Dieselbe besteht nach Fig. 272 (S. 304) aus zwei Lederringen, von denen der obere am beweglichen Cylinder befestigt ist und bei innerem Überdrucke die Dichtung besorgt, während der andere am festen Cylinder sitzt und bei äußerem Überdrucke dichtet. Die Fuge zwischen dem beweglichen Cylinder

Fig. 271. *Verbessertes niedriges Cylinderventil.*

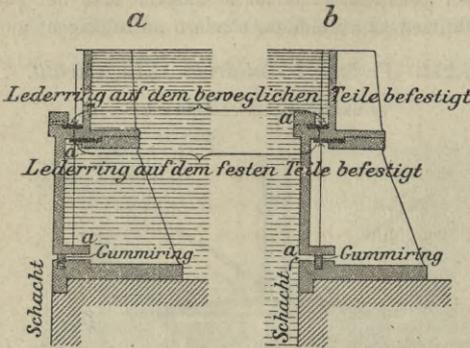
Vertikalschnitt und Schnitt a b.



<sup>110)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1893, II, S. 82.

und dem Ventil Sitz ist bei der Schachtschleuse durch einen Gummiring gedichtet, der in den Sitz eingelassen ist. Die Lage dieses Ringes muß sich nach der Wirkungsweise

Fig. 272.



des Ventils richten. Kehrt dasselbe nur gegen äußeren Überdruck, so muß der Ring möglichst nahe an dem Innenrande der Ventil Sitzplatte angebracht werden (Fig. 272 a), weil dann möglichst jede einseitige Pressung auf die untere Flantsche *a* fortfällt, die das Abheben des Ventils erschweren würde. Würde das Ventil stets nur inneren Druck erhalten, so müßte der Gummiwulst so weit vom Rande des Ventil Sitzes entfernt angebracht werden, daß der von oben nach unten gerichtete Wasserdruck auf den oberen Flantsch *a* (Fig. 272 b) durch den umgekehrt gerichteten gegen den unteren

Flantsch *a* aufgehoben wird. Bei doppelwirkenden niedrigen Cylinderschützen ist der Ring so anzuordnen, daß der Überschuss des dem Abheben des Ventils entgegenwirkenden Wasserdruckes in beiden Fällen möglichst gleich groß werde. Bei den Schützen für die Sparbassins der Schachtschleuse von 20 m Gefälle (§ 25) ist der Wasserüberdruck in beiden Fällen  $W = 190 \text{ kg}$ , Schützöffnung 1,7 m. Ist  $G$  das Gewicht des Schützes,  $\mu'$  der Koeffizient der Zapfenreibung,  $r$  der Halbmesser der Rollenzapfen,  $R$  der Halbmesser der Rollen,  $r'$  der Teilkreishalbmesser des Triebrades und  $L$  die Länge der Handkurbel, so ist ohne Rücksicht auf die Reibung des Wassers und die Steifigkeit der Ketten für Schütze, deren Gewicht durch Gegengewichte vollkommen ausgeglichen ist, die zum Heben nötige Kraft:

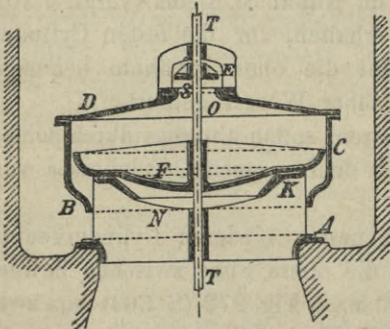
$$= \frac{2(W + G)\mu' r \cdot r'}{R \cdot L} + W \dots \dots \dots 74.$$

$\mu'$  ist hier groß zu nehmen.

Ein Ventil für große Druckhöhen zeigt Fig. 273. Bei demselben wird das große Ventil durch den Wasserdruck selbst abgehoben, wenn zuvor ein kleines Ventil geöffnet wird.

Das Ventil besteht aus dem Hohlzylinder  $C$ , dessen beweglicher Boden  $F$  auf dem Gußstück  $ANK$  ruht. Letzteres besteht aus dem ringförmigen Ventil Sitz  $A$ , von welchem vier senkrechte Rippen zu dem oberen Ringe  $K$  gehen, der den Boden  $F$  trägt. Der Zylinder  $C$  hat unten eine kegelförmige Verjüngung, welche das Abheben des Ventils durch das Wasser ermöglicht, und ist oben durch den dichten Deckel  $D$  geschlossen, dessen mittlere Öffnung  $O$  durch ein kleines Ventil  $S$  gedeckt wird.  $S$  ist durch einen Stift an der Hubstange  $T$  befestigt, die in dem Gußstück  $ANK$  geführt wird. Oben an der Stange greift die Hebevorrichtung an, welche entweder aus Zahnrad mit Kurbel oder aus einem einfachen Hebel bestehen kann. Der äußere Durchmesser des Bodens  $F$  paßt genau in den Zylinder  $C$ , indem der Rand von  $F$  und die Innenfläche von  $C$  abgedreht werden. Zwischen beiden sind die Wasserverluste daher so klein, daß sie mit Rücksicht auf das durch das Ventil  $S$  einströmende Wasser vernachlässigt werden können.

Fig. 273.



Bezeichnet  $H$  das Schleusengefälle und  $h$  den Abstand des Kreises  $D$  vom Binnenwasser, indem angenommen wird,  $D$  liege bei geschlossenem Ventil über dem Binnenwasser, und ist ferner  $R$  der Halbmesser des Deckels  $D$ ,  $r$  der Halbmesser des eingezogenen Ventilrandes bei  $B$ , und  $G$  das Ventilgewicht, so ist der Wasserdruck, welcher das geschlossene Ventil auf seinen Sitz niederhält, genau genug (da  $h$  gegen  $H$  sehr klein sein wird)  $= \gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot H + G$ , oder wenn das Gewicht des Kubikmeter Wasser  $\gamma = 1 \text{ t}$

gesetzt wird,  $= \pi r^2 H + G$  in Tonnen und Metern. Um das kleine Ventil  $S$  anzuheben, ist erforderlich ein Zug:

$$Z = \pi (r_1^2 - \rho) (H - h) + p, \dots \dots \dots 75.$$

worin  $r_1$  den Halbmesser des Ventils,  $\rho$  den Halbmesser der Zugstange,  $T$  und  $p$  das Gewicht des Ventils und der Stange bedeuten. Ist das Ventil  $S$  gehoben, so tritt das Oberwasser zwischen den Deckel  $D$  und den Boden  $F$  und hebt das Ventil vom Sitze ab, bis der Hub durch den Boden  $F$  begrenzt wird.

Nach der Quelle, welcher wir diese Mitteilung entnehmen, ist der hydraulische Druck, welcher gegen den Deckel  $D$  wirkt und das Ventil zu heben strebt, genau genug auszudrücken durch:

$$P = \pi (R^2 - r^2) \left[ H - \left( \frac{f}{\pi (r_1^2 - \rho^2)} \right)^2 \frac{H}{r^2} \right] \text{ Tonnen, } \dots \dots \dots 76.$$

worin  $f$  die Fläche des Zwischenraumes zwischen dem Boden  $F$  und dem Cylinder  $C$  bedeutet (in qm). Der Druckhöhenverlust, gegenüber der hydrostatischen Druckhöhe  $H$ , welcher durch das negative Glied der großen Klammer näherungsweise ausgedrückt wird, ist nach einem berechneten Beispiele  $= \frac{H}{20}$ . Bei guter Konstruktion wird man also setzen können:

$$P = \frac{18 \text{ bis } 19}{2} H \cdot \pi (R^2 - r^2) \dots \dots \dots 77.$$

Da die Geschwindigkeit des einströmenden Wassers langsamer abnimmt, als die Druckhöhe  $H$ , weil die Strömung so lange anhalten wird, bis die lebendige Kraft des bewegten Wassers verbraucht ist, so folgert unsere Quelle, daß das Ventil, sich selbst überlassen, sich erst schließt, nachdem der Unterschied zwischen beiden Wasserständen bereits negativ geworden sei.<sup>111)</sup> Trotzdem wird es geraten sein, die Stange  $T$  so stark zu machen, daß man das selbstthätig geöffnete Ventil daran offen halten und zur Not auch samt dem Boden  $F$  nach oben heben kann, um es nachzusehen.

Auch bei diesem Ventile ist die Einströmung des Wassers — und zwar hier wohl unabänderlich — durch die drei Rippen  $N$  beeinträchtigt.

Die letzteren Anordnungen entsprechen vollkommen den Verschlufsarten, wie sie in mannigfacher Form im Maschinenbau für Rohrleitungen gebräuchlich sind. Da es nun nicht unwahrscheinlich ist, daß sich noch eine gröfsere Zahl der bei Wasserleitungen bereits bewährten entlasteten Ventile, Schieber, Drosselklappen u. dergl., wenn man sie zweckmäfsig vergrößert, im Wasserbau für den Verschlufs von Umläufen verwerten lassen, so möge auch auf diese hingewiesen werden.

Wegen selbstthätiger Öffnung von Cylinderventilen durch Schwimmer vergl. den Schlufs des § 22, wo die von Tolkmitt ersonnene Anordnung in Verbindung mit der Bewegung der Thore beschrieben ist. Ferner möge noch auf eine ebenfalls durch den Wasserdruck sich öffnende Klappenkonstruktion von Rautenberg hingewiesen werden, die in der Deutschen Bauzeitung 1885, S. 255 mitgeteilt ist. Die vier-eckige Klappe dreht sich um ihre obere, horizontale Kante nach der Unterwasserseite zu. In geschlossenem Zustande legen sich Anschlagsleisten unten und seitlich gegen dieselbe, drücken sie gegen die Auflager und bewirken dadurch den dichten Abschlufs. Sobald man diese Leisten durch eine Vorrichtung von oben fortzieht, schlägt der Wasserdruck die Klappe auf, die dann in geöffneter Stellung durch ein Seil von oben gehalten wird.

Zum Schlufs muß noch hervorgehoben werden, daß alle Cylinderventile den Nachteil einer zweimaligen Änderung der Richtung des Wassers haben. Wenn man auch für möglichste Abrundungen Sorge trägt, so wird ein ziemlicher Druckhöhenverlust bei denselben dennoch nicht zu vermeiden sein. In dieser Beziehung ist das Zugschütz mit großer Öffnung das vorteilhafteste, dem sich die zuletzt erwähnte Klappe und demnächst das einfache Drehschütz mit Drehaxe in der Mitte anschließt.

**§ 24. Besondere Einrichtungen zur Wasserersparnis und zur Erleichterung des Durchschleusens.** Das Wasser für die Speisung\* von Schiffahrtskanälen ist oft schwer zu beschaffen und mitunter sind gewisse Kanallinien nur deshalb unausführbar, weil es ihnen an Speisewasser für ihre oberen Haltungen gebricht. Es ist deshalb eine

<sup>111)</sup> Tijdschr. van het koninkl. Inst. van ing. 1886/87, S. 48 und Revue industr. 1884, 23. Apr., S. 169.

wichtige Frage, wie die Kanalschleusen unter ungünstigen Wasserhältnissen als besonders sparsam im Wasserverbrauch eingerichtet werden können. Diese Frage kann anscheinend in sehr einfacher Weise dadurch umgangen werden, daß man aus den unteren, genügend gespeisten Haltungen so viel in die oberen hineinschöpft, als diese zur Deckung ihrer Verluste erfordern. Man hat sogar versucht, die bei der Entleerung der Schleusen-kammer in das Unterwasser fließende Wassermenge als Aufschlagwasser zum Betriebe von Wasserrädern zu benutzen, welche jenes Aufschöpfen besorgen sollten. Diese Versuche sind mißlungen und zwar größtenteils deshalb, weil auf diese Weise ein kleinerer Teil des Wassers der Schleusen-kammer wieder gewonnen wird, als dies durch weit einfachere Mittel möglich ist. Die abnehmende Druckhöhe des Schleusenwassers giebt nämlich bei den unvermeidlich schädlichen Widerständen einen zu ungünstigen Nutzeffekt für das die Schöpfmaschine treibende Wasserrad, sodaß es kaum möglich scheint, mehr als etwa 30 Prozent der ganzen mechanischen Arbeit des fallenden Wassers nutzbar zu machen, oder mehr als etwa ein Drittel dieses Wassers wieder zu gewinnen. Das unmittelbare Aufpumpen des gesamten fehlenden Speisewassers wird aber wohl in den meisten Fällen als zu kostspielig erscheinen, weil dieses Quantum Wasser ungleich größer ist, als die sich auf dem Kanal bewegenden Nutzlasten der Schiffe. Denn es ist sehr gering gerechnet das Gewicht jeder Schleusenfüllung mindestens doppelt so groß, wie die Nutzlast eines vollen Schiffes, und da jedes durchgeschleuste Schiff nicht selten eine ganze, mindestens eine halbe Schleusenfüllung verbraucht, ferner aber das nötige Speisewasser nur zum Teil zur Füllung der Schleusen, zum großen Teil zur Deckung sonstiger Verluste dient, so würde durch das Aufpumpen des Speisewassers, zumal bei mehreren Haltungen hintereinander, der Betrieb des Kanals in vielen Fällen unverhältnismäßig teuer werden. Unter besonders günstigen örtlichen Verhältnissen wird man vielleicht als billige Betriebskraft für Schöpfwerke auf den Wind rechnen können. Ferner steht zu hoffen, daß die sich schnell entwickelnde Elektrotechnik uns demnächst die Mittel an die Hand giebt, fern gelegene billige Wasserkräfte zum Speisen der oberen wasserarmen Haltung eines Kanals aus der unteren zu benutzen.

Die bis jetzt versuchten Mittel zur Ersparung an Durchschleusungswasser beruhen auf verschiedenen Grundlagen. Bei den gewöhnlichen Seitenbecken, von welchen weiter unten eingehender die Rede ist, wird ein durch hydrostatische Ausspiegelung genau begrenztes Quantum Wasser aus der Kammer in ein oder mehrere Becken hineingelassen und aus diesen wieder in die Kammer zurückgeführt.

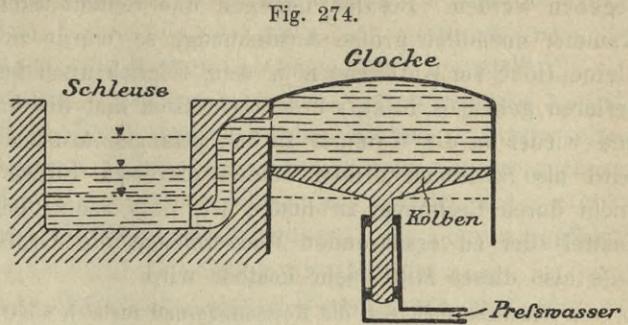
Bei den Seitenbecken mit Schwimmern nach dem System Girard wird die Füllmasse der Kammer bald in das feste Seitenbecken hinabgelassen, bald wieder aus diesem in die Kammer hinaufgedrückt, je nachdem ein dieses Seitenbecken nahezu ganz ausfüllendes bewegliches Becken oder ein Schwimmer aufsteigt oder niedersinkt und in letzterem Falle auf die in dem festen Becken enthaltene Füllmasse drückt. Es handelt sich hier um eine sehr sinnreiche Anordnung, welche noch heute Beachtung verdient, obwohl sie nicht zur Ausführung gelangt ist. Wegen der betreffenden Einzelheiten muß indessen auf die 2. Auflage dieses Werks (Kap. XXI, S. 461) und auf die unten erwähnten Quellen verwiesen werden.<sup>112)</sup>

Bei dem Seitenbecken mit Kolben von J. Nyssens-Hart besteht dasselbe aus einer oben und an den Seiten luftdicht abgeschlossenen Glocke Fig. 274, in welcher

<sup>112)</sup> Rapport et mémoire sur le nouveau système d'écluse à flotteur de M. D. Girard. Paris 1845. Über die Girard'sche Schiffschleuse mit Schwimmer nach Poncelet, mit einigen Anmerkungen von Crelle. Berlin 1864.

ein Kolben durch Presswasser bewegt werden kann. Je nachdem der Kolben gehoben oder gesenkt wird, strömt das Wasser aus der Glocke in die Schleusen- oder zurück.<sup>113)</sup>

Als vierte Einrichtung zur Wasserersparnis sind die beweglichen Kammern zu betrachten, bei denen unter vollständiger Trennung des Oberwassers vom



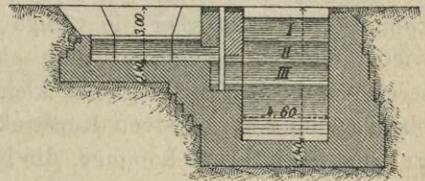
Unterwasser die mit Wasser gefüllte Schleusen- oder Kammer so vor die Haltungen geführt wird, daß eine Verbindung eintreten kann und daß ein voll hinabfahrendes Schiff, welches aus dem Oberwasser in die ohne Schiff vom Unterwasser nach oben gehobene Kammer fährt, einen großen Teil der Füllmasse derselben in das Oberwasser drückt.

Durch diese vier verschiedenen Anordnungen wird auf rein hydrostatischem Wege ein gewisses Quantum Oberwasser erspart oder Unterwasser gewonnen. Es ist außerdem noch durch Caligny die Aufgabe glücklich gelöst worden, die lebendige Kraft der sich aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser bewegenden Masse zu benutzen, um entweder möglichst viel Oberwasser zu sparen oder aber Unterwasser in das Oberwasser hinaufzuziehen.

Von den aufgeführten verschiedenen Einrichtungen zur Wasserersparnis haben die beweglichen Kammern die größte Bedeutung und werden daher im nächsten Paragraphen, der von den Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle handelt, eingehender besprochen werden. Von den übrigen erscheint es ihrer allgemeinen Bedeutung nach genügend, sie — ähnlich wie es oben mit der Nyssens-Hart'schen Einrichtung geschehen — nur an Skizzen zu erläutern. Von anderen vorgeschlagenen und sogar ausgeführten, aber nicht bewährten Einrichtungen soll dagegen gänzlich abgesehen werden.

Die einfachen festen Seitenbecken sind in ihren Grundzügen durch Fig. 275 dargestellt. Neben der Kammer liegt ein mit wasserdichten Wänden und Boden versehenes und durch einen abschütz- baren Kanal mit der Kammer verbundenes Becken. Wird die oberste mit *I* bezeichnete Schicht der Kammer in das Becken gelassen, so kann nach entleerter Kammer, aber auch nur dann, diese Wassermenge wieder in eine tiefere Lage, als Schicht *III*, in die Kammer zurückgeführt werden. Es ist ohne weiteres klar, daß, wenn alles in das Seitenbecken gelassene Wasser wieder in die Kammer zurückgeführt werden soll, die Oberfläche des Beckenwassers höchstens dem tiefsten Stande des aus der Kammer abzulassenden Wassers gleich kommen und daß das in die Kammer zurückgeführte Wasser höchstens die Höhe des Bodens im Seitenbecken annehmen kann. Besitzt also das Seitenbecken eine gleiche horizontale Ausdehnung wie die Kammer, so kann offenbar nur höchstens ein Drittel der Kammerfüllung durch das Seitenbecken aufgenommen und der Kammer wieder-

Fig. 275.

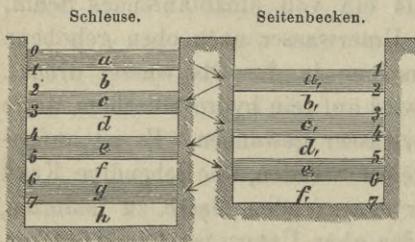


<sup>113)</sup> Annales des travaux publics de Belgique 1887, S. 301.

gegeben werden. Besäße dagegen das Seitenbecken eine gegen die Oberfläche der Kammer unendlich große Ausdehnung, so würde in dem Becken nur eine unendlich kleine Höhe zur Anfüllung nötig sein, folglich auch bei der Wiederanfüllung der Kammer verloren gehen, d. h. es würde theoretisch fast die halbe Kammerfüllung in das Becken und wieder in die Kammer zurück gelangen können. Bei einem einzigen Seitenbecken wird also zwischen diesen beiden extremen Fällen die Wahl zu treffen sein, wobei leicht durch Rechnung zu finden ist, daß schon bei mäßiger Vermehrung (über ein Drittel) der zu ersparenden Wassermenge die Größe des Beckens erheblich wächst, daß also dieses Mittel sehr kostbar wird.

Günstiger stellt sich die Kostenfrage und zugleich die Größe der Ersparnis, wenn man nicht eins, sondern mehrere Becken nebeneinander, etwa zu beiden Seiten der Schleuse, herrichtet, und dann nicht

Fig. 276.



eine sehr hohe Wasserschicht der Kammer verhältnismäßig tief hinabfallen läßt, sondern die Wassermenge der Kammer in viele dünne Schichten teilt, dieselben seitwärts mit möglichst kleinem Fallverlust ablagert und dann bei der Wiederfüllung der Kammer diese vielen seitwärts gelagerten Schichten ebenfalls mit kleinstem Gefälle in die Kammer zurückleitet. Bei zunächst angenommener gleicher Oberfläche der einzelnen Becken wie die der Kammer und bei gleicher Schichtenhöhe wird nach nebenstehender Fig. 276 die Schicht *a* durch *a*, nach *c*, die Schicht *b* durch *b*, nach *d* u. s. w. gelangen, so daß bei *n* Seitenbecken  $n + 2$  Schichten in der Kammer

notwendig sind und daher die Ersparung des Kammerwassers  $= \frac{n}{n+2}$  der ganzen Füllmasse ist. Es ist also die Ersparung bei 1 Becken  $= \frac{1}{3}$ , bei 2 Becken  $= \frac{1}{2}$ , bei 3  $= \frac{2}{5}$ , bei 4  $= \frac{2}{3}$  u. s. w.

Will man außer der größeren Zahl der Becken auch die Oberfläche derselben vergrößern, so wird allerdings nach dem vorigen die Ersparung noch mehr zunehmen, jedoch nicht in dem Maße, daß der Nutzen dem größeren Aufwande entsprechen dürfte. Wenn die Fläche der Becken z. B. doppelt so groß als die der Kammer, die Höhe also entsprechend kleiner genommen wird, so ergibt sich bei einer Höheneinteilung, in der die Beckenhöhe als Einheit zu Grunde gelegt wird, leicht, daß die größte Ersparung sein wird  $\frac{2n}{2n+3}$ , also bei 1 Becken  $= \frac{2}{5}$ , bei 2 derselben  $= \frac{4}{7}$ , bei 3  $= \frac{2}{3}$ , bei 4  $= \frac{8}{11}$  u. s. w. Am größten ist also in den beiden obigen Beispielen der Unterschied bei zwei Becken, derselbe wird aber bei zunehmender Zahl immer kleiner.

Man hat sich nun in den meisten Fällen mit einem oder zwei Becken der großen Kosten wegen begnügt und schon dabei nicht unerheblich an Wasser gespart. Trotzdem ist im ganzen nur wenig Gebrauch von den Seitenbecken gemacht, weil außer den Kosten auch der Zeitverlust durch das langsame Füllen und Leeren in Betracht kommt. Will man aber die völlige Ausspiegelung nicht ganz abwarten, so tritt dadurch wieder eine geringere Ersparung als die theoretische ein. Um die Kosten einer größeren Anzahl Becken möglichst klein zu erhalten, würde vorkommenden Falls statt der bislang üblichen massiven Konstruktion, die nicht gestattet, die Becken übereinander zu legen, es in Frage kommen, die Becken nur durch dünne Eisenblechböden voneinander zu trennen und in größerer Zahl übereinander zu schichten.

Eine unter Umständen praktische Anwendung von Seitenbecken läßt sich ohne merkliche Kostenvermehrung machen, wenn zwei Schleusen nebeneinander liegen, wie dies bei verkehrsreichen Kanälen zuweilen der Fall ist. Es kann dann durch bloße Verbindung beider Kammern und bei geeigneter Handhabung beider Schleusen fast die halbe Füllmasse der Kammern erspart werden, weil diese nur von der vollen Kammer in die leere gelassen und nicht wieder zurückgeführt zu werden braucht.

Bei einfachen Seitenbecken läßt sich endlich durch Benutzung der lebendigen Kraft des in Bewegung gesetzten Wassers das auf kurze Zeit in dem Seitenbecken

höher stehende Wasser abfangen. Um aber ein merkliches Maß zu erhalten, muß die in dem Verbindungskanale befindliche Masse möglichst groß, der Kanal also weit und lang sein. Hierüber ist von Flamant eine theoretische Betrachtung angestellt.<sup>114)</sup> —

Außer verschiedenen in Modellen versuchten oder nur vorgeschlagenen Einrichtungen, um mit Hilfe der lebendigen Kraft des fließenden 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>115)</sup>

Er beruht darauf, daß 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 größten 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 größte 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, wengleich 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.

Fig. 277 bis 279. Caligny's Umlauf. Schleuse von Aulois.

Fig. 277. Grundrifs. M, 0,0015.

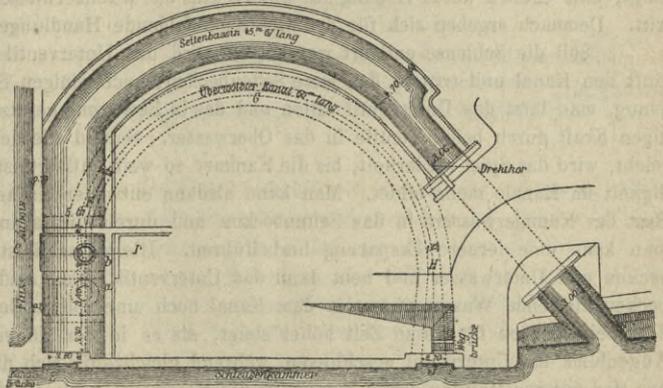
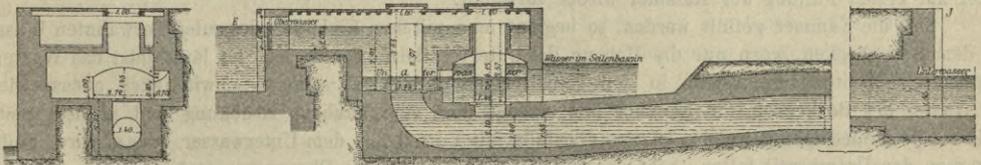


Fig. 278. Schnitt C D.

M, 0,008.

Fig. 279. Schnitt E F G H.



<sup>114)</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. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 677.

<sup>115)</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.

Hierzu dienen die in Fig. 277 bis 279 dargestellten Einrichtungen.

Dieselben bestehen:

1. aus einem gemauerten, halbkreisförmig überdeckten Kanale von 1,2 m Weite und 1,55 m Höhe bis zum Scheitel; in der Thorammer des Unterhauptes beginnt derselbe mit einer Sohlentiefe von 1,8 m unter dem Unterwasser zugleich mit einer horizontalen Erweiterung von 2,7 m; er fällt nach dem Oberhaupte hin auf seiner letzten Strecke bis auf etwa 3,8 m unter Unterwasserhöhe mit der Sohle hinab und endet neben dem Oberhaupte mit zwei durch Cylinderventile (s. Fig. 269, S. 300) verschließbaren Öffnungen *a* und *b* unter zwei besonderen, mit dem Oberwasser und mit einem großen Seitenbassin in Verbindung stehenden Räumen;
2. aus dem eben erwähnten Seitenbecken, auch Sparbecken genannt, welches unterhalb der Schleuse aus dem Unterwasser beginnt, bei einer passenden Stelle durch ein Drehthor abgeschlossen werden kann und sich, wie unter 1. erwähnt, am oberen Ende bis über die erste Öffnung *b* des genannten Kanals erstreckt;
3. aus den zwei über den Öffnungen *a* und *b* des gemauerten Kanals befindlichen, oben und unten offenen Cylinderventilen, welche an Ketten hängen und durch einen Hebel mit Leichtigkeit gehoben werden können. Sie stehen mit ihren unteren Rändern mit Hilfe von Gummi wasserdicht auf den Rändern der Öffnungen des gemauerten Kanals und verschließen als Ventile diese Öffnungen, falls nicht etwa ein Wasserstrahl durch sie selbst hindurch und oben aus ihnen heraustritt. Die beiden Ventile, von denen *a* das Oberventil, *b* das Unterventil genannt werden mag, haben nicht gleichen Durchmesser, sondern es muß das Unterventil *b* etwas weiter sein als das Oberventil *a*.

Die Weiten sind bei der Schleuse zu Aulois 1,48 und 1,40 m. Weil die obere Kanalhaltung sehr kurz ist, so mußten ungünstigerweise beide Cylinder um 10 cm über den normalen Oberwasserspiegel reichen. Die verschiedene Länge hat für die Wirkung der Ventile keine Bedeutung und entspringt aus der notwendigen Form des gemauerten und am Ende aufwärts gebogenen Kanals.

Es ist nun ersichtlich, daß, wenn beide Ventile aufstehen, der Kanal am oberen Ende geschlossen ist; daß, wenn man das Oberventil hebt, das Oberwasser in den Kanal und dadurch in die Kammer gelangt, daß endlich durch Hebung des Unterventils das Kammerwasser mit dem Seitenbecken in Verbindung tritt. Demnach ergeben sich für den Gebrauch folgende Handlungen:

Soll die Schleuse entleert werden, so wird das Unterventil gehoben. Das Kammerwasser durchläuft den Kanal und tritt in das leere Seitenbecken; nach einigen Sekunden ist die Geschwindigkeit groß genug, man läßt das Unterventil fallen und das in Bewegung gesetzte Wasser strömt vermöge seiner lebendigen Kraft durch beide Ventile in das Oberwasser. Sobald die lebendige Kraft hierzu nicht mehr ausreicht, wird das Spiel wiederholt, bis die Kammer so weit entleert ist, daß sich keine genügende Geschwindigkeit im Kanale mehr bildet. Man kann alsdann entweder einfach durch Hebung des Unterventils den Rest des Kammerwassers in das Seitenbecken und durch dieses in das Unterwasser ablassen, oder aber man kann eine fernere Ersparung herbeiführen. Hierzu schließt man das Drehthor zwischen Seitenbecken und Unterwasser und hebt dann das Unterventil. Das alsdann aus der Kammer in das Seitenbecken fließende Wasser nimmt in dem Kanal noch eine solche Geschwindigkeit an, daß das Wasser in dem Seitenbecken für kurze Zeit höher steigt, als es in der Kammer fällt; es wird dann im richtigen Augenblick das Unterventil geschlossen, während gleichzeitig sich die Unterthore selbstwirkend öffnen und aus der unteren Haltung soviel Wasser in die Kammer lassen, als deren Stand unter der Höhe des Unterwassers gesunken ist. Das in dem Seitenbecken bis 15 cm über Unterwasserhöhe gestiegene Wasser wird später zur ersten Füllung der Kammer wieder verwandt.

Soll die Kammer gefüllt werden, so beginnt man mit dem Einlassen des zuletzt erwähnten Wassers aus dem Seitenbecken, wozu nur die Hebung des Unterventils notwendig ist. Es läuft jetzt das Wasser in umgekehrter Richtung wie vorhin in dem Kanal, reißt aber durch seine Geschwindigkeit ebenso wieder das Wasser des Beckens in die Kammer und erzeugt dort eine ähnliche Erhöhung und in dem Seitenbecken eine Erniedrigung, welche letztere ebenfalls mit Vorteil aus dem Unterwasser ersetzt wird. Sodann läßt man das Unterventil fallen, hebt dagegen das Oberventil; das Oberwasser strömt durch den Kanal in die Kammer, jedoch nur für einige Sekunden, weil nach diesen die Geschwindigkeit groß genug ist, um mittels Senkung des Oberventils und Hebung des Unterventils das Wasser aus dem Seitenbecken aufzusaugen und mit in die Kammer zu führen. Das Seitenbecken befindet sich dabei in offener Verbindung mit dem Unterwasser. Die Kammer füllt sich also zum Teil aus dem Oberwasser, zum Teil aus dem Unterwasser. Auch dieses Spiel wird mehrfach wiederholt, bis wiederum die Fallhöhe hierzu nicht mehr

ausreicht. Alsdann wird das Oberventil dauernd gehoben und die Füllung aus dem Oberwasser vollendet, durch welche jedoch eine solche Überhöhung in der Kammer eintritt, daß sich die Oberthore selbstthätig öffnen.

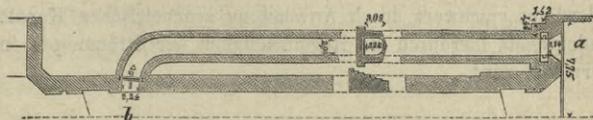
Zu Aubois geschahen 7 bis 8 einzelne Spiele für die Füllung und Leerung der Schleuse innerhalb 5 bis 6 Minuten. Aus zahlreichen Versuchen hat sich ergeben, daß bei der Füllung, ohne Mitbenutzung der Ersparung durch das Seitenbecken, das aus dem Unterwasser gewonnene Wasser sich zu dem aus dem Oberwasser abgelassenen wie 0,41 zu 0,59 verhält, sodafs also hierbei die Ersparung etwa  $\frac{2}{5}$  der ganzen Kammerfüllung ist. Bei der Entleerung gelangt dagegen nur 0,386 der ganzen Wassermenge in das Oberwasser und 0,614 desselben in das Unterwasser. Es wird also dabei etwas weniger als  $\frac{2}{5}$  gespart, welche Differenz wohl der ungünstigen Überhöhung der beiden Ventile über den Stand des normalen Oberwassers zuzuschreiben ist. Während nun jene beiden Ersparungen zusammen 0,796 ausmachen, wird durch Mitbenutzung des Seitenbeckens die gesamte Ersparung bei einmaligem Füllen und Leeren auf 90 Prozent der ganzen Füllmasse gebracht.

Ein Hauptvorteil des Apparates ist aufer der Wasserersparung, daß für etwaige kurze obere Haltungen sehr geringe Schwankungen und an engen Stellen keine heftigen Geschwindigkeiten bei dem Durchschleusen eintreten und daß die Öffnung der Thore erleichtert wird. Übrigens dürfte sich empfehlen, noch gewöhnliche Thorschützen anzubringen, um den Betrieb zu sichern, und die bedeutenden Kosten würden sich durch Vereinfachung der Anlage des Seitenbeckens wohl etwas verringern lassen.<sup>116)</sup>

Die lebendige Kraft des bewegten Wassers läfst sich, wie schon beiläufig erwähnt wurde, aufer zur Ersparung des Oberwassers auch für leichtere Bedienung der Schleuse und bequemes Aus- und Einfahren der Schiffe verwenden.

Die erste gelungene Anwendung hiervon ist durch den Ingenieur Maus bei den Schleusen zu Herbières und Ath in Belgien gemacht. Die Veranlassung hierzu gab die Schwierigkeit, mit welcher die sehr voll gebauten, bis 250 Tonnen haltenden belgischen Kanalschiffe in die nur um ein sehr geringes Mafs weiteren Schleusen aus- und einfuhren, indem die beladenen Schiffe sich ähnlich wie der Kolben in einem Cylinder verhielten. Es kam zunächst also darauf an, dem Wasser bei der Einfahrt eines Schiffes einen leichten Ausweg und ebenso bei der Ausfahrt ihm einen Zuweg in den hinteren Teil der Kammer zu gestatten. Hierzu dient bei der Schleuse

Fig. 280.



zu Herbières der in Fig. 280 skizzierte Seitenkanal *a b*, welcher 2 m breit und 2,22 m bis zum Scheitel seines halbkreisförmigen Gewölbes hoch ist. Die geradlinige Sohle befindet sich in der Höhe des Oberdempels und der Scheitel etwas über dem Oberwasserspiegel. An seinem unteren Ende bei *b* befindet sich das in Fig. 260 u. 261 dargestellte Drehschütz, welches vom Wärter mit Hilfe einer Schraube bewegt werden kann. Bei der Füllung der Schleuse beginnt man mit der Öffnung der Thorschützen und öffnet das Drehthor des Seitenkanals erst dann, wenn die Spiegeldifferenz auf etwa 0,5 m herabgesunken ist. Es füllt sich alsdann nicht nur rasch die Kammer, sondern es öffnen sich durch die entstandene Überhöhung des Kammerwassers die Oberthore und das etwa in der Kammer befindliche Schiff wird sanft aus derselben in die obere Haltung getrieben. So notwendig die große Länge und Weite des Seitenkanals zur Erzeugung einer wirksamen lebendigen Kraft ist, so darf doch nicht bei einem größeren Gefälle als dem genannten von 0,5 m die Bewegung erfolgen, weil sonst eine zu heftige Bewegung in der Kammer entstehen und der Wärter nicht Herr über das Drehthor bleiben würde. Nach der Ansicht des Erfinders würde aber aufer einer etwas größeren Weite des Seitenkanals noch die Anbringung eines Schützes in dem größeren Flügel des Drehthores zweckmäfsig sein, um das Thor jederzeit mit Leichtigkeit beherrschen zu können.

Bei der Schleuse zu Ath, welche vorzugsweise von beladen zu Berg fahrenden Schiffen benutzt wird, kommt es umgekehrt darauf an, die aus dem Unterwasser kommenden Schiffe leicht in die Schleuse einfahren zu lassen. Zu dem Zwecke geht ein ähnlicher Seitenkanal von dem oberen Ende der Kammer nach dem Unterwasser, um nach seiner Öffnung das Wasser in der Kammer so zu erniedrigen, daß das

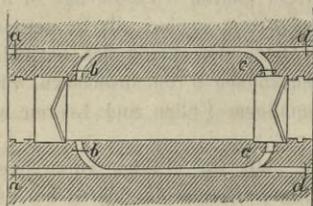
<sup>116)</sup> Näheres über die Einrichtung und die Theorie des Apparates s. Lagrené. Cours de navigation intérieure. III. Bd. — Ann. des ponts et chaussées (März 1869 u. Sept. 1880). — Journ. de mathématiques de Lionville. 1838. — Comptes rendus de l'Académie des sciences 1872/73.

Unterwasser die Unterthore öffnen und das Schiff in die Kammer hineindrängen muß. Nach den Angaben Lagrené's<sup>117)</sup> hierüber scheint die Tiefe des Seitenkanals jedoch nicht zu genügen.

Von demselben Schriftsteller wird zur Erlangung der meisten Vorteile die folgende, in Fig. 281 dargestellte Anordnung empfohlen:

An jeder Seite der Schleuse geht ein Längskanal ganz vom Oberwasser bis zum Unterwasser. Dicht hinter dem Oberthore und vor dem Unterthore verbindet ein sanft gekrümmter Querkanal die Kammer mit den beiden Längskanälen. Sämtliche Querkanäle und Enden der Längskanäle müssen durch Schützen *aa*, *bb*, *cc*, *dd* leicht abzusperren 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 überhöht sich, öffnet die Oberthore und treibt das Schiff aus der Kammer. Um in die leere Kammer aus dem Unterwasser ein Schiff hineinzulassen, schließt man zuerst die Querkanäle, läßt durch die offenen Längskanäle eine kurze Zeit lang den Strom vom Oberwasser nach dem Unterwasser laufen, schließt

Fig. 281.



dann rasch die Schützen *aa* und öffnet *bb*; alsdann reißt der Strom im Längskanal durch Ansaugung das Wasser aus der Kammer, wodurch sich die Unterthore öffnen und das Schiff in die Kammer hineingezogen wird.

Um dagegen aus der vollen Kammer ein Schiff ins Unterwasser zu lassen, werden die Schützen *aa* und *cc* geschlossen; das Wasser in der Kammer erniedrigt sich unter dem Unterwasserspiegel und die Unterthore öffnen sich; es müssen dann aber die Schützen *bb* geschlossen und die Schützen der Oberthore geöffnet werden, um nach dem Aufhören des Kreislaufs eine mächtige Oberwasserströmung zum Hinausdrücken des Schiffes in das Unterwasser zu erzeugen. Ebenso kann durch Öffnen der Schützen in den Unterthoren nach Öffnung der Oberthore ein Schiff aus der oberen Haltung in die Kammer gezogen werden.

Damit alle diese Vorgänge gelingen, müssen die sämtlichen Kanäle lang und weit genug sein, um der bewegten Wassermenge die nötige lebendige Kraft zu geben. Außerdem müssen sie mit ihrem Querschnitt unter dem Spiegel des Unterwassers liegen, und endlich müssen die betreffenden Schützen fast gleichzeitig bedient, z. B. *bb* geöffnet und *aa* geschlossen werden können. Es wird diese Forderung allerdings erschwert durch Anwendung symmetrischer Kanäle auf beiden Seiten der Schleuse, wogegen andererseits hierdurch die Regelmäßigkeit der Strömungen in der Kammer zum Vorteil der Schiffe sehr vermehrt wird.

## E. Vorrichtungen für große Gefälle. Nebenanlagen. Betrieb und Unterhaltung.

(14 Textfiguren.)

§ 25. Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle. Schachtschleuse, geneigte Ebenen und Schiffseisenbahnen, senkrechte Schiffshebewerke. Die Notwendigkeit, behufs weiterer Entwicklung des Verkehrs der Massengüter Verbindungen zwischen Wasserstraßen auch dort herzustellen, wo es an Wasser gebricht oder wo die Höhenunterschiede der Spiegel zu bedeutende sind, um durch Schleusentreppen ohne unverhältnismäßigen Kosten- und Zeitaufwand überwunden zu werden, hat in der Neuzeit dazu geführt, alte fast vergessene Schätze wieder auszugraben und den Fortschritten der Technik entsprechend neu zu gestalten. Die Grundgedanken der oben angeführten Schiffshebevorrichtungen entstammen nämlich größtenteils bereits dem vorigen und noch früheren Jahrhunderten.

### 1. Schachtschleusen.

Der erste Versuch zur Herstellung einer Schachtschleuse von Polhem in Schweden ist bereits in § 3 erwähnt. Zur Anwendung ist jedoch die Schachtschleuse und zwar

<sup>117)</sup> Lagrené. Cours de navigation intérieure. III. Bd., S. 126.

eine solche mit überwölbtem Unterhaupt zuerst in Frankreich, im Kanal St. Denis gekommen, s. T. XIII, F. 1—13. Sie ist eine Doppelschleuse, deren Kammern  $5,2 \times 38,5$  bzw.  $8,2 \times 45$  m breit und lang sind. Die Drempteltiefe beträgt 3,2 m. Die Schleuse ersetzt vier einfache Schleusen von geringem Gefälle, welche früher an dieser Stelle in zwei Gruppen, getrennt durch eine Haltung von 160,45 m Länge, vorhanden waren. Die beiden Kammern der neuen Schleuse liegen auf beiden Seiten der alten Schleusentreppe, sodafs diese mit kurzer Unterbrechung bis zur Fertigstellung der gröfseren Kammer im Betriebe bleiben konnten.

In der Mauer, welche die beiden Kammern trennt (F. 11, T. XIII), befindet sich für jede derselben ein oben offenes Sparbecken (vergl. § 24), dessen Grundfläche gleich derjenigen der zugehörigen Kammer ist. Die Sohle dieser Becken liegt in Höhe der Sohle der oben erwähnten kurzen Haltung zwischen den alten Schleusengruppen, sodafs die Herstellung der Becken besonders bequem war, indem man nur die Sohle abzapflastern und eine Trennungsmauer aufzuführen brauchte. Da die Sparbecken  $\frac{1}{3}$  der Schleusenfüllungen aufnehmen sollen und das ganze Schleusengefälle 9,92 m beträgt, so liegt die Sohle derselben um  $\frac{1}{3}$  des Gefälles (3,31 m) höher als der Unterwasserspiegel.

Die Mauern zwischen Kammer und zugehörigem Sparbecken enthalten die erforderlichen Leitungen und zwar je

1. einen oberen Kanal in offener Verbindung mit dem Oberwasser (F. 2 und 5—10, T. XIII),
2. einen unteren Kanal, der durch Stichkanäle, welche auf der Kammersohle ausmünden, stets mit der Kammer in offener Verbindung ist (F. 3 und 5—10).

Im oberen Kanale (F. 2) liegen nahe dem Oberwasser niedere Cylinderventile *a* (s. Fig. 270, S. 302), welche 1,6 m Durchmesser haben und ebenso weite, zum unteren Kanale führende Schächte verschliessen. Diese Ventile, drei für die grofse, zwei für die kleine Kammer, dienen zum Füllen aus dem Oberwasser. Der obere Kanal läuft bis zum Unterwasser durch und enthält hier das Ventil *b* von 1,8 m Durchmesser, welches einen unmittelbar in das Unterwasser führenden Schacht schliesst (F. 9), der dazu dient, um überflüssiges Wasser aus dem Oberwasser mit Umgehung der Kammer abzulassen bzw. die untere Haltung zu speisen. Am äufsersten Ende des Kanals liegt die Turbine *c* zum Bewegen der Thore, deren verbrauchtes Wasser ebenfalls frei in das Unterwasser gelangt, s. F. 10.

Der untere Kanal, durch F. 3, T. XIII im Horizontalschnitt dargestellt, enthält im mittleren Teile die Mündungen der aus dem Sparbecken kommenden Schächte (F. 6), deren obere in der Beckensohle liegende Öffnung *d* (F. 2) durch die in § 23 erwähnten niedrigen Cylinderventile (Fig. 272, S. 304) mit bis über Wasser reichendem festen Cylinder abgeschlossen sind. Diese empfangen inneren Druck, wenn die Kammer gefüllt, das Sparbecken aber leer ist, dagegen äufseren Druck im umgekehrten Falle.

Weiter zum Unterwasser liegen die Auslafsventile *f*, welche die Verbindung zwischen Schleusenammer und Unterwasser sperren. F. 8, T. XIII zeigt einen senkrechten Schnitt durch den Sitz eines Ventils *f*. Der untere Kanal ist hier der Höhe nach in zwei Teile zerlegt, deren unterer, von kreisförmigem Querschnitte durch den ringförmigen Ausflufskanal (F. 3 rechts) mit dem Unterwasser, deren oberer mit der Schleusenammer in stets offener Verbindung bleibt.

Die Auslafsventile sind wieder niedrige Cylinderventile nach Fig. 270. Nach Beobachtungen an der fertigen Schleuse erfordert die Füllung  $7' 20''$ , die Leerung  $8' 20''$ . Als Thore sind sowohl für das Ober-, als auch für das Unterhaupt die bei fast allen

umgebauten Schleusen des Kanals von St. Denis angewandten einflügeligen Drehtore mit senkrechter Axe benutzt. Im Unterhaupt liegt das Thor mit allen vier Seiten am Mauerwerke an, wodurch es wesentlich leichter konstruiert werden kann. Die Wahl dieser Thorart auch für das Unterhaupt der Schachtschleuse muß als eine verfehlte bezeichnet werden, da hier wegen der Höhe der Seitenmauern und des Gefälles die Nachteile dieser Konstruktion als Unterhauptthore (Verlängerung der Kammer, vergl. § 21) besonders groß werden. Man vergl. auch die Tabelle am Schlusse dieses Paragraphen.

Diese Unvollkommenheit hat Fontaine bei seinem Entwurfe einer Schachtschleuse von 20 m Gefälle vermieden, indem er für das Unterhaupt ein Schützenthor anwandte, welches nach oben gezogen wird und durch einen Gegengewichtswagen ausbalanciert ist, s. Fig. 282. Dieser Wagen enthält drei Abteilungen, zwei seitliche für festen, eine mittlere für Wasserballast. Der Wagen mit dem festen Ballast allein ist leichter als das Thor, mit dem Wasserballast zusammen ist er schwerer. Soll das Thor gehoben werden, so wird aus dem Oberwasser der Wasserballastraum durch das Rohr  $r$  gefüllt. Soll das Thor sinken, so läßt man das Wasser aus dem Wagen ablaufen.

Fig. 282 u. 283. Schleuse für 20 m Gefälle. M. 0,002 (1:500).

Fig. 282. Längenschnitt des Unterhauptes.

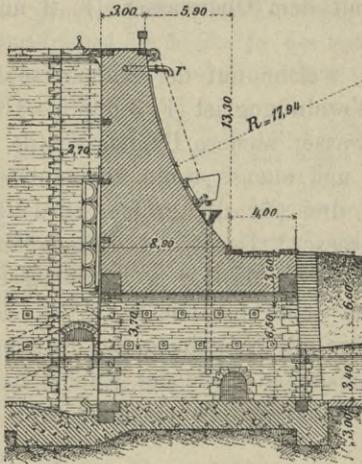
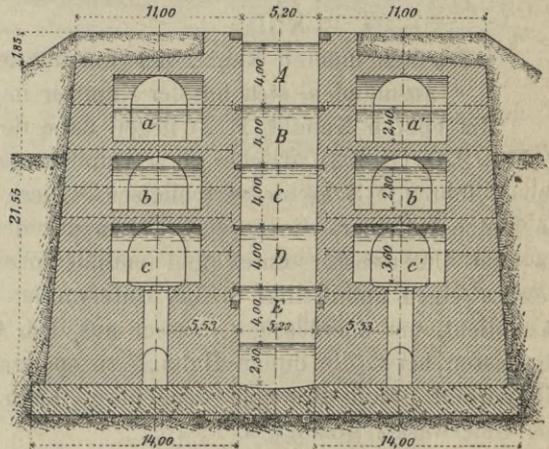


Fig. 283. Querschnitt.



Diese für den Kanal von Burgund entworfene Schleuse hat 40 m Kammerlänge und 5,2 m Breite, sie enthält in jeder Seitenwand, wie Fig. 283 zeigt, drei übereinander liegende Sparbecken, von denen die Räume  $a$  und  $a'$  das Wasser  $A$  aus der Kammer,  $b$  und  $b'$  das Wasser  $B$ ,  $c$  und  $c'$  das Wasser  $C$  aufnehmen sollen, sodafs nur die Wasserteile  $D$  und  $E$  in das Unterwasser ablaufen. In dieser Weise werden  $\frac{3}{5}$  der Schleusenfüllung gespart. Jedes Sparbecken steht durch einen Schacht mit Cylinder-ventilverschluss in Verbindung mit einem unteren Kanal, von dem stets offene Stichkanäle zur Kammer führen. Die Verbindung dieses Kanals mit dem Ober- und Unterwasser ist ähnlich, wie bei der Schleuse des Kanals von St. Denis. Dagegen kann die Zuführung von Speisewasser aus dem Ober- zum Unterwasser hier nur durch den Kanal und das Auslaßventil bzw. den Kanal und die Kammer selbst erfolgen.<sup>118)</sup> Über die Kosten und den Wasserverbrauch dieser Schleuse siehe die Tabelle am Schlusse des Paragraphen.

<sup>118)</sup> Näheres siehe: Genie civil 1891, Bd. XVIII, S. 262. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891.

Die Schachtschleusen haben den Vorzug großer Einfachheit, sie verbrauchen aber trotz der Sparbecken ziemlich viel Wasser. Man war daher schon längst darauf bedacht, Vorkehrungen zu ersinnen, die bei Mangel an Wasser in den Scheitelhaltungen die Überwindung großer Gefälle ermöglichen, und hat in der That in den schiefen Ebenen, hydraulischen und Schwimmerschleusen solche gefunden, die sogar bei überwiegend thalwärts gehendem Lastverkehr eine Speisung der oberen Haltung aus der unteren bewirken. Während bei den Schachtschleusen wie bei den gewöhnlichen Kammer-schleusen eine feste Kammer vorhanden ist, in der das Schiff mit dem Wasserspiegel gehoben und gesenkt wird, fällt die Kammer bei diesen jetzt zu besprechenden Hebe-vorrichtungen entweder ganz fort oder wird mit dem Schiffe zusammen bewegt.

## 2. Geneigte Ebenen. Rollbrücken. Schiffseisenbahnen.

In ihrer einfachsten Form hatten die geneigten Ebenen folgende Anordnung: Vom Unterwasser führte eine mit Balken und Bohlenbelag versehene, gleichmäßig geneigte schiefe Ebene zum Oberwasser hinauf und zwar noch etwas höher, als der höchste Wasserstand des letzteren; an diese schloß sich dann eine kurze, entgegengesetzt (nach dem Oberwasser zu) geneigte Ebene an, auf welcher die aufgezogenen Schiffe in das Oberwasser wieder hinunterglitten. Das Aufziehen geschah einfach mittels eines Haspels, indem man die Schiffe auf der schiefen Ebene gleiten ließ. Derartige einfachste Vorrichtungen sind in China seit Jahrhunderten im Gebrauch und auch in Belgien konnte man noch in diesem Jahrhundert solche finden, welche aus dem zwölften Jahrhundert stammten.

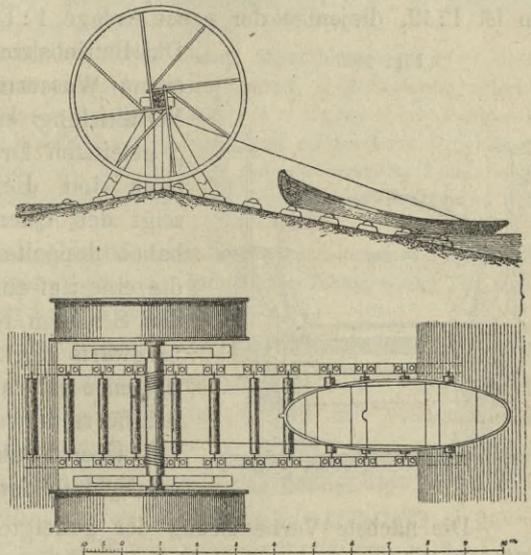
Eine Vervollkommnung dieser einfachen Schleppen sind die sogenannten Rollbrücken, Fig. 284, welche auch bereits seit langer Zeit verwendet sind.<sup>119)</sup> Sie vermindern den Kraftbedarf, indem sie die gleitende Reibung in rollende und Zapfenreibung umwandeln. Beide Anordnungen haben aber den Nachteil, daß das Schiff beim Überschreiten des Scheitels zeitweise nur auf einer Querlinie seines Bodens aufsteht und infolge dessen sehr stark beansprucht wird. Sie eignen sich daher nur für ganz kleine Fahrzeuge.

Schiffseisenbahnen. Der nächste Schritt der Vervollkommnung der geneigten Ebenen verminderte die starke Beanspruchung der Schiffe auf dem Transport im Trocknen. Dies geschah dadurch, daß man das Schiff auf einer mit Rädern versehenen, auf Schienen laufenden Plattform aufzog.

Bei den älteren Anlagen dieser Art hat man das Gegengefälle zum Oberwasser fortgelassen und das letztere mit einer Schleuse, deren Boden bereits den obersten Teil

Fig. 284. Rollbrücke.

Ansicht und Grundrifs.



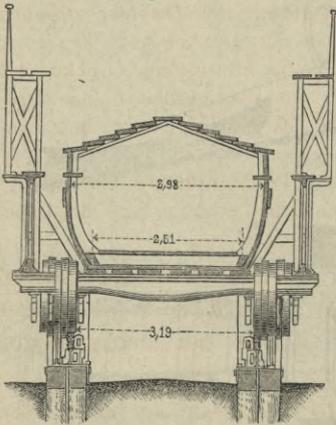
<sup>119)</sup> Vergl. Genie civil 1887, S. 319. Ebenen bei Bezon und Suresnes.

der schiefen Ebene bildet, abgeschlossen. Wenn aus dieser Schleuse das Wasser abgelassen war, wurde der Wagen in dieselbe gefahren, darauf das untere Thor geschlossen, die Schleuse voll Wasser gelassen und das Schiff nach Öffnung des oberen Thores eingefahren. Nach Schluß des letzteren und Ablassen des Wassers setzte sich das Schiff auf den Wagen und konnte nach unten befördert werden. Eine solche schiefe Ebene ist bereits vom Herzog von Bridgewater im Jahre 1797 erbaut. Ferner bestanden auf dem Morris-Kanale in Amerika 23 derartige zweigleisige, mit oberen Schleusen versehene geneigte Ebenen, deren Höhe zwischen 10 bis 30 m und deren Steigung zwischen  $\frac{1}{10}$  und  $\frac{1}{12}$  schwankt. Das Gleichgewicht des aufgehenden und des abgehenden Wagens wird hier durch ein Drahtseil erhalten, welches über eine wagerechte Seilscheibe läuft, die auf dem Berggipfel aufgestellt ist und durch einen hydraulischen Motor bewegt wird. In die untere Haltung tauchen die Wagen so tief ein, bis die Schiffe schwimmen.

Die Anordnung einer Schleuse am Gipfel der geneigten Ebene ist nicht nur sehr zeitraubend, sondern bedingt auch einen großen Wasserverbrauch. Man hat sie daher am Morris-Kanal später beseitigt und ein Gegengefälle wie beim Oberland-Kanal angeordnet.

Die Figuren 1<sup>a-c</sup> auf Tafel XIV zeigen das Längenprofil und zwei Querschnitte einer Ebene des Elbing-Oberländischen Kanals.<sup>120)</sup> Vier derartiger Ebenen sind seit dem Jahre 1860 im Betriebe, eine fünfte etwa seit dem Jahre 1880. Die Neigung der ersten ist 1:12, diejenige der neuen Anlage 1:11,6; es werden Höhen bis 25 m erstiegen.

Fig. 285.



Die Betriebskraft wird dem Oberwasser entnommen und einem Wasserrade *R* (F. 1<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. Fig. 285 zeigt den Querschnitt eines Schiffswagens. Die Räder haben doppelte Laufflächen, von denen aber jeweilig nur die eine auf einer der doppelten, verschieden hoch liegenden Schienen rollt, je nachdem die Axe thalwärts oder bergwärts liegt. Durch die verschieden hohe Lage der Schienen ist es ermöglicht, daß die Plattform mit dem Schiffe stets wagerecht steht.

Über Baukosten und Leistung vergleiche die Tabelle am Schluß des Paragraphen.

Die nächste Verbesserung der geneigten Ebenen bestand darin, daß man zur größeren Schonung der Schiffe diese schwimmend beförderte, daß man also eine fahrbare Kammer 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 derselben beträgt aber nur 61 cm, da nur die leeren Schiffe auf der schiefen Ebene, die vollen aber durch vier Doppelschleusen befördert

<sup>120)</sup> Hagen. Wasserbaukunst. III. Teil. 3. Band. — Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 149. — Deutsche Bauz. 1872, S. 319. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 208 (Unterhaltungskosten). — Zeitschr. f. Bauw. 1885 (Fünfte Ebene). — C. Fréson. Mitteilungen über die hydraulischen Schiffsselevatoren. — H. Gruson et L. A. Barbet. Étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux. Paris 1890.

werden. Die Ebene ist zweigleisig. Die Wagen tauchen im Unterwasser soweit ein, daß das Schiff ausschwimmen kann. Beim Oberwasser wird die fahrbare Kammer durch hydraulische Pressen stark gegen ein mit Thoren 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>121)</sup>

Auch die schiefe Ebene am Potomac, die sogenannte Dodge-Schleuse, welche seit 1876 im Betriebe ist, hat eine ähnliche Bauart; die Figuren 4<sup>a</sup> bis 4<sup>d</sup>, Tafel XIV stellen dieselbe dar. Sie vermittelt bei einem durchschnittlichen Höhenunterschiede von 11,6 m die Schifffahrt zwischen genanntem Flusse und dem Chesapeak-Ohio-Kanale.

Die zu befördernden Kähne haben 1,52 m Tauchung, 4,39 m Breite, 27,4 m Länge und 110 bis 135 t Tragfähigkeit. Die Neigung der Schiffseisenbahn ist 1:12. Die 2,39 m hohe, 5,1 m breite und 34,12 m lange fahrbare Kammer ruht in horizontaler Lage auf drei mit je 12 Rädern versehenen 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 Thalfahrt giebt man der beweglichen Kammer mehr Wasser als bei der Bergfahrt und erreicht hierdurch, daß eine kleine Turbine als Betriebsmaschine und zur Regelung der Bewegung genügt. Dieselbe ist in F. 4<sup>a</sup> und 4<sup>b</sup> angedeutet; das in F. 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 (F. 4<sup>a-c</sup>), dieses und die beiden Enden der beweglichen Kammer sind mit Klappthoren versehen. Die Dichtung zwischen Haupt und Kammer erfolgt durch Holzrahmen mit Gummiauflage, sobald die Kammer mit Hilfe einer hydraulischen Presse gegen die feststehenden Teile gedrückt wird. Das hierzu erforderliche Druckwasser wird in einem Akkumulator (s. F. 4<sup>b</sup>) vorrätig gehalten. Ein in F. 4<sup>c</sup> mit gestrichelten Linien angedeutetes Rohr dient zur Entleerung des Raumes zwischen dem Klappthore des Schleusenhauptes und demjenigen der beweglichen Kammer.

Die Einzelheiten (F. 4<sup>d</sup>) zeigen die Vorrichtung zum Niederlegen und Wiederaufrichten eines Klappthores (Winde, Rollen und Seil), ferner sind bei L die in demselben befindlichen Schützen und ihre Hebevorrichtung angedeutet, durch welche der Wasserstand der Kammer geregelt wird.

Unter neueren Vorschlägen möge derjenige von Bellingrath (s. dessen Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes) hervorgehoben werden. Der Genannte verwirft für den Transport größerer Schiffe die Wagen mit steifen Böden mit Recht, er verlangt, daß die Schiffseisenbahnen auch für leicht gebaute Flusssfahrzeuge mit durchhängendem Boden ohne Schädigung derselben einzurichten seien und empfiehlt bei 350 t Nutzlast die Anwendung eines sechsundfünfzigrädigen Wagens, dessen in angemessener Weise gegliederter Boden durch zwei Gruppen von je 14 Prefskolben gestützt wird. Die zugehörigen Prefscylinder sind am Untergestell des Wagens aufgehängt. Das Schiff nebst seiner Unterstützung schwimmt hierbei auf einer stark gepressten Flüssigkeit (Glyzerin) und der Boden des Wagens paßt sich der unregelmäßigen Gestalt des Schiffbodens genau an.

Diese „hydrostatischen Wagen“ sollen sich auf Schiffseisenbahnen bewegen, deren allgemeine Anordnung mit derjenigen der oben beschriebenen des Elbing-Oberländischen Kanals übereinstimmt; sie ermöglichen das Auf- und Abfahren der Schiffe, sowie das Befahren des Scheitels der Bahn in bester Weise. Für den Betrieb ist das „System

<sup>121)</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.

Agudio“ in Aussicht genommen, es würde somit jedem hydrostatischen Wagen ein sogenannter Lokomoteur beigegeben werden, dessen Räderwerk durch eine an ihrem oberen und ihrem unteren Ende befestigte Schleppkette gestützt und durch ein endloses Treibseil von einer feststehenden Dampfmaschine aus in Umdrehung gesetzt wird. Hierbei steigt ein Wagen hinauf, während der andere hinuntergeht.

Bellingrath suchte also bei seinem Vorschlage das Mitführen von Wasser, welches das zu bewegende Gewicht bedeutend vermehrt, durch eine bewegliche Abstützung zu vermeiden. Denselben Gedanken hat auch Eads bei seiner Schiffseisenbahn für Seeschiffe verfolgt, indem er den Schiffskörper auf dem Wagen durch einzelne hydraulische Pressen, welche oben der Schiffsform entsprechende gelenkige Köpfe tragen, gleichmäßig abstützt und erst nachträglich die einzelnen Kolben durch Schrauben festlegt.<sup>122)</sup>

Kinipple dagegen sucht die gleichmäßige Auflagerung des zu tragenden Schiffes, welches ebenfalls trocken transportiert werden soll, durch Einschaltung eines Wasserkissens zu erreichen. Er hat zu dem Zwecke der Plattform des Schiffswagens einen doppelten Boden gegeben, dessen Seiten durch Leder oder elastische Stahlplatten gebildet werden, während der Zwischenraum mit Wasser angefüllt ist. Falls nun die Schiffsgestalt im Boden von der Geraden abweicht, oder einzelne Rädergruppen des Wagens sich etwas heben, vermindert oder vermehrt sich örtlich nur die Stärke der Wasserschicht. Der Wagen ist 152 m lang, 21,3 m breit, 11,3 m hoch, wiegt 5000 t und kann Schiffe von 11 000 t tragen. Jedes der 1400 Räder erhält 11,5 t Raddruck.<sup>123)</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, sodafs für diese der Transport in schwimmendem Zustande vorzuziehen ist.

Es sind denn auch gerade in dieser Richtung mehrere erwähnenswerte Vorschläge aus neuerer Zeit mitzuteilen.

Bei allen diesen Entwürfen ist die immerhin bedeutende Last auf eine große Anzahl von Rädern möglichst gleichmäßig verteilt. Gouin und Huc-Masselet nehmen bei einem Entwurfe für den Kanal du Centre die Zahl derselben so groß, daß der Raddruck unter 6 t bleibt und übertragen diese Last überall durch starke Federn auf die Axen. Peslin zerlegt seinen Wagen samt dem Kasten darauf in eine Anzahl von Abteilungen, welche miteinander durch Gummidichtung (300 mm breit, 7 mm stark) etwas beweglich verbunden sind. Jede Abteilung ruht auf vier Axen mit je vier Rädern, deren jedes 8 t zu tragen hat. Die Neigung der schiefen Ebene sollte  $\frac{1}{20}$  betragen, sodafs das flache Drahtseil, welches er zum Ziehen des mit Wasser im ganzen 655 t wiegenden Wagens benutzen will, 36 t auszuhalten hat. Das Drahtseil soll an dem letzten (nach dem Unterwasser zu gelegenen) Wagen angreifen; die Dichtung zwischen den einzelnen Abteilungen soll durch den Druck der bergwärts stehenden Wagen gegen die thalwärts stehenden erzielt werden. Das Gewicht der Schleuse wird bei beiden erwähnten Entwürfen durch eine zweite Schleuse, meistens aber besser durch Gegengewichtswagen, welche auf parallelen Gleisen laufen, ausgeglichen. Die Bewegung der Schleusenammer kann durch Aufnahme einer größeren Wasserfüllung aus der oberen Haltung in die thalwärts fahrende Kammer oder bei Wassermangel durch Maschinen-

<sup>122)</sup> Näheres hierüber im Engineer 1882, S. 213. — Engineering 1885, S. 28—31 und S. 76—78. — Genie civil 1885, S. 181. — Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 548. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885, S. 301. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 107.

<sup>123)</sup> Engineering 1893, II, S. 60—65. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 65.

kraft bewirkt werden. Hierfür ist eine Turbine von 110 P. S. in Aussicht genommen. Ferner sind selbstthätige Luftdruckbremsen für die Räder, falls das Drahtseil reißen sollte und vier hydraulische Spills zum Ein- und Ausfahren der Schiffe vorgesehen.

Über Kosten und Leistung vergl. die Tabelle am Schlusse des Paragraphen.

Gouin und Huc-Masselet veranschlagen ihren Entwurf, der eine zwar sehr geistreiche, aber praktisch unverwendbare (zu wenig dauerhafte) Fortbewegung durch eine hydraulische Presse mit liegendem, oben geschlitztem Cylinder zeigt, bei 18 m Hub für 350 t Schiffe auf 1344000 Fr. oder 74000 Fr. für 1 m.

Diese Arten der schiefen Ebenen haben die Eigentümlichkeit, daß sie ein gleich langes Stück des Kanals ersetzen. Man muß also die Kosten dieses Stückes von den Kosten der schiefen Ebene absetzen, um einen richtigen Vergleichswert mit anderen Schleusenarten zu erhalten. (Vergl. die eingeklammerten Ziffern Pos. 4 der Tabelle.) Infolge derselben Eigentümlichkeit bedingt auch die Fahrt auf der schiefen Ebene keinen Zeitverlust für das Schiff, falls die Bewegung ebenso schnell erfolgt, als im Kanal.<sup>124)</sup>

Bei den bisher besprochenen Ausführungen und Entwürfen werden die beweglichen Schleusenkammern in der Richtung ihrer Längsaxe gefahren. Diese Bewegungsweise bringt manche Unbequemlichkeiten mit sich und zwar sind als solche folgende zu nennen:

1. Bei ansehnlicher Länge der Schleusentröge werden die thalwärts stehenden Wagen sehr hoch.
2. Mit zunehmendem Gewichte der Tröge werden die Zugkabel, deren Zahl nur eine beschränkte sein kann, sehr stark, sodafs sehr große Rollendurchmesser nötig werden.
3. Umlaufkanäle zur Erleichterung des Ein- und Ausfahrens der Schiffe sind zwar möglich, aber unbequem anzubringen.
4. Ein gleichzeitiges, die Leistungsfähigkeit der Anlage sehr erhöhendes Ein- und Ausfahren von Schiffen in die Kammer, wie es bei den querfahrenden Schleusen demnächst beschrieben wird, ist ganz ausgeschlossen.
5. Das Wasser im Troge wird bei den Geschwindigkeitsänderungen während des Anfahrens und Anhaltens stark nach dem einen Ende getrieben, wodurch nicht nur eine ungleiche Lastverteilung, sondern auch Beschädigungen der Thore durch das gegen dieselben stoßende Schiff stattfinden können. Letztere lassen sich allerdings durch Festlegen der Schiffe an hydraulischen oder Federbremsen vermeiden.

Man hat nun versucht, diese Mängel durch geneigte mit Gleisen ausgestattete Ebenen zu beseitigen, bei welchen die beweglichen Kammern quer zur Fahr- richtung stehen. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß die Bewegung der Kammern in der Richtung ihrer Längsaxe auch gewisse Vorteile hat.

Außer der bereits erwähnten Verkürzung der Kanallänge und des geringeren Zeitverlustes für die Schiffer kommt in Betracht, daß weniger Gleise erforderlich und die Bauwerke zum Abschluß der beiden Haltungen von geringem Umfange sind. Ferner fallen die Parallelführungen fort, welche bei quer befahrenen Ebenen unentbehrlich sind.

<sup>124)</sup> Näheres in dem obengenannten Werke von H. Gruson und Barbet. Ferner über die Peslin'sche Konstruktion im Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 242. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 16. — Ann. des ponts et chaussées 1885, Febr. S. 245. — Ann. industr. 1885, Nov. S. 690. — Deutsche Bauz. 1886, S. 253. — Über den Entwurf von Gouin und Huc-Masselet: Genie civil 1891, Bd. XIX, S. 289, auszüglich Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1892, S. 479.

Parallelführungen. Bevor in die Besprechung der letztgenannten Ebenen eingetreten wird, mögen in Kürze einige der gebräuchlicheren Führungsarten in ihren Grundzügen mitgeteilt werden. Von längeren theoretischen Betrachtungen muß dabei Abstand genommen werden, indem auf die unten angeführte Litteratur verwiesen wird.<sup>125)</sup> Dieselbe betrifft auch die senkrechten Hebewerke, für welche die Parallelführungen ebenfalls von Bedeutung sind.

Die schiefe Ebene mit Fahrriechung in der Längsaxe des Troges bedarf, wenn das Zugseil in Richtung dieser Axe angreift, keiner besonderen Führungen, als der Radflantschen. Das Moment der widerstehenden Kräfte, welche auf Drehung wirken können (Lage der Resultierenden der Widerstände außerhalb der Zugrichtung), muß in mäßigen Grenzen bleiben, weil der Hebelarm des Momentes höchstens gleich einem Teile der Breite des Wagens werden kann. Ungünstiger ist die schiefe Ebene, auf welcher quer gefahren wird, weil bei dieser ein Teil der Schleusenlänge als Hebelarm in Betracht kommt. Die ausgiebigste Führung aber bedarf die hydraulisch gehobene und die Schwimmerschleuse, weil bei diesen nicht nur ein Kippen des Troges um seine Längs- und seine Queraxe, sondern auch ein Drehen desselben um seine senkrechte Axe verhindert werden muß.

Für die schiefe Ebene mit quer fahrender Kammer ist nur eine Parallelführung in dieser Ebene notwendig. Drehung und Senkung verhindern die Schienen und Radflantschen. In jener Ebene ist die Parallelität am einfachsten durch die Schlitten- oder Gleitführung Fig. 286 zu erreichen. Bezeichnen  $Z$  die in der Queraxe des zu bewegenden Körpers angreifende Zugkraft,  $W$  die Resultierende der Widerstände,  $c$  und  $d$  die mit dem Körper starr verbundenen Führungsbacken, welche durch die Seitenwände eines Schlitzes in ihrer Richtung gehalten werden, so muß das rechts drehende Moment  $W \cdot x$  durch ein links drehendes  $P \cdot y$  der Führung aufgehoben werden.  $P \cdot y$  wird desto wirksamer, je größer  $y$  ist. Die beiden Gleitbacken oder statt derer zur Verminderung der Reibung Gleitrollen, müssen also möglichst weit voneinander entfernt angeordnet werden.

Fig. 286.

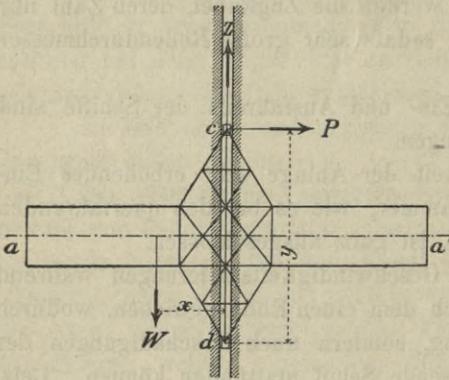
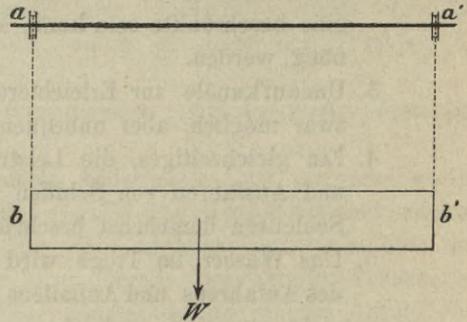


Fig. 287.



Dieselbe Wirkung wird offenbar erreicht, wenn der Körper durch zwei oder mehrere Verbindungsteile  $ab$  und  $a'b'$  (Fig. 287) so vorwärts bewegt wird, daß diese Längen sich zwar ändern, aber stets unter sich gleich bleiben. Verändert die Mittelkraft  $W$  während der Bewegung ihren Ort im bewegten Körper, so wird dadurch die Beanspruchung der Verbindungsteile sich ändern, nicht aber die parallele Lage des Körpers. Als solche Verbindungsteile können kalibrierte oder Galle'sche Ketten dienen, wenn der Körper durch Zug vorwärts bewegt wird. Die Ketten laufen dabei über Rollen von gleichem Durchmesser, die auf gemeinsamer Welle sitzen oder durch mehrere Wellen und Zahnräder zwangsläufig 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 zwangsläufig miteinander verbunden sind.

<sup>125)</sup> Ernst. Hebezeuge. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen, in den Verhandl. des Vereins für Gewerbeleiß 1890, auch als Sonderabdruck bei A. Seydel-Berlin erschienen. — Ruprecht. Über Anlagen zur Schiffshebung mittels senkrecht bewegter Schleusenammern. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 26 und 53. — L. Brennecke. Über wagerechte Führung hydraulischer Hebevorrichtungen. Deutsche Bauz. 1885, S. 272, S. 277 u. 286. — Scientific american 1884, 27. December. — Hoppe. Selbststeuerung für Wasserdruckpressen zum Bewegen von Lasten nach bestimmten Gesetzen. Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 300. — Hoeh. Zur Frage der Parallelführung von Trogschleusen. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 142 u. f.



das Gleichgewicht. Die beiden je  $4.2.11 = 88$  qcm starken Ketten müssen durch einen 65 m langen Tunnel unter dem Oberwasser hindurch von der einen Trogschleuse zur anderen geführt werden. Die Kosten dieser seitlichen Leitung sind dadurch ermäßigt, daß die beiden Ketten flaschenzugartig an die beiden Schleusen angeschlossen wurden. Beide Schleusentröge sind an beiden Enden mit Schützenthoren versehen; die Anschlüsse der Tröge an die beiden Haltungen sind, wie der Grundriß zeigt, so in diese hineingebaut, daß, während ein Schiff den Trog verläßt, ein anderes gleichzeitig durch das gegenüberliegende Thor in denselben einfahren kann.

Die Sicherung der Schleusenwagen gegen das Reissen der Kette geschieht durch Sperrklinken, welche in Zahnstangen eingreifen, die den Gleisen parallel laufen. Sobald der Kettenzug unter 40 t sinkt, werden die Klinken durch starke Federn gegen die Zahnstange gedrückt. Die Parallelführung des Troges erfolgt durch Rollen, welche an den Enden von horizontalen Auslegern sitzen, die in der Queraxe des Troges vor und hinter denselben heraustreten. Die Rollen laufen an den Seitenwänden eines Führungsschlitzes, der in der Längsaxe der schiefen Ebene gelagert ist.

Die Kosten dieser doppelten schiefen Ebene sind bei 30 m Hub, wenn der Betrieb durch Oberwasser aus der oberen Haltung erfolgen kann, rund 1860000 Fr. oder für 1 m Hub 62000 Fr. Geschieht die Fortbewegung durch Dampfmaschinen, so sind die Kosten 2000000 bzw. 66666 Fr. Bei größerer Hubhöhe wachsen auch hier die Gesamtkosten verhältnismäßig wenig, während sich die metrischen Kosten erheblich vermindern. Über Kosten und Leistung vergl. die Tabelle am Schluss.

Fig. 291 u. 292. *Geneigter Schiffsaufzug von Hoech.*

Fig. 291. Grundriß.

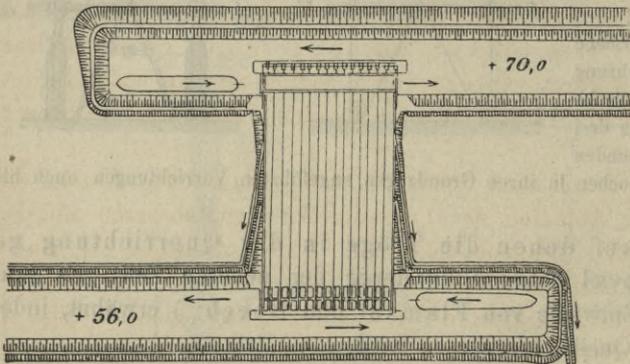
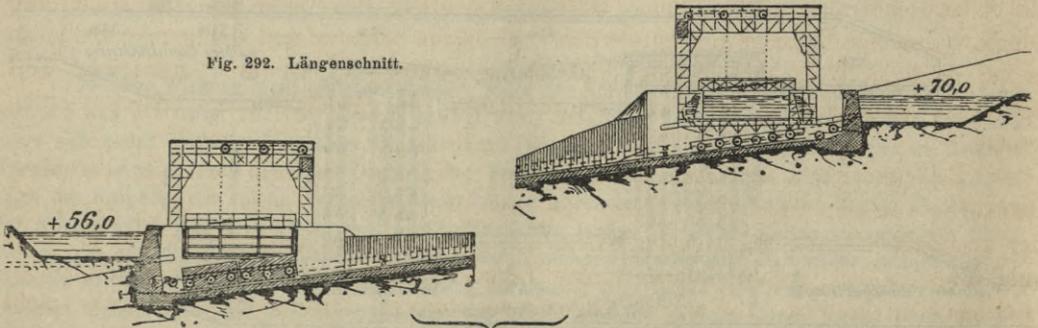


Fig. 292. Längenschnitt.



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 Schleusenkammern auf nur zwei Ketten, weil dieselbe geringe Betriebssicherheit gewährt.

Er schlägt deshalb die durch Fig. 291 im Grundriß und Fig. 292 im Längenschnitt der Ebene dargestellte Anordnung vor, welche die doppelten Thore für die

Schleusentröge beibehält, aber jeden Trog von dem anderen unabhängig macht, indem das Gewicht durch Gegengewichtswagen ausgeglichen wird.

Die mit Mauerwerk belasteten Wagen laufen auf Gleisen, welche zwischen denen der Trogschleuse liegen, unter dieser hindurch. Die Neigung will Hoech mit Recht nur so groß nehmen, daß die Räder noch mit Sicherheit gebremst werden können, wenn die Kabel eines Gegengewichtswagens reißen. Er berechnet diese zulässige Neigung =  $\frac{1}{4}$ , wendet aber in seinem Entwurfe nur  $\frac{1}{8}$  an.

Die Anordnung von Hoech gestattet die Anwendung verhältnismäßig schwacher Drahtseile in großer Anzahl, wodurch an Betriebssicherheit erheblich gewonnen wird. Durch Verbreiterung der Kanalthore und Anbringung weit ausladender versteifter Blechkrampen an den Enden der Trogschleuse wird der Veränderlichkeit der Kanalwasserstände soweit Rechnung getragen, daß Abweichungen von  $\pm 0,15$  m vom mittleren Stande durch einfache Verschiebungen des Troges aus seiner mittleren Stellung ausgeglichen werden können, ohne daß die Füllung des Troges und dementsprechend das Gegengewicht geändert werden müßte.

Die Bewegung der Schleuse führt Hoech in der Weise aus, daß er dem thalwärts gehenden Troge Übergewichtswasser in solcher Menge mitgiebt, daß mit demselben der Trog die Gegengewichtswagen, ohne dasselbe die Gegengewichtswagen den Trog die schiefe Ebene hinaufziehen. Für seine Schleuse berechnet er das Übergewichtswasser, welches zum Heben des Troges nötig ist, auf 151 t, dasjenige, welches zum Heben der Gegengewichtswagen erfordert wird, zu 166 t, sodaß also bei jeder Schließung (Thal- und Bergfahrt zusammen) 317 cbm Wasser aus dem Oberwasser verbraucht werden.

Während beim Senken hydraulischer Schleusen der eintauchende Kolben die Bewegung verlangsamt, wirkt das Abfließen der Tragseile bei den fahrbaren auf eine weitere Beschleunigung der thalwärts gehenden Kammer. Dieser Umstand ist um so nachteiliger, als im Anfang der Fahrt ein größeres und gegen Ende der Senkung ein kleineres Übergewicht für die Gleichmäßigkeit der Bewegung wünschenswert wäre. In Rücksicht hierauf hat Hoech Hintertaue aus Eisendraht angeordnet, von gleichem Gewicht wie die gußstählernen Tragkabel, sodaß bei allen Stellungen der Trogschleuse die Seilgewichte ausgeglichen sind. Durch Vermehrung des Gewichtes der Hintertaue könnte sogar eine Kraft gewonnen werden, welche die Senkung und Hebung der Schleuse in der richtigen Weise beschleunigt und wieder verlangsamt, wodurch zugleich ein Teil des zur Beschleunigung der Fahrt erforderlichen Übergewichtswassers erspart werden könnte.

Bei den Flamant'schen Trogschleusen (Fig. 290, S. 321) hat der Ingenieur Bassères von der Gesellschaft Fives-Lille aus dem gleichen Grunde das Längenprofil der geneigten Ebenen nach einem Kreise gestaltet, dessen Endtangente so bestimmt sind, daß in den Grundstellungen unter Berücksichtigung der Länge der Tragketten Gleichgewicht besteht. Die genaue Gleichgewichtskurve durchzuführen ist zwar nicht angängig, da die vier Stützpunkte der Trogschleuse in der Gleisrichtung eine Bahn von gleichmäßiger Krümmung erfordern; die geringen vom Gleichgewicht abweichenden Kräfte sind jedoch ohne Bedeutung gegenüber der Kraft zur Überwindung der Reibungswiderstände.

Bei einer quergeneigten Ebene mit unterlaufenden Gegengewichtswagen nach Fig. 291 u. 292 würden die Gleise für die Schleusenkammer selbst in einer Ebene zu belassen und nur die zwischen ihnen liegenden Gleise der Gegengewichtswagen auf je

zwei Axen nach der genauen Gleichgewichtskurve gekrümmt werden können. Dabei würde der Nebenvorteil erlangt werden, daß an der Kreuzungsstelle von Trogschleuse und Gegengewichten für letztere eine reichlichere Durchgangshöhe zwischen den gesenkten Gleisen und der Trogunterkante zur Verfügung stände. In Erweiterung des Bassères'schen Gedankens empfiehlt Hoech, den Gegengewichtsgleisen am oberen Ende eine um so viel steilere und am unteren Ende eine um so viel flachere Steigung zu geben, wie für die Beschleunigung bezw. Verlangsamung der Massen wünschenswert erscheint.

Das Übergewichtswasser wird bei dem Entwurf von Hoech, wie aus Fig. 292 rechts zu sehen, in zwei neben dem Schleusentrog liegenden tornisterartigen Ballasträumen aus dünnem Eisenblech aufgenommen. Die Füllung derselben erfolgt durch je zwei Rohrstützen, das Entleeren unter dem unteren Umfahrtskanale hindurch nach einem Vorfluter durch ähnliche Einrichtungen. Füllen und Leeren erfolgt ohne Zeitverlust während des Schiffswechsels.

Die Kosten einer solchen Trogschleuse sind wesentlich geringer als die einer doppelten, während ihre Leistungsfähigkeit mit Hinterhäfen eine so bedeutende bleibt, daß eine einzelne für einen ziemlich lebhaften Kanalverkehr ausreicht (siehe den Schluß des Paragraphen).

Die Vorzüge der querfahrenden Trogschleuse sind im allgemeinen:

1. billige Herstellungsweise, weil keine Gründungsschwierigkeiten zu überwinden sind;
2. leichte und deshalb verhältnismäßig billige Unterhaltung, weil nur wenige Teile vom Wasser benetzt sind, die meisten jederzeit beobachtet und leicht ausgewechselt werden können und weil keine besonders großen Beanspruchungen vorkommen;
3. verhältnismäßig geringe Kostenvermehrung durch größere Hubhöhe, weil nur die Gleise und Drahtseile verlängert werden müssen;
4. die Möglichkeit, daß man zwischen zwei hoch übereinander liegenden Halungen an jeder Stelle der schiefen Ebene Zweigkanäle anschließen kann, denen man sogar zur Erleichterung des Einfahrens und zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit auf der anderen Seite der Ebene Hinterhäfen geben kann, die mit dem Kanale unter der Rampe hindurch in Verbindung stehen können;
5. der große horizontale Abstand zwischen Ober- und Unterwasser läßt die bei allen senkrechten Hebungen nahe gerückte Gefahr von Unterspülungen (siehe weiter unten) nicht befürchten.

Im Nachteil gegen die in der Längsrichtung fahrbaren Trogschleusen sind die zuletzt besprochenen dadurch, daß sie einer besonderen Parallelführung, wie die senkrechten Hebewerke, bedürfen, sowie darin, daß sie die Kanallänge nicht verkürzen, sondern um die Breite der schiefen Ebene nebst Hinterhafen verlängern.

Indem wegen der Anordnung selbstwirkender Bremsen, der Geschwindigkeitsregelung, hydraulischer Buffer und des ganzen Betriebs auf die ausführliche Arbeit von Hoech verwiesen wird, möge nur noch erwähnt werden, daß nach den Erfahrungen, welche bei einer Aufschleppe für Torpedoboote in Kiel gemacht wurden, zum Unschädlichmachen unvermeidlicher Fehler in der Gleislage Axfedern für den Schleusentrog selbst unerläßlich, für die Gegengewichtswagen aber wenigstens sehr wünschenswert erscheinen. Diese Federn gewähren nicht nur eine viel größere Betriebssicherheit, sondern erleichtern auch den Bau und die Unterhaltung, da es nicht mehr auf eine mathematisch genaue Lage der Gleise ankommt, wenn sie vorhanden sind.

Soll der Betrieb fahrbarer Trogschleusen nicht durch Übergewichtswasser, sondern durch Kraftmaschinen erfolgen, so wird bei der Konstruktion derselben besonderes Gewicht darauf zu legen sein, daß eine recht gleichmäßige Kraftsteigerung und Kraftverminderung möglich sei, um die Bewegungen des Troges recht gleichmäßig beschleunigen oder verlangsamen zu können. Bei Motoren, welche dies nicht gestatten, z. B. bei Petroleummaschinen, wird man sich dadurch helfen können, daß man künstliche Widerstände (Bremsen) einschaltet, deren Größe sehr gleichmäßig verändert werden kann.

### 3. Senkrechte 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>127)</sup>

Bei größeren Ausführungen wendet man stets mit Wasser gefüllte Kästen an, in welche das Schiff geleitet wird. Um nicht das ganze Gewicht der Kästen samt deren Inhalt heben zu müssen, bringt man die Kästen entweder paarweise so miteinander in Verbindung, daß das Gewicht des einen dasjenige des anderen ausgleicht, oder man führt bei Verwendung nur eines Kastens zum Ausgleiche des Gewichtes Gegengewichte oder Schwimmer ein.

Senkrechte Hebevorrichtungen mit Doppelkästen. Die Urheberschaft dieser Anordnung kommt wahrscheinlich J. Anderson zu, welcher bereits im Jahre 1796 einen Entwurf aufstellte, bei welchem zwei Kästen, welche einander das Gleichgewicht hielten, durch über hoch gelagerte Rollen laufende Ketten miteinander verbunden waren. Die erste Ausführung dieser Art jedoch stammt erst aus dem Jahre 1838. Sie liegt im Great-Western-Kanale, welcher die Themse mit dem Severn verbindet. F. 2<sup>a</sup> u. 2<sup>b</sup>, T. XIV zeigen dies Bauwerk.

Dasselbe dient zur Hebung und Senkung kleiner, 8 t ladender und beladen nur zu Thal fahrender Kähne. Das Gefälle von etwa 14 m wird durch eine senkrechte Mauer, oberhalb welcher sich zwei Schützen *b* befinden, vermittelt. Diese Mauer setzt sich nach dem Unterwasser zu in zwei Längsmauern *cc* und einer Mittelmauer *d* bis zu einer freistehenden Quermauer *e* fort. Die Mittelmauer trägt zwei Kettenscheiben; die Ketten tragen die zu beiden Seiten der Mauer auf- und absteigenden beweglichen Kammern *K* und *K*<sub>1</sub>. Dieselben bestehen aus hölzernen Seitenwänden und Böden, haben vorn und hinten ein Schütz *s* und werden durch einfache Vorrichtungen gegen die Schützrahmen der oberen bzw. unteren Haltung geprefst. Sobald dies geschehen, wird sowohl oben als unten die Verbindung der Haltungen mit je einer Kammer hergestellt, sodafs die Schiffe aus- und einlaufen können. Behufs Bewegung der Kammern wird der oben befindlichen ein Übergewicht von etwa 1 t gegeben und zwar dadurch, daß infolge der Abmessungen der Ketten die obere Kammer nach dem Aufsteigen mit ihrem Wasserspiegel um etwa 5 cm niedriger bleibt, als der Spiegel der oberen Haltung. Das Übergewicht der die untere Kammer tragenden Ketten wird dabei durch Gegengewichtsketten, welche an den Böden der Kammern befestigt sind, ausgeglichen. Sobald dann nach Öffnung der oberen Schützen die obere Kammer vollständig gefüllt ist, kann die Bewegung, welche durch einen an der mittleren Scheibe befindlichen Bremsapparat reguliert wird, beginnen. — Die Dauer einer Durchschleusung beträgt im ganzen nur 3 Minuten. Bei jeder Schleusung wird dem Oberwasser nach Obigem eine Tonne Wasser entzogen, und der Verlust durch Undichtigkeit des Anschlusses der beweglichen Kammer an die obere Kanalstrecke beträgt ebenfalls etwa eine Tonne. Da aber infolge der Richtung des Verkehrs die aufsteigende Kammer höchstens ein leeres Schiff trägt, während die zu senkende Kammer ein volles Schiff aufnimmt, so wird dem Oberwasser abzüglich der Verluste soviel Wasser zugeführt, als dem Gewichte der Ladung entspricht. Dasselbe beträgt, wie gesagt,

<sup>127)</sup> Hagen. II. Teil. 3. Bd., S. 352.

im Durchschnitt 8 t, die Verluste betragen nach Obigem rund 2 t, sodafs für die obere Haltung noch ein Gewinn von 6 t verbleibt.<sup>128)</sup>

Für gröfsere Fahrzeuge von 300 t Tragfähigkeit hat Barre denselben Gedanken zu verwenden gesucht. Da diese Ausführungsweise aber, wie alle gekuppelten Hebevorrichtungen, wenig empfehlenswert ist, so kann hier nicht näher auf dieselbe eingegangen werden. Man findet dieselbe in dem schon früher angezogenen Werke von H. Gruson und L. A. Barbet: *Étude sur les moyens de franchir les chutes des canaux*.

Eine zweite Art der Hebung mit Doppelkästen, welche unserem Jahrhundert ihre Entstehung verdankt, liegt in den sogenannten hydraulischen Schleusen vor, bei denen zwei bewegliche Schleusenammern auf den Kolben von hydraulischen Pressen schwimmen, welche untereinander in Verbindung stehen. Senkt sich die eine Kammer, so strömt das Druckwasser von dem zugehörigen Cylinder durch ein Verbindungsrohr zum Cylinder der anderen Kammer und hebt dieselbe entsprechend. Das erste dieser Bauwerke mit 0,915 m Kolbendurchmesser war die in F. 3<sup>a-ε</sup>, T. XIV dargestellte Hebevorrichtung zu Anderton zur Verbindung des Flusses Weaver mit dem Trent and Mersey-Kanale, welche 1874 von Ed. Clark und Sydengham Duer gebaut wurde.

Die Hebevorrichtung befindet sich an dem über dem Flusse liegenden Ende eines 49,4 m langen Aquadukts, welcher vom Kanale nach dem Flusse abgezweigt ist (F. 3<sup>a</sup> u. 3<sup>b</sup>). Die beweglichen Kammern sind 4,72 m breit, 22,7 m lang und für 1,50 m Wassertiefe konstruiert. Die Schiffe haben 80–100 t Tragfähigkeit. Das zu hebende Gewicht beträgt einschliesslich des Gewichts des 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, dafs man die sinkende Kammer mit normaler Füllung versieht, während die steigende einen Wasserstand hat, welcher um 15 cm gegen den normalen erniedrigt ist. Der letztere stellt sich zu Anfang des Hubes unter der Wirkung der in F. 3<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 F. 3<sup>f</sup> ersichtlicher 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 läfst, vollends gesenkt. Die steigende Kammer aber mufs nunmehr auf volle Höhe gehoben werden. Dies geschieht durch bereit gehaltenes Druckwasser, welches einem Akkumulator (s. F. 3<sup>b</sup> u. 3<sup>ε</sup>) entnommen wird. Kammer und Aquadukt haben nunmehr die in F. 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 schliesslich im Aquadukt und in der Kammer ein und denselben Wasserspiegel her.

Es wird somit nur eine Wassermenge von der Grundfläche der Kammer und 15 cm Höhe verbraucht, also weit weniger als eine Schleusentreppe gebrauchen würde. Zum einmaligen Heben bezw. Senken der Kammern einschliesslich der Nebenarbeiten sind 8 Minuten erforderlich, während man bei Anlage von Schleusen 1½ Stunden nötig hätte. Das Hebewerk ist seit dem Jahre 1875 in erfolgreicher Thätigkeit. Die jährlichen Betriebskosten sollen mit Einschluß 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 der Tabelle auf S. 327 sind einige wichtige Daten von Anderton, La Louvière und Les Fontinettes nach der Deutschen Bauzeitung 1890, S. 623 zusammengestellt.

Bei Anderton taucht, wie aus F. 3<sup>b</sup>, T. XIV ersichtlich, die sinkende Kammer in das Wasser des Flusses Weaver ein, sodafs hier nur die Kammer mit Thoren versehen ist. Diese Anordnung bedingt einen grossen Verbrauch an Druckwasser. Bei den späteren Ausführungen konnte man dies dadurch vermeiden, dafs die sinkende Kammer in eine

<sup>128)</sup> Transactions of the inst. of civ. eng. II. Bd. — Hagen. Wasserbaukunst. II. Teil, 3. Bd.

trockene Grube eintaucht, welche von der Kanalhaltung durch Thore abgetrennt ist. Dadurch ist also bei diesen das Gewicht der Kammern selbst in jeder Stellung ausgeglichen. Um auch die Kolbengewichte in gleicher Weise auszugleichen, hat man bei Les Fontinettes die Kammern durch Gelenkrohre mit zwei in Türmen angebrachten Behältern von gleichem Durchmesser und gleicher Höhe wie die Presscylinder verbunden, sodafs also das Wasser in jedem Turme stets so hoch steht, als in der damit verbundenen Kammer. Beim Sinken der Kammer sollte das Wasser vom Turm in die Kammer laufen, beim Steigen den umgekehrten Weg machen. Man hat indessen Veranlassung gehabt, von einer dauernden Benutzung der betreffenden Einrichtungen Abstand zu nehmen.

		Schiffshebewerke von			
		Anderton	La Louvière	Les Fontinettes	
Errichtet . . . . .		1875 bezw. 82	1880—88	1880—88	
Hubhöhe . . . . .	m	15,35	15,40	13,13	
Kammer- Abmessungen	{ Länge . . . . . { Breite . . . . . { Wasserhöhe . . . . . { Wassermenge . . . . .	m	22,85	43,20	40,60
		m	4,75	5,80	5,60
		m	1,35	2,40	2,00
		cbm	146	598	455
Größe der Schiffe . . . . .	t	100	360	300	
Gehobenes Gewicht (ein Kolben und volle Kammer) . . . . .	t	240	1050	800	
Kolbendurchmesser . . . . .	mm	915	2000	2000	
Cylinderdurchmesser . . . . .	mm	925	2060	2060	
Betriebsdruck . . . . .	Atm.	37,4	34,0	25,0	
Wanddicke . . . . .	mm	95	150	57½	
Wasserbedarf für eine Schleusung . . . . .	cbm	150	300	100	
Dichtungsart . . . . .		Voller Kautschukcylinder, welcher gegen eine schiefe Ebene geprefst wird.	Hydraulisch bewegte Kelle mit Kautschuk.	Kautschuksack mit Luftdruck.	

In Anderton ereignete sich an einem Cylinder ein Bruch am Anschlusse des Verbindungsrohres in dem Augenblicke, als die Kammer oben angelangt, das Thor aber noch nicht geöffnet war. Infolge dessen sank die Kammer samt dem Schiffe darin, ohne dafs letzteres Schaden nahm. Es erklärt sich dies daraus, dafs die Anlage infolge des verhältnismäfsig kleinen Loches im Cylinder wie eine hydraulische Bremse wirkte<sup>129)</sup>, sowie auch daraus, dafs der Trog unten in das Wasser eintauchte, wodurch seine lebendige Kraft allmählich vernichtet wurde. Hoech verlangt daher mit Recht zur Sicherheit für derartige Vorrichtungen eine solche Anlage der Druckrohrverbindungen, dafs das Wasser stets nur durch ein verhältnismäfsig enges Rohr entweichen, mithin die sinkende Kammer auch stets nur eine mäfsige Fallgeschwindigkeit annehmen kann, die unten durch Eintauchen in einen Kasten mit wenig Wasser, dessen Wände nur wenig von denen der beweglichen Kammer entfernt sind, leicht vernichtet wird.<sup>130)</sup>

Alle angeführten hydraulischen Hebewerke zeigen den Schleusentrog fest mit dem Kolben verbunden. Infolge dessen müssen schiefe Belastungen des Troges im Kolben Biegungsspannungen erzeugen, die vermieden werden sollten. Pfeifer empfiehlt daher,

<sup>129)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 231 u. 232.

<sup>130)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1891.

die Tröge mittels Kugelgelenken auf den Kolben zu lagern und die Parallelführung der Tröge gesondert auszuführen (siehe oben).<sup>131)</sup> Das ist zweckmässig, sein Vorschlag, auch die Presscylinder unten auf Kugellager zu stellen, ist dagegen bedenklich. Der Cylinder 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 Cylinder von 6,6 m Kolbendurchmesser heben wollten und dabei eine Druckwasserpressung von 120 Atm. und eine Materialbeanspruchung von 17 kg f. 1 qmm an der Innenfläche erreichten<sup>132)</sup>, so hat doch die Schwierigkeit, grosse Presscylinder für hohen inneren Druck genügend sicher herzustellen, andere Konstrukteure dazu geführt, für jeden Trog mehrere Pressen anzuordnen.<sup>133)</sup> Von dahin zielenden Entwürfen seien kurz die folgenden unter Angabe der Quellen, welche näheres über dieselben mitteilen, erwähnt.<sup>134)</sup>

Bei einem Entwurf vom Ingenieur Sydenham Duer für die Schleuse bei Les Fontinettes muss die Parallelführung ungenügend genannt werden. Dasselbe gilt von einer Konstruktion Bellingraths, welche je zwei Pressen hintereinander (in der Längsaxe) zeigt, und ein Entwurf mit je zwei Pressen nebeneinander von E. Clark für 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>135)</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 Cylinder stellt, von denen je drei gruppenweise hintereinander unter der Längsaxe jeder Troghälfte stehen. Die Cylinder sind so stark bemessen, dass bereits je zwei derselben Gruppe die Last mit derselben Sicherheit tragen, wie in dem ersten Entwurfe der eine Cylinder unter einer Troghälfte. Bei dem Bruche irgend eines Cylinders, einer Rohrleitung, eines Schiebers u. s. w. tritt zwar der betreffende Cylinder ausser Thätigkeit, es kann aber auf keine Weise eine Gefährdung des Bauwerks eintreten, selbst wenn der Maschinist den Bruch nicht bemerkt und die Steuermaschine weiter laufen lässt.<sup>136)</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 hydraulisches Schiffshebewerk für Seeschiffe anzuführen. Jeder Schleusentrog von 95 m Länge, 12,5 m Breite und 6,5 m Wassertiefe wird hier von 20 Kolben von je 1,5 m Durchmesser getragen. Der Gesamtlast von 11400 t entspricht eine Wasserpressung von 32 Atm. in den Hebcylindern. Bei diesem Entwurf dürften die Tröge gegen Kippen um ihre Längsaxe

<sup>131)</sup> Hydraulische Hebungen und Trogschleusen mit lotrechttem Hub von P. Pfeifer. Berlin 1891.

<sup>132)</sup> H. Gruson und L. A. Barbet. Étude u. s. w. und P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen.

<sup>133)</sup> Über die Herstellungsweise der Cylinder siehe Mitteilungen über die hydraulischen Schiffs-Elevatoren von Carl Fréson.

<sup>134)</sup> Schemfil. Kanal- und Hafen-Werkzeuge. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. — „Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes“ von E. Bellingrath.

<sup>135)</sup> Dingler's polyt. Journ. Bd. 281, S. 240. — Glaser's Annalen 1888, S. 43.

<sup>136)</sup> Hydraulische Schiffshebewerke, Entwurf von C. Hoppe 1890. Berlin, Eigenverlag der Firma. — Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 119.

nicht genügend gesichert sein, da ein solches nur durch kurze Gleitführungen an den Enden und durch die anscheinend starre Verbindung zwischen den Kolbenköpfen und den Trögen verhindert wird.<sup>137)</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 hydraulischer Pressen, sowie bei den hydraulischen Hebevorrichtungen eines Docks in San Franzisko mit 36 Pressen bewährt hat. Für letztere Anlage scheint diese Führung von Dickey selbständig erfunden zu sein.

Das Hauptbedenken gegen die senkrechte Hebung mit Hilfe gekuppelter Schleusen, möge die Kuppelung nun durch Ketten oder durch Druckwasserverbindungen geschehen, ist dasselbe, welches schon bei Besprechung der gekuppelten, querfahrenden Schleusen von Flamant hervorgehoben ist. Es ist unvermeidlich, daß sobald die eine Kammer außer Betrieb gesetzt werden muß, auch die andere und damit der ganze Betrieb stillsteht.

Bei hydraulischen Hebewerken ist dieser Übelstand am schwierigsten zu beseitigen, da dies hier nur durch sehr kostspielige Akkumulatoren möglich wäre. Außerdem leidet bei allen Hebewerken mit einer größeren Anzahl von Pressen die Einfachheit der Anordnung und damit die Betriebssicherheit; nicht minder wachsen die Gründungsschwierigkeiten, wenn man nicht etwa wie Hoech die Pressen neben den Trögen anordnet.<sup>138)</sup> Es ist daher kaum anzunehmen, daß man hydraulische Hebewerke in Zukunft noch bauen wird, und zwar um so weniger, als ein Hebewerk mit einer Kammer, deren Gewicht durch Gegengewichte oder Schwimmer ausgeglichen wird, bedeutend billiger ist, als ein gekuppeltes hydraulisches, und doch bereits einem erheblichen Verkehre genügt; zwei dergleichen sind zwar teurer als ein gekuppeltes hydraulisches, aber auch ungleich leistungsfähiger. Näheres hierüber siehe weiter unten.

Senkrechte Schiffshebewerke mit nur einem Kasten. Schwimmerschleusen. Wahrscheinlich aus obigen Gründen hat die Firma Hoppe neuerdings die Doppelschleuse auf Prefskolben aufgegeben und nur einen Trog mit Gegengewichten angewendet. Um dünnere Drahtseile und kleinere Rollen zu erhalten, hängen die gemauerten Gegengewichte an doppelten Drahtseilen, auf welche sich die Last durch eine am Gegengewichte angebrachte lose Rolle gleichmäßig verteilt. Die Bewegung kann entweder abwärts durch Übergewicht des Troges infolge vermehrter Wasserfüllung und aufwärts durch Prefswasser erfolgen oder auch nach beiden Richtungen durch Prefswasser. Für beide Fälle wendet Hoppe vier hydraulische Pressen, je zwei auf jeder Seite des Troges, an, welche durch die der Firma patentierte Steuerung die Parallelführung des Troges bewirken.<sup>139)</sup>

Auch Hoech behandelt im Centralblatt der Bauverwaltung 1891, S. 155 den Entwurf einer Trogschleuse mit Gegengewichten, bei welchem das Heben durch einen Prefswassercylinder geschehen soll, der mitten unter dem Troge steht. Senkrecht zu hebende Trogschleusen mit Gegengewichten werden verhältnismäßig billig, weil die Gründungen keine Schwierigkeiten bieten.

Die Gewichtsausgleichung für senkrecht zu hebende einfache Trogschleusen läßt sich aber auch durch einen oder mehrere Schwimmer, welche mit dem senkrecht darüber liegenden Troge durch eiserne Zwischenkonstruktionen verbunden sind, bewerkstelligen

<sup>137)</sup> Hydraulische Schiffshebewerke. II. Entwurf von C. Hoppe (für Seeschiffe). Juni 1890. Selbstverlag der Firma. — Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 119. — Hydraulische Hebungen von P. Pfeifer, S. 69.

<sup>138)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 230.

<sup>139)</sup> Schück. Karlsruhe, ein Rhein-Hafenplatz. Karlsruhe 1893.

und dieser Grundgedanke ist bereits im vorigen Jahrhundert aufgetaucht. Derartige Schwimmer wurden zuerst 1794 von den Ingenieuren Rowland und Pickering vorgeschlagen, ohne jedoch zur Ausführung zu kommen.<sup>140)</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>141)</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, cylinderförmige Schwimmer mit senkrecht stehenden Axen in größerer Zahl angewendet, wie dies bei allen übrigen Entwürfen von Schwimmerschleusen geschehen ist. Bei dieser Art der Gewichtsausgleichung sind folgende Anforderungen an die Anlage zu stellen:

1. Das bewegte System, welches an sich labil schwimmt, muß während der Bewegung sicher wagerecht geführt werden.
2. Mit Rücksicht auf einen ungestörten Betrieb muß die Geschwindigkeit beim Heben und Senken so geregelt werden, daß eine festgesetzte größere Geschwindigkeit niemals überschritten wird und daß ein sanftes Anfahren und Einstellen an die Kanalhaltungen möglich ist.
3. Der Betrieb fordert unbedingt ein bewegungsloses Anhalten in der obersten und untersten Stellung und zwar während der ganzen Dauer des Ein- und Ausfahrens der Schiffe. In allen Mittelstellungen ist ein Anhalten nur erforderlich bei Betriebsstörungen.

Diesen von P. Pfeifer aufgestellten Forderungen<sup>142)</sup> wäre vielleicht noch hinzuzufügen:

4. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, welche eine zu schnelle Auf- oder Abwärtsbewegung der Kammer selbst dann verhindern, wenn der Auftrieb oder die Kammerfüllung teilweise oder ganz fortfiel.

Der erste Entwurf einer Schwimmerschleuse, welcher im laufenden Jahrhundert aufgestellt wurde, stammt aus dem Jahre 1883 und rührt vom Ingenieur Seyrig her.<sup>143)</sup> Derselbe wollte damit Schiffe von 300 t Ladefähigkeit 20,5 m hoch heben. Er ordnete vier cylindrische Schwimmer in ebenso viel Brunnen von 7,3 m Durchmesser und 41,55 m Gründungstiefe an. Der Auftrieb war so bemessen, daß der Schleusentrog ein mäßiges Übergewicht behielt, welches zum Senken genügte, beim Heben aber durch einen mitten unter dem Troge aufgestellten Presscylinder von nur 1,15 m Kolbdurchmesser und 5 bis 6 Atm. Wasserspannung überwunden wurde.

Als Führung waren Gleitstücke an den Schwimmern und an den Trogenden vorhanden; aber die zu große Entfernung der Gleitschienen sichert nicht genügend gegen Klemmungen. Auch der oben unter 4. gestellten Sicherheitsforderung scheint nicht genügt zu sein.

Aus dem Jahre 1887 stammt der erste Entwurf des Ingenieurs Jebens<sup>144)</sup>, welcher nur einen großen Schwimmer mitten unter dem Troge vorsieht. Die Konstruk-

<sup>140)</sup> Gruson u. Barbet. S. 28.

<sup>141)</sup> Über den ersten Entwurf des Gruson-Werkes siehe Dingler's polyt. Journal, Bd. 281, S. 255. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. S. 75.

<sup>142)</sup> Deutsche Bauz. 1893, S. 591.

<sup>143)</sup> Comptes rendus de la société des ingénieurs civils, Mai 1883. Ferner H. Gruson u. L. A. Barbet und P. Pfeifer.

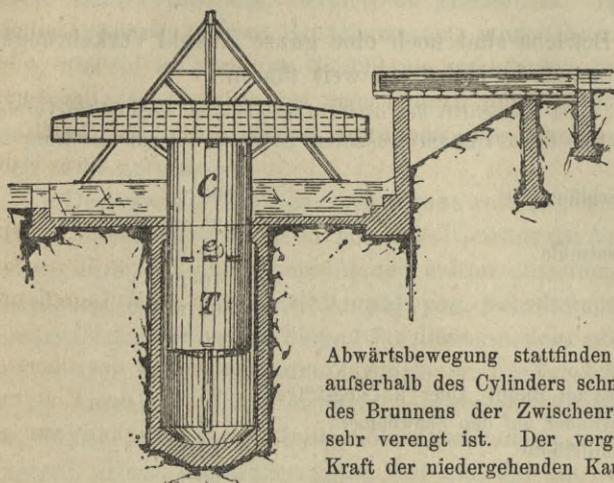
<sup>144)</sup> Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 301. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. S. 72.

tion stellt zu hohe Anforderungen an die Gleichförmigkeit der Brunnenwände und genügt auch der Forderung 3 nicht.

Der zweite Entwurf von Jebens<sup>145)</sup> vermeidet diese Schwierigkeit in der Herstellung der Brunnenwand.

Auch bei diesem Entwurfe ist nur eine große cylindrische Trommel mit stehender Axe als Schwimmer angeordnet, die Verbindung zwischen Trog und Schwimmer erfolgt aber nicht durch Stützen aus Gitterwerk, sondern dadurch, daß der

Fig. 293. Schwimmerschleuse von Jebens.



Mantel des Schwimmers bis zum Troge fortgeführt ist. Unmittelbar über der Decke des Schwimmers *T* (Fig. 293) sind in der Verlängerung des Mantels Öffnungen *e* angebracht, die durch Schützen geschlossen werden können. Giebt man der Kammer aus der oberen Haltung etwas Wasser-Überlast und öffnet die Schützen, so dringt das Wasser aus dem Brunnen durch die Öffnungen *e* in den Cylinder *C* ein und die Schleuse sinkt. Schließt man die Schützen an beliebiger Stelle, so wird noch eine kleine

Abwärtsbewegung stattfinden; infolge derselben wird aber das Wasser außerhalb des Cylinders schnell gehoben, weil am oberen Ende des Brunnen der Zwischenraum zwischen Brunnen und Cylinderwand sehr verengt ist. Der vergrößerte Auftrieb wird also die lebendige Kraft der niedergehenden Kammer schnell vernichten. Vor der unteren Haltung wird die Kammer so angehalten, daß die Wasserfüllung etwas geringer wird, sodafs nach Öffnung der Schützen *e* der Auftrieb die Schleuse hebt. Das Schließen der Schützen an den Enden des Hubes sollte selbstthätig eingerichtet werden. Die Führung durch Gleitbacken in der Mitte kann sehr solide ausgebildet werden. Die Dichtung zwischen Trog und Haltung soll durch Gummischläuche mit Prefwasser geschehen.

Ein nicht zu vermeidender Übelstand dieser sinnreichen Konstruktion besteht darin, daß nach erfolgter Abdichtung an den Haltungen infolge der wechselnden Wasserfüllung nach Öffnung der Thore die Kammer noch eine Bewegung machen muß, welche die Dichtung schädigen kann.

Prüsmann hat die Schwimmerschleusen weiter ausgebildet und dieselben für Trogschleusen verwendet, welche von Schiffen mit 600 bzw. 1000 t Tragfähigkeit benutzt werden sollen.<sup>146)</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 gespart; dieselben sind an ihrem oberen Ende durch Eisencylinder verlängert, um die genügende Eintauchungstiefe für die Schwimmer zu beschaffen. Die Öffnung der Ventile, durch welche das Brunnenwasser in den Cylinder über dem Schwimmer aus- und einströmt, wird selbstthätig durch einen Steuerapparat geregelt, der ähnlich dem von Hoppe für Druckwasser patentierten wirkt und dadurch die wagerechte Lage der Kammer sichert. Außerdem soll eine Schlittenführung vorhanden sein, diese tritt aber nur bei Unfällen in Wirksamkeit.

Prüsmann bringt außerdem sogenannte Luftausgleicher unmittelbar über den Schwimmkörpern in dem für den Eintritt und Austritt des Wassers bestimmten Cylinder an. Es sind dies oben geschlossene, unten offene Kästen, in welche unter Zusammen-

<sup>145)</sup> Deutsche Bauz. 1890, S. 144. — P. Pfeifer. Hydraulische Hebungen. S. 73.

<sup>146)</sup> Das Schiffshebewerk auf Schwimmern (Patent Prüsmann). 1892. Selbstverlag der Gutehoffnungshütte. — Deutsche Bauz. 1891, S. 505 u. 522.

pression der Luft um so mehr Wasser eintreten wird, je tiefer dieselben unter den Wasserspiegel sinken. Durch das Eindringen des Wassers tritt also eine Verminderung des Auftriebs ein; diese Verminderung kann bei angemessener Form der Luftausgleicher so bemessen werden, daß sie bei jeder Stellung der Schleuse der Vermehrung des Auftriebs möglichst gleichkommt, welche durch Eintauchen von Eisenteilen erzeugt wird. Die Luftausgleicher bedingen eine so bedeutende Verminderung des Betriebswassers, daß vor Öffnung der Thore eine Ausspiegelung zwischen Kammer und Haltung durch Schützen nicht stattzufinden braucht.

Zur weiteren Sicherung des Betriebs sind noch eine ganze Anzahl Vorkehrungen getroffen; auf diese näher einzugehen würde jedoch zu weit führen.

Nach einer Arbeit von Schramm in der Zeitschrift des österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereins 1894, S. 195 u. 209 seien einige Daten über einen Prüsmann'schen Entwurf für eine Schleuse im Elster-Saale-Kanale mitgeteilt:

Größe der zu hebenden Schiffe . . . . .	600 t
Hubhöhe . . . . .	23 m
Brunnentiefe bis Fundamentsohle . . . . .	42 m
Brunnenweite . . . . .	10 m
Länge des Troges . . . . .	68 m
Breite „ „ . . . . .	8,6 m
Wassertiefe . . . . .	2,3 m
Gewicht des Schluentroges mit Haupt-, Quer- u. Längsträgern	506 t
Gewicht der fünf Ballastcylinder auf den Schwimmern . . . . .	710 t
Gewicht der beiden Abschlußthore . . . . .	14 t
Ausrüstung des Troges . . . . .	90 t
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, sodafs 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>147)</sup> nicht ganz ohne Grund den Vorwurf, daß sie zu kompliziert geworden sei. Er empfiehlt nur einen Schwimmer mit Steuerzylinder darüber mitten unter dem Troge und die übrigen Schwimmer ohne Steuerapparat zu beiden Seiten des Troges anzuordnen. Dadurch wird an Gründungsarbeit gespart und die Anordnung vereinfacht. Die Führung des Troges muß dann durch Gleitschienen oder dergleichen geschehen. Dieser Vorschlag erfordert allerdings wieder größere Mengen Betriebswasser, wegen Vermehrung der Reibung. Eine Sicherung, wie sie in Punkt 4, S. 329 als erforderlich bezeichnet wurde, ist weder bei den Prüsmann'schen, noch bei dem Hoech'schen 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 hydraulische Cylinder an den vier Ecken, Schlittenführungen und außerdem noch Seilführung vorgesehen war, ist die Aufgabe bei dem zweiten<sup>148)</sup> einfacher und klarer gelöst. Es sind vier doppelt ausgeführte feststehende, senkrechte Zahnstangen angebracht, in welche je ein Triebzrad eingreift. Diese Zahnräder sitzen fest auf vier an den Längsseiten des Troges gelagerten starken Wellen, welche durch weitere Zahnräder und Zwischenwellen so miteinander gekuppelt sind, daß sie sich zwangläufig und zwar zu beiden Längsseiten des Troges in entgegengesetztem Sinne drehen. Zahnräder und Zahnstangen sind ähnlich den Abt'schen für Zahnradbahnen (also als Staffelfräder) ausgebildet. Die Steuerung erfolgt von einer Brücke über dem Troge. Neben dieser Parallelföhrung durch die Zahnstangen hat der Trog noch Rollenführungen, welche alle Horizontalverschiebungen des Troges in der Längs- und Querrichtung aufheben und den richtigen Eingriff der Zahnradführungen sichern. Zur Dichtung an den Haltungen besitzen die Trogenden mit Gummi belegte Dichtungsflächen, welche sich bei der Anfahrt an das Haupt an verstellbare, mit Gummi versehene Dichtungsrahmen pressen.

Auch hier sind wie bei dem Prüsmann'schen Entwurf weitgehende Sicherungen für den Betrieb vorhanden, die aber wieder die Einfachheit der Konstruktion beeinträchtigen. Der Betrieb kann durch Differenz zwischen Last und Auftrieb oder auch bei völlig gleicher Ausspiegelung durch Maschinenkraft (elektrisch) mittels der Zahnstangen und Zahnräder erfolgen. Der Trog wird durch 24 kleine cylindrische Schwimmer mit senkrechter Axe getragen, mit denen er durch Gitterständer in Verbindung steht. Je vier solcher Schwimmer befinden sich in einer Abteilung der Versenkungsgrube. Die einzelnen Abteilungen der Grube, welche durch Quermauern voneinander getrennt sind, stehen oben und unten miteinander in Verbindung, sodafs 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).

<sup>147)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 514.

<sup>148)</sup> Deutsche Bauz. 1894, S. 590, 602 u. 609.

Auch diese Konstruktion wird nach erfolgter Ausspiegelung zwischen Kammer und Haltung wegen des Spielraums zwischen den Zähnen der Räder und der Zahnstangen eine Bewegung von 4 bis 5 cm machen, die für die Dichtungen ungünstig ist. Diese Bewegung kann man aber durch Benutzung des Motors vermeiden (Näheres in der Quelle S. 609); sie fällt ganz weg, wenn der Betrieb durch den Motor allein erfolgt.

So bequem die besprochene Parallelführung namentlich deswegen ist, weil man die Zahnstangen an allen Punkten gut an Ständern befestigen kann, so läßt sich doch bei gröfseren Schleusen die Forderung des Punkt 4, S. 329 nicht erfüllen. Die Zahnstangen des besprochenen Entwurfes können zusammen reichlich 80 t Zahndruck aufnehmen, der zwar sicher ausreicht, um bei regelrechtem Betriebe jede Schiefstellung zu verhindern, es wird aber nicht möglich werden, durch eine solche Anordnung den Auftrieb aufzunehmen und die Schleuse am Aufschnellen zu hindern, wenn die Wasserfüllung des Troges plötzlich abliefe.

Der betreffenden, allerdings sehr weitgehenden Forderung hat die Firma Haniel u. Lueg in Düsseldorf bei ihrem Konkurrenz-Entwurfe einer Schwimmerschleuse für den Dortmund-Ems-Kanal bei Henrichenburg durch Anwendung von Schraubenföhrungen zu genügen gewußt, und deshalb ist wohl diesem Entwurfe seitens der Akademie des Bauwesens vor dem Entwurfe des Gruson-Werkes und dem Prüssmann'schen der Preis zuerkannt. Die Figuren 14—17, Tafel XIII zeigen die allgemeine Anordnung der genannten Schleuse.<sup>149)</sup> Der Schleusentrog von 70 m Länge, 8,6 m Breite und 2,5 m Wassertiefe ruht auf fünf cylindrischen Schwimmern, welche in runden, gesonderten Brunnen auf- und absteigen. Die Verbindung zwischen Trog und Schwimmern wird durch offenes Gitterwerk gebildet. Der Betrieb erfolgt durch Mehr- bzw. Mindergewicht der Wasserfüllung des Troges, wie bei den übrigen Schwimmerschleusen.

Zur Führung dienen vier grofse Schraubenspindeln *c* (F. 16 u. 17), welche gleichzeitig durch eine Rotationsmaschine angetrieben werden und sich durch die an dem Trog befindlichen Schraubenmütern bewegen. Ein mäfsiges Mehr- oder Mindergewicht des Troges, wie es infolge der Veränderung des Ein- und Austauschens der Gitterständer zwischen Trog und Schwimmern auftritt, wird durch die Maschine bzw. die Schraubenspindeln überwunden.

Die letzteren sind aber an sich so stark und oben und unten so sicher gelagert, dafs sie im Falle irgend eines Bruches am Hebewerke sowohl den vollen Auftrieb der Schwimmer, als auch die ganze Last des Troges aufzunehmen vermögen, sodafs der Betrieb des Hebewerkes unter allen Umständen gesichert erscheint. Der Stand des Führers befindet sich nicht auf dem Troge selbst, sondern in dem Häuschen mitten über dem Gerüst, s. F. 15. Auftriebsausgleicher sollen auch bei dieser Ausführung angeordnet werden, jedoch steht deren Konstruktion noch nicht fest. Die Schützen werden durch hydraulische Maschinen geöffnet. Elektrische Beleuchtung der Anlage ist vorgesehen. Die Hubhöhe beträgt 14 bzw. 14,5 und 16 m.

Die Zeichnungen föhren den Entwurf vor, welcher der Akademie für Bauwesen vorgelegen hat. Die Ausführung, welche gegenwärtig (Ende d. J. 1894) beschafft wird, weicht in einigen Einzelheiten von dem Entwurf ab. Die Brunnenauskleidungen sollen nicht gemauert, sondern mittels eiserner Schachtringe hergestellt werden, dagegen wird die an die obere Haltung anschliesende Kanalbrücke nicht in Eisen, sondern in Stein ausgeführt u. s. w. Das Ober- und Unterhaupt des Hebewerks wird architektonisch angebildet werden.

<sup>149)</sup> Die Darstellungen und Mitteilungen verdankt Verfasser der Freundlichkeit genannter Firma.

Diese Anlage erfüllt in der That bei thunlichster Einfachheit die weitgehendsten Anforderungen, welche an die Betriebssicherheit gestellt werden können. Ob dieselbe Anordnung für noch gröfsere Hubhöhen Verwendung finden kann, hängt davon ab, ob es möglich sein wird, entsprechend lange Schraubenspindeln zu angemessenem Preise herzustellen, was bei dem jetzigen Stande der Industrie Schwierigkeiten bereiten dürfte. Gegenwärtig dürften 24 m Hubhöhe die äufserste Grenze sein.

Für grofse Höhen ist allerdings die Schwimmerschleuse mit Zahnstangenführung bequemer herzustellen, da man, wie bereits erwähnt, die einzelnen Zahnstangenteile stets sicher an eisernen Ständern befestigen kann. Indessen erscheint es überhaupt fraglich, ob es richtig ist, für noch gröfsere Hubhöhen Schwimmerschleusen zu verwenden.

Gegen solche sprechen nämlich folgende Punkte:

1. Die bisher, wie bei allen hydraulischen Schleusen (vergl. die Tabelle), wie es scheint, meist unterschätzten Kosten der Gründungsarbeiten für Tröge, welche über den Schwimmern stehen, wachsen bedeutend mit der Tiefe, wenn nicht ungewöhnlich günstige Bodenverhältnisse vorliegen. Weniger und gröfsere Schwimmer (3 statt 5) werden jedenfalls billiger werden. Ordnet man aber die Schwimmer neben dem Troge an, so vermehrt man das Eisengewicht durch die cylindrischen Aufsätze zur Verlängerung der Schwimmerbrunnen nach oben und damit, aufser den Beschaffungskosten für das Eisen, zugleich die Unterhaltungskosten, denn letztere sind für Eisenkonstruktionen, die dem Wasser ausgesetzt sind, wesentlich höher als für Mauerwerk (vergl. § 5).

2. Die Gefahr einer Unterspülung.<sup>150)</sup> In dieser Gefahr, welche bei den Schwimmerschleusen gröfser ist als namentlich bei den schiefen Ebenen, liegt ein Übelstand, den sie mit allen senkrechten Hebevorrichtungen, auch den Schachtschleusen und den hydraulischen, teilen. Sie ist um so gröfser, je tiefer die Fundierungen werden, welche den gewachsenen Boden in nicht zu übersehender und zu beseitigender Weise lockern, und je näher die tiefen Fundamente dem Oberwasserspiegel rücken. Daher sind Schleusen mit Schwimmern an den Enden des Troges und hydraulische Hebewerke mit mehreren Kolben in der Längsaxe in dieser Beziehung ungünstiger, als Schwimmer- und hydraulische Schleusen mit nur einem Stützpunkte in der Mitte und namentlich als Schachtschleusen, deren Fundierung weniger tief reicht, während die Dämme für die Zulassung der oberen Haltung im Trocknen ausgeführt und sorgfältig überwacht werden können.

Tauchschleuse. Hinsichtlich des letztgenannten Vorteils steht eine Abart der Schwimmerschleuse, die ihrer Betriebsweise wegen als Tauchschleuse bezeichnet werden möge, den Schachtschleusen gleich.

Diese Form ist ebenso alt als die Schwimmerschleuse selbst, indem bereits im Jahre 1794 von Robert Weldon in England ein Patent auf dieselbe genommen und auch eine Schleuse mit einem Gefälle von 13,7 m für Schiffe von 21,9 m Länge und 2,13 m Breite gebaut wurde. Wahrscheinlich war sie nur von kurzem Bestande, weil der Brunnen, in welchem die Schleuse untertaucht, nicht sicher genug gegen den inneren Wasserdruck hergestellt war und infolge dessen zerstört wurde.

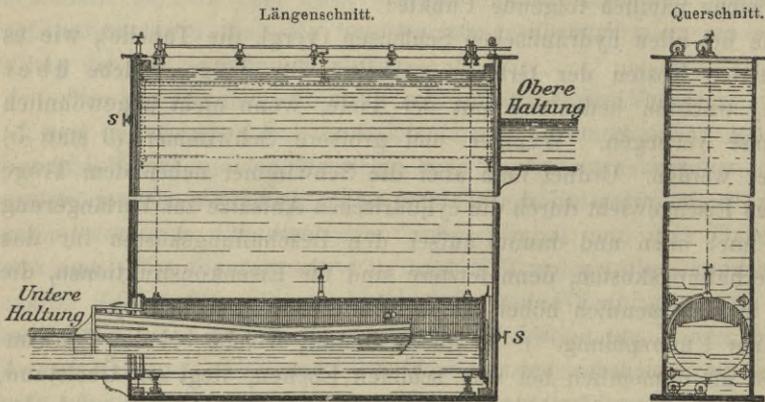
Der Grundgedanke dieser Schleuse war der, dafs man einen Schacht herstellt, der fortwährend mit der oberen Haltung in offener Verbindung bleibt und in dem also der Wasserspiegel nicht gesenkt wird. In diesem Schachte schwimmt ein eiserner, an beiden Enden offener, zur Hälfte mit Wasser gefüllter Cylinder so tief eintauchend, dafs die zu schleusenden Schiffe in seinem Hohlraum Platz finden. Schliesst man nun die beiden Enden des Cylinders wasserdicht ab, so kann man ihn mit dem darin schwimmenden Schiffe durch Ballastwasser an Führungen versenken, bis er auf dem Grunde des Schachtes

<sup>150)</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. \*

sich mit dem einen Ende vor den durch ein Thor verschlossenen Ausfahrtstunnel des Schachtes legt. Dichtet man jetzt die Fuge zwischen dem Cylinder und der Schachtwand, so steht nach Öffnung der Thore vor dem Tunnel und dem zunächstliegenden Ende des Cylinders derselbe mit dem Tunnel in offener Verbindung, sodafs das versenkte Schiff hinaus und ein zu hebendes hinein gefahren werden kann. Nach Schluß der Thore vor dem Tunnel und dem Ende des Cylinders und nach erfolgtem Auspumpen des Ballastwassers schwimmt der Cylinder mit dem zweiten Schiffe auf und das Spiel kann nach Öffnung der Thore des Cylinders und Entfernung des Schiffes in das Oberwasser von neuem beginnen.<sup>151)</sup>

Dieser Gedanke ist neuerdings von J. Rowley in Dukinfield wieder aufgenommen, der auf dem Binnenschiffahrts-Kongresse zu Manchester ein Modell einer solchen patentierten Schleuse ausstellte. Rowley vermeidet aber dabei das unbequeme Auspumpen des Ballastwassers und den großen Verbrauch des letzteren, welcher bei der ersten Ausführung dadurch bedingt war, dafs der Cylinder, wenn ein Schiff

Fig. 294 u. 295. Tauchschleuse von Rowley.



aus der oberen Haltung einfahren sollte, zur Hälfte aus dem Oberwasser austauchte. Er läßt das Oberwasser nicht mit dem Schachte in offener Verbindung, sondern erhöht den Wasserspiegel in letzterem künstlich soweit über den der oberen Haltung, dafs der Cylinder stets ganz unter Wasser bleibt und seine Verbindung mit dem Oberwasser in derselben Weise ausgeführt wird, wie mit dem Unterwasser. Durch

diese Anordnung, die in Fig. 294 und 295 dargestellt ist, wird der Wasserverbrauch offenbar ebenso eingeschränkt, wie bei den Schwimmerschleusen und den hydraulischen, er kann sogar ganz fortfallen, wenn die Bewegung durch Maschinenkraft mittels der Ketten ohne Ende, welche zur Führung dienen, ausgeführt wird. Zum dichten Anschlusse der Schleusentrommel an die Querwand des Brunnens vor Öffnung der Thore in beiden dienen die Schrauben *s* in Fig. 294.<sup>152)</sup>

Die Tauchschleuse übertrifft die anderen Schwimmerschleusen durch die Einfachheit und Billigkeit der Gründung, sowie dadurch, dafs, wenn der Brunnen aus Beton mit Erdhinterfüllung hergestellt wird, der Eisenverbrauch und damit die Unterhaltungskosten bedeutend geringer sind, als bei jenen. Da der Brunnen leicht nach dem Unterwasser hin entwässert und trockengelegt werden kann, so bildet er gleichzeitig für die Schleusentrommel ein bequemes Trockendock, sodafs auch deren Unterhaltung keine Schwierigkeiten bietet, was von den anderen Schwimmerschleusen nicht behauptet werden kann.

#### 4. Vergleichung der Vorrichtungen zur Überwindung grosser Gefälle.

Will man die verschiedenen Vorrichtungen zur Überwindung grosser Gefälle miteinander vergleichen, so läßt sich zunächst nicht leugnen, dafs die Bewegung der Schiffe in sämtlichen Schwimmerschleusen, nicht minder in den hydraulischen und den gut konstruierten Schachtschleusen die sanfteste ist. Auf diese folgen die senkrechten, durch Gegengewichte ausbalancierten Hebevorrichtungen und erst zuletzt kommen die schiefen Ebenen. Indessen sind, wie schon früher bemerkt, durch geeignete Vorkehrungen die unruhigeren Bewegungen der schiefen Ebenen zweifellos für die zu befördernden Schiffe

<sup>151)</sup> H. Gruson und L. A. Barbet, S. 27. — P. Pfeifer, S. 72.

<sup>152)</sup> Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 273.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	
No.	Bezeichnung des Hebewerkes.	Herstellungskosten				Kapitalisierte Unterhaltungskosten		Kapitalisierte Amortisationskosten		Summe der Herstellungs-, Unterhaltungs- und Amortisationskosten		Hubhöhe h	Kammer-Abmessungen			Größe der größten Schiffe Q	Zahl der in 12 Stunden zu befördernden Schiffe:		Wasserbedarf für eine Hebung bezw. Doppelhebung	Herstellungskosten für 1 m Hubhöhe $\frac{K^h}{h}$	Wert-Ziffern		Bemerkungen.
		für Erd- und Mauerarbeiten $K'$	für Metallarbeiten $K''$	für Sonstiges $K'''$	im ganzen $K^h$	der Mauer- und Erdkörper $\frac{z}{\beta' \cdot K'}$	der Metallteile $\frac{z}{\beta'' \cdot K''}$	der Mauer- und Erdkörper $\frac{z}{K'}$	der Metallteile $\frac{z}{K''}$	Hubhöhe h	Länge		Breite	Wassertiefe	Nur nach einer Richtung		Nach beiden Richtungen an der Schleuse kreuzend	$\frac{S(K)}{s' \cdot Q \cdot h}$			$\frac{S(K)}{s'' \cdot Q \cdot h}$		
		M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	m		m	m	m		Tonnen	s'			s''	ebm	
1	Schachtschleuse im Kanal St. Denis.	?	?	?	1 480 000	—	—	—	—	—	9,92	48,9	8,2	3,5	etwa 1100	28	44	3173	149 200	—	—	Die Herstellungskosten enthalten ansehnliche Ausgaben, die nicht den eigentlichen Schleusenbau betreffen; dieselben sind daher zu hoch.	
2	Schachtschleuse, Entwurf von Fontaine.	597 244	40 580	82 176	720 000	37 327	10 145	235	6 648	774 355	20	39	5,2	2,6	300	24	40	1772	36 000	5,379	3,227	Die Schleuse ist nur Entwurf. Daher Zeiten und Kosten, wenn auch nach zuverlässigen Beispielen, nur berechnet.	
3	Schiefe Ebene im Oberland-Kanal.	?	?	?	714 000	—	—	—	—	—	Durchschn. 21,4	0	0	0	50	18	36	Durch Wasserrad betrieben.	8 331	—	—	Die Angaben beziehen sich auf die vier älteren schiefen Ebenen. Bewegung durch Wasserrad, welches aus dem Oberwasser gespeist wird. Fahrgeschwindigkeit 0,8 bis 1 m. Die Hubhöhen sind 29,4, 18,83, 24,48, 21,97 m.	
a.	Schiefe Ebenen mit zwei gekuppelten Kammern nach Entwürfen von Peslin. Fahrt in Richtung der Längsaxe der Kammer.	Älterer Entwurf	± 223 000 (159 000)	± 657 000 (657 000)	0	880 000 (816 000)	13 937 9 937	164 250 164 250	88 62	107 634 107 634	1 165 909 1 097 883	16	?	?	?	300 300	60 60	120 120	Durch Turbine betrieben.	55 000 (51 000)	4,045 3,812	2,024 1,906	Die eingeklammerten Ziffern entsprechen den Kosten, welche unter Berücksichtigung der durch die schiefe Ebene ersparten Kanalstrecken ermittelt sind. Kosten für Verwaltung und unvorhergesehene Fülle sind nicht berücksichtigt. Neigung der schiefen Ebene 1/10. Fahrgeschwindigkeit 0,83 m in 1 Sekunde. Betrieb durch Turbinen.
b.		Neuerer Entwurf	± 243 000 (83 000)	± 717 000 (717 000)	0	960 000 (800 000)	15 188 5 187	179 250 179 250	95 33	117 470 117 470	1 272 003 1 101 940	51,2 51,2	38,5 38,5	5,2 5,2	2,0 2,0	300 300	36 36	72 72	?	18 750 (15 625)	2,304 1,992	1,152 0,996	
c.		Schiefe Ebenen mit zwei gekuppelten Kammern nach Flamant's Entwurf. In der Querrichtung der Schiffe zu befahren. Hinterhäfen, doppelte Schleusenthore.	± 350 000 ± 400 000	628 000 668 000	112 000 114 000	1 090 000 1 180 000	21 875 25 000	157 000 166 500	138 157	102 890 109 110	1 371 903 1 480 767	15 20	45 45	5,6 5,6	2,1 2,1	300 300	80 72	160 144	130 130	59 000	3,811 3,427	1,906 1,714	Die Erdarbeiten, die allerdings nicht bedeutend sind, scheinen im Anschlag nicht aufgenommen zu sein. Neigung der schiefen Ebene 1/10. Fahrgeschwindigkeit 0,5 m in 1 Sekunde. Betrieb durch Übergewichtswasser der zu Thal fahrenden Kammer. Beanspruchung der Eisenteile 660 kg f. d. qcm.
d.			± 500 000 ± 700 000	743 000 898 000	117 000 122 000	1 360 000 1 720 000	31 250 43 750	186 750 224 500	196 275	121 730 147 120	1 699 926 2 135 645	30 50	45 45	5,6 5,6	2,1 2,1	300 300	60 48	120 96	130 130	45 333 34 400	3,148 2,966	1,574 1,483	
a.	Schiefe Ebene nach Hoech, einfache Kammer mit Gegengewichten, sonst wie 5.	± 113 500	387 250	99 250	600 000	7 094	96 815	45	63 444	767 398	14	68	8,6	2,2	800	36	72	317	42 856	1,903	0,952	Das Eisen ist im Entwurfe reichlich hoch (zu 1000 kg f. d. qcm) beansprucht, daher der Preis gegenüber der Schleuse von Flamant etwas zu niedrig.	
b.		± 170 000	± 476 000	± 104 000	750 000	10 625	119 000	67	77 984	957 676	30	68	8,6	2,2	800	24	48	317	25 000	1,662	0,831		
7	Wie 6, Entwurf des Marine-Baumeisters Moeller für den Kanal von Wismar nach Schwerin.	253 550	401 860	104 590	750 000	15 847	100 470	100	65 847	932 264	31,15	53	6,6	2,2	350	24	48	160	24 077	3,562	1,781	Im Anschlag sind sämtliche Kosten auskömmlich berücksichtigt.	
8	Hydraulisches Hebewerk zu Anderton mit einem Cylinder.	± 332 800	594 000	± 50 000	976 800	20 800	148 500	131	97 315	1 243 546	15,35	22,85	4,73	1,37	100	96	192	?	63 635	8,439	4,220	Wirklich entstandene Kosten und beobachtete Zeiten.	
9	Hydraulisches Hebewerk zu Les Fontinettes mit einem Cylinder.	552 580	709 600	237 020	1 499 200	34 535	177 400	217	116 250	1 827 602	13,13	40,6	5,6	2,0	300	72	144	217	114 181	6,444	3,222	Wirklich entstandene Kosten und beobachtete Zeiten. Die Kosten überschritten den Veranschlag um 656 000 M. = 78%.	
10	Hydraulisches Hebewerk zu La Louvière mit einem Cylinder.	343 200	719 200	61 600	1 124 000	21 450	179 800	135	117 820	1 443 105	15,4	43,2	5,8	2,4	360	72	144	?	72 857	3,616	1,808	Wirklich entstandene Kosten. Dieselben überschritten den Veranschlag um 192 000 M. = 19%.	
a.	Hydranlisches Hebewerk, Entwurf von Hoppe mit sechs Cylindern.	240 000	1 306 000	24 000	1 570 000	15 000	326 500	94	213 960	2 125 554	14	73	9	2,5	600 bis 1000	48	96	100	112 150	5,272 bis 3,163	2,636 bis 1,582	Im Anschlag fehlen die Kosten für Grunderwerb, Verwaltung und unvorhergesehene Fülle, die Erd- und Mauerarbeiten sind um mindestens 300 000 M. zu niedrig veranschlagt. Die untere Zifferreihe entspricht den berechtigten Kosten (eingeklammerte Ziffern).	
b.		(540 000)	1 306 000	(74 000)	1 920 000	(33 750)	326 500	(212)	213 960	(2 494 422)	14	73	9	2,5	600 bis 1000	48	96	100	137 143	6,186 bis 3,712	3,093 bis 1,856		
a.	Schwimmer-Hebewerke des Gruson-Werkes	970 000	1 100 000	?	2 070 000	60 624	275 000	381	180 211	2 586 216	15 i. M.	68	6,8	2,5	600 bis 700	36	36	82	138 666	7,982 bis 6,842	7,982 bis 6,842	Günstiger Baugrund für die Brunnenenkung. Aus der Quelle (Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894) sind die Einheitspreise für die Fundierung nicht zu ersehen, ob dieselben hoch genug sind, daher nicht zu beurteilen. Dsgl. ist es unbestimmt, ob für Grunderwerb, Bauverwaltung, Unvorhergesehenes ( $K''$ ) Summen ausgeworfen sind.	
b.		Schwimmer unter dem Troge	1 200 000	1 260 000	?	2 460 000	75 000	315 000	471	206 424	3 056 895	23 "	68	6,8		2,5	36	36	82	106 957	6,153 bis 5,274		6,153 bis 5,274
c.			3 500 000	1 300 000	?	4 800 000	218 750	325 000	1375	212 971	5 558 096	9,6	90	10		3	1100 i. M.	36	36	?	500 000		16,339
d.		Schwimmer neben dem Troge	600 000	1 850 000	?	2 450 000	37 500	462 500	236	303 186	3 253 422	9,6	90	10		3	1100 i. M.	36	36	?	255 208		9,564



vollkommen unschädlich zu machen, sodafs ihrer Verwendung um so weniger ein Hindernis entgegenstehen dürfte, als die Betriebssicherheit der sonst bei ihnen zu verwendenden Vorrichtungen (Bremsen, Buffer, Drahtseile u. s. w.) seit langer Zeit durch die Eisenbahnen verschiedenster Art nachgewiesen ist, und als sie in Bezug auf die Kosten anderen Hebewerken meist überlegen sind.

Im allgemeinen wird man das Urteil dahin zusammenfassen können, dafs für Kanäle untergeordneter Bedeutung, d. h. für kleinere Schiffe und geringeren Verkehr, die schiefe, in der Längenrichtung des Schiffes zu befahrende Ebene, also die Schiffseisenbahn — je nach der Bedeutung des Verkehrs mit oder ohne Schleusenkasten — wegen der geringsten Kosten den Vorzug verdient. Dieselbe Anordnung verdient auch für gröfsere Fahrzeuge und bedeutenderen Verkehr in solchen Fällen in erster Linie berücksichtigt zu werden, wo es sich darum handelt, zur Verbindung zweier Wasserstraßen höhere wasserarme Rücken bei mäfsigem Gefälle zu übersetzen. Es ist auch zu beachten, dafs die Schiffseisenbahnen nicht nur Schleusentreppen, sondern ganze Kanalstrecken ersetzen.

Handelt es sich dagegen um sehr konzentrierte Gefälle, so werden bis zur Höhe von etwa 20 m Schachtschleusen, Tauschschleusen, Schwimmerschleusen und quer zu befahrende schiefe Ebenen in Wettbewerb treten. Ein genaues Urteil wird sich nur auf Grund vergleichender Entwürfe finden lassen, bei denen nicht nur die jeweiligen Boden- und Wasserverhältnisse, die Gröfse des zu bewältigenden Betriebs und die Anlagekosten, sondern auch die Betriebs-, Unterhaltungs- und Amortisationskosten gehörig zu berücksichtigen sind.

Bei einem Gefälle von mehr als 20 m werden voraussichtlich die Schwimmerschleusen, deren Tröge über einer gröfseren Anzahl vom Schwimmern stehen, wegen der zu grofsen Gründungskosten und der Gefahr von Unterspülungen unzweckmäfsig werden. Die Schachtschleuse wird für mäfsigen Verkehr noch verwendbar bleiben, wenn genügendes Wasser und besonders sicherer Baugrund vorhanden ist, die Tauschschleuse aber auch dann noch, wenn sich wenig Wasser, aber sicherer Grund findet. Fehlt auch der letztere, so bieten die schiefen Ebenen (quer fahrbar bei grofsen Schiffen und starken Steigungen) auch dann bis zu beliebiger Höhe ausführbare Hebevorrichtungen.

In der nebenstehenden Tabelle ist versucht, für eine gröfsere Anzahl ausgeführter und entworfenener Hebewerke die wichtigsten Daten zusammenzustellen, um daraus ein Bild über den verhältnismäfsigen Wert derselben zu gewinnen. Leider konnten aber nur die Herstellungs-, die Unterhaltungs- und die Erneuerungs(Amortisations-)kosten, nicht aber die Betriebskosten aufgenommen werden, da es für letztere an den erforderlichen Unterlagen fehlte. Die Unterhaltungs- und Erneuerungskosten sind nach Erd- und Mauerarbeiten bzw. Eisenarbeiten getrennt ermittelt. Für die ersteren ist bei der Kapitalsberechnung (vergl. § 5) als jährlicher Aufwand für Unterhaltung  $\frac{1}{4}$  Prozent der Herstellungskosten, für die letzteren 1 Prozent derselben gerechnet. Die Zeit, nach welcher das Mauerwerk und die Erdarbeiten erneuert werden müssen, ist bei Berechnung des für die Erneuerung auf Zinseszins anzulegenden Kapitals zu 200 Jahren, bei den Eisenarbeiten zu 50 Jahren angenommen. Der Zinsfuß überall zu 4 Prozent.

Die senkrechten Spalten 7 bis einschliesslich 10 enthalten die in dieser Weise berechneten kapitalisierten Unterhaltungs- und Amortisationskosten, welche zusammen mit den gesamten Baukosten aus Spalte 6 die mit  $S(K)$  bezeichneten Werte der Spalte 11 liefern, denen für eine vollkommen richtige Wertschätzung noch die kapitalisierten Betriebskosten (für Aufsichtspersonal, Kohlen, Schmiermaterial) hinzuzufügen wären.

Handelt es sich um Herstellung eines Hebewerks für beschränkten Verkehr, so können die Ziffern  $S(K)$  allein zur Entscheidung dienen. Würfte man z. B., daß mehr als 24 Schiffe von 300 t in der einen oder 40 in beiden Richtungen auf 20 m Hub in 12 Stunden unter keinen Umständen während des 200jährigen Bestandes des Bauwerks zu befördern sein werden, so würde die Schachtschleuse (774355 M.) gegenüber einer gekuppelten schiefen Ebene nach Flamant (1480767 M.) um so mehr den Vorzug verdienen, als sie nicht nur ohne Betriebskosten nur halb so teuer ist, sondern auch sicher weniger Betriebskosten erfordert. Handelt es sich aber — was in den meisten Fällen zutreffen wird — um ein Hebewerk, dessen Verkehrszunahme vermutlich sehr bedeutend und unberechenbar sein wird, so geben die in Spalte 21 und 22 ermittelten Wertziffern, welche auch die Anzahl der in 12 Stunden möglichen Schleusungen  $s'$  bzw.  $s''$  berücksichtigen, ein besseres Bild.

Da diese Wertziffern außerdem die Größe der Schiffe  $Q$  in Tonnen und das Gefälle  $h$  enthalten, also das Kapital ausdrücken, welches unter Voraussetzung vollständiger Ausnutzung der Leistungsfähigkeit des Hebewerks nur bei Tagesdienst angelegt werden muß, um eine Tonne Schiffslast um ein Meter zu heben, so lassen sie noch einige andere lehrreiche Schlüsse in Bezug auf die Zweckmäßigkeit der verschiedenen Ausführungsweisen zu. Allerdings ist dabei immer zu berücksichtigen, daß das verwandte  $S(K)$  die Betriebskosten noch nicht enthält, die bei den Schachtschleusen am geringsten sind, während die übrigen sich etwa in folgender Ordnung folgen werden: Schwimmerschleusen, hydraulische Schleusen, schiefe Ebenen mit Maschinenbetrieb.

Ein Vergleich der Wertziffern der Horizontalspalte 6 b. mit 5 c. und 7, sowie 8 mit 9, 10 und 11 a. u. b. zeigt, daß die Wertziffern desto günstiger (kleiner) werden, je größer bei sonst gleicher Konstruktion der Hebewerke die zu hebenden Schiffe sind. Ein Vergleich der Wertziffern verschiedenartiger Hebewerke ist daher nur dann zulässig, wenn dieselben für Schiffe gleicher Größe bestimmt sind, und wenn die Hubhöhe nahezu dieselbe ist, z. B. bei den einfach unterstrichenen in Horizontalspalte 4 a., 5 a. und 9, bei den doppelt unterstrichenen 2 und 5 b., den dreifach unterstrichenen 4 c. u. d. und 5 d. und den mit geschlängelten Linien unterstrichenen 6 a., 11 a. u. b. und 12 a.

Diese Vergleiche zeigen, daß die schiefen Ebenen überall am vorteilhaftesten sind und zwar um so viel, daß selbst die Hinzuziehung der ungünstigeren Betriebskosten voraussichtlich hieran kaum etwas ändern wird. Das Schwimmerhebewerk dagegen ist das kostspieligste von allen.

Wie die Querspalten 4 a. bis d., 5 a. bis d. und 6 a. u. b. zeigen, werden bei den schiefen Ebenen jeder Art die Wertziffern auch trotz der Verringerung der Schleusungen mit zunehmender Steigung günstiger, was wegen der stark wachsenden Gründungskosten kaum bei einer der anderen Hebevorrichtungen der Fall sein kann. Am günstigsten ist in dieser Beziehung die in der Längsrichtung der Schiffe zu befahrende Ebene, besonders wenn die Kosten der Kanalstrecke abgesetzt sind<sup>153)</sup> (Querspalte 4 b. und 4 d.). Dabei haben diese schiefen Ebenen noch vor allen anderen Hebewerken den schon erwähnten bemerkenswerten Vorzug voraus, daß die Fahrt auf der schiefen Ebene, während der die Hebung vor sich geht, weil in Richtung der Kanallinie erfolgreich, für den Schiffer gar keinen Zeitverlust bedeutet, wenn die Geschwindigkeit auf der schiefen Ebene ebenso groß gewählt wird, als die der im Kanal schwimmenden Schiffe. Diese schiefen Ebenen verdienen also entschieden Beachtung.

<sup>153)</sup> Diese Kosten sind ausschließlich von den Kosten für Erd- und Mauerarbeiten abgesetzt, weil dies in Bezug auf Unterhaltungs- und Amortisationskosten am richtigsten erschien.

Dem Vernehmen nach soll der Entwurf von Peslin für den Schelde-Maas-Kanal (Tabelle No. 4 c. u. d.) kurz vor seinem Tode zur Ausführung genehmigt sein, sodafs zu hoffen wäre, dafs demnächst genauere Angaben über Kosten und Zweckmäfsigkeit dieser Hebevorrichtung bekannt werden.

Zum genaueren Studium der künstlichen Hebewerke, die hier nur historisch-kritisch zu behandeln waren, wobei einige unzweckmäfsige Entwürfe ganz unerwähnt blieben, sei aufser auf die bereits in Anmerkungen angeführten Quellen auf den Litteratur-Nachweis am Schlusse des Kapitels verwiesen. Es ist auch beabsichtigt, diesen Gegenstand in einem von Professor Möller bearbeiteten Hefte der Fortschritte der Ingenieurwissenschaften demnächst weiter zu verfolgen.

## § 26. Nebenanlagen: Signale, Erleuchtung, Brücken, Bachunterführungen, Schleusenwärterwohnungen.

Signalvorrichtungen. Je stärker der Betrieb einer Schleuse, desto vollständiger mufs dieselbe mit gewissen Vorkehrungen zur Sicherheit desselben ausgestattet sein, weil die Gefahr des gegenseitigen Anstofsens der Schiffe eine gröfsere wird und aufserdem die Zeit um so besser ausgenutzt werden mufs. Es ist also bei möglichst grosser Geschwindigkeit aller Bewegungen und der Benutzung auch der dunkleren Tagesstunden, vielleicht gar der Nacht, eine genügende Sicherheit der Schiffe und der Schleusenthore zu fordern. Dennoch sind Signalvorrichtungen nur ausnahmsweise im Gebrauch, weil im allgemeinen die Schiffer, sowie auch das Schleusenpersonal meistens rechtzeitig genug die gegenseitigen Verhältnisse übersehen und ihre Mafsregeln danach treffen können. Bei Schleusen mit grossem Verkehr empfiehlt sich trotzdem, den sich der Schleuse nähernden Schiffen ein Zeichen zu geben, ob sie ohne anzuhalten einfahren können oder ob sie etwa nur bis zu einem gewissen Punkt fahren dürfen, um anderen aus der Schleuse kommenden Schiffen genügenden Platz zu lassen. Hierzu reichen in den meisten Fällen gewöhnliche optische Signale völlig aus und nur bei besonders schwierigen Umständen würden elektrische Glockensignale zu verwenden sein. Bei Seeschleusen, namentlich Dockschleusen, wird gewöhnlich durch eine hochgezogene Scheibe u. s. w. den von aufsen kommenden Schiffen angezeigt, dafs das Durchfahren gestattet ist, sofern nicht etwa noch besondere Rücksicht auf den Wasserstand zu nehmen sein wird.

Die äufseren Einfahrten der Seeschleusen sind mit den unter „Schiffahrtszeichen“ eingehend zu besprechenden Vorrichtungen auszustatten. Durch die Stellung der verschiedenen Lichter ist den 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 Thore der Schleuse und die Einfahrten genügend beleuchtet sind. Die etwaige Kammer bedarf in der Regel keiner Erleuchtung. Ein gutes Beispiel giebt F. 10, T. VII von der Geestemünder Schleuse, wobei alle Thore von beiden Seiten beschiene und auch die Einfahrten erhellt sind. Die Laternen stehen in diesem Falle auf den Gehäusen der Winden.

Für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals wird nicht nur eine ausgiebige Beleuchtung der Vorhäfen durch zahlreiche elektrische Bogenlampen, sondern auch der Schleusen selbst ausgeführt, sodafs auch des Nachts ein bequemer Verkehr gesichert ist. Aufserdem verbindet eine Telegraphenleitung die beiden Schleusenanlagen zu Brunsbüttel und Holtenu.

Über die Einzelheiten der elektrischen Beleuchtung für die beiden Doppelschleusen samt Binnen- und Aufsenhäfen, welche von der Gesellschaft Helios in Köln geliefert wird, ist Folgendes zu bemerken. Es erhalten die Schleusen und Häfen

in Holtenuau:

42	Glühlampen	von . . . . .	25	Normalkerzen,
4	"	" . . . . .	50	"
2	"	" . . . . .	60	"
12	Bogenlampen	" . . . . .	12	A . . . u. 60 V . . . ,

in Brunsbüttel:

34	Glühlampen	von . . . . .	25	Normalkerzen,
5	"	" . . . . .	50	"
2	"	" . . . . .	60	"
12	Bogenlampen	" . . . . .	12	A . . . u. 60 V . . .

Die Einfahrt in die Häfen und Schleusen wird durch farbiges Licht gekennzeichnet, welches mittels farbiger Glocken hergestellt wird. Diese Glocken werden nach hinten so abgeblendet, daß nur für einen bestimmten Teil des Beleuchtungskreises das farbige Licht erscheint. Die zwischen und zu beiden Seiten der Schleusen aufzustellenden Bogenlampen werden ebenfalls so abgeblendet, daß nur das Ufer bis zur Kante der Schleusenmauer beleuchtet wird, die Lampen selbst aber für die Schifffahrt unsichtbar bleiben.

Außerdem sollen auch die in jeder der drei Mauern der Schleusen befindlichen Maschinenkammern und die dazwischen liegenden Gänge elektrisch beleuchtet werden, und zwar sind hierfür bei jeder der beiden Anlagen 260 Glühlampen von 16 Normalkerzen vorgesehen, von denen etwa ein Drittel auch bei Tage brennen muß. Endlich erhalten noch die Central-Maschinenstation jeder Schleusenanlage, der Pegelturm, die Hafen- und Zollamtsgebäude, sowie die Zollbude Glühlampen gleicher Stärke zur Beleuchtung. Die Kraft für die elektrische Beleuchtung wird durch dieselbe Kesselanlage erzeugt, welche den Druckwasserbetrieb der Schleusen unterhält.

Brücken und Unterführungen von Bächen. Mit Brücken sind die Schleusen verhältnismäßig selten ausgestattet. Bei Kanalschleusen sind es gewöhnlich feste Brücken, weil die Kanalschiffe fast stets ohne Mast oder nur mit einem kleinen für den Leinenzug bestimmten und leicht niederzulegenden Mast fahren. Die feste Brücke liegt am besten am Unterhaupte und über dem Unterwasser und gewährt dann mitunter ohne künstliche Erhöhung den nötigen Spielraum. Unter Umständen muß aber die Brücke ein höheres Auflager haben als das der Unterhauptmauern. Bei der F. 1, T. VI trifft es sich günstig, daß die Mauern des Unterhauptes wegen des durch die untere Thoranlage abzuhaltenen äußeren Hochwassers eine größere Höhe als die Mauern der Kammer erhalten haben, sodaß hier eine lichte Höhe von etwa 3,3 m zwischen Unterwasser und Brückenunterkante bleibt.

Sobald die Brücke beweglich wird, ist die Stelle derselben von den Wasserverhältnissen fast unabhängig. Dann richtet es sich nach der Anordnung und Konstruktion der Brücke, wo sie am besten Platz findet. Bei kleineren Schleusen findet man nicht selten Portal-Klappbrücken mit zwei in der Mitte zusammenschlagenden Klappen der geringen Kosten wegen angewendet. Bei größeren Schleusen, etwa von über 8 m Weite, sind Dreh- und Rollbrücken vorzuziehen, weil diese dann konstruktiver und leichter zu bedienen sind. So lange es ohne schwerfällige Konstruktion geht, sollten die Drehbrücken einflügelig genommen werden, wie z. B. nach F. 15, T. VI. Namentlich wenn, wie bei mehreren neueren Docks in London, ein bedeutender Verkehr und sogar eine mit Lokomotiven betriebene Eisenbahn hinüberzuführen ist, muß die Brücke als einflügelige Drehbrücke oder als Rollbrücke konstruiert werden. So ist z. B. bei den Millwall-Docks in London über eine Schleuse eine 43,2 m lange, 22,5 m lichte Öffnung gebende und eine Lokomotivbahn tragende Rollbrücke angebracht, welche 260 t wiegt und mit Hilfe einer hydraulischen Vorrichtung (zwei Cylinder zum Hin- und Herschieben mit vierfacher Über-

setzung und zwei Cylinder zum Anheben der Brücke an der festen Auflagerseite) in 2 bis 3 Minuten geöffnet oder geschlossen wird. Rollbrücken können aber auch als Fußgängerbrücken mit Nutzen verwendet werden. So geht z. B. eine nur etwa 0,7 m breite einseitige Rollbrücke über die 12,4 m weite, kleinere Schiffsschleuse zu Ymuiden.

Indem die Einzelheiten der Brücken hier nicht zu besprechen sind, mag nur noch auf § 24 (Pontonbrücken) verwiesen werden.<sup>154)</sup>

Seltener noch als Brücken sind Unterführungen von Bächen oder sonstigen Wasserläufen bei Schiffsschleusen erforderlich. Sie kommen nur bei den Schleusen in Schifffahrtskanälen vor, unter anderem in Flachgegenden, wenn der Kanal verschiedene Bachgebiete durchschneidet. Wenn dann nicht etwa der betreffende Bach als Speisekanal verwandt werden oder an einer geeigneteren Stelle des Kanals unter oder über diesem hinweggeführt werden kann, so bietet eine Kanalschleuse in der Gegend ihres oberen Thorkammerbodens eine bequeme Gelegenheit zur Unterführung. Es wird deshalb oft der Bach bis zur nächsten Schleuse verlegt, oder die Stelle der Schleuse in der Nähe des zu kreuzenden Baches gewählt. Allerdings muß im Flachlande die Unterführung fast stets eine Dükerartige sein, weil meistens der Schifffahrtskanal und der Bach nahezu gleiche Spiegelhöhe besitzen werden. Nach den für Wasserleitungen in Kap. IV gegebenen Regeln ist dann nur darauf zu achten, daß die Weiten des Dükers für die höchsten Anschwellungen des Baches ausreichen und daß kein unzulässiger Aufstau an der Oberseite entsteht.

Um auch die konstruktiven Einzelheiten zu besprechen, möge das in F. 16 u. 17, T. VI gegebene Beispiel einer Bachunterführung der Emskanäle<sup>155)</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 F. 17 die Betonsole entsprechend vertieft und nach F. 16 für den Einlauf und Auslauf des Dükers außerhalb des eigentlichen Schleusenmauerwerks das nötige Mauerwerk nebst Fundament hergestellt. Zugleich dient dieses Mauerwerk zur Unterstützung der über den Bach gehenden Leinpfads- und Wegebrücke. An der Oberseite ist ein verhältnismäßig sehr flacher Schlamm- oder Sandfang angebracht, der nach seiner Anfüllung jedesmal gereinigt werden muß, wenn nicht der Sand über ihn hinweg in den tiefen Teil des Dükers gelangen soll, aus welchem die Entfernung größere Schwierigkeit macht. Wie die Höhenzahlen der verschiedenen Wasserspiegel erkennen lassen, wird bei höchstem Wasser des Baches ein Gefälle von 0,1 m in dem Düker verbraucht. Der Kanal besitzt dabei als normale Höhe die des höchsten Bachspiegels an dessen oberen Seite. Bei stärkerem Zufluß des Kanals läuft dessen Wasser über den rechtsseitigen Rand der Thorkammer in das Unterwasser des Baches. Wo eine bedeutende Geschwindigkeit des Bachwassers vorhanden oder wo jeder nachteilige Aufstau besonders zu vermeiden ist, würde statt der hier gewählten scharfen Kanten in den Knickpunkten des Dükers eine merkliche Abrundung der Kanten für die leichtere Bewegung des Wassers vorteilhaft sein. Als selbstverständlich darf wohl noch gelten, daß das Gewölbe des Dükers und seine Übermauerung unter dem Thorkammerboden besonders sorgfältig und wasserdicht hergestellt sein müssen.

Bei größeren Dükern ist es notwendig, dieselben später nachsehen zu können. Man erreicht dies am einfachsten dadurch, daß man den Düker zweiteilig macht und für jeden Teil an beiden Enden Schützen oder Dammbalkenverschlüsse vorsieht. In den Sommermonaten genügt dann die eine Dükerhälfte zur Abführung des Baches und die andere kann abgesperrt und trockengelegt werden.

Die bereits bei den Umläufen in § 7 besprochene F. 16, T. V zeigt in dem Oberhaupt einer Schleuse des Marne-Saône-Kanals ebenfalls eine Bachunterführung, welche

<sup>154)</sup> Wegen der Einzelheiten der beweglichen Brücken vergl. Kap. XI des II. Bandes (2. Aufl.).

<sup>155)</sup> Die Schleusen der Schifffahrtskanäle im mittleren Emsgebiet. Centralbl. d. Bauverw. 1882, Mai.

zugleich dazu dient, um die obere Kanalhaltung in den Bach zu entleeren, indem durch ein in der Vorschleuse angebrachtes Schütz das Oberwasser mit der Unterführung in Verbindung gesetzt werden kann, vergl. auch Kap. XV, § 18.

Schleusenwärterwohnungen. Was endlich die Wohnungen der Schleusenwärter anlangt, so sind dieselben nach der Zahl der Wärter und nach den örtlichen Verhältnissen einzurichten. In der Regel müssen es Familienwohnungen sein, weil die Schleusen zu weit von den übrigen Wohnungen entfernt liegen, und weil der Wärter nicht an bestimmte Stunden gebunden ist, sondern fortwährend in der Nähe der Schleuse bleiben muß. Bei kleineren Kanälen, namentlich in Holland, sind die Wohnungen mitunter zu einem Wirtshausbetrieb eingerichtet, wobei der Gehalt des Wärters entsprechend verkürzt wird.

Für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals ist eine Gruppe von Beamten-Doppelwohnhäusern errichtet, wie auf dem Lageplan der Brunsbütteler Schleusen T. XII, F. 7 ersichtlich ist.

Von sonstigen neben den Schleusen zu errichtenden Hochbauten wird im XV. Kapitel die Rede sein.

**§ 27. Betrieb und Unterhaltung.** Bei dem Betriebe der Schleusen ist vor allen Dingen im Auge zu behalten, daß dieselben möglichst uneingeschränkt dem Verkehre zu dienen haben, und daß fast jede Beschränkung zum Nachteile von Handel und Industrie gereicht. Es ist also dahin zu streben, jedes Schiff so rasch wie möglich hindurchzulassen und zwar nicht allein am Tage, sondern auch bei Nacht. Da ferner der 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 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 dieselbe zum kleinsten Teile dem Ingenieur zur Lösung vor. Es ist jedoch dessen Sache, genau die Kosten des Betriebes der baulichen Anlagen zu ermitteln und sowohl für möglichste Kleinheit derselben, als aber auch für möglichste Leichtigkeit des Verkehres zu sorgen.

Die bedeutendsten Kosten für den Betrieb der Schleusen verursacht die Wartung. Wo der Betrieb ein schwacher, da müssen auch die Kosten für Wartung so weit wie möglich gedrückt werden. So kommt es namentlich in den Moorkanälen Hollands und Ostfrieslands, nicht minder in England vor, daß die Schiffer die Schleuse selbst bedienen müssen. Bei wertvolleren Schleusen pflegt jedoch mindestens ein Wärter angestellt zu sein. Erst wenn der Verkehr eine größere Ausdehnung annimmt, sodafs es für die Schiffe wirklich von Bedeutung ist, rasch durchgeschleust zu werden, wird dem Wärter noch ein Gehilfe beigegeben. Denn es ist bei Kanalschleusen augenscheinlich, daß die Arbeiten zum Öffnen und Schließen der Thore und die Bedienung der Schützen von zwei Mann in weniger als der Hälfte Zeit geschehen kann, welche ein Mann hierzu nötig hat, weil erstere gleichzeitig auf beiden Ufern arbeiten können, letzterer aber genötigt ist, nach der Leistung auf dem einen Ufer erst auf einem Umwege (über die Laufbrücken) nach dem anderen Ufer zu gehen und dann die gleiche Leistung dort zu verrichten.

Sobald nun der Verkehr derartig ist, daß auch bei Nacht geschleust werden muß, so wird bei starker Anstrengung der Wärter ein doppeltes Personal zu halten sein. Bei Kanalschleusen ist jedoch in der Regel der Verkehr nur auf die Tagesstunden beschränkt, obwohl bei geeigneten Vorkehrungen auch recht gut ein Nachtbetrieb eingeführt werden könnte. Bei Seeschleusen dagegen pflegt fast stets auch bei Nacht geschleust zu werden, weil die Schifffahrt von der täglich sich ändernden Zeit der Ebbe und Flut abhängig ist und nicht zeitweilig nur auf eine Tagestide beschränkt werden darf. Es hängt jedoch von vielen verschiedenen Umständen ab, wie stark das Personal bei jeder einzelnen Schleuse sein muß, da die Arbeiten in dem einen Falle für kurze Zeit sehr dringend sind und eine große Zahl Arbeiter nebeneinander verlangen, im anderen Falle sich gleichmäßiger auf den ganzen Tag verteilen. Es sei hierüber als Beispiel angeführt, daß die 4 Schleusen in Bremerhaven im Jahre 1894 außer einem oberen Schleusenmeister 15 Wärter erforderten, davon 3 für die Schleuse des alten Hafens, 6 für die des neuen Hafens, 4 für die des Kaiserhafens und 2 für die Verbindungsschleuse zwischen den beiden letztgenannten Häfen. Es sind dabei diese Wärter zweimal des Tages etwa 2 Stunden um die Zeit des Hochwassers angestrengt thätig, wogegen sie in der übrigen Zeit nur geringere Leistungen zu beschaffen haben.

Für die Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals zu Brunsbüttel ist als Schleusen- und Maschinenpersonal das folgende vorgesehen: 1 Hafenmeister, 2 Hafenaufseher, 2 Schleusenmeister, 8 Schleusenwärter, 1 Obermaschinist, 6 Maschinisten, 6 Heizer.

Bei allen Durchschleusungen ist es Regel, daß das Schleusenpersonal nur die beweglichen Teile der Schleuse bedient und außerdem etwa die zur Fortbewegung eines großen Schiffes nötigen Taue der Schiffsmannschaft zuwirft oder von dieser empfängt und an den am Ufer befindlichen Winden oder Landpfosten befestigt. Das Drehen der Winden zum Bewegen der Schiffe liegt dagegen dem Schiffsvolk ob, vergl. § 14 u. 22. Die Schleusenwärter müssen dabei die Bewegung des Schiffes sorgfältig beobachten, keine zu große Geschwindigkeit gestatten und etwaige Berührung des Schiffes mit den Seitenwänden der Schleuse durch sogenannte Fender unschädlich zu machen suchen. Diese Fender hängen bei kleinen Schleusen oft an bestimmten Punkten, z. B. in den Dammfalten und bestehen dann nur aus einem cylindrisch runden Holze. Bei großen Schleusen, wo die Berührung fast an jedem Punkte möglich, müssen jedoch die Fender je nach Bedürfnis vorgehalten werden und bestehen dann meist aus leichten, aber festen und elastischen Ballen von mit Segeltuch und Stricken zusammengeschnürten Korkstücken.

Bei allen Seeschleusen muß ferner der Schleusenmeister bestimmen, ob die rechte Zeit für die Durchschleusung eines Schiffes schon gekommen, ob namentlich der nötige Wasserstand hierfür vorhanden ist. Er muß dazu den letzteren mit dem Tiefgang des Schiffes vergleichen. Bei Dockschleusen muß dann mindestens ein Spielraum von 15 cm, besser von 25 cm vorhanden und das Wasser 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 Thore, besonders ihre Beweglichkeit, große Aufmerksamkeit, weil andernfalls bedenkliche Zerstörungen eintreten können. Sodann empfiehlt es sich, Holzthore jährlich nach trockenem Wetter mit gutem Holzteer soweit hinunter als möglich zu teeren, das Eisenzeug aber mit Steinkohlenteer zu überstreichen. Eiserne Schleusenthore, namentlich doppelwandige, werden im Innern wie von außen ebenfalls am besten mit Steinkohlenteer gestrichen, weil dieser selbst bei einer geringen Feuchtigkeit haftet, während Ölfarbe leicht sich löst, vergl. § 19, S. 207. Um im Innern das Thor zu erwärmen, werden am besten erhitzte Ziegelsteine hineingebracht. Für die außerordentlichen Unterhaltungsarbeiten, wie z. B. Aushängen der Thore u. s. w., lassen sich allgemeine Regeln nicht aufstellen. Man vergleiche in Betreff derselben die Mitteilungen über Arbeiten an den Schleusen zu Calais, Breslau, Dieppe, sowie an der Kammersehleuse „Willem III“ im nordholländischen Kanal, welche nachstehend unter „Litteratur“ näher bezeichnet sind.

## Litteratur.

### Allgemeines.

- Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst.  
 Storm-Buysing. Waterbouwkunde. 1864.  
 Lagrené. Cours de navigation intérieure. Paris 1873.  
 Malézieux. Travaux publics des États-Unis d'Amérique. Paris 1873.  
 Schleusen des Illinois-Flusses. Engng. 1872, Juni.  
 Reparatur der Bassin-Schleuse bei Calais. Ann. des ponts et chaussées 1872, S. 238.  
 Schleusenthore im Flutgebiete. Compte rendu des travaux des ing. civ. 1873, S. 319.  
 Die Konstruktion der Schleusenthore. Engineer 1873, Febr., März u. Juli, S. 93 u. a.  
 Schiffahrtsschleusen der Sone-Kanäle von Stoney (auf Brunnen fundiert). Engng. 1873, Okt.  
 Dichtung der Sandschleuse zu Breslau durch Cementmörtel. Zeitschr. f. Bauw. 1873, Heft VI.  
 Über Schleusenthore. Nouv. ann. de la constr. 1874, S. 137; 1875, S. 24.  
 Schleusenthore aus Blech und Holz für den Kanal St. Martin. Nouv. ann. de la constr. 1875, Febr.  
 Mohr. Beschläge, Gegengewichte und Drehschützen an den Thoren der Pinnower Schleuse. Zeitschr. f. Bauw. 1878, S. 370.  
 Über Schleusenthore. Engng. 1879, Juni, S. 486. — Engineer 1879, Juni, S. 428.  
 Afdammen en weder befestigen der loosgeraakte taatsen van de deuren der schutsluis Willem III, an hen 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.  
 Decœur. 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. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 13, 163 u. 172.
- Schleuse des Marne-Saône-Kanals. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 131.
- Normalschleuse für den Kanal von der Schelde zur Maas. Ann. des ponts et chaussées 1883, S. 5—22.
- Wolfram. Der Schleusen- und Wehrbau oberhalb Kalkhofen an der Lahn. Zeitschr. f. Bauw. 1883, S. 389.
- Flamant. Doppelschleuse mit 4 m Gefälle für den französischen Nord-Kanal. Nouv. ann. de la constr. 1883, S. 99.
- 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. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 164.
- Die große Schleuse bei Belleek. Engineer 1884, Okt. S. 288.
- Havestadt u. Contag. Kammerschleuse mit drei Haltungen oberhalb der Spree bei Fürstenwalde. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 493.
- Das Wehr und die Schleusen bei Suresnes. Genie civil 1885, Bd. VI, S. 220.
- Die Schleusengrößen der neuen Kanalentwürfe in Preußen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 180.
- Die Eichhorster Schleusenanlage an der oberen Netze. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 392.
- Die Schleusen des Kanals von St. Dizier nach Wassy. Genie civil 1885, April, S. 405.
- Die Verlängerung der Schleusen des Kanals von Burgund. Ann. des ponts et chaussées 1885, März, S. 450. — Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 272.
- Die neue Sperrschleuse des Duisburger Hafens. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 538.
- Instandsetzung der Mallegat-Schleuse zu Gouda im Jahre 1884. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1886/87, I. Lief. 2. Teil, S. 8.
- Die Schleuse im Kanale zu Terneuzen für den Hafen von Gent. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1886/87, Juni, S. 414. — Civilingenieur 1888, S. 623.
- Warnow-Schleuse bei Rostock. Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 317.
- Ausbesserung des unteren Teiles einer Schleuse ohne Betriebsstörung. Nouv. ann. de la constr. 1886, Juli, S. 101. — Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 364.
- Die neue Schleuse zu Ymuiden. De ingenieur 1887, S. 198.
- Die neuen Schleusen des Kanals St. Denis. Ann. des ponts et chaussées 1886, Mai, S. 709. — Genie civil 1889, Bd. XV, S. 133.
- Die Schleusen und das Wehr bei Suresnes an der Seine. Ann. des ponts et chaussées 1889, Juli, S. 49—128.
- Die Nordschleuse zu Dünkirchen. Ann. industr. 1889, Sept. S. 321.
- Neue Schleusen an der belgischen Maas. Deutsche Bauz. 1891, S. 247.
- Die großen Schleusen am Flusse St. Marie zwischen dem Oberen See und Huron-See. Ann. des ponts et chaussées 1891, Nov. S. 564.

*Über die Litteratur der Schleusen mit eisernen Stemmthoren vergl. auch Fortschritte der Ingenieurwissenschaften, zweite Gruppe, 3. Heft, S. 134.*

### Vorrichtungen zum Bewegen der Thore.

- Hydraulischer Apparat zum Bewegen von Schleusenthoren. Colyer. Hydraulic machinery, Pl. 15.
- Wasserdruckvorrichtungen zur Bewegung der Thore und Schützen für die Doppelschleuse des Nord-Kanals in Frankreich. Portefeuille économique des mach. 1883, Juli, S. 102.
- Ship canal locks calculated for the operation of steam. Transactions of the amer. soc. of civ. eng. 1880, Aug. S. 293.
- Notizen über das Bassin Bellot im Hafen von Havre; Wasserdruckvorrichtung zum Bewegen der Thore. Ann. industr. 1889, Juli, S. 50—57, 124—128, 155—159 u. 180—189.
- Keck. Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen der Schleusenthore. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 102.

### Schützen.

- Verbesserte Schützen für Kanalschleusen. Scientific american 1870, Sept. S. 194.
- Mohr. Schieberschützen mit Hebelaufzug in Schleusen-Oberthoren. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 178.
- Jalousieschützen an den Schleusenthoren zu Hansweerd. Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1886/87, I. Lief. 2. Teil, S. 22.
- Rollvorhangschützen. Engineering news 1886, Dez. S. 386.
- Drehschützen. Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 10.

**Schiefe Ebenen und Schiffseisenbahnen.**

- 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. Genie civil 1891, Nov. S. 17.
- Schiffseisenbahnen anstatt der Kanäle. Ann. industr. 1891, März, S. 323.

**Schiffshebwerke.**

- 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 Schiffshebwerk bei La Louvière im Kanal du Centre. Engng. 1888, Febr. S. 201.
- Gruson (Lille). Hubschleuse bei Fontinettes. Ann. des ponts et chaussées 1888, April, S. 694.
- Wasserdruck-Schiffshebwerke und ihre Anwendbarkeit für deutsche Schifffahrtskanäle. Veröffentl. d. Centralver. für Hebung der deutschen Fluß- u. Kanalschifffahrt 1888, Lief. 4.
- Die Gruson'sche Hubschleuse. Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 512.
- Petri. Über Schiffshebwerke (Vortrag). Deutsche Bauz. 1888, S. 538.
- Die Schiffshebwerke 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. Genie civil 1889. — Ann. des travaux publics 1889, S. 2294.
- Petri. Leipzigs Kanalfrage und die Anwendung von Schiffshebwerken. Deutsche Bauz. 1889, S. 369.
- A. Ernst. Schiffshebwerke 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. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 445.

## XV. Kapitel.

# Schiffahrtskanäle.

Bearbeitet von

**Ed. Sonne,**

und

**R. Rudloff,**

Geh. Baurat, Professor an der techn. Hochschule in Darmstadt.

Hafenbau-Inspektor in Bremerhaven.

(Hierzu Tafel XV bis XVII und 69 Textfiguren.)

**§ 1. Arten.** Nachdem über die Entstehung und die allgemeine Gestaltung der Schiffahrtskanäle an anderer Stelle das Erforderliche gesagt ist, kann hier sofort von den verschiedenen Arten die Rede sein. Man kann bei Einteilung der Kanäle das Augenmerk entweder auf ihren Zweck und ihre Verwendung oder aber auf die Höhenverhältnisse des Geländes und die hiervon abhängigen Höhenlagen der Kanalspiegel richten.

Nach Zweck und Verwendung unterscheidet man folgende drei Arten:

1. Seeschiffahrtskanäle. Die Anforderungen, welche an diese zu stellen sind, ergeben sich aus der Größe und Form der Seeschiffe, sowie aus den Eigentümlichkeiten der Seeschifffahrt.

2. Kanäle, welche ausschließlich der Binnenschifffahrt und der Flößerei dienen. Diese Art der Kanäle ist die am weitesten verbreitete.

Jeder Schiffahrtskanal ist flossbar, es findet sich indessen nicht überall Gelegenheit zum Flößen. Auf manchen Kanälen aber wird die Flößerei in ausgedehnter Weise betrieben, so z. B. auf dem Bromberger Kanale, einem Verbindungsgliede zwischen Weichsel und Oder.

3. Kanäle, welche neben der Schifffahrt auch sonstige Zwecke haben.<sup>1)</sup> Hierbei kommt namentlich die Verwendung der Schiffahrtskanäle zur Entwässerung und Bewässerung der Ländereien in Betracht. Von derartig benutzten Kanälen findet ein allmählicher Übergang zu den schiffbaren Entwässerungs- und Bewässerungskanälen statt.

<sup>1)</sup> Litteratur. Dünkelberg. Die Schiffahrtskanäle in ihrer Bedeutung für die Landesmelioration (Bonn 1877). — Hefs. Die Bedeutung des Rostock-Berliner Schiffahrtskanals für die landwirtschaftlichen Interessen der Provinz Brandenburg (Rostock 1877). — Der Franzens-Kanal. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 418 und Verh. van het kon. inst. van ing. 1849. — Vuigner. Rivière et canal de l'Ourcq (Paris 1864). — III. internationaler Binnenschifffahrts-Kongress zu Frankfurt a. M. 1888. Vorberichte von Hagen, Thiel, de Mas und Léon Philippe über den Nutzen der Schiffbarmachung der Flüsse und der Anlage von Schiffahrtskanälen für die Landwirtschaft. Ferner: Verhandlungen der allgemeinen und Abteilungs-Sitzungen (Frankfurt a. M. 1889), S. 231 u. 311.

Über Moorkanäle insbesondere: Bericht über die Voruntersuchung zum Hunte-Ems-Kanal (Oldenburg 1847). — Franzius. Die wasserbaulichen Anlagen der Stadt Papenburg. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 259. — Verhandl. des Centralver. f. Hebung deutscher Schifffahrt 1877, S. 11.

Die Entwässerungen werden in Gegenden, woselbst Wasser in Überflufs vorhanden ist, durch Schiffahrtskanäle kräftig gefördert. Der Nutzen, den solche Kanäle der Landwirtschaft dort stiften, ist mitunter ebenso grofs, wie der Nutzen für den Verkehr. In den Mitteilungen über die in Norddeutschland ausgeführten und daselbst geplanten Kanäle findet man Einzelheiten.<sup>3)</sup>

Insbesondere sind hier die Moorkanäle (Veenkanäle) zu nennen, welche wie ihr Name besagt, in Torfmooren angelegt werden. Man sticht den Torf auf einer breiten Fläche, in deren Mitte der Kanal nach und nach vorgetrieben wird, verschifft ihn nach den Verbrauchsorten und macht die neben dem Kanale liegenden Streifen urbar. Namentlich in Holland, aber auch in Ostfriesland, Oldenburg und dem Bremischen werden auf diese Weise ausgedehnte Landstriche der Kultur gewonnen, welche sonst fast wertlos sein würden. Lageplan, Längenprofil und Querprofil von Moorkanälen findet man in den Figuren 4, 5, 9 und 10 auf Tafel XV. Einzelheiten werden im Kapitel „Meliorationen“ besprochen.

Die Verwendung der Schiffahrtskanäle für Bewässerungszwecke kommt in Deutschland selten in Betracht, auch stellen sich bei uns einer solchen aus naheliegenden Gründen erhebliche Schwierigkeiten entgegen.

Als Beispiel derartiger Anlagen sind zu nennen: Der bei Hanekenfähr oberhalb Lingen aus der Ems abzweigende Kanal, durch welchen ein Teil des Ochsenbruches bewässert wird, der Kanal neben der Breusch (in der Gegend von Strafsburg), dessen Wasser gleichfalls teilweise zur Wiesenbewässerung benutzt wird, der Franzens-Kanal zwischen Donau und Theifs, sowie der Kanal von Pavia nach Mailand. Schiffbare Bewässerungskanäle sind u. a. der Naviglio grande und der Campine-Kanal in Belgien. Die oben erwähnten Schwierigkeiten haben dahin geführt, dafs man bei dem gröfsten italienischen Bewässerungskanal der Neuzeit, dem Cavour-Kanal, auf Schiffbarkeit von vornherein verzichtete, und dafs der für Schiffahrt und Bewässerung angelegte Kanal von Bereguardo jetzt nur noch für letztere benutzt wird. Immerhin wird die Mehrzahl der italienischen Schiffahrtskanäle auch zur Bewässerung (oder zur Entwässerung) benutzt. —

Einzelne Kanäle werden gleichzeitig für Verkehrszwecke und für die Wasserversorgung bezw. die Speisung anderer Kanäle gebraucht. — Hier sind beispielsweise namhaft zu machen: Der flossbare Speisegraben zwischen der Saar und dem Rhein-Marne-Kanal, ferner der Kanal de l'Ourcq, welcher für die Wasserversorgung von Paris angelegt ist, daneben aber auch kleinere Schiffe trägt.

Über die Verwendung des Wassers des Rhein-Schie-Kanals für Zwecke der Entwässerung der Stadt Haag vergl. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 118.

In technischer Hinsicht haben die Kanäle, welche auch für Bewässerungen und ähnliches benutzt werden, die Eigentümlichkeit, dafs sie mit Gefälle angelegt werden müssen, während die Wasserspiegel der eigentlichen Schiffahrtskanäle nahezu horizontal sind.

Hinsichtlich der Höhenverhältnisse des Geländes und der hiervon abhängigen Höhenlage der Kanalspiegel hat man drei Arten von Kanälen zu unterscheiden: die Kanäle in den Niederungen, diejenigen, welche die Thalsohlen nicht verlassen, und diejenigen, welche Wasserscheiden überschreiten.

Die Kanäle in Niederungen, also vorzugsweise in den Küstenländern und in der Nähe der Strommündungen, bilden daselbst vielmaschige Netze, welche sich auch in die Städte und die Ortschaften hinein verzweigen. Die Figuren 9 und 10 auf Tafel XV

<sup>3)</sup> Durch den Weser-Elbe-Kanal wird beispielsweise der auf der Wasserscheide liegende 90 000 Morgen grofse Drömling entwässert werden können. Auch aus dem Bau des Dortmund-Ems-Kanals wird die Landwirtschaft voraussichtlich einen grofsen Nutzen gewinnen, indem im Emsgebiet die Möglichkeit gröfserer Entwässerungsanlagen von Hochmooren geboten wird. Ferner wird es möglich sein, durch die Strecke Oldersum-Emden die Entwässerungsverhältnisse der betreffenden Gegend wesentlich zu verbessern. — Man vergleiche aber auch das, was Nördling in: Die Selbstkosten des Eisenbahntransports und die Wasserstrafsenfrage (Wien 1885) auf S. 121 u. ff. über die Nebendienste der Schiffahrtskanäle sagt.

führen die Gestaltung solcher Kanäle vor. Noch ausgebildeter treten dieselben in Venedig und in holländischen Städten auf. Die einzelnen Zweige nennt man in Holland Grachten, in Hamburg haben sie den Namen Fleete. Eine Eigentümlichkeit der Kanäle in Niederungen ist, daß sie entweder aus einer einzigen Haltung mit horizontalem Wasserspiegel bestehen oder, daß infolge der muschelförmigen Aushöhlung mancher Niederungen die Strecken, welche den Strommündungen zunächst liegen, mitunter einen höheren Wasserstand haben, als die in größerer Entfernung liegenden. Ferner haben die fraglichen Kanäle keinen ziemlich gleichbleibenden Wasserspiegel, sondern der Entwässerungsverhältnisse wegen genau vorgeschriebene Hoch- und Niederwasserstände, vergl. T. XV, F. 8<sup>b</sup>.

Die Kanäle, welche in Thalsohlen liegen, führen den Namen Seitenkanäle. — Die Seitenkanäle werden nicht selten in der Weise hergestellt, daß sie einen schiffbaren Fluß an einer Stelle verlassen und an einer anderen Stelle wieder in denselben einmünden. Sie bilden alsdann einen Teil der bei Kanalisierung der Flüsse vorkommenden Ausführungen, vergl. das betreffende Kapitel, woselbst diese Seitenkanäle eingehender besprochen werden. Kurze Seitenkanäle mit nur einer Schleuse, welche den Zweck haben, ein Schiffahrtshindernis, z. B. ein Wehr zu überwinden, nennt man wohl Umgehungskanäle.

In anderen Fällen gehen die Seitenkanäle von einer geeigneten Stelle eines schiffbaren Flusses aus, verfolgen das Thal über die Grenzen der Schiffbarkeit des Flusses hinaus und schließens sich einem Scheitelkanale (s. unten) an. — Das Längenprofil der Seitenkanäle ist stets treppenförmig mit einseitigem Gefälle. An ihren unteren Mündungen liegt das Niederwasser des Flusses tiefer, das Hochwasser aber höher, als der Wasserspiegel der benachbarten Kanalstrecke.

Die Kanäle, welche eine Wasserscheide überschreiten, werden Scheitelkanäle, auch wohl Verbindungskanäle genannt. Sie verfolgen so weit möglich die Thäler der von schiffbaren Flüssen abzweigenden Wasserläufe und ersteigen mittels Schleusen die Hochebenen, auf denen sich dann die Scheitelstrecken des Kanals befinden. Das Längenprofil zeigt somit die letzteren als horizontale Linien und an jeder Seite derselben eine Abtreppe. Im einzelnen gestaltet sich die Anlage verschieden, je nachdem der Kanal in ebener Gegend oder im Hügellande ausgeführt wird.

Im Hügellande fällt die Mehrzahl der Haltungen ziemlich kurz aus und die Schleusentreppen erhalten eine große Zahl von Schleusen. Da mit Vermehrung der Anzahl der Schleusen die Bau- und die Betriebskosten eines Kanals erheblich wachsen, so sind es namentlich die Kanäle des Hügellandes, deren Lebensfähigkeit seit Erfindung der Eisenbahnen ernstlich in Frage gestellt ist. Im Anschluß an die östliche Schleusentreppe des Rhein-Marne-Kanals befinden sich auf 9831 m Länge 24 Schleusen, der durchschnittliche Abstand beträgt somit 410 m, einzelne Schleusen liegen nur 100 bis 200 m voneinander entfernt. Die Schleusentreppe des Saar-Kohlen-Kanals zeigen die Figuren 1 und 2 der Tafel XV. — Unter den neueren Kanalentwürfen befinden sich nur wenige mit Überschreitung von hochliegenden Wasserscheiden, als Beispiel möge der Donau-Oder-Kanal genannt werden.

Scheitelkanäle in ebener Gegend haben eine geringere Anzahl von Schleusen und somit lange Haltungen, wie z. B. der durch F. 5, T. XV dargestellte Hunte-Ems-Kanal. Diese Kanäle sind ungleich lebensfähiger als die Kanäle des Hügellandes.

Die im Vorstehenden besprochenen Kanäle sind sämtlich auf künstliche Weise, im wesentlichen durch Ausgrabung entstanden, sie haben dementsprechend beschränkte

Breiten. In Küstenländern, namentlich auch in den Niederlanden, kommen außerdem noch Kanäle vor, bei deren Herstellung kleinere Flüsse durch mit Schleusen versehene Dämme von ihrem Hauptfluß oder von der See abgeschlossen (durchdeicht) werden. So ist beispielsweise die Amstel abgedammt und an der Abdammungsstelle ist die Stadt Amsterdam entstanden. Kanäle der genannten Art werden in Holland „Busenkanäle“ genannt; man kann sie auch zu den kanalisierten Flüssen in weiterem Sinne des Wortes rechnen.

Eine dritte Art der Einteilung der Schiffahrtskanäle ergibt sich, wenn man bei ihnen nach Maßgabe ihrer größeren oder geringeren Leistungsfähigkeit und Wassertiefe drei Klassen unterscheidet. Als Mittelwert der Wassertiefe wird bei neueren Kanälen in Deutschland, ebenso auch in Frankreich bekanntlich 2 m angenommen, sodafs man die betreffenden Kanäle als solche zweiter Klasse zu bezeichnen hat. Örtliche Verhältnisse können eine Vergrößerung dieser Tiefe und somit die Herstellung von Kanälen erster Klasse veranlassen, ein Fall, welcher in Deutschland namentlich im Gebiete des Niederrheins nahe liegt. Mitunter gestatten die Umstände aber eine Verringerung des angegebenen Maßes und somit die Anlage von Kanälen dritter Klasse. Hierzu sind namentlich die Kanäle zu rechnen, welche nur dem örtlichen Verkehr dienen, sodann in der Regel diejenigen, deren Schwerpunkt in der Förderung landwirtschaftlicher Zwecke liegt, endlich die Mehrzahl der Nebenkanäle (Zweigkanäle).

Zur Anlage von Zweigkanälen geben u. a. Fabriken, welche sich in der Nähe von Kanalhäfen befinden, Veranlassung; auch Schiffswerften, welche bei jedem Kanal von Bedeutung zu entstehen pflegen, erfordern die Anlage eines kleinen Zweigkanals. Im Anschluß an die Moorkanäle findet man Zweigkanäle stets in großer Anzahl, dieselben heißen alsdann „Wieken“ oder „Inwieken“. Bei ihrer Anlage ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Anzahl der über die Wieken zu erbauenden Brücken nicht zu groß, und andererseits darauf, daß der Landverkehr zwischen den einzelnen Häusern der Moorkolonie nicht zu sehr erschwert wird. Unter den verschiedenen Ausführungen entspricht die in F. 10, T. XV dargestellte diesen Anforderungen am besten.

### A. Seekanäle.<sup>3)</sup>

Von Rudolf Rudloff.

§ 2. Arten und allgemeine Anordnung. Seekanäle werden entweder als Verbindungskanäle zur Kürzung oder Umgehung längerer oder gefährlicher Seewege, oder aber als Sackkanäle zur künstlichen Verbindung von Binnenplätzen mit der See angelegt. Als Sackkanäle erfüllen sie in Bezug auf die Schifffahrt den gleichen Zweck wie schiffbare Strommündungen.

In flachen Uferländern, wie Holland, Ostfriesland u. s. w. giebt es für kleinere Seeschiffe eine große Zahl von Seekanälen, welche einen allmählichen Übergang zu den Seekanälen für größere und größte Seeschiffe bilden.

Die Zahl der großen Seekanäle ist bislang eine beschränkte, und ihre Erbauung fällt in die neueste Zeit, als wegen Einführung der Dampfkraft in die Schifffahrt und infolge des Wettbewerbs der Mittelpunkte des Welthandels, ganz besonders aber wegen des Bedürfnisses, die Seewege möglichst tief ins Binnenland zu führen, beständig die Verbesserung alter und die Schaffung neuer Verkehrswege selbst für die größten Fahrzeuge angestrebt und durch den gewaltigen Aufschwung der Technik auch ermöglicht wurde.

<sup>3)</sup> Litteratur am Schlufs des Kapitels.

Da die Erbauung eines Kanals die Bethätigung so ziemlich aller Zweige des Ingenieurwesens erheischt, so wird hier von einem Eingehen auf die bei den Seekanälen in Betracht kommenden Einzelheiten und Kunstbauten nicht die Rede sein können, zumal diese an anderen Stellen ihre Erledigung finden. Beispielsweise sei hinsichtlich der Richtung, Gestaltung und des Schutzes der Einfahrten auf die Kapitel „Seehäfen“ und „Seezeichen“, hinsichtlich der Schleusen auf das XIV. Kapitel, hinsichtlich der Uferdeckungen auf den Flußbau, auch auf § 13 dieses Kapitels verwiesen. Der Zweck des vorliegenden Abschnittes ist vielmehr, ein Bild der allgemeinen technischen Anordnung und der Gröfsenverhältnisse der Seekanäle zu geben und dies an den wichtigsten bisher ausgeführten, als auch an den in Ausführung begriffenen Kanälen unter Hinweis auf besondere charakteristische Eigentümlichkeiten zu erläutern.

Arten. Man kann in technischer Beziehung unterscheiden:

1. Seekanäle, welche wie die Mehrzahl der längeren Binnenschiffahrtskanäle in mehreren Haltungen treppenartig angelegt sind. Die Teilung in mehrere Haltungen geschieht hauptsächlich zur Verminderung der Erdarbeiten bei Überwindung höherer Gebirgszüge und ähnlicher Hindernisse. So gehören die älteren Seekanäle, wie beispielsweise der Languedoc-Kanal, der Caledonische Kanal, der Eider-Kanal u. s. w., zu oben genannter Klasse.<sup>4)</sup> Auch neuere Kanäle, namentlich der Manchester-Seekanal, mußten aus örtlichen Gründen mit mehreren Haltungen gebaut werden.

2. Seekanäle mit einer einzigen, von der See durch eine bzw. zwei Endschleusen getrennten Haltung. Zu dieser Art gehören unter anderen der Nord-Ostsee-Kanal, der Amsterdamer Seekanal und der Kanal von Saint Louis.<sup>5)</sup>

Größere Unterschiede im Meeresspiegel an den Mündungen des Kanals, und zwar ständig vorhandene oder regelmäfsig unter Einwirkung der Ebbe und Flut auftretende, oder unregelmäfsig durch den Einfluß starker Winde entstehende, haben zum Schutze der anliegenden Ländereien oder zwecks Vermeidung zu starker Strömungen im Kanal zur Abschleusung nach der See hin geführt. — Kanäle mit Abschleusung an einem oder beiden Enden bilden daher auch bei den neueren Kanälen in allen denjenigen Fällen die Regel, wo der Kanal in ein Meer mündet, welches einer stärkeren Ebbe und Flut unterworfen ist.

3. Seekanäle, welche mit der See in völlig freier Verbindung stehen, bei denen die unter 2. genannten Umstände, welche zur Abschleusung führten, in geringem Mafse oder gar nicht vorhanden sind. Hierzu gehört der Suez-Kanal, der Kanal von Korinth und der Panama-Kanal, so wie er zeitweilig geplant war. Die Kanäle dieser Klasse sind unter sonst gleichen Verhältnissen für die Schifffahrt am dienlichsten, da jeder Aufenthalt infolge Schleusung durch die Einfahrtsschleusen vermieden ist. Ihre Anlage ist aber nur in besonders günstigen Fällen möglich, und ist daher auch die Möglichkeit der Herstellung des Panama-Kanals ohne Endschleuse stark in Zweifel gezogen worden.

Querschnitte. Hinsichtlich des Querschnitts hat man bei den Seekanälen zwei Arten zu unterscheiden, nämlich die einschiffigen und die zweischiffigen Kanäle.

Der Querschnitt eines Seekanals hängt von der Gröfse und Geschwindigkeit der

<sup>4)</sup> Einzelheiten sind in der 2. Auflage dieses Werks, Kap. XIX, S. 226 angegeben. Eigenartig ist der daselbst besprochene Nordholländische Kanal, dessen Haltungen nicht etwa zur Überwindung einer Terrainsteigung, sondern umgekehrt zur Senkung des Kanalspiegels unter die Wasserstände außerhalb des Kanals dienen.

<sup>5)</sup> Über den Kanal von Saint Louis vergl. Kap. XIX der 2. Auflage, S. 231. Andere Seekanäle mit einer Haltung durchqueren die niederländischen Inseln Voorne, Walchern, Süd-Beveland u. a.

in demselben verkehrenden Schiffe, sowie von der Beschaffenheit der Bodenarten ab, in welchen derselbe gebaut wird.

In der Regel beträgt der Inhalt eines einschiffigen Kanalquerschnittes das Vier- bis Sechsfache vom größten eingetauchten Schiffsquerschnitt. Bei zweischiffigen Kanälen verlangt man, daß zwischen den Körpern zweier größten Schiffe ein Spielraum von mindestens 1,50—2,00 m vorhanden sein muß, ohne daß dieselben sich den Kanalböschungen um mehr als 0,50 m nähern, welches Maß auch als Mindestmaß für den Spielraum zwischen Kiel und Kanalsole gilt.

Die neueren großen Kanäle sind unter Berücksichtigung eines größten Tiefganges der in ihnen verkehrenden Schiffe von 8,00—8,50 m und einer größten zulässigen Geschwindigkeit von 5,00 Knoten i. d. Stunde, d. h. rund 2,60 m i. d. Sekunde angelegt worden, und man kann für einschiffige Kanäle eine Sohlenbreite von rund 22,00 m und für zweischiffige eine solche von rund 36,50 m als normal ansehen.

Bei der Bestimmung der Kanalböschungen wird aufser der Bodenart noch das Abdeckungsmaterial der Ufer, sowie insbesondere der Umstand zu berücksichtigen sein, ob in demselben starker Wellenschlag zu erwarten ist. Um Abrutschungen der oberen Teile der Böschungen zu verhindern, wird in der Regel in Nähe des Wasserspiegels eine Berme angelegt.

Bei der Durchquerung von Fels schränkt man das Profil auf das Notwendigste ein, indem man die Böschungen möglichst steil anlegt, und das an Breite Verlorene dem Querschnitt durch Tieferlegung der Sohle teilweise wieder zugiebt.

Ausweichstellen, wie sie bei den einschiffigen Kanälen notwendig werden, um ein Kreuzen und Überholen der Schiffe zu gestatten, werden zweckmäfsig symmetrisch zur Mittelaxe des Kanals und nicht einseitig angelegt, um zu verhindern, daß die aneinander vorbeifahrenden Schiffe infolge ungleichmäfsigen Ausweichens des Wassers gegeneinander schlagen.

Als Hauptabmessungen der Schleusen bei den größeren Kanälen kann als lichte Weite 25,00 m und als größte Nutzlänge 225,00 m gelten. In der Regel legt man, um Kanalsperrungen nach Möglichkeit zu verhindern, Doppelschleusen an.

Krümmungen. Was die Krümmungen der Kanallinien anbelangt, so ist zu bemerken, daß bei Kurven über 2500,00 m Radius eine Verbreiterung des Kanalbettes nicht nötig wird. Bei Radien von und unter 2500,00 m ist eine Verbreiterung erforderlich, welche man vom Scheitel nach den Tangentenpunkten hin auslaufen läßt; sie wurde beim Nord-Ostsee-Kanal nach der Formel  $b = 26 \frac{\text{Krümmungshalbmesser}}{100}$  bestimmt.

#### Hauptabmessungen neuerer Seekanäle.

	Länge km	Sohlenbreite		Tiefe		Wasserquerschnitt	
		in Erdarten	in Fels	in Erdarten	in Fels	in Erdarten	in Fels
		m	m	m	m	qm	qm
Suez-Kanal vor der Erweiterung . . . . .	160,00	22,00	—	8,0	—	311,0	—
„ nach „ „ . . . . .	160,00	34,84	—	8,5	—	447,64	—
Panama-Kanal . . . . .	74,00	22,00	24,00	8,5	9,0	306,0	234,00
Manchester-Seekanal . . . . .	571,3	36,6	36,6	7,92	7,92	384,0	300,00
Kanal von Korinth . . . . .	6,31	22,0	22,0	8,00	8,00	—	188,80
Nord-Ostsee-Kanal . . . . .	98,5	22,0	—	8,5 <small>bei niedrigstem Wasser</small>	—	384,0	—
Nicaragua-Kanal . . . . .	275,0	36,6	24,38	7,93	9,4	416,00	229,00
Ems-Jade-Kanal . . . . .	73,0	8,5	—	2,10	—	26,67	—

Die Abmessungen der neueren großen Seekanäle entsprechen im allgemeinen denjenigen des Suez-Kanals und sind mehr oder weniger von diesem übernommen, da er sich als erster der großen Kanäle in seiner Anlage als zweckmäßig und nach seiner Erweiterung den Anforderungen der größten Seeschifffahrt als vollständig genügend zeigte.

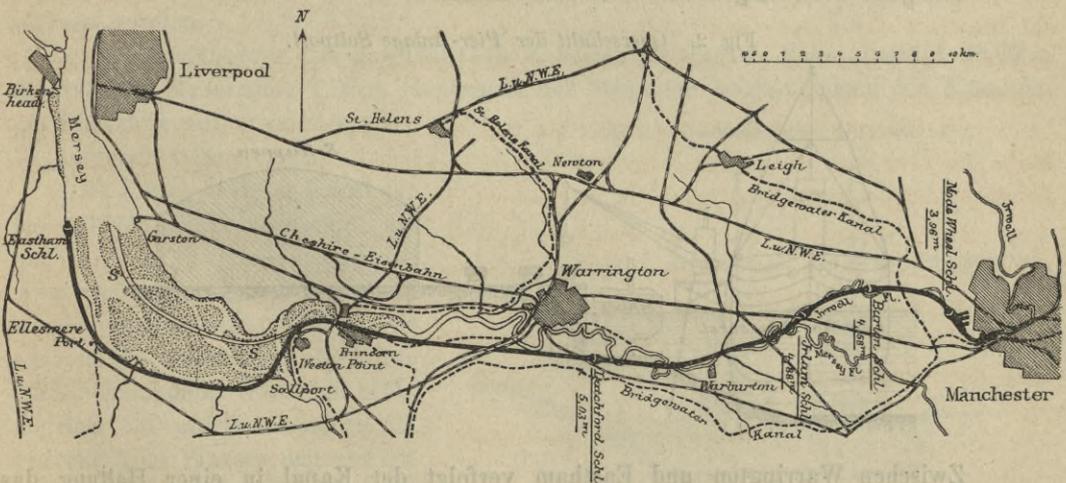
Vorstehende Tabelle giebt ein Bild von den Größenverhältnissen der neueren großen Seekanäle.

### § 3. Seekanäle mit mehreren Haltungen.

**Manchester-Seekanal.** Die früher unzureichende schiffbare Verbindung der sehr gewerbereichen Stadt Manchester mit der See, und besonders ihre Abhängigkeit von der Hafenstadt Liverpool hinsichtlich der Beförderung von Gütern, führten zu der im Jahre 1882 beschlossenen, im Jahre 1886 endgiltig genehmigten und im Jahre 1894 beendeten Erbauung des Manchester-Seekanals. Obgleich Manchester durch nicht weniger als fünf Eisenbahnen und zwei Binnenschifffahrtsstraßen mit dem nur 50 km entfernten Liverpool verbunden ist, so waren die Frachtsätze der Waren von und nach See doch so hohe, daß man, um konkurrenzfähig gegenüber günstiger gelegenen Fabrikstädten zu bleiben, gezwungen war, zu dem Bau eines für die größten Schiffe zugänglichen Seekanals zu schreiten. Manchester machte sich dadurch von der Abhängigkeit Liverpool frei, obschon letzteres sich mit allen zu Gebote stehenden Mitteln der Erbauung dieses Kanals widersetzte.

Fig. 1. Manchester-Seekanal.

Übersichtsplan.



Manchester liegt am Irwell, einem durch Wehre aufgestauten und für die kleine Schifffahrt eingerichteten Nebenflusse des Mersey, welcher sich unterhalb Liverpool in die einem starken Flut- und Ebbewechsel ausgesetzte See ergießt. Bis Warrington (Fig. 1) hat der Mersey wie der Irwell den Charakter eines oberländischen Flusses; von hier ab erweitert er sich trichterförmig, um sich noch einmal zwischen Liverpool und Birkenhead erheblich zu verengen.

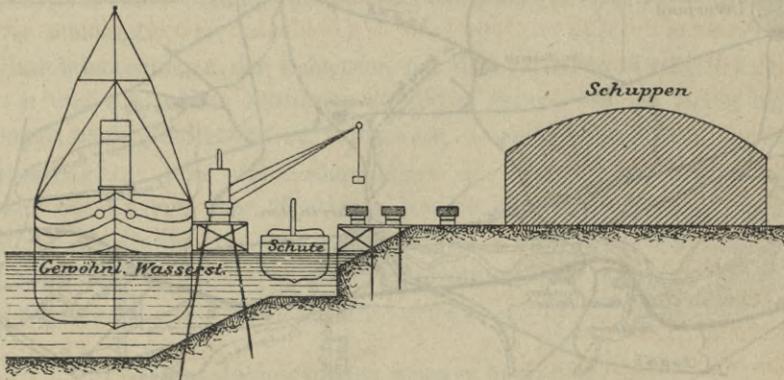
Der Flutwechsel beträgt hier bei gewöhnlichen tauben Tiden 4,00 m, bei Springtiden dagegen 8,00 m; er erstreckt sich bis zu dem oben erwähnten Warrington, welches dadurch für die Seeschifffahrt zugänglich wurde. Letztere bewegt sich bis Eastham

in dem stark gekrümmten und sich oft ändernden Niedrigwasserschlauche des Flusses und ist auf dieser Strecke noch von der Ebbe und Flut abhängig. Unterhalb Eastham befinden sich indessen infolge der Einschnürung des Flutbeckens bei Liverpool erhebliche Tiefen, welche den Verkehr mit den größten Schiffen zu jeder Zeit gestatten.

Ursprünglich bestand die Absicht, den eigentlichen Kanal nur bis Warrington zu bauen und von hier aus in dem Mersey-Becken einen mit Steindämmen eingefassten Tiefwasserschlauch *SS* (Fig. 1) herzustellen. Obschon die Steindämme und sonstigen Einfassungen nur bis zu Niedrigwasserhöhe reichen sollten, widersetzte sich Liverpool diesem Vorhaben; man sprach die Befürchtung aus, daß dadurch schädliche, das Fassungsvermögen des Flutbeckens stark beeinträchtigende Verlandungen entstehen könnten, welche nachteilig auf die Tiefenverhältnisse der Barre von Liverpool einwirken würden. Man mußte daher diesen Plan aufgeben und den Kanal bis Eastham, außerhalb des Mersey-Flutbeckens, anlegen.

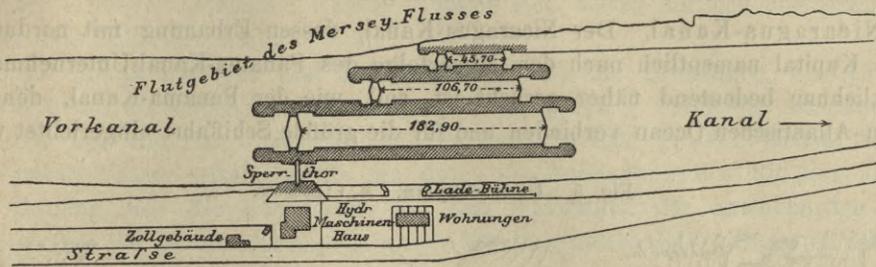
Da Manchester verhältnismäßig hoch gegenüber dem Meeresspiegel liegt und die Hafenanlagen im Innern der Stadt angelegt werden sollten, so konnte von der Herstellung eines Kanals mit einer Haltung nicht die Rede sein; man entschied sich vielmehr, von Warrington ab mittels vier Schleusenanlagen eine Kanalisierung und Geradlegung der unterhalb Manchester gelegenen Strecke des Irwell und Mersey vorzunehmen. Die Gefälle der Schleusen betragen, von Manchester her aufgeführt, 3,96 m, 4,58 m, 4,88 m und 5,03 m; es sind Doppelschleusen, von denen eine 19,81 m, die andere 13,71 m breit ist, während die Längen 182,90 bzw. 106,70 m betragen. Neben jeder der Doppelschleusen befinden sich Schleusenwehre, welche bei Hochwasserständen im Fluß das überschüssige Wasser ungehindert ablaufen lassen.

Fig. 2. Querschnitt der Pier-Anlage Saltport.



Zwischen Warrington und Eastham verfolgt der Kanal in einer Haltung das linke Ufer des Mersey-Flutbeckens, dem er sich häufig so weit nähert, daß er mittels Dammanlagen von ihm abgeschlossen werden muß. Die Dämme sind aus dem Material des Kanalaushubs hergestellt und bestehen größtenteils aus Thon und Bruchsteinen. Da wo sie auf weichen Untergrund aufgelagert sind, ist ihr Fuß durch Spundwände eingeschlossen. Unterhalb Runcorn kreuzt diese Kanalstrecke die Mündung des Weaver-Flusses; dieser wird durch Aufstauung mit dem Kanal in Verbindung gebracht; diese Vereinigungsstelle (Saltport) dient als Umladestelle für den Seegüter- und Binnenschiffahrtsverkehr, s. Fig. 2. Außerdem weist die untere Haltung drei Verbindungen mit bestehenden Hafenanlagen, den Häfen von Weston Point, Runcorn und Warrington auf; der Übergang aus dem Kanal nach denselben wird durch Schleusenanlagen vermittelt.

Fig. 3. Lageplan der Eastham-Schleusen.

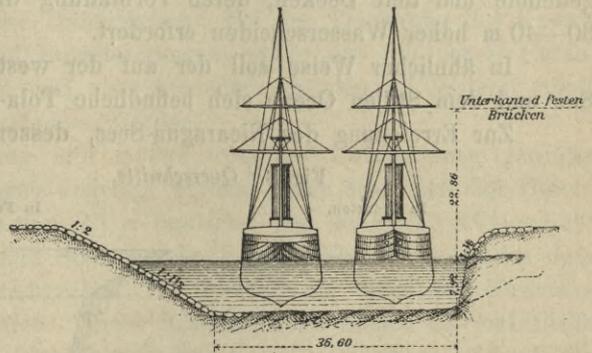


Die bei Eastham gelegenen drei Haupteingangsschleusen des Kanals (Fig. 3) sind 182 bzw. 105 bzw. 45 m lang und 24,38 bzw. 15,24 bzw. 9,14 m breit.

Der normale Wasserstand des Kanals liegt in der unteren Haltung auf 1,5 m unter Hochwasser gewöhnlicher Springtiden; steigt das Wasser im Mersey über denselben hinaus, so findet ein Einströmen des Wassers durch die geöffneten Schleusen, durch die neben den Schleusen angelegten Schützenwehre, sowie außerdem durch in den Abschlussdämmen angelegte Überfallwehre in die Kanalhaltung statt und füllt diese allmählich bis zur gleichen Höhe wie im Mersey. Bei eintretender Ebbe strömt das Wasser vermittels dieser Wehre und der bis zum Abfallen auf den normalen Wasserstand geöffneten Schleusen wieder in den Mersey ab. Während dieser Zeit hat die Schifffahrt ungehinderten Eintritt in den Kanal. Nach weiterem Fallen des Mersey werden die Thore der Schleusen geschlossen, und die Schiffe müssen dann wieder geschleust werden.

Die Sohlenbreite des gewöhnlichen Kanalprofils (Fig. 4, links) beträgt 33,60 m, die normale Wassertiefe 7,92 m. Innerhalb der Schleusen beträgt jedoch die Kanaltiefe mit Rücksicht auf etwaige spätere Vertiefungen 0,90 m mehr.

Fig. 4. Querschnitte. M. 1:1000.



Der Kanal, welcher selbst für die größten Schiffe zweischiffig ist und bei jeder Schleusenanlage eine Wendestelle besitzt, wurde teils in weicheren Erdarten, teils in Fels ausgeführt. Im ersteren Falle wurde die Böschung unter Wasser in  $1:1\frac{1}{2}$  angelegt und mit Bruchsteinen abgedeckt, über Wasser dagegen im Verhältnis  $1:2$  ausgeführt. In Felsstrecken beträgt die Dossierung  $6:1$ .

Die großen, mindestens 2000 m betragenden Halbmesser der Krümmungen des Kanals machten Erweiterungen unnötig.

Einen erheblichen Aufwand verursachte die Überführung der Eisenbahnen und Strafsen teils mittels hoher fester, teils mittels niedriger beweglicher Brücken. Besonders bemerkenswert ist die Überführung des Bridgewater-Kanals bei Barton durch eine Kanal-Drehbrücke. Die lichte Durchfahrtshöhe unter den Überführungen beträgt bei den beweglichen Brücken rund 4,90 m, bei den festen dagegen 22,86 m und bedingt bei großen Segelschiffen das Herablassen der Stengen.

Die Kosten des unter dem Ingenieur Leader Williams ausgeführten Unternehmens haben rund 300 Millionen Mark betragen.

Nicaragua-Kanal. Der Nicaragua-Kanal, dessen Erbauung mit nordamerikanischem Kapital namentlich nach dem Mißerfolge des Panama-Kanal-Unternehmens der Verwirklichung bedeutend näher gerückt ist, soll, wie der Panama-Kanal, den Stillen mit dem Atlantischen Ocean verbinden und für die größte Schifffahrt eingerichtet werden.

Fig. 5. Übersichtsplan. M. 1:2 000 000.



Die Verbindung beider Oeane soll, wie aus Fig. 5 ersichtlich, mit Benutzung des für die Schifffahrt sehr geeigneten Nicaragua-Sees erfolgen, wodurch die Kanalstrecke von vornherein um beinahe ein Drittel ihrer Länge verkürzt wird. Ferner ist der wasserreiche Abfluß dieses Sees, der Rio San Juan, der Kanalanlage günstig; derselbe soll durch eine etwa 18 m betragende Aufstauung vermittels eines Dammes bei Ochoa unter Beibehaltung eines kleinen Spiegelgefälles von 1,2 m dem Kanal nutzbar gemacht werden. Weiter nach Osten hin wählte man eine Linie, welche die Thäler der kleinen linksseitigen Nebenflüsse des Rio San Juan in ihren oberen Strecken quer durchschneidet. Die Thäler dieser Flüsse, des Machado, des San Francisco und des Descado, sollen nach unten hin durch starke Staudämme abgeschlossen werden. Es entstehen so ausgedehnte und tiefe Becken, deren Verbindung die Durchstechung schmalere, immerhin 30—40 m hoher Wasserscheiden erfordert.

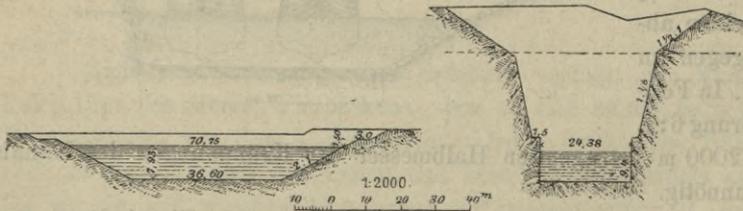
In ähnlicher Weise soll der auf der westlichen Seite zwischen dem Nicaragua-See und dem Stillen Ocean sich befindliche Tola-Fluß aufgestaut werden.

Zur Erreichung des Nicaragua-Sees, dessen Spiegel ungefähr 33,50 m über den

Fig. 6. Querschnitte.

In Erdarten.

In Fels.



mittleren Spiegeln beider Meere liegt, dienen auf jeder Seite drei Kammerschleusen. Die Mündungen des Kanals in beide Meere, und zwar bei Greytown in den Atlantischen, und bei Brito in den Stillen Ocean, sollen als Häfen

ausgebaut werden. Das Profil des Kanals ist bis auf einige in Fels eingehauene Strecken zweischiffig angenommen, s. Fig. 6.

Der Ausbau des Kanals einschließlic der Herstellung der beiderseitigen Endhäfen erfordert eine Bodenbewegung von rund 54 Millionen cbm, wovon 12 Millionen cbm Fels und 42 Millionen cbm Erde sind. Diese Massen sind im Vergleich mit der

großen Länge des Kanals und in Anbetracht des hügeligen Geländes als geringe zu bezeichnen. Die veranschlagten Kosten belaufen sich, soweit sie sich übersehen lassen, auf etwa 400 Millionen Mark.

Das Charakteristische des Kanalprojektes sind die gewaltigen, aus Erde und Felsstücken herzustellenden Sperrdämme, sowie die großen, durch die Aufstauung der Nebenflüsse des Rio San Juan entstehenden Seen, welche große Flächen trockenen Landes unter Wasser setzen. Sollte die durch die Aufstauung des Rio San Juan bedingte Stauung des Rio San Carlos auf den Widerstand der anwohnenden Grundbesitzer stoßen, so ist eine Verlegung seiner Mündung unterhalb des Dammes von Ochoa in den Rio San Juan vorgesehen.

Die Gesamtlänge des Kanals beträgt 275 km, wovon rund 250 km auf die Scheitelstrecke entfallen.

Von den sechs Schleusen, welche eine Nutzlänge von 198 m und eine Nutzbreite von 24,4 m erhalten sollen, haben fünf von Osten nach Westen gezählt, folgendes Gefälle: 9,5 m, 9,2 m, 13,7 m, 13 m, 13 m; die westlichste Schleuse hat je nach dem Wasserstande des großen Oceans Gefälle von 6,4 bis 8,9 m.

Die Schleusenthore sollen mit Rücksicht auf Erdbeben als Schiebethore ausgebildet werden.

Ems-Jade-Kanal (s. Tafel XVI, Figur 3<sup>a</sup>—3<sup>c</sup>). Der Zweck dieses in den Jahren 1880—1887 erbauten, gleichzeitig der Küsten- und der Binnenschifffahrt dienenden Kanals liegt hauptsächlich in der Erschließung der gewaltigen Moore des Regierungsbezirks Aurich gegen die Küsten hin. Dabei trägt der Kanal wesentlich zur Hebung der Schifffahrt und Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse der Stadt Emden bei und bietet dem Kriegshafen von Wilhelmshaven in mancher Beziehung erhebliche Vorteile.

Die Kanallinie (T. XVI, F. 3<sup>a</sup>) geht von der neuen Emdener Hafenanlage aus, ist unter teilweiser Benutzung eines älteren Treckfahrt-Kanals bis Aurich geführt, überschreitet hier die etwa 5 m über gewöhnlicher Flut liegende ostfriesische Geest und mündet bei Wilhelmshaven in das neue Hafenbecken. Bei der Tracierung des Kanals mußte auf zahlreiche Wasserläufe und Entwässerungen, sowie auf die neuen Hafenanlagen in Emden und Wilhelmshaven und ganz besonders auf den bei letzterer Stadt befindlichen Kriegshafen Rücksicht genommen werden.

Die Kanalstrecke ist 73 km lang und mußte trotz der Überwindung geringer Geländeschwierigkeiten in fünf Haltungen angelegt werden, deren Schleusen eine Durchfahrtsweite von 6,5 m und eine Tiefe von 2,1 m besitzen. Aus F. 3<sup>b</sup>, T. XVI ergibt sich das Längenprofil des Kanals. — Die Speisung der Scheitelhaltung erfolgt aus dem Moore und dessen „Meeren“ durch Stichgräben, die ihrerseits in einen zur Kanalaxe parallel laufenden Sammelgraben münden. Diese Sammelgräben dienen als eigentliche Recipienten und sind nur an einzelnen Stellen mit dem Kanal verbunden, wodurch die Anlage vieler kostspieliger und für die Schifffahrt unbequemer Brücken vermieden ist, welche sonst bei Einmündung eines jeden Stichgrabens erforderlich geworden wären. Die Scheitelstrecke ist höher als ursprünglich geplant angelegt worden, weil man befürchtete, das Moor zu rasch und zu tief zu entwässern, und außerdem tiefe Einschnitte in den wenig standfesten Boden scheute. Immerhin liegt diese Strecke noch im 8 bis 10 m tiefen Einschnitt, dessen Böschungen in 1:1½ ausgeführt sind. In den im tieferen Moorland gelegenen Strecken sind Leinpfad und Fahrweg, ersterer 3 m, letzterer 10 m breit, durch Auftrag gebildet, s. F. 3<sup>c</sup>. Der Kanalquerschnitt hat 8,50 m Sohlenbreite, 2,10 m Wassertiefe bei Niedrigwasser und mit 1:2 angelegte Böschungen.

Nur bei Wilhelmshaven, wo auf einen Küstenverkehr größerer Fahrzeuge gerechnet wurde, ist der Kanal auf 3 m vertieft und entsprechend verbreitert worden.

Die unter Wasser gelegenen Teile der Böschungen sind durch Ziegelschotter gesichert. Eine 0,10 m unter Niedrigwasser angelegte Berme von 1 m Breite soll den Wellenschlag brechen und ist zu diesem Zwecke mit Schilf und Binsen bepflanzt worden. Die an manchen Stellen durchlässigen Kanalböschungen, insbesondere die zum Schutze des tieferliegenden Geländes geschütteten Dämme, sind, um ein Durchsickern des Kanalwassers möglichst zu verhindern, mit einem 0,60 m starken Klaimantel bedeckt. Da die größten im Kanal verkehrenden Schiffe von 28 m Länge und 5,6 m Breite einander überall ausweichen können, so sind besondere Ausweichstellen nicht angelegt worden. Die gebräuchlichsten Torfschiffe von 14,80 m Länge können im Kanal sogar an jeder Stelle drehen, nur die größeren Fahrzeuge müssen zu diesem Behufe die Häfen aufsuchen, deren außer bei Emden und Wilhelmshaven noch zwei, je einer bei Aurich und Abbikhaven angelegt sind. Als besonders beachtenswerte Bauwerke sind die Kesselschleuse bei Emden (s. Kap. XIV, S. 59) und ein Aquadukt bei Mariensiel hervorzuheben. Letzterer, eine trogartig aushebbar Kanalbrücke, dient zur Überführung des Kanals über das Bett der Made, während diese selbst unter dem Kanal dükerartig hindurch geleitet wird. Treten jedoch besonders hohe Wasserstände oder Eisgänge in der Made auf, so kann man die Kanalbrücke wasserfrei machen und so hoch heben, daß das Made-Wasser ungehindert abfließen kann.

Die Gesamtkosten des Kanals einschließlic einer wesentlichen Verbesserung der Emdener Entwässerung belaufen sich auf 13967500 M.

Einen großen Aufschwung wird der Verkehr des Ems-Jade-Kanals voraussichtlich nach Fertigstellung des Kanals von Dortmund nach den Emshäfen nehmen, denn dieser wird es ermöglichen, die westfälischen Kohlen ohne Umladung auf dem billigen Wasserwege bis nach Wilhelmshaven zu transportieren.

#### § 4. Seekanäle mit einer Haltung.

Amsterdamer Seekanal. Die Stadt Amsterdam, welche an einer zipfelartigen Bucht der Zuider See, dem Y, erbaut ist, war durch diese direkte Verbindung mit dem Meere nur für Schiffe bis zu 4 m Tiefgang zugänglich. Die Notwendigkeit einer besseren Verbindung mit der See führte zu dem im Jahre 1825 fertiggestellten, 96 km langen Nordholländischen Kanal, welcher am Helder, der nördlichen Spitze der Provinz Nordholland, endigend Amsterdam mit der Nordsee verbindet. Es stellte sich jedoch bald heraus, daß auch dieser Kanal hinsichtlich seiner Querschnittsabmessungen und seiner nicht unerheblichen Länge, zumal bei dem starken Wettbewerb Rotterdams, den Anforderungen der Neuzeit nicht mehr gewachsen war. Zur besseren und kürzeren Verbindung Amsterdams mit der See wurde daher im Jahre 1863 der Bau des neuen Amsterdamer Seekanals beschlossen und im Jahre 1874 vollendet. Dieser Kanal, welcher die Einschnürung der nordholländischen Halbinsel quer durchschneidet, ist an beiden Enden durch Kammerschleusen abgeschlossen, also als Kanal mit einer einzigen Haltung gebaut. Mit der Anlage des Kanals war die Trockenlegung des von ihm durchschnittenen Y's und des Wyker-Meerres von zusammen 5700 ha verbunden, s. Fig. 7. Der Kanal, welcher nur durch 6,7 km festes Land zu führen war, wurde als Rezipient für die Entwässerungsgräben der an seinen beiden Seiten trockengelegten Flächen, nicht minder für die Entwässerung des aus dem Haarlemer Meer entstandenen Polders eingerichtet. Dieser Nebenzweck der Kanalanlage war bestimmend für den Normalwasser-

stand des Kanals, der auf  $-0,5$  m Amsterdamer Pegel festgesetzt wurde, während der gewöhnliche Hochwasserstand an der Mündung des Kanals in der Nordsee  $+0,9$  m und der Ebbewasserstand daselbst  $-0,5$  m beträgt. In der Zuider-See dagegen beträgt der gewöhnliche Hochwasserstand  $+0,12$ , der Niedrigwasserstand  $-0,24$  m Amsterdamer Pegel.

Trotz der geringen Höhenlage des Kanalwasserspiegels mußte der Kanal seitlich gegen die etwa um 4 m tiefer liegenden Polderflächen durch Dämme, bestehend aus Sand und Klai, abgeschlossen werden (Fig. 8). Das Wasser der neun Abzweigungen des Kanals, welche teils der Schifffahrt, teils der Abwässerung dienen, sowie das zur Entwässerung der Polder in den Kanal eingeführte Wasser wird an der Zuidersee-Schleuse mittels eines großen Schöpfwerkes abgeführt, vergl. Kap. XIII, Fig. 3, S. 6. Außerdem ist an der Nordsee-Schleuse ein verschließbares Gerinne zum Ablassen von Wasser bei niedriger Nordsee-Ebbe angeordnet.

Fig. 7. Übersichtsplan.



Fig. 8.

Profil im freien Wasser.

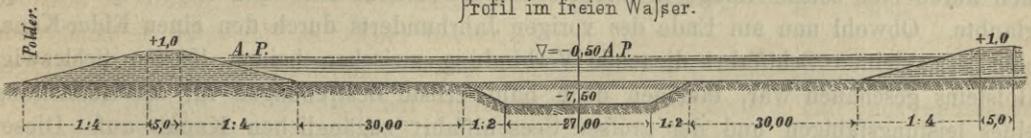
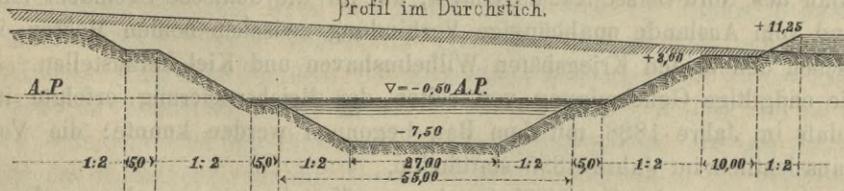


Fig. 9.

Profil im Durchstich.



Der Kanal sollte ursprünglich eine Sohlenbreite von 27 m und eine Wassertiefe von 7 m erhalten (Fig. 9), sodafs ihn bei normalem Wasserstande 6,5 m tief gehende Schiffe hätten befahren können. Noch vor der Eröffnung vergrößerte man, ohne sonst an dem Profil etwas zu ändern, die Tiefe auf 7,7 m und gestattete 7 m tief gehenden Schiffen die Durchfahrt durch den Kanal. Seit 1889 ist man damit beschäftigt, eine weitere Änderung des Kanalquerschnittes vorzunehmen. Man vertieft denselben auf 8,5 m und giebt ihm eine Sohlenbreite, welche auf  $\frac{3}{4}$  der Länge, d. h. in den normalen Kanalstrecken 25 m, auf den übrigen Strecken aber 32 m beträgt. Dementsprechend sollen 8 m tief gehende Schiffe in den Kanal eingelassen werden. Für das Kreuzen größter Schiffe sind Ausweichstellen vorgesehen.

Die ursprünglichen Schleusenanlagen für die Schifffahrt bestehen an der Nordsee-Mündung aus je zwei nebeneinander liegenden Kammerschleusen, von denen die größte

120 m Länge und eine lichte Breite von 18 m hat, vergl. T. VII, F. 1—3, während an der östlichen Mündung zwei große und eine kleine Kammerschleuse hergestellt sind. Im Zusammenhang mit der Vertiefung des Kanals ist aber an der Nordsee-Mündung der Bau einer neuen großen Kammerschleuse des Kanals in Ausführung begriffen; dieselbe erhält eine nutzbare Länge von 225 m und eine Breite von 25 m. Ihr Drempe liegt auf — 10 m, d. h. 9,5 m unter dem normalen Kanalwasserstand. Sie wird daher 9 m tief gehenden Schiffen die Einfahrt in den Kanal gestatten können, wenn dieser, was nicht ausgeschlossen ist, noch weiter vertieft werden sollte. Da die alten Nordsee-Schleusen eine ziemlich ungünstige Lage haben, und der hohe Seegang sich bis an dieselben heran erstreckt, so hat man für die neue Schleuse eine geschütztere Lage gewählt, indem man dieselbe in einen Seitenkanal legt, welcher  $2\frac{1}{2}$  km lang, unterhalb der alten Schleuse vom Hauptkanal abzweigt und oberhalb wieder einmündet.<sup>6)</sup>

Die Kosten der ursprünglichen Kanalanlage beliefen sich auf 60 Millionen Mark, von denen jedoch etwa 20 Millionen für den Erlös der durch die Trockenlegung gewonnenen Ländereien in Abzug zu bringen sind. Sonstige Einzelheiten u. a. in Wiebe und Kunze, Zeitschr. f. Bauwesen 1872 und 1881.

Nord-Ostsee-Kanal. Die Zweckmäßigkeit eines Schifffahrtskanals, welcher unter Umgehung des sehr gefährlichen und längeren Seeweges um Jütland die Nordsee und die Ostsee auf kürzestem Wege unter Durchquerung der cimbrischen Halbinsel verbindet, ist schon in frühester Zeit eingesehen, und der Gedanke, einen solchen Kanal herzustellen, ist von verschiedenen dänischen Königen eifrig verfolgt worden. Die Durchführung scheiterte hauptsächlich an dem Widerstande der dänischen Hauptstadt, welche sich durch eine solche Anlage in ihrem Schifffahrtsverkehr mit Recht stark beeinträchtigt glaubte. Obwohl nun am Ende des vorigen Jahrhunderts durch den einen Eider-Kanal eine der kleinen Schifffahrt dienende Verbindung zwischen beiden Küsten Schleswig-Holsteins geschaffen war, tauchten doch bald ernste Bestrebungen für die Herstellung eines leistungsfähigen und der großen Seeschifffahrt zugänglichen Kanals auf. Dieser längst gehegte Plan fand seine Verwirklichung, als die Regierung des deutschen Reiches für den Bau des Nord-Ostsee-Kanals eintrat, um für die deutsche Seemacht eine kurze, sichere und vom Auslande unabhängige Verbindung zwischen beiden Meeren, insbesondere zwischen den beiden Kriegshäfen Wilhelmshaven und Kiel herzustellen.

Die endgiltige Genehmigung von seiten der Reichsregierung erfolgte im Jahre 1886, sodafs im Jahre 1888 mit dem Bau begonnen werden konnte; die Vollendung wird voraussichtlich im Jahre 1895 stattfinden.

Als Ausgangspunkt der 98,65 km langen Kanalstrecke wurde an der Nordsee das an der unteren Elbmündung gelegene Brunsbüttel, und an der Ostsee der Kriegshafen von Kiel gewählt. Von einem Einmünden des Kanals in die Eckernförder Bucht wurde trotz der hierdurch bedingten Abkürzung und der Überwindung geringerer Geländeschwierigkeiten abgesehen, weil aus strategischen Gründen die Einmündung in die Kieler Bucht den Vorzug verdiente.

Von Kiel her schmiegt sich der Kanal dem tiefausgeschnittenen Thale, in welchem der Eider-Kanal angelegt war, bis in das Gebiet der oberen Eider an, deren Lauf er teilweise verfolgt. Bei Rendsburg tritt er in das niedrig gelegene Gebiet der unteren Eider ein, welches der Ebbe und Flut ausgesetzt ist, und wird gegen diesen Fluß durch hohe Dämme abgeschlossen. Dem Laufe des Flüsches Gieselau folgend, durchschneidet

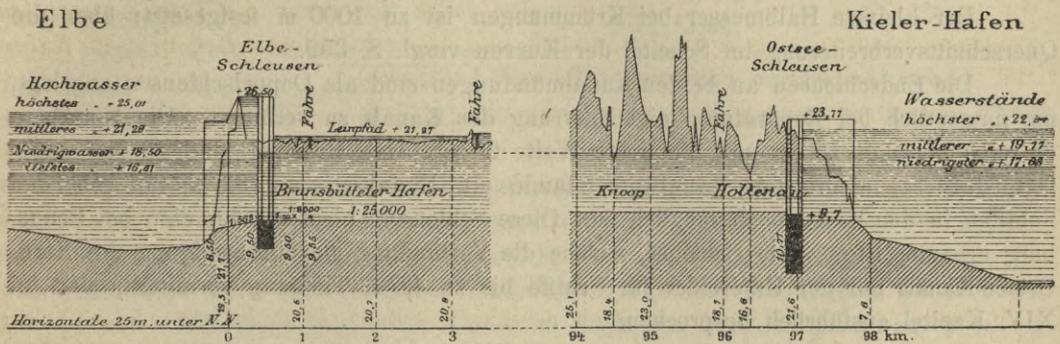
<sup>6)</sup> Näheres s. Fortschritte der Ingenieurwissenschaften, Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 22.

er bei Grünthal die von einem 23 m über dem Kanalspiegel liegenden hohen Geestrücken gebildete Wasserscheide. Von da ab durchsetzt er die Kudensee-Niederung, eine teilweise unter dem mittleren Elbwasserstande liegende Moorgegend, und mündet bei Brunsbüttel in die Elbe.

Der Kanal, welcher trotz nicht geringer Geländeschwierigkeiten eine einzige Haltung erhalten konnte, mußte, da an der Mündung in die Elbe ein erheblicher Flutwechsel stattfindet und in der Ostsee die Winde nicht unbedeutliche Schwankungen des Meeresspiegels erzeugen (Fig. 10)<sup>7)</sup>, an beiden Mündungen mit Endschleusen abgeschlossen werden, und zwar bei Kiel durch die Holtenauer, und an der Elbe durch die Brunsbütteler Doppelschleusen.

Fig. 10. Längenprofile der Mündungen des Nord-Ostsee-Kanals.

Längen 1:100 000 (1 km = 10 mm), Höhen 1:1000.



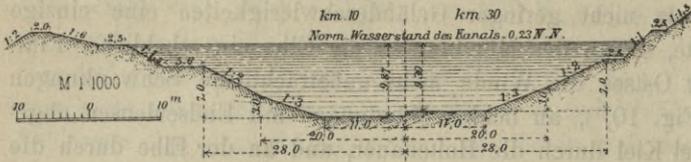
Als normaler Wasserspiegel des Kanals gilt der mittlere Ostseespiegel, welcher von dem Spiegel der Nordsee bei gewöhnlicher halber dortiger Tide nur unerheblich abweicht. Während die Ostsee-Schleusen in der Regel offen stehen und nur bei Wasserständen von 0,5 m über bzw. unter Mittelwasser geschlossen werden, öffnen sich die Nordsee-Schleusen bei jeder Ebbe und lassen das Wasser des Kanals je nach der Tide bis zu einem tiefsten Stande von 0,5 m unter der Ordinate des gewöhnlichen Ebbewasserstandes in die Elbe abfallen. Bei niedrigeren Wasserständen werden die Schleusen geschlossen; ihr Abschluß erfolgt außerdem bei steigendem Wasser, um zu verhindern, daß das sehr schlickhaltige Elbwasser in den Kanal eintritt, und um das Aufnahmevermögen des Kanalbettes für die Abwässerung der anliegenden tief gelegenen Marschländereien möglichst groß zu erhalten. Bei jeder gewöhnlichen Tide strömen 3 bis 4 Millionen cbm Wasser mit einer größten Geschwindigkeit von rund 1,5 m durch die Elbe-Schleusen ab und bewirken in dem Vorhafen eine Beseitigung des während der Flut gefallenen Schlickes. Lassen außerordentlich hohe Wasserstände in der Nordsee ein Öffnen der Thore der Elbe-Schleusen nicht zu, so findet die Abwässerung durch die Ostsee-Schleusen statt. Mit Rücksicht auf diese eigentümlichen Verhältnisse ist die Kanalsole nach den Elbe-Schleusen zu auf 60 km Länge mit einem Gesamtgefälle von 1,70 m angelegt, vergl. Fig. 10.

In Fig. 11, S. 362 ist der Querschnitt des Kanals dargestellt; er besitzt bei 8,5 m Mindesttiefe eine Sohlenbreite von 22 m. Der Kanal ist für die größten Schiffe, bei-

<sup>7)</sup> Ein vollständiges Längenprofil des Kanals s. Brennecke. Offizielle Karte vom Nord-Ostsee-Kanal. Berlin 1890, auch Fortschr. der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, Tafel I.

spielsweise für die großen Kriegsschiffe, einschiffig, für die Handelsschiffe, welche die Ostsee befahren, jedoch zweischiffig, da der Kanal in einer Tiefe von 6,5 m, welche

Fig. 11. Querprofil.



dem Tiefgang der größten die Ostsee befahrenden Schiffe entspricht, bereits eine Breite von 34 m besitzt. Die unterste Kanalböschung ist mit Rücksicht auf eine spätere Vertiefung des Kanals auf 9 m bei niedrigstem Wasser-

stande in 1:3 angelegt. Für das Begegnen größter Schiffe sind sechs Ausweichestellen von 450 m Länge bei einer Sohlenbreite von 60 m angeordnet; die Hauptausweichestellen bilden die tiefen Seen der oberen Eider.

Der kleinste Halbmesser bei Krümmungen ist zu 1000 m festgesetzt; über die Querschnittsverbreiterung im Scheitel der Kurven vergl. S. 352.

Die Endschleusen an beiden Kanalmündungen sind als Doppelschleusen angelegt, um namentlich bei Reparaturen eine Sperrung des Kanals zu verhüten. Die Nutzlänge derselben beträgt 150 m und die lichte Weite 25 m. Ihre Drempe sind so tief angelegt, daß bei niedrigstem Kanalwasserstande ein Einfahren von 8,5 m tief gehenden Schiffen in den Kanal noch möglich ist. Diese Schleusen, nicht minder eine bei Rendsburg erbaute, 12 m weite Schleuse, welche die Verbindung einer Abzweigung des Nord-Ostsee-Kanals mit der Untereider für Schiffe bis zu 4,5 m Tiefgang vermittelt, sind im XIV. Kapitel ausführlich besprochen.

Bemerkenswert ist die Herstellung des Kanalquerschnittes in den sehr weichen und tiefen Mooren. Da man bei einem einfachen Aushub in diesen Strecken mit Recht ein Einrutschen und Ausfließen der Böschungen befürchtete, so mußten zur Herstellung eines festen seitlichen Abschlusses an den Böschungskronen Sanddämme geschüttet werden, die sich nahezu bis auf den festen Untergrund eindrückten. Zwischen diesen wie Stützmauern wirkenden Sandkörpern konnte alsdann das Kanalprofil ausgehoben werden.<sup>8)</sup> Es waren 78 Millionen cbm Boden (ausschließlich Erdarten) zu bewegen; der durchschnittliche Erdaushub in einem Monate belief sich auf rund 1 Million cbm.

Als größere Brücken sind zwei den Kanal in hohen Bogen überspannende feste Eisenbahnbrücken bei Grünthal und Levensau, sowie drei Drehbrücken hervorzuheben.

Die Kosten des Kanals stellen sich voraussichtlich auf 156 Millionen Mark.

### § 5. Seekanäle ohne Schleusen.

Suez-Kanal. Der Suez-Kanal, welcher als eine völlig offene Meeresstraße das Mittelmeer mit dem roten Meer verbindet, nimmt trotz der Einfachheit seiner Anlage durch die Kühnheit des Unternehmens und die Geschicklichkeit in der Ausführung unter allen neueren Werken der Ingenieurkunst einen hohen Rang ein; er verdankt seine Entstehung der Energie des Franzosen Ferdinand von Lesseps. Seine Bedeutung liegt hauptsächlich in der Abkürzung eines der wichtigsten Handelswege der ganzen Erde, des Weges zwischen dem westlichen Europa und Ostindien, dessen Länge durch den Suez-Kanal von zehn bis zwölf Tausend auf etwas über 6000 Seemeilen eingeschränkt worden ist, was einer durchschnittlichen Ersparnis von etwa 36 Reisetagen der Dampfer

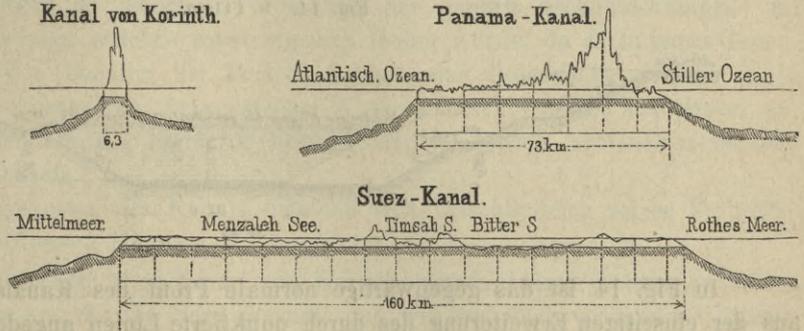
<sup>8)</sup> Vergl. u. a. Fortschr. der Ingenieurwissenschaften. Zweite Gruppe, 2. Heft, S. 20.

entspricht. Daneben hat der Kanal die Entwicklung eines lebhaften Verkehrs zwischen den Mittelmeerländern und dem Orient zur unmittelbaren Folge gehabt.

In Fig. 12 ist das Längenprofil des Kanals in einfachen Linien dargestellt; demselben sind die Profile von Korinth und Panama zur Vergleichung beigelegt.

Noch vor Beendigung der Ausführung wurden eine Anzahl technischer Fragen und Zweifel lebhaft erörtert, welche schliesslich eine befriedigende Lösung gefunden haben. So wurde unter anderem behauptet, dass wegen der fast übereinstimmenden Spiegelhöhen beider Meere das Kanalwasser an gefährlicher Stagnation leiden würde, dass der Kanal dadurch verschlammten, in den Bitterseen auch durch

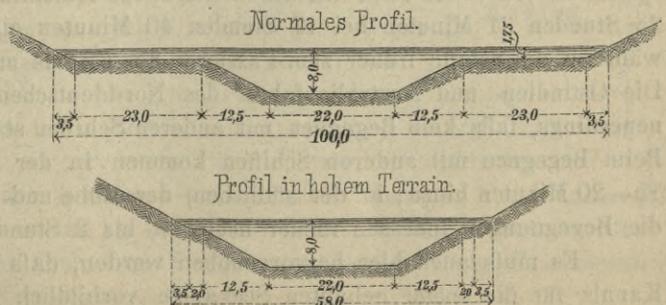
Fig. 12.



Salzablagerung und namentlich durch Sandwehen unfahrbar werden müßte. Es ist beachtenswert, in wie weit diese Befürchtungen eingetroffen sind. Durch sorgfältige, seit 1872 angestellte Beobachtungen ist festgestellt, dass vom Mai bis Oktober infolge der vorherrschenden Nord- und Nordwest-Winde der Spiegel des Mittelmeeres gehoben und der des roten Meeres gesenkt wird, sodass im September eine Differenz von 0,4 m entsteht, welche einen Strom von Nord nach Süd erzeugt. Im Winter sind diese Umstände entgegengesetzt, sodass der mittlere Spiegel des roten Meeres um 0,3 m höher als der des Mittelmeeres liegt. Die Strömungen zwischen Port Said und dem Timsah-See haben eine Geschwindigkeit bis zu 0,6 m und zwischen Suez und den Bitterseen eine solche bis zu 1,27 m i. d. Sekunde, indem der Flutwechsel bei Suez für gewöhnlich 0,8 m bis 1,5 m, bei Sturm bis 3,24 m beträgt, während bei Port Said am Mittelmeer die gewöhnliche Flut nur bis 0,44 m und die Sturmflut bis 0,95 m steigt. In den 30 000 ha grossen Bitterseen findet nur noch eine 2—3 cm starke Flutschwankung statt; auch ist die Ebbe-strömung wegen der Verdunstung daselbst geringer als die Flutströmung. Das Eintreiben von Sand und Schlamm durch diese Strömungen ist sehr unbedeutend, ebenso ist die Wirkung der Sandwehen an einigen Stellen höchstens zu 0,1 m Höhe innerhalb eines Jahres auf der Sohle zu rechnen, also durch Baggerungen leicht zu bewältigen. Endlich hat die Erfahrung gezeigt, dass die Salzablagerung, welche vor der Ausführung des Kanals in den Bitterseen in gröfserem Mafse vorhanden war, infolge der Ein- und Ausströmung von frischem Seewasser abgenommen hat, und zwar in den ersten sechs Jahren nach Eröffnung des Kanals um rund 66 Millionen cbm.

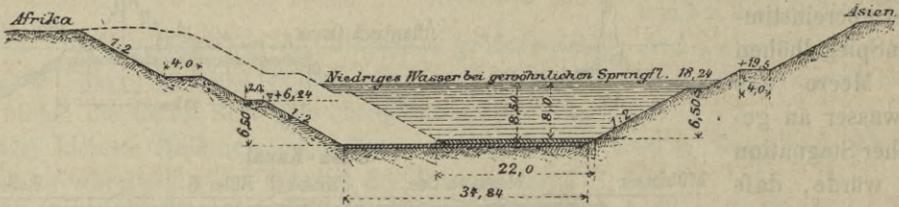
Der Kanal war ursprünglich mit 22 m Sohlenbreite ausgeführt (Fig. 13) und für das Begegnen

Fig. 13.



zweier grössten Schiffe alle 10 km mit Ausweichstellen versehen. Bei der Mindesttiefe des Kanals von 8 m wurden Schiffe bis zu 7,50 m Tiefgang zugelassen. Schon Ende der siebziger Jahre stellte es sich als notwendig heraus, dem immer mehr wachsenden Verkehr auf dem Kanal durch Erweiterung des Profils Rechnung zu tragen, um eine kürzere Fahrzeit und eine grössere Betriebssicherheit zu erreichen. Besonders störten die häufigen Strandungen der Schiffe auf den Kanalböschungen, sowie das Zusammenstossen von Schiffen an den unzuweckmäfsigerweise einseitig angelegten Ausweichstellen.

Fig. 14. M. 1:1000.



In Fig. 14 ist das gegenwärtige normale Profil des Kanals dargestellt, wie es aus der einseitigen Erweiterung des durch punktierte Linien angedeuteten früheren Profils zu Ende der achtziger Jahre entstanden ist. Auf der Strecke zwischen den grossen Bitterseen und Suez ist wegen der dortigen durch die Ebbe und Flut des roten Meeres veranlassten stärkeren Strömung eine besondere Verbreiterung der Sohle um 10 m vorgesehen. In den Seestrecken hat man eine mindestens dem normalen Profile entsprechende Rinne ausgebaggert, welche durch Baken und kleine Leuchttürme bezeichnet ist. Die früher unbefestigten Ufer wurden da, wo es sich als besonders notwendig erwies, mit einem Pflasterstreifen von 1 m über Hochwasser bis 2 m unter Niedrigwasser versehen.

Bei seinen gegenwärtigen Abmessungen ist der Kanal für Schiffe von 7,8 m Tiefgang unter allen Umständen befahrbar. Nachdem an Stelle der früheren Ausweichstellen die Erweiterung des Kanals auf seiner ganzen Länge getreten ist, erfolgt jetzt die Begegnung zweier Schiffe derart, das das südwärts fahrende Schiff an den zu diesen Zwecken in Abständen von 63 m =  $\frac{1}{30}$  Seemeile längs des Kanals an beiden Ufern angebrachten Haltepfählen festlegt und darauf das nordwärts fahrende Schiff vorbeifahren läßt. Von dem sogenannten Sog des letzteren wird das inzwischen losgeworfene Schiff nach der Kanalmitte hin zugetrieben, wo es seine Fahrt ohne weiteres wieder fortsetzen kann.

Die Wirkung obengenannter Erweiterung war für den Betrieb im Kanal eine so günstige, das, nachdem auch Nachtbetrieb bei elektrischem Licht eingeführt wurde, beispielsweise im Jahre 1891 die durchschnittliche Aufenthaltsdauer eines Schiffes im Kanal 23 Stunden 31 Minuten bei 17 Stunden 40 Minuten eigentlicher Fahrzeit betragen hat, während die Schiffe früher zum Passieren des Kanals mehr als 40 Stunden gebrauchten. Die Ostindien- und Australienfahrer des Norddeutschen Lloyd durchfahren den Kanal neuerdings, falls kein Begegnen mit anderen Schiffen stattfindet, in ungefähr 15 Stunden. Beim Begegnen mit anderen Schiffen kommen in der nördlichen Hälfte des Kanals je 15—20 Minuten hinzu; in der südlichen, der Ebbe und Flut ausgesetzten Strecke dauern die Begegnungen indessen immer noch  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Stunden.

Es mufs auch hier hervorgehoben werden, das die Profilabmessungen des Suezkanals für die später gebauten Seekanäle vorbildlich geworden sind, indem das ur-

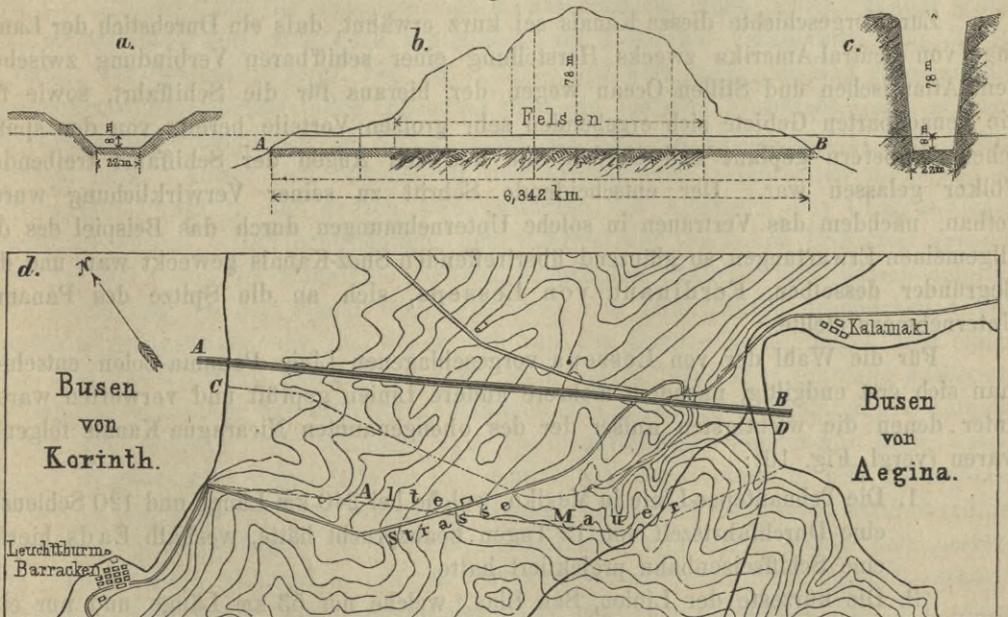
sprüngliche Profil des Kanals den einschiffigen, und sein erweitertes Profil den zweischiffigen Kanälen zu Grunde gelegt wurde.

Von grosser Bedeutung für den Kanal ist die Verbindung desselben mit dem Nil durch den im alten Thale Gosen entlang geführten Süßwasserkanal. Derselbe liegt ungefähr an derselben Stelle, an der sich seit etwa 600 Jahren v. Chr. bis zum Jahre 800 n. Chr. ein das rote Meer mit dem Nil verbindender Schiffahrtskanal befunden hat. Der jetzige Süßwasserkanal mündet zunächst bei Ismailia, geht jedoch von dort weiter bis nach Suez, ist etwa 1,50 m tief mit 8 m Sohlenbreite und dient nebenbei der Schiffahrt. Sein Hauptzweck ist jedoch die Speisung der ganzen Seekanal-Anlagen und Hafenstädte mit Süßwasser, welches sonst gänzlich fehlen würde, da es in jenen Gegenden selten regnet. Von Ismailia bis Port Said läuft eine Rohrleitung, welche in je 4 km Entfernung an besonderen Anlagestellen Wasserbehälter besitzt, aus denen anliegende Schiffe, namentlich die kleineren Schleppdampfer, mittels Schläuchen bequem Wasser entnehmen können.

Die Herstellungskosten des Kanals belaufen sich einschliesslich seiner Verbreiterung auf rund 500 Millionen Mark.

**Kanal von Korinth.** Der Kanal von Korinth, dessen Anlage nahezu an seiner heutigen Stelle bereits von Kaiser Nero geplant, und wie mehrfach vorhandene Spuren beweisen, auch schon begonnen war, durchschneidet als offener Seekanal die etwa 6,3 km breite Landenge gleichen Namens. Der Kanal bildet eine unmittelbare Verbindung zwischen dem Busen von Korinth und dem Busen von Ägina, welche beispielsweise die Route von Triest nach Athen um 185 Seemeilen, und diejenige von Genua oder Marseille ebendahin um etwa 95 Seemeilen verkürzt.

Fig. 15.



Der Kanal, dessen Erbauung seitens des ungarischen Generals Türri angeregt wurde, ist im Jahre 1881 begonnen und im Jahre 1893 dem Verkehr übergeben worden. Die mittlere Höhe der Landenge über dem Kanalwasser beträgt 40 m, ihre höchste Erhebung ist 78 m, vergl. Fig. 15 a.

Die zu bewegenden Bodenmassen, welche sich auf 12,3 Millionen cbm beliefen, bestanden im wesentlichen aus wenig hartem, schon verwittertem Fels; nur an den Mündungen des Kanals war im ganzen auf 2 km Länge leichter Alluvialboden wegzuräumen. Infolge der felsigen Bodenbeschaffenheit erhielt der Kanal steile, mit 5:1 geneigte Böschungen. Da man indessen ein Loswaschen dieser steilen Böschungen und eine dadurch bedingte Versandung des Kanals befürchtete, so entschloß man sich nachträglich die Böschungen mit bis 1,5 m über den Kanalspiegel hinauf reichenden Verkleidungsmauern zu versehen. Auch über die genannte Höhe hinaus haben stellenweise Verkleidungen der Böschungsf lächen stattfinden müssen.

Die Breite der Kanalsohle beträgt 22 m, die Wassertiefe 8 m. Als Mindestradius sind für Krümmungen 2000 m angenommen.

An den Kanalmündungen sind zum besseren Schutze der Einfahrten Molen angelegt worden. An Kunstbauten sind zwei über den Kanal gespannte Brücken zu erwähnen, welche den jetzt zur Insel gewordenen Peloponnes mit dem Festlande verbinden.

Nach den neuesten Nachrichten soll infolge der durch Wind erzeugten starken Strömungen der Verkehr mit großen Schiffen im Kanal ein außerordentlich schwieriger sein. Außerdem hegt man Bedenken wegen der Haltbarkeit der in verwittertem Fels ausgeführten steilen Böschungen.

**§ 6. Der Panama-Kanal.** Wengleich die Ausführungsarbeiten des Panama-Kanals nach dem im Jahre 1888 erfolgten Zusammenbruch der Panama-Gesellschaft zur Zeit einen Stillstand erfahren haben, den die Nordamerikaner zur Förderung ihres nationalen Unternehmens, des Nicaragua-Kanals, eifrig ausgenutzt haben, so soll doch auch der Panama-Kanal mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer Wiederaufnahme der Arbeiten hier kurz beschrieben werden.

Zur Vorgeschichte dieses Kanals sei kurz erwähnt, daß ein Durchstich der Landenge von Central-Amerika zwecks Herstellung einer schiffbaren Verbindung zwischen dem Atlantischen und Stillen Ocean wegen der hieraus für die Schifffahrt, sowie für die benachbarten Gebiete sich ergebenden sehr großen Vorteile bereits von den spanischen Eroberern geplant und seitdem nie aus den Augen der Schifffahrt treibenden Völker gelassen war. Der entscheidende Schritt zu seiner Verwirklichung wurde gethan, nachdem das Vertrauen in solche Unternehmungen durch das Beispiel des die allgemeinen Erwartungen so glänzend übertreffenden Suez-Kanals geweckt war, und der Begründer desselben, Ferdinand von Lesseps, sich an die Spitze des Panama-Unternehmens stellte.

Für die Wahl der von Lesseps vorgeschlagenen Linie Panama-Colon entschied man sich erst endgiltig, nachdem mehrere andere Linien geprüft und verworfen waren, unter denen die wichtigsten außer der des obengenannten Nicaragua-Kanals folgende waren (vergl. Fig. 16):

1. Die Tehuantepec-Linie in Mexiko, welche bei 240 km Länge und 120 Schleusen eine Durchfahrtszeit von 12 Tagen beansprucht hätte, weshalb Eads hierfür eine Schiffseisenbahn projektiert hatte.
2. Die kürzeste der Linien, San Blas, welche nur 53 km Länge und nur eine Flutschleuse gehabt hätte, aber infolge eines unter der hohen Wasserscheide auszuführenden Tunnels von 16 km Länge zu teuer gekommen wäre.
3. Die Atrato-Linie mit 290 km Länge, 3 Schleusen und drei Tagen Durchfahrtszeit.

Die von Wyse und Reclus bestimmte und zur Ausführung angenommene Trace hat ihren Ausgangspunkt am Atlantischen Ocean bei der Stadt Colon in der Bucht von Limon, wo der Atlantische Ocean ein nur 30—40 cm betragendes Flutintervall aufweist. Widrige Winde kommen an dieser Stelle selten vor und Versandungen sind wegen des an der felsigen Küste entlang streichenden Küstenstromes nicht zu befürchten.

Die Kanallinie schmiegt sich auf ungefähr 44 km Länge dem Laufe des reisenden und große Geschiebmassen mitführenden Chagres-Flusses an, dessen Lauf an vielen

Stellen durchschneidend, und kreuzt darauf die Wasserscheide, deren höchster Gipfel, der Culebra, noch nahezu 100 m über dem mittleren Meeresspiegel liegt. Von da ab verfolgt der Kanal das Thal des Rio Grande und wird bei der Stadt Panama noch 6 km weit im Stillen Ocean fortgesetzt, wo ein zwischen 3 und 6 m schwankendes Flutintervall vorhanden ist. Trotz des erdigen Meeressgrundes sind auch hier Barrenbildungen infolge fehlender Küstenströmung nicht vorhanden.

Obschon die Mehrzahl der mit der Projektierung des Kanals betrauten Techniker sich mit Rücksicht auf die umfangreichen Felsarbeiten für einen Schleusenkanal erklärten, so entschied man sich doch schließlich auf Lesseps' Veranlassung für die Beseitigung der Schleusen (vergl. Fig. 12, S. 363), und liefs sogar den Bau einer anfangs vorgesehenen Flutschleuse fallen, nachdem man die aus dem Flutwechsel sich ergebenden Stromgeschwindigkeiten im Kanal rechnermäßig zu höchstens 1,17 m i. d. Sek. ermittelt hatte. Außer den ungeheuren und kostspieligen Felsarbeiten muß als der schwierigste Punkt in der ganzen Bauausführung die Ableitung des Chagres-Flusses bezeichnet werden. Man beabsichtigte den während der tropischen Regenzeit gewaltig anschwellenden und die Kanallinie vielfach kreuzenden Chagres-Fluß, dessen unmittelbare Einführung in den Kanal wegen der von ihm mitgeführten erheblichen Geröllmassen nicht angängig war, da, wo er sich von den Quellen herkommend, zum erstenmale dem Kanal nähert, mittels eines etwa 58 m hohen, beiderseits viermalig geböschten Erddammes von 50 m Kronenbreite abzufangen und aufzustauen, wodurch ein Sammelbecken von ungefähr 600 Millionen ehm Fassungsvermögen entstanden wäre, dessen Wasser in geordneter Weise teils an den Kanal, teils durch einen in Fels gebrochenen Tunnel an das neue Flussbett abgegeben werden sollte. Das Kanalprofil sollte in erdigen Strecken 22 m Sohlenbreite, 50 m Wasserspiegelbreite und 8,5 m Mindesttiefe besitzen (Fig. 17 a, S. 368), während in felsigen Strecken, wo die Böschungen nahezu senkrecht angelegt werden sollten, eine Sohlenbreite 24 m und eine Wassertiefe von 9 m vorgesehen war (Fig. 17 b). Für das Begegnen von Schiffen waren, als man noch Endschleusen herzustellen beabsichtigte, 5 bis 6 Ausweichstellen vorgesehen. Als diese Schleusen indessen aufgegeben waren und man unter dem Drucke der inzwischen eingetretenen Geldnot an eine Vertiefung des Kanalbettes nach dem Stillen Ocean zu um

Fig. 16. M. 1:25 000 000.

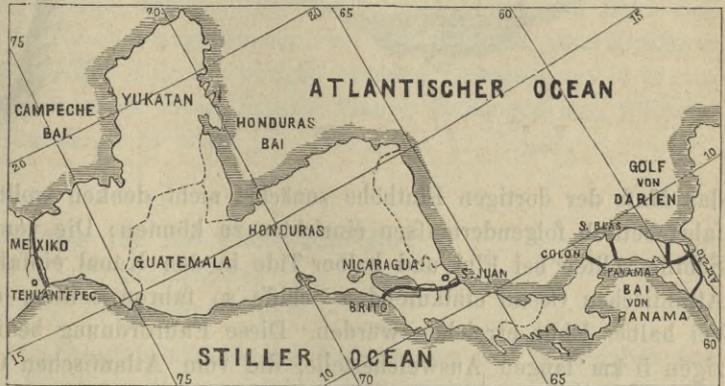
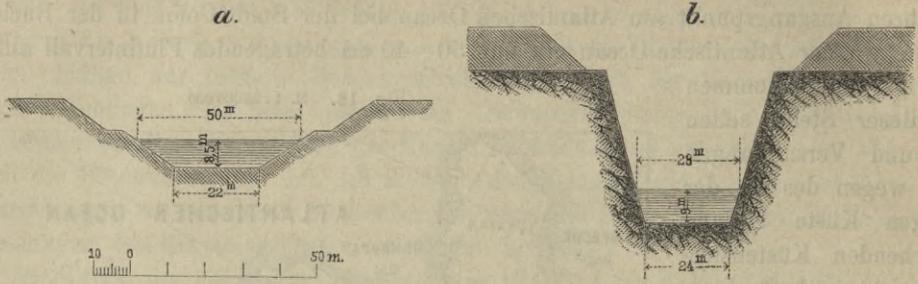


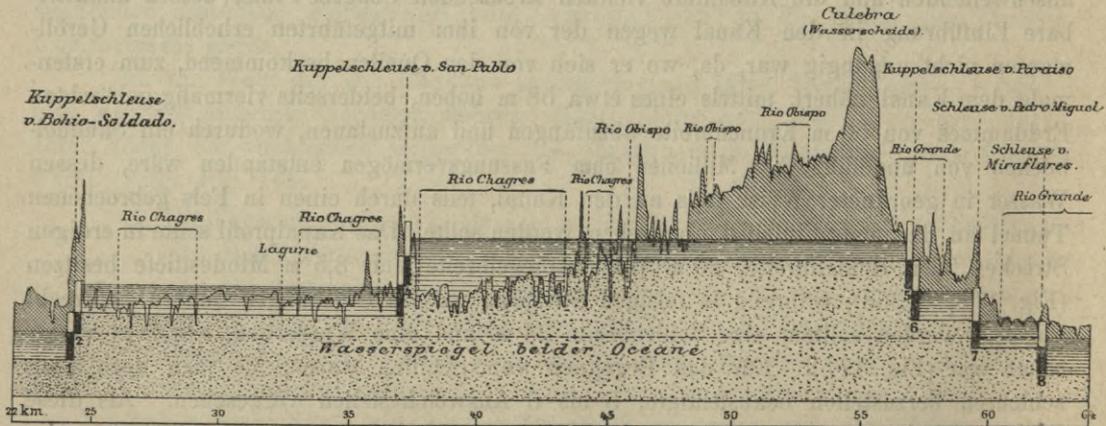
Fig. 17. Querprofile.



das Maß der dortigen Fluthöhe zunächst nicht denken wollte, glaubte man den Schiffsbetrieb folgendermaßen einrichten zu können: Die vom Stillen Ocean kommenden Schiffe sollten bei Flut und halber Tide in den Kanal einfahren, während die aus dem Atlantischen Ocean einlaufenden Schiffe so fahren sollten, daß sie den Stillen Ocean bei halber Ebbe erreichen würden. Diese Fahrordnung bedingte die Anlage einer einzigen 5 km langen Ausweichestelle, die vom Atlantischen Ocean ungefähr 26 km entfernt gelegen hätte. Als im Jahre 1887 die Geldnot sich steigerte und die Fertigstellung eines Kanals ohne Schleusen aufgegeben werden mußte, zog man die Ausführung eines Schleusenkanals mit einer über die Wasserscheide führenden Schleusentreppe von neuem in Erwägung. Der Wasserspiegel der Scheitelhaltung sollte 49 m über dem gewöhnlichen Meeresspiegel liegen und von jeder Seite her mittels je 5 Schleusen mit je 11 m Gefälle erstiegen werden.<sup>9)</sup> Die Schleusen sollten eine Nutzlänge von 180 m und eine nutzbare Breite von 18 m erhalten, mit Rücksicht auf Erdbeben aus Mauerwerk in Eisengerippe bestehen und aus demselben Grunde mit Schiebethoren ausgerüstet werden, vergl. Kap. XIV, S. 250. Während dieses neue Projekt von den Beteiligten noch geprüft wurde und besonders die Sicherheit der mit einem Gefälle von 11 m vorgesehenen Schleusen in Zweifel gezogen worden war, erfolgte zu Ende des Jahres 1888, nachdem der Bau eine Milliarde Franken verschlungen hatte, die schon lange vorausgesehene finanzielle Katastrophe, welche dem Unternehmen des Panama-Kanals ein unrühmliches Ende bereitete.

Fig. 18. Längenprofil des mittleren Teils des Panama-Kanals. (Neuester Plan.)

Längen 1 km = 3,5 mm, Höhen 1:2500 (1 m = 0,4 mm).



<sup>9)</sup> Längenprofil dieses Schleusenkanals u. a. in dem mehrfach erwähnten Hefte der Fortschr. d. Ing.-Wiss.

Im Jahre 1890 wurde auf Veranlassung des Liquidators der Panama-Gesellschaft der Plan für einen Schleusenkanal nochmals geprüft; hierbei gestaltete sich das Längsprofil, wie Fig. 18 zeigt. Ähnlich wie bei dem Plane für den Nicaragua-Kanal hat man die Gefälle an wenigen Stellen vereinigt, wodurch sich längere Haltungen und mehrere große Wasserbecken bilden würden. Für die Kuppelschleuse von Bohio-Soldado ist ein Gefälle von  $2 \times 8 = 16$  angenommen, bei der Schleuse von Miraflores (Flutschleuse) ist das mittlere Gefälle 8 m, im übrigen würden Gefälle von 11 m zur Anwendung kommen. Im ganzen weist dieser neueste Plan 6 Haltungen auf, während der i. J. 1887 entworfene Plan deren 11 zeigt.

## B. Kanäle für die Binnenschifffahrt.

(Binnenkanäle.)

Von Eduard Sonne.

§ 7. Geschichte.<sup>10)</sup> Die Schifffahrtskanäle des Binnenlandes sind bekanntlich aus den Kanälen, welche im Flachlande und namentlich in eingedeichten Niederungen für die Zwecke der Entwässerung angelegt wurden, hervorgegangen, aber auch aus den Bewässerungskanälen wärmerer Gegenden.

Die Niederlande besitzen Kanäle seit sehr langer Zeit (die geschichtlichen Nachrichten über die Herstellung eigentlicher Schifffahrtskanäle reichen bis in das 13. Jahrhundert zurück), und wenn dies Land zu den Zeiten Karls des Kühnen und Karls des Fünften hinsichtlich der Entwicklung seines Handels und seiner Gewerthätigkeit, demzufolge auch hinsichtlich seines Reichtums allen anderen Ländern der Erde überlegen war, so verdankte es dies außer seinem Seehandel der Ausbildung seiner Wasserstraßen. In den Niederlanden ist der Kanal Jahrhunderte lang der Hauptvermittler des Binnenverkehrs gewesen. Noch jetzt giebt es daselbst Polder, für welche die Kanäle den Lastenverkehr ausschliesslich vermitteln; an Stelle des Landfuhrwerks werden kleine Kähne benutzt.

In Italien waren es hauptsächlich die zum Teil von Alters her bestehenden Bewässerungskanäle, welche man als Schifffahrtskanäle benutzte, und in Italien ist im 15. Jahrhundert die Kammerschleuse erfunden worden, vergl. Kap. III, S. 274.

Frankreich. Die schiffbaren Entwässerungskanäle der Niederungen des nördlichen Frankreichs sind wohl ebenso alt, wie die in den Niederlanden. Eine größere Verbreitung des Kanalbaues wurde aber erst durch die Kammerschleuse möglich; die erste französische derartige Schleuse soll im Jahre 1515 gebaut sein. Nunmehr konnten auch im Hügellande Schifffahrtskanäle ausgeführt werden und die Franzosen haben hierin schon im 17. Jahrhundert Großes geleistet.

Von den älteren französischen Kanälen sind u. a. zu nennen: Der Kanal von Briare, eröffnet 1642, welcher die Loire mit der Seine verbindet, als der erste Kanal mit einer Scheitelstrecke, und der Kanal du Midi zwischen der Garonne und dem Mitteländischen Meere, 1668 bis 1684 erbaut, 240 km lang und 99 Schleusen enthaltend. Als der Hauptsache nach aus dem vorigen Jahrhundert stammend mögen erwähnt werden: Der Kanal von Burgund zwischen Seine und Saône, angefangen 1773, vollendet 1832 und der Kanal von St. Quentin, welcher die Flussgebiete der Schelde, der Sambre, der Somme und der Oise miteinander in Verbindung setzt, bereits 1724 angefangen, in

<sup>10)</sup> Litteratur am Schlusse des Kapitels.

voller Ausdehnung aber erst 1810 vollendet. Der zuletzt genannte ist beachtenswert als der erste französische Kanal, welcher einen Tunnel erhielt.

In England entwickelte sich der Kanalbau namentlich während der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts. Der Bridgewater-Kanal in der Gegend von Manchester (vergl. Fig. 1, S. 353), epochemachend wie später die Eisenbahn von Liverpool nach Manchester, wurde 1776 vollendet. Derselbe ist 60 km lang und hat 10 Schleusen. Der Trent-Mersey- oder Grand-Trunk-Kanal, 1777 vollendet, hat 91 Schleusen bei 150 km Länge. Es sind dies nur einige wenige Glieder des Kanalnetzes, mit welchem England in kurzer Zeit zu großem Vorteil für seine Industrie überspannt wurde. Der englische Kanalbau erwies sich zudem als ein gewinnreiches Unternehmen. Noch i. J. 1825 wurden Aktien verkehrsreicher Kanäle mit mehr als dem Zehnfachen ihres Nennwertes bezahlt.

Deutschland wird nicht selten als ein Land bezeichnet, woselbst für den Bau von Schifffahrtskanälen überhaupt wenig geschehen sei, auch scheiterte in früherer Zeit in der That mancher Kanalentwurf und sogar die Vollendung einzelner in Angriff genommenen Kanäle an der deutschen Kleinstaaterie. Man sollte indessen nicht unberücksichtigt lassen, daß in Mittel- und Süddeutschland die örtlichen Verhältnisse dem Kanalbau sehr hinderlich sind und daß im nördlichen Deutschland Ausführungen von Bedeutung beschafft wurden. Abgesehen davon, daß Teile von Ostfriesland und Oldenburg auf den Wasserverkehr in ähnlicher Weise angewiesen waren, wie die Niederlande, wurden im nordöstlichen Deutschland bereits im 14. Jahrhundert der Stecknitz-Kanal, welcher sich an die mit Stauschleusen versehene Delvenau anschließt, und im 16. Jahrhundert einzelne Strecken, so z. B. ein Kanal zur Verbindung der Elbe mit der Havel, hergestellt. Aus dem 17. Jahrhundert stammen der 24 km lange Friedrich-Wilhelms-Kanal, auch Mühlroser Kanal genannt, zwischen Spree und Oder (1662 bis 1668 erbaut) und andere; der erstere war schon im 16. Jahrhundert begonnen, gelangte jedoch damals nicht zur Vollendung. Auch der Finow-Kanal zwischen Oder und Havel wurde bereits im 17. Jahrhundert zum größten Teil erbaut, verfiel aber während des dreißigjährigen Krieges und konnte erst 1746 wieder eröffnet werden. Er ist 45 km lang und hat 15 Schleusen. Unter Friedrich dem Großen wurde der ältere Plauen'sche Kanal zwischen Havel und Elbe erbaut, überhaupt wurden damals die schiffbaren Verbindungen zwischen Elbe, Oder und Weichsel hergestellt. Hagen bemerkt mit Recht, daß die Binnenschiffahrtslinien in Preußen an Ausdehnung den Unternehmungen des Auslandes nicht nachstehen, und daß bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts die preussischen Kanäle zu den wichtigsten gehörten, die es überhaupt gab.

In Österreich wurde im vergangenen Jahrhundert, so viel bekannt, nur ein Kanal, der 62 km lange Wiener-Neustädter (angefangen 1791, vollendet 1804) ausgeführt. (Für die Schifffahrt wird dieser Kanal jetzt nicht mehr benutzt.)

Entwicklung des Kanalbaues im laufenden Jahrhundert. In unserem Jahrhundert ist Deutschland anfangs hinsichtlich des Kanalbaues zurückgeblieben, während derselbe in England, Frankreich, den Niederlanden, Schweden und Nordamerika kräftig gefördert wurde.

In Frankreich wurden alle größeren Flüsse, soweit dies früher noch nicht geschehen war, miteinander in Verbindung gesetzt, und es sind u. a. namhaft zu machen: Der Kanal von Nivernais (zwischen Loire und Yonne, 174 km lang) wegen der großartigen Arbeiten auf seiner Scheitelstrecke; der Rhein-Rhône-Kanal, unter Louis Philipp erbaut, 323 km lang mit 172 Schleusen; der Rhein-Marne-Kanal, 1853 vollendet, 315 km lang mit 180 Schleusen und der 1866 vollendete, jetzt in Deutschland liegende Saar-

Kohlen-Kanal, welcher sich im See von Gondersingen (*Gondrexange*) an den Rhein-Marne-Kanal und andererseits an die kanalisierte Saar anschließt. Frankreich besaß im Jahre 1873 innerhalb seiner jetzigen Grenzen 2736 km eigentliche und 536 km Kanäle mit fließendem Wasser (*canaux assimilés aux rivières*), also schiffbare Bewässerungskanäle und dergleichen; diese Längen werden jedoch sehr verschieden, hie und da erheblich größer angegeben, von Nördling beispielsweise zu 4754 km für den Anfang d. J. 1870 (s. dessen „Wasserstraßenfrage“, S. 42). Im Jahre 1882 ist der Ost-Kanal vollendet, welcher unter Benutzung einer Strecke des Rhein-Marne-Kanals eine 480 km lange Verbindung zwischen der Maas, der Marne und der Saône herstellt. Hierin sind indessen drei Strecken kanalisierter Flüsse einbegriffen. Die höchste Scheitelstrecke liegt 361 m über dem Meeresspiegel.

Die französischen Kanäle sind mit geringen Ausnahmen in der Hand des Staates, während die Eisenbahnen Frankreichs großen und mächtigen Gesellschaften gehören; die ersteren sind somit als Dämpfer der Übermacht der Eisenbahnen besonders wichtig. Man hat sie in Frankreich wohl die „Moderatoren und Regulatoren“ der Eisenbahn-Transportpreise genannt. Diese Umstände tragen dazu bei, die großen Aufwendungen zu erklären, welche dort unausgesetzt für Schiffahrtskanäle gemacht werden.

In England wurden auch im ersten Viertel des laufenden Jahrhunderts Kanäle in ziemlicher Anzahl erbaut, es trat jedoch daselbst bald der Eisenbahnbau, dem sich die Franzosen bekanntlich erst später zuwendeten, in den Vordergrund. Die Länge der Kanäle in Großbritannien und Irland wird zu 4560 km, mitunter noch höher angegeben. Eine genaue Ermittlung stößt hier wie in anderen Ländern auf große Schwierigkeiten. Für die Kanäle Englands bestimmt nachgewiesen ist durch v. Weber eine Länge von rund 3000 km.

In England sind die Kanäle und die Eisenbahnen durchweg in den Händen von Gesellschaften. Anfangs waren die Bahnen den Kanälen untergeordnet und dienstbar. Als jedoch die ersteren kräftig genug geworden waren, um den durchgehenden Verkehr zu beherrschen, fehlte es den Eisenbahngesellschaften nicht an Mitteln, den Wettbewerb der Kanäle, soweit er ihnen unbequem war, zu beseitigen. Es begann ein „Vernichtungskrieg“ der Eisenbahnen gegen die Kanäle. Manche derselben wurden von den Bahngesellschaften angekauft, andere in ein Abhängigkeitsverhältnis gebracht, einzelne sogar beseitigt.<sup>11)</sup> Diese Erwerbungen, welche im Laufe der Zeit fast die Hälfte der englischen Kanäle unter die Botmäßigkeit der Eisenbahnen brachten, lösten das englische Kanalnetz in einzelne machtlose Glieder auf, welche größtenteils in dem technisch unvollkommenen Zustande ihrer Erbauung geblieben sind. Gesetze, welche zum Schutze und zur Stärkung des Kanalverkehrs erlassen wurden, kamen zu spät. Immerhin ist auf günstig belegenen Strecken der englischen Kanäle noch heute ein bedeutender Verkehr vorhanden.

In den Niederlanden hat man an der Vervollkommnung und Ausdehnung der Kanäle unausgesetzt gearbeitet, sodaß daselbst die Maschen des Kanalnetzes sich dichter schließen, als in irgend einem anderen Lande. Die Länge der eigentlichen Schiffahrtskanäle der Niederlande (wahrscheinlich einschließlic der Seekanäle) betrug nach amtlicher Veröffentlichung am 1. Januar 1878 2840 km, die Anzahl der in denselben befindlichen Kammerschleusen 220. Die nur für die kleine Schifffahrt brauchbaren, zum Teil vereinsamt liegenden Kanäle sind hierbei jedenfalls nicht mitgerechnet.

<sup>11)</sup> Man vergl. die betreffende Karte in v. Weber. Wasserstraßen Nord-Europas. Berlin 1880.

Auch Belgien hat ein Kanalnetz von Bedeutung, dessen Gestaltung noch nicht abgeschlossen ist. Die Gesamtlänge der belgischen Kanäle wird zu 960 km angegeben, wovon 730 km größeren und 230 km kleineren Querschnitts.

Schweden. Nicht minder wurde in Schweden, woselbst die ersten Anfänge des Kanalbaues bereits aus dem 17. Jahrhundert stammen, eine Reihe bedeutender Schleusenstraßen zur Verbindung der zahlreichen Binnenseen des Landes untereinander und mit dem Meere hergestellt. Obwohl die Gesamtlänge der Kanäle vergleichsweise unbedeutend ist (sie beträgt nach v. Weber nur 258 km), so sind sie doch von hervorragender Wichtigkeit. In diesem Lande sind die Kanäle das Eigentum von Gesellschaften, während die Hauptlinien der Eisenbahnen seitens des Staates gebaut sind und von ihm betrieben werden. Die Regierung hat aber die Herstellung der Kanäle in wohlverstandenen Interesse des Landes auf mannigfache Weise unterstützt. Zwischen Bahnen und Kanälen findet eine Wechselwirkung statt, wie wenig andere Länder eine solche aufzuweisen haben; auf der Mehrzahl der letzteren ist der Verkehr im Steigen begriffen.

Unter den russischen Kanälen sind die Ladoga-Kanäle hervorzuheben; dieselben ziehen sich in doppelter Linie an der Südseite des Ladoga-Sees auf eine Länge von 168 km entlang; man hat hier, anstatt ältere Kanäle zu erweitern, neben ihnen eine zweite Kanalverbindung zwischen dem Svir-Flusse und der Newa hergestellt.

Nord-Amerika. Hervorragend sind ferner die Leistungen der vereinigten Staaten Nord-Amerikas auf dem Gebiete des Kanalbaues; für kein anderes Land war aber die Ausbildung der dem Massentransport dienenden Verkehrsmittel von gleicher Wichtigkeit. Im Jahre 1870 zählte man in den vereinigten Staaten 81 Kanäle mit 7580 km Gesamtlänge; unter ihnen sind einige, welche von den Staaten hergestellt sind und von diesen unterhalten werden.

Im übrigen liegen die allgemeinen Verhältnisse der Schiffahrtskanäle in Nord-Amerika ähnlich wie in England, auch hier haben dieselben unter der Konkurrenz der Eisenbahnen schwer zu leiden. Die Anzahl der Kanäle, welche infolge dieser Konkurrenz eingegangen sind, ist nicht gering, während andere, z. B. diejenigen, welche die Kohlenlager des Alleghany-Gebirges mit den Städten Baltimore, New-York und Philadelphia verbinden, mit gutem Erfolg betrieben werden.

In Deutschland waren die Folgen der napoleonischen Kriege, das gerechtfertigte Bestreben, den Eisenbahnbau kräftig zu fördern und traurige Erfahrungen in Betreff des Betriebes einiger ausgeführten Kanäle einer energischen Thätigkeit auf dem Gebiete des Kanalbaues lange Zeit sehr hinderlich. Unter den in der ersten Hälfte des laufenden Jahrhunderts hergestellten Kanälen ist der Main-Donau-Kanal (Ludwigs-Kanal) zu nennen, welcher 141 km lang ist und 87 Schleusen hat. Derselbe wurde 1836 begonnen und in den vierziger Jahren vollendet. In Preußen gelangten im Jahre 1864 die Arbeiten von dem 175 km langen Elbing-Oberländischen Kanale zum Abschlufs und 1873 diejenigen an dem 51 km langen König-Wilhelms-Kanale, welcher den Memel-Flufs mit der Stadt Memel verbindet. Im Havel-Gebiete und namentlich in der Nähe Berlins wurden verschiedene neue Kanäle ausgeführt, von denen der 10,3 km lange, 1850 vollendete, jetzt innerhalb der Stadt liegende Landwehr-Kanal der bekannteste ist. Zu Anfang der 80er Jahre wurde der 14 km lange Kanal Zehdenick-Liebenwalde, ein Seitenkanal der Havel erbaut. Der 74 km lange Ems-Jade-Kanal zwischen Emden und Wilhelmshaven, welcher unter den Seekanälen besprochen ist, den man aber auch zu den Binnenkanälen rechnen kann, wurde im Jahre 1887 vollendet. Moorkanäle wurden in ziemlicher Anzahl und u. a. im mittleren Ems-Gebiete in Angriff genommen, zu ihnen

gehört auch der Hunte-Ems-Kanal. Nach Angaben aus dem Jahre 1874 sollen damals in Deutschland 1876 km Kanäle vorhanden gewesen sein.

Von den neuesten umfangreichen Ausführungen und Entwürfen wird an anderer Stelle gesprochen werden.

Die Frage, ob es zweckmäßig sei, den deutschen Schiffahrtskanälen eine größere Ausdehnung zu geben, ist noch heute eine bestrittene. Wenn man ihre Beantwortung an der Hand der Geschichte versucht, so muß man berücksichtigen, daß weder die Verhältnisse Frankreichs, woselbst besondere Gründe für Hebung der Schiffahrtskanäle vorliegen, noch diejenigen Englands und Amerikas, woselbst mächtige Eisenbahngesellschaften die weitere Ausbildung der Kanäle gehindert haben, für Deutschland maßgebend sein können. Das Land, dessen Verhältnisse den unseren am nächsten stehen, ist Schweden. Gleichwie in Schweden sind die Haupteisenbahnen in der Hand von Staaten, welche sich eine gleichmäßige Förderung aller Verkehrsmittel angelegen sein lassen; ebenso wie dort sind — zum wenigsten im nördlichen Deutschland — die Vorbedingungen für eine weitere Entwicklung und eine gedeihliche Wirksamkeit der Schiffahrtskanäle vorhanden.

**§ 8. Voruntersuchungen.** Die technischen Voruntersuchungen, welche nach Ermittlung der Verkehrsverhältnisse und vor der Bearbeitung des Entwurfs eines künstlichen Verkehrsweges anzustellen sind, betreffen sowohl den Bau wie den Betrieb. Grundlagen für den Bau sind: die wesentlichen Breiten- und Höhenabmessungen, die bei der Linienführung anzuwendenden Krümmungshalbmesser, ferner die Steigungsverhältnisse oder bei Schiffahrtskanälen die Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Haltungen. Diese Gegenstände nennt man in ihrer Gesamtheit Tracierungs-Elemente und es ist zweckmäßig, die Ergebnisse der bezüglichen Ermittlungen nebst sonstigen Punkten, welche die Gestaltung des Entwurfs wesentlich beeinflussen, in einem Programm zusammenzufassen.

Breiten und Tiefen, bezw. Höhen. Von den oben erwähnten Hauptabmessungen und ihren Beziehungen zu den Abmessungen der Fahrzeuge ist bei vorläufiger Besprechung der Schiffahrtsanlagen (Kap. X, C.) die Rede gewesen; hier mögen die Ergebnisse kurz zusammengestellt werden.

Als eine zweckmäßige Wassertiefe neuer deutscher Schiffahrtskanäle mittleren Ranges ist je nach der Größe des zu erwartenden Verkehrs 2,0 oder 2,5 m anzunehmen, und als lichte Höhe zwischen Wasserspiegel und Unterkante der Brückenträger 4,0 m bezw. 4,5 m; eine Höhe von 3,7 m kann als zur Not zulässig bezeichnet werden.

Hinsichtlich der Weiten der Schleusen und der Breiten der Wasserquerschnitte ist man in den Reichslanden an die französischen Hauptabmessungen (Schleusenweite 5,2 m, Wasserquerschnitt nach F. 6, T. XV, jedoch mit 2 m Wassertiefe) gebunden; in den übrigen Teilen Deutschlands sind größere Abmessungen am Platze. Als normales Maß der Weite von Schleusen in Kanälen zweiter Klasse kann 8,6 m bezeichnet werden. Die Schlagschwellen der Schleusen sind 0,5 m tiefer, als die Sohlen der angrenzenden Kanalstrecken zu legen. Bei 2,5 m Wassertiefe ergibt sich die Ladefähigkeit 1,75 m tief gehender Kanalkähne zu 600 t. Die nutzbare Länge der Kammern sei 55 m (Oder-Spree-Kanal) bis 67 m (Dortmund-Ems-Kanal).

Der Wasserquerschnitt der Kanalstrecken sollte mindestens das Vierfache des größten eingetauchten Querschnitts von Kähnen mittleren Tiefgangs betragen. Die Kernform des Wasserquerschnitts ist ein Trapez; Abweichungen von dieser Form werden in

§ 13 besprochen werden. Als Beispiele sind zu nennen: der Oder-Spree-Kanal: 2 m Wassertiefe, untere Breite 14 m, woraus sich bei zweimaliger Böschung eine obere Breite von 22 m ergeben würde, ferner der Dortmund-Ems-Kanal: 2,5 m Wassertiefe, Breiten 18 bzw. 28 m. Anordnungen, welche es leicht machen, den Wasserquerschnitt bei Steigen des Verkehrs zu vertiefen und zu erbreitern, sind zu empfehlen.

Bei Bestimmung aller Hauptabmessungen eines Kanals muß auf die Größe des Verkehrs Rücksicht genommen werden, denn eine Vergrößerung des Kanalquerschnitts hat eine Verminderung der Zugkraft und somit der Transportkosten im Gefolge. Dieser Vorteil wird um so größer und eine Mehrausgabe für den Bau wird um so mehr gerechtfertigt sein, je bedeutender der Verkehr ist. Eine Untersuchung hierüber findet man bereits in: Voruntersuchungen über den Hunte-Ems-Kanal (Oldenburg 1847), S. 26.

In einem Vorbericht für den VI. internationalen Binnenschifffahrts-Kongress im Haag (1894) weist Größe auf Grund eingehender Ermittlungen nach, daß für Hauptkanäle mit großem Verkehr eine Vergrößerung des Wasserquerschnitts bis auf etwa das Fünffache des Schiffsquerschnitts für die Verzinsung des Anlagekapitals, sowie für Verringerung der Betriebs- und Unterhaltungskosten vorteilhaft sein würde.

Der Genannte sagt ferner:

In Rücksicht auf die Kreuzung der Schiffe ist bei Kanälen mit Schnellbetrieb zu empfehlen, als kleinste Breite in der Ebene der größten Tauchtiefe für 300 Tonnen-Schiffe die zweifache größte Breite der Schiffe + 5,0 m anzunehmen und für je 100 Tonnen Mehrtragfähigkeit diese Breite um 0,5 m zu vergrößern.

Sodann:

Das Mindestmaß der Wassertiefe unter dem Boden des beladenen Kanalschiffs ist je nach der größten Tragfähigkeit der Schiffe und nach der Betriebsart zu bemessen.

Bei einer Tragfähigkeit von

empfiehlt sich

für Schraubenbetrieb für andere Betriebsarten  
ein Abstand von

200 t	40 cm	30 cm
1000 t	80 cm	50 cm

(Zwischenwerte ergeben sich durch Einschaltung.)

Wenn nach Obigem die neueren deutschen Kanäle eine ziemlich feste Gestaltung anzunehmen beginnen, so sind doch die Fälle nicht selten, in welchen infolge örtlicher Verhältnisse teils größere, teils kleinere Abmessungen angezeigt sind. Das erstere ist namentlich bei den mit dem Niederrhein in Verbindung stehenden Kanälen am Platze. Der sogenannte Merwede-Kanal, welcher Amsterdam mit dem Rhein verbindet, weist dementsprechend erheblich größere Maße auf (Wassertiefe 3,1 m, Sohlenbreite 20 m (s. F. 8<sup>e</sup>, T. XV); Lichthöhe unter Brücken 6,5 m; die Mehrzahl der Schleusen hat 12 m Weite, die Kammern sind 25 m weit und haben 120 m nutzbare Länge). Selbst für den Elbe-Trave-Kanal zwischen Lauenburg und Lübeck sind als Schleusenweite 11 m und für die Kammern eine nutzbare Länge von 75 m und eine Breite von etwa dem Einundeinhalbfachen der Thorweite in Aussicht genommen. Der Wasserquerschnitt erhält bei 2 m Tiefe 20—22 m Sohlenbreite und zweimalige Böschungen. Die lichte Höhe unter den Brücken wird 4,2 m sein.

Zu den Kanälen, für welche kleinere Abmessungen genügen, gehören u. a. die Moorkanäle. Bei den ostfriesischen Moorkanälen ist die Wassertiefe etwa 1,5 m, die Schleusen haben eine Weite von 4—4,2 m und eine nutzbare Länge von 15—16 m.<sup>12)</sup> Zu diesen Kanälen kann auch der Ems-Jade-Kanal gerechnet werden, insofern er die großen Moore des Regierungsbezirks Aurich erschließt. (Wassertiefe (rund) 2 m, Sohlenbreite 8,5 m, die mittleren Schleusen haben 6,5 m Weite und 33 m Kammerlänge.)

Es sei noch bemerkt, daß die Abmessungen der Schleusenkammern durch die Anforderungen des Betriebes wesentlich beeinflusst werden. In dieser Beziehung scheint

<sup>12)</sup> Deutsche Bauz. 1883, S. 506.

festzustehen, daß bei Kanälen mit starkem Verkehr in erster Linie die Beförderung einzelner Kähne mittels kleiner Schleppdampfer ins Auge zu fassen ist. Für den Dortmund-Rhein-Kanal beispielsweise wird jede andere Art des Betriebes als aussichtslos bezeichnet. Die Abmessungen der Kammern sind deshalb in der Regel so zu bemessen, daß gleichzeitig mit dem Kanalkahn ein zugehöriger Schlepper geschleust werden kann.

Grundlagen für die Linienführung. Die Mittellinie eines Kanals pflegt sich, wie bei Straßen und Eisenbahnen, aus geraden Linien und Kreisbögen zusammzusetzen. Die Halbmesser der Kurven richten sich nach der Länge der Schiffe. Bei einer Schiffslänge von 34,50 m hat man bei älteren Kanälen, z. B. bei dem Rhein-Marne-Kanal, Halbmesser bis 100 m abwärts zur Anwendung gebracht.

Man kann die in der Regel einzuhaltenden Kleinstwerte der Halbmesser aus den Untersuchungen über die Erbreiterung der Kanäle in Kurven ableiten, von welchen in § 11 die Rede sein wird. Wenn man die an genannter Stelle ermittelten Kanalbreiten als Ordinaten und die Kurvenhalbmesser als Abscissen aufträgt, so erhält man eine der Hyperbel ähnlich gestaltete Kurve. Man kann an derselben eine Stelle bezeichnen, woselbst die Erbreiterungen anfangen stark abzunehmen, und die entsprechende Abscisse als einen zweckmäßigen kleinsten Halbmesser bezeichnen. Durch dies Verfahren ergibt sich derselbe

bei Schiffen von . . . . .	35	45	55 m Länge
in runden Zahlen zu . . . . .	200	250	300 m.

Hiernach wäre der bei Schifffahrtskanälen in der Regel anzuwendende kleinste Halbmesser der Kurven etwa gleich dem 6fachen der Schiffslänge.

Es handelt sich übrigens hierbei um ein Maß, welches sich nicht scharf bestimmen läßt. Durch Vergrößerung der Halbmesser wird der Betrieb erleichtert, neueren Entwürfen hat man deshalb auch größere Werte als die angegebenen zu Grunde gelegt; beim Elbe-Trave-Kanal sind beispielsweise 600 m, d. i. etwa das Achtfache der größten Schiffslänge, als kleinster Halbmesser angenommen. Größe empfiehlt einen solchen von 500 m. Im allgemeinen haben sich für die neueren Schifffahrtskanäle ungefähr dieselben Werte herausgestellt, welche sich bei Haupteisenbahnen bewährt haben.

Die Kunstbauten (Schleusen, Brücken u. s. w.) haben auf die Linienführung insofern Einfluß, als es sich empfiehlt, bis etwa 150 m vor und hinter diesen Bauwerken Krümmungen in der Regel zu vermeiden.

Höhen- und Gefälleverhältnisse. Für die Höhenlagen der Haltungen sind in der Nähe der Kanalmündungen die Wasserstände der anschließenden Wasserläufe maßgebend; bei Festlegung der Höhenlage von Scheitelstrecken ist auf ihre Speisung Rücksicht zu nehmen, die letztere ist aber auch bei Zwischenstrecken nicht selten in Betracht zu ziehen; durch ein tiefes Einschneiden des Kanals in den Grund und Boden wird die Speisung mitunter wesentlich erleichtert. Hagen empfiehlt bei Kanälen im Hügellande in den oberen, schwieriger zu speisenden Strecken ein kleineres Schleusen-gefälle anzuordnen, als in den unteren.

Auf das Gefälle der Schleusen, also auf den Höhenunterschied der Wasserspiegel zweier benachbarten Haltungen, haben noch andere und sehr verschiedene Umstände Einfluß. Mitunter werden zwar die Gefälle durch die örtlichen Verhältnisse ohne weiteres fest bestimmt, gewöhnlich kann man aber verschiedene Anordnungen treffen, indem man die Zahl der Schleusen vermehrt oder einschränkt. Durch größere Gefälle, also durch Verminderung der Zahl der Schleusen, werden die Gesamtkosten für diese

Bauwerke vermindert, dagegen nehmen hierbei die Ausgaben für die Erdarbeiten in der Regel zu; man kann somit ein Gefälle (Normalgefälle) ermitteln, bei welchem die Baukosten ein Minimum werden.

Ausschlaggebend für die Wahl der Schleusengefälle ist aber heutzutage der Umstand, daß größere Gefälle den Betrieb wesentlich erleichtern, weil sie mit längeren Haltungen Hand in Hand gehen. Die Schleusen vermehren die Transportkosten, weil daselbst Zeitverluste unvermeidlich sind, nicht minder steigern sie die Unterhaltungskosten eines Kanals. Sie beeinträchtigen die Regelmäßigkeit des Transports und erschweren die Anwendung der Dampfkraft. Da aber die Einführung der letzteren eine Lebensfrage für Kanäle mit starkem Verkehr geworden ist, so muß man jetzt mehr als früher auf Verringerung der Anzahl der Schleusen und auf die Herstellung langer Haltungen Bedacht nehmen. Wo bei geringer Längenerstreckung große Höhenunterschiede zu überwinden sind, hat man, namentlich wenn die Speisung schwierig ist, die Gefälle soweit möglich an einem Punkte zu vereinigen und diejenigen Hilfsmittel anzuwenden, von welchen in § 25 des XIV. Kapitels die Rede gewesen ist.

Wenn es möglich ist, den zu einer Gruppe gehörenden Schleusen ein und dasselbe Gefälle zu geben, so erreicht man übrigens namhafte Vorteile durch Vereinfachung des Baues und der Unterhaltung, mitunter auch für die Speisung des Kanals.

Bei dem Rhein-Marne-Kanal beträgt das Normalgefälle der Schleusen 2,60 m, etwa ein Sechstel der Schleusen ist mit 2,72 m Gefälle ausgeführt. Außerdem kommen fünf Schleusen mit kleineren Gefällen von 2,49 bis 1,50 m vor. Das zuletzt genannte geringe Gefälle ergab sich bei der letzten Schleuse in der Nähe der Ill. — Das durchschnittliche Gefälle der Schleusen des Erie-Kanals beträgt 2,81 m, das größte 4,72 m, das kleinste 0,91 m. Bei dem Marne-Saône-Kanal beträgt das durchschnittliche Gefälle der Schleusen an der Marne-Seite 3,5 m; hier haben Schleusen ein und desselben Abschnitts thunlichst das gleiche Gefälle erhalten, beispielsweise 3,67 m bei neun zusammengehörenden Schleusen. Bei dem Entwurf für einen oberrheinischen Schiffahrtskanal wurden 3 m als günstigstes Schleusengefälle ermittelt, man fand aber, daß innerhalb der Grenzen 2,5 und 3,5 m bei den Bau- und den Betriebskosten des Kanals ein wesentlicher Unterschied nicht entsteht. Drei Schleusen des Oder-Spree-Kanals in der Gegend von Fürstenberg haben (rund) 4 m, die Wernsdorfer Schleuse hat aber nahezu 5 m Gefälle. Die Mehrzahl der Schleusen des Kanals du Centre (Belgien) hat 4,20 m Gefälle. Mehrere Schleusen des französischen Kanals du Centre haben gelegentlich eines Umbaues 5,2 m Gefälle erhalten.

Die Schleusen der Kanäle in den Niederungen haben nicht selten sehr kleine Gefälle, so z. B. in den Niederlanden, wo solche von 0,3 bis 0,8 m nicht selten sind. Es kommt auch vor, daß die Schleusen nur in gewissen Zeiten des Jahres gebraucht werden, gewöhnlich aber offen stehen, man vergleiche F. 8<sup>b</sup>, T. XV. Dagegen haben die Schleusen in den schiffbaren Bewässerungskanälen Italiens sehr große Gefälle, im Kanal Pavia-Mailand bis 4,8, im Kanal Paderno sogar bis 6,2 m. Übrigens wird auch der Dortmund-Ems-Kanal eine Schleuse von 6,1 m Gefälle erhalten.

Bei Haltungen von geringer Länge kann man die Sohle unbedenklich horizontal anlegen, bei längeren Haltungen ist dies im allgemeinen nicht üblich. Der Umstand, daß bei starkem Wasserverbrauch sich eine große Wassermenge im Kanale bewegen muß, weist für lange Haltungen auf die Anordnung eines Sohlengefälles hin. Wichtiger ist, daß eine geneigte Kanalstrecke sich bei Ausbesserungen leichter und vollständiger trockenlegen läßt.

Der Kanal Brüssel-Charleroi soll in seiner Scheitelstrecke ein Sohlengefälle von 0,037 m, die Strecke des Erie-Kanals von Lockport nach Rochester sogar ein solches von 0,083 m f. d. Kilometer haben. Bei einem älteren Entwurfe des Weser-Elbe-Kanals ist der mittlere Teil der Scheitelstrecke zwischen den Speisegräben aus der Leine und der Ocker horizontal gelegt, rechts und links derselben hat man jedoch 0,157 m Gefälle auf etwa 60 km Länge angeordnet. Es ist somit ein Sohlengefälle von nicht ganz 0,003 m f. d. Kilometer angenommen. Man wird indessen in der Regel das Gefälle der Hauptsache nach in der Wasserspiegellinie stattfinden lassen. An der Scheitelstrecke des Rhein-Marne-Kanals wurde dies Gefälle

beispielsweise zu 0,004 bis 0,008 m f. d. km und die dem letzteren entsprechende Wassergeschwindigkeit zu 0,14 m beobachtet. Der Oder-Spree-Kanal hat in der Gegend von Fürstenwalde ein Sohlengefälle von 0,01 m, in den übrigen Strecken ein solches von 0,007 m f. d. km erhalten.

Aus dem bis hierher Besprochenen geht hervor, daß der Betrieb der Schiffahrtskanäle die baulichen Anlagen wesentlich beeinflusst. Mehr noch tritt der Betrieb bei Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit eines Kanals in den Vordergrund, denn die Grundlagen für diese Untersuchungen sind Ermittlungen über die beim Schleusen stattfindenden Zeitverluste und über die Fahrgeschwindigkeit der Schiffe. Auch für die baulichen Anlagen ergeben sich aus diesen Ermittlungen wichtige Folgerungen; die Fahrgeschwindigkeit beispielsweise hat großen Einfluß auf die Uferbefestigungen, vergleiche § 13.

Zeit für das Durchschleusen. Die zum Schleusen erforderliche Zeit betrug bislang nach Beobachtungen am Rhein-Marne-Kanal und am Saar-Kohlen-Kanal in der Regel 15 Minuten, die eigentliche Arbeit konnte in 10 Minuten ( $2\frac{1}{2}$  für das Einfahren der Schiffe,  $4\frac{1}{2}$  für das Entleeren der Kammer, 3 für das Ausfahren) beschafft werden. Hierbei haben die Schleusen 5,2 m Lichtweite, 35 m Länge von Schlagschwelle zu Schlagschwelle und 2,60 m Gefälle. Es entstehen aber bei den Schleusen leicht mancherlei Aufenthalte, sodaß man bislang durchschnittlich mindestens 20 Minuten für die Schleusung eines einzelnen Schiffes zu rechnen pflegte. Aus diesen Angaben folgt, daß unter Einhaltung der gewöhnlichen Arbeitszeit und unter gewöhnlichen Verhältnissen mittels gewöhnlicher Schleusen nur 30 bis 40 Schiffe täglich geschleust werden würden. Bei starkem Verkehr genügt dies nicht, weshalb man in neuerer Zeit bestrebt ist, die Zeit für das Schleusen durch zweckmäßige Anordnungen abzukürzen. Auch ohne Doppelschleusen kann man durch sorgfältige Ausbildung der zum Füllen und Entleeren der Kammern dienenden und der Vorrichtungen zur Bewegung der Thore (worüber das XIV. Kapitel zu vergleichen ist), namentlich aber durch gute Handhabung des Schleusendienstes und durch Zuhilfenahme der Nachtzeit viel erreichen.

Hebwerke ermöglichen eine namhafte Zeitersparnis, sind also auch hierdurch den Schleusentreppen überlegen. Berechnungen, welche für den Dortmund-Rhein-Kanal angestellt sind, haben ergeben, daß die Zeit, welche erforderlich ist, um ein Schiff zu Berg und ein Schiff zu Thal zu schleusen, bei diesem Kanal für Hebwerke 30 Minuten, für eine Kammerschleuse aber 44 Minuten betragen dürfte.

Nach neueren Erfahrungen sind auf dem Kanale von St. Quentin in 24 Stunden nicht selten 80 Schiffe (beladen und leer) geschleust worden und an der ersten Schleuse des Saar-Kohlen-Kanals wurden in einem Tage ohne Verstärkung des Personals 59 leere Schiffe geschleust. Eine wesentliche Abkürzung der Schleusungsdauer ist auch auf dem Kanale von Burgund ermöglicht, worüber S. 157 des XIV. Kapitels zu vergleichen ist.<sup>13)</sup>

Fahrgeschwindigkeit. Als zweckmäßige, aber nicht zu überschreitende Fahrgeschwindigkeit beladener, durch Dampfkraft beförderter Kähne auf freier Strecke

<sup>13)</sup> Litteratur. Ermittlungen über die beim Schleusen von Schiffszügen erforderliche Zeit s. Werneburg. Kettenschiffahrt auf dem kanalisierten Main, S. 39 u. 43. Ferner: Fontaine et Demur. Sur la durée de l'éclusage au canal du centre des bateaux chargés à 300 tonnes. Ann. des ponts et chaussées 1881, II, S. 139. — Tijdschr. van het kon. inst. van ing. 1880/81, 4. Lf., S. 95. — Bazin. Dauer der Durchschleusung und Beförderung der Schiffe auf dem Kanal von Burgund. Ann. des ponts et chaussées 1885, März u. Aug. Vergl. auch Wochenbl. f. Bauk. 1886, S. 48 und Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 68. — Barbet. Über die Drempeltiefe der Schleusen in Bezug auf die Einfahrtsdauer der Schiffe und über den Einfluß der Lage der Thorschützen im Oberhaupte auf die Dauer der Schleusenfüllung. Ann. des ponts et chaussées 1885, Okt. S. 727 bis 743; Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 224.

werden bei neueren Untersuchungen 5 km i. d. Stunde (1,39 m i. d. Sekunde) angenommen, durch eine gröfsere Geschwindigkeit steigen die Schiffswiderstände, somit die Betriebskosten erheblich. Bei Kanälen mit lebhaftem Verkehre ist zu berücksichtigen, dafs jene Geschwindigkeit bei der Kreuzung zweier Schiffe ermäßigt werden mufs. Hiertüber sind u. a. für den Dortmund-Rhein-Kanal Untersuchungen angestellt, auf welche verwiesen wird.<sup>14)</sup> Man hat gefunden, dafs bei diesem Kanal infolge der Schiffskreuzungen nur auf eine mittlere Geschwindigkeit von 3,5 km i. d. Stunde (0,96 m i. d. Sekunde) gerechnet werden kann. — Eingehendere Ermittlungen über diesen Gegenstand hat Gröhe in dem bereits erwähnten Vorbericht für den VI. internationalen Binnenschiffahrts-Kongress gemacht, und namentlich auf Grund solcher Ermittlungen gelangt er zu den auf S. 374 erwähnten Ergebnissen bezüglich der Gröfsen des Wasserquerschnitts.

Erheblich gröfser als die oben erwähnte ist die Geschwindigkeit, mit welcher Dampfer (meistenteils Schraubendampfer) auf niederländischen Kanälen den Verkehr von Personen und den Verkehr mit Stückgütern u. dergl. vermitteln. Durchschnittlich sind 7 km i. d. Stunde vorgeschrieben. Nähere Angaben werden gelegentlich Besprechung der Uferbefestigungen (§ 13) gemacht werden. Die vorschriftsmäßigen gröfsten Geschwindigkeiten werden indessen meistens überschritten, es ist aber sehr schwierig, diese Überschreitungen festzustellen. Neuere Beobachtungen lassen übrigens vermuten, dafs es weniger auf die Fahrgeschwindigkeit, als auf die Kraft ankommt, mit welcher die Maschine arbeitet, insofern es sich um den Angriff der Ufer handelt.<sup>15)</sup>

Im allgemeinen sind die Grundlagen, auf welchen die besprochenen Voruntersuchungen beruhen, ziemlich schwankend. Theoretische Erörterungen, wie solche bei Strafsen und Eisenbahnen über die Abwägung der Baukosten gegen die Betriebskosten angestellt werden und bei diesen zu wichtigen, wissenschaftlich begründeten Ergebnissen führen, werden bei künstlichen Wasserstrafsen auch dann noch auf Schwierigkeiten stofsen, wenn über den Betrieb der neueren Kanäle längere Erfahrungen vorliegen. Als einen Notbehelf kann man beim Vergleich verschiedener Kanallinien sogenannte Betriebslängen bilden, indem man für jede Schleuse etwa 2 km Kanallänge rechnet.

**§ 9. Generelle Tracierung.**<sup>16)</sup> Es mufs zunächst daran erinnert werden, dafs die Lage der Endpunkte eines lebensfähigen Schiffahrtskanals durch die Mittelpunkte der Gewinnung und des Verbrauchs (der Produktion und der Konsumtion) grofser Massen bedingt wird. Massengewinnungsplätze sind hauptsächlich die Gegenden reichen Bergbaues, insbesondere der bergmännischen Gewinnung von Kohlen und Eisen. Plätze für den Verbrauch grofser Massen sind vorzugsweise die Grofsstädte und bedeutende Hafenstädte, letztere auch wegen der Überführung der Gegenstände auf Seeschiffe.<sup>17)</sup> Außerdem sind Schiffahrtskanäle als Verbindungen zwischen Wasserstrafsen ersten Ranges und als Verbindungen zwischen diesen und der See an richtiger Stelle. Dem

<sup>14)</sup> Duis und Prüsmann. Der westliche Teil des Rhein-Weser-Elbe-Kanals (Dortmund-Rhein-Kanal), Berlin 1893 (nicht im Buchhandel), S. 22 der Erläuterungen. Auszug in den Mitteilungen des „Centralvereins“. 1893, Okt.

<sup>15)</sup> v. Horn. Einwirkung der Dampfschiffahrt auf den Querschnitt der Kanäle. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 484.

<sup>16)</sup> Die Bezeichnungen „generelle bezw. specielle Tracierung“ sind hier einstweilen beibehalten. Deutsche Wörter (z. B. allgemein statt generell, ausführlich statt speciell) sind verschiedene in Vorschlag gebracht, ohne dafs sie sich bislang einzubürgern vermocht hätten. Der Verfasser möchte „vorläufig“ und „genau“ empfehlen.

<sup>17)</sup> Vergl. Meitzen. Die Frage des Kanalbaues in Preussen. Leipzig 1885.

Techniker pflegen auch in diesen Fällen die Endpunkte der Kanallinien der Hauptsache nach als etwas Gegebenes vorzuliegen.

Die Aufgabe der generellen Tracierung besteht nun bei einem Schiffahrtskanale wie bei anderen Verkehrswegen darin, auf Grund der Voruntersuchungen und gestützt auf ausgedehnte Geländeaufnahmen von genügender Genauigkeit unter den zwischen gegebenen Endpunkten möglichen Linien diejenige zu ermitteln und der Hauptsache nach festzulegen, welche sowohl den technischen Anforderungen, wie denjenigen des Verkehrs am besten entspricht. Um die Eigentümlichkeiten der vorkommenden Arbeiten und Erwägungen zu zeigen, sollen bestimmte Fälle besprochen werden, welche zugleich Aufschluß über die allgemeine Lage und Gestaltung einiger neueren, namentlich deutschen Schiffahrtskanäle geben.<sup>18)</sup>

Es sei hier eine Übersicht über die preussischen Binnenkanäle eingeschaltet, welche nach den Ausführungen in einer Denkschrift der Staatsregierung v. J. 1882 damals in Betracht gezogen wurden.

Die betreffenden Linien sind:

Westöstliche Kanalverbindung.

1. Rhein-Maas-Kanal.
2. Rhein-Weser-Elbe-Kanal.
3. Verbesserung der Wasserwege durch Berlin.
4. Oder-Spree-Kanal (Berlin-Kienitz).

Südnördliche Verbindung.

5. Elbe-Spree-Kanal.
6. Abzweigung nach Schwedt.

Anschlußkanäle.

7. Elbe-Trave-(Stecknitz-)Kanal.
8. Kanalverbindung Rostock-Berlin.
9. Kanal Leipzig-Elbe.
10. Donau-Oder- und Oder-Lateral-Kanal.

Die damals auch genannte Kanalisierung des Mains unterhalb Frankfurt ist bekanntlich ausgeführt, an Stelle des „Oder-Lateral-Kanals“ tritt die Kanalisierung der betreffenden Strecke der Oder.

**Deutsche Seitenkanäle.** Am einfachsten gestalten sich die fraglichen Arbeiten bei Seitenkanälen (Thalkanälen).

So waren beispielsweise für den Saar-Kohlen-Kanal, dessen Linienführung zum Teil durch F. 2, T. XV dargestellt ist, nicht allein die beiden Endpunkte (Saargemünd und der See von Gondersingen (*Gondrexange*) von vornherein gegeben, sondern auch die allgemeine Lage des Kanals, indem derselbe bis in die Gegend von Saar-Union auf das Saar-Thal und von dort ab auf das Thal der Naubach angewiesen war. In solchen Fällen handelt es sich im wesentlichen nur um die Wahl derjenigen Seite des Thales, welche für den Kanalbau am günstigsten ist. Auch in dieser Beziehung werden beim Saar-Kohlen-Kanal schwierige Fragen wohl nicht entstanden sein, weil allein schon die Rücksicht auf Vermeidung eines Aquadukts über die Saar die Wahl der linken Thal-seite veranlaßt haben dürfte. Unter angemessener Berücksichtigung der Gestaltung des Grund und Bodens und der Bodenbeschaffenheit wird man auch in anderen Fällen die richtige Thal-seite bald auswählen.

Das Längenprofil eines Kanals, welcher wie der größte Teil des Saar-Kohlen-Kanals dem Laufe eines Baches oder Flusses folgt, stützt sich auf ein Nivellement der betreffenden Thal-sohlen und es hat keine Schwierigkeit, die Anzahl und die Lage der Schleusen in ihren Grundzügen zu ermitteln, sobald über das Gefälle der letzteren Annahmen gemacht sind.

<sup>18)</sup> Litteratur am Schlusse des Kapitels.

Ein neueres Beispiel bietet der Entwurf eines oberrheinischen Schiffahrtskanals. Der obere Endpunkt dieses Kanals würde die Stadt Straßburg sein, womit zugleich seine Lage an der linken Seite des Rheins gegeben ist. Bezüglich des unteren Endpunkts schwankt die Wahl zwischen Speyer und Ludwigshafen. Die linksseitigen Hochgestade des Rheins, auch die Lage der Ortschaften in der Rheinebene weisen darauf hin, den Kanal in der Regel in ziemlicher Entfernung vom Rhein anzulegen. Bei 99,5 km Länge desselben würde sein Gesamtgefälle vom Ill-Rhein-Kanale bis zum Normalwasserstande der vorletzten Haltung bei Speyer 40,4 m betragen; dasselbe ist auf 15 Schleusen ungleichmäßig verteilt. — Die Ausführung dieses Kanals ist bekanntlich zur Zeit in weite Ferne gerückt.

Kanalstrecken, deren allgemeine Lage durch die Richtung von Flüssen bestimmt ist, weisen ferner der sogenannte Dortmund-Ems-Kanal und der Dortmund-Rhein-Kanal auf; von diesen wird weiter unten gesprochen werden.

Deutsche Scheitelkanäle. Etwas verwickelter sind die Aufgaben der generellen Tracierung, wenn eine Wasserscheide zu überschreiten ist. Die Lage der Scheitelhaltung wird nicht selten durch die tiefste im Bereiche der Kanallinie befindliche Einsattelung bestimmt. Nach Ermittlung dieser Stelle muß sorgfältig untersucht werden, ob sich für die Scheitelstrecke Speisewasser in ausreichender Menge findet. Bei Moor-kanälen und bei Kanälen in Niederungen bereitet diese Angelegenheit allerdings keine Schwierigkeiten. Ein Beispiel ist der Hunte-Ems-Kanal (F. 4 u. 5, T. XV), bei dessen Linienführung aber andere lehrreiche Erwägungen anzustellen waren. Das Nähere läßt sich nicht ohne Karte erörtern, weshalb auf den Bericht über die betreffenden Voruntersuchungen (Oldenburg 1847) zu verweisen ist.

Unter den neueren Scheitelkanälen im Flachlande ist zunächst der Oder-Spree-Kanal namhaft zu machen, s. T. XVI, F. 1<sup>a</sup> u. 1<sup>b</sup>. Ein wesentlicher Zweck desselben: Erleichterung des Transports der oberschlesischen Kohlen nach Berlin, wies darauf hin, den Anschluß an die Oder nach Fürstenberg zu legen, also ziemlich weit oberhalb der Stelle, woselbst der auf S. 370 erwähnte Friedrich-Wilhelms-Kanal in die Oder mündet. Als westlicher Endpunkt wurde der von der Dahme durchflossene Seddin-See gewählt, welcher eine natürliche, gut schiffbare Wasserverbindung mit Berlin hat. Im übrigen handelte es sich darum, aufser einem Teil des Laufs der Spree auch einen Teil des Friedrich-Wilhelm-Kanals und einige Seen zu benutzen. Auf eine Gesamtlänge von 87 km entfallen (rund) 50 km neugegrabene Kanalstrecken; der bestehende Kanal war auf 12 km Länge zu erweitern. Die Höhenverhältnisse (s. F. 1<sup>a</sup>, T. XVI) können ziemlich günstig genannt werden, indem nur acht Schleusen zu bauen waren. — Dieser Kanal ist i. J. 1890 vollendet.

Bei dem Elbe-Trave-Kanal, welcher die Elbe mit der Ostsee in Verbindung bringt, waren die Endpunkte Lauenburg und Lübeck von vornherein gegeben; eine zweckmäßige Lage des Kanals war durch eine seit Jahrhunderten bestehende, die Flüschen Delvenau und Stecknitz benutzende Wasserstraße angezeigt. Man hat indessen nicht versäumt, verschiedene Linien und sogenannte Varianten zu studieren; unter den ersteren mag die Wackenitz-Linie, welche das Mecklenburger Land berührt, genannt werden. Auch bei diesem Kanal kommen mälsige Höhenunterschiede in Betracht. Bei 67 km Kanallänge liegt die Scheitelstrecke (in runden Zahlen) nur 8 m über dem mittleren Wasserstande der Elbe und 12 m über der Ostsee. Dementsprechend genügen an der Westseite drei und an der Ostseite sechs Schleusen von mälsigem Gefälle. — Die Ausführung des Elbe-Trave-Kanals ist jetzt (1894) eingeleitet.

Kanäle zwischen Rhein, Ems, Weser und Elbe. Die Kanäle, welche die Flüsse Rhein, Ems, Weser und Elbe miteinander in Verbindung setzen, sind im Zusammenhange zu besprechen, obwohl der Stand der Arbeiten für die einzelnen Strecken ein sehr verschiedener ist. An dem Kanal von Dortmund nach den Emshäfen (dem sogenannten Dortmund-Ems-Kanal) sind die Bauarbeiten seit dem Jahr 1892 im Gange, die Ausführung des Dortmund-Rhein-Kanals ist von der preussischen Regierung (bis jetzt ohne Erfolg) beantragt, für die sonstigen Kanalstrecken liegen ältere und neuere Entwürfe vor.

In technischer Hinsicht sind zu unterscheiden:

1. Ein Seitenkanal im Gebiete des Rheinstromes,
2. Scheitelstrecken zwischen Rhein, Ems und Weser, sowie zwischen Weser und Elbe,
3. Seitenkanäle längs der Ems,
4. Die Verbindungen der Weser und der Elbe mit jenen Scheitelstrecken,
5. Verschiedene Zweigkanäle.

Als zweckmäßige Endpunkte haben sich am Rhein Duisburg-Ruhrort und an der Elbe die Gegend von Magdeburg in Übereinstimmung mit älteren Entwürfen herausgestellt, auch die Stelle, woselbst die Weser gekreuzt wird, hat eine wesentliche Verschiebung nicht erfahren; diese Kreuzung wird bei Minden stattfinden, also da, wo die Weser in die norddeutsche Ebene tritt. Im übrigen zeigen die aus verschiedener Zeit stammenden Entwürfe eine stetige Verringerung der Anzahl der Schleusen, also eine Bevorzugung langer Haltungen.

Für den Rhein-Weser-Kanal wurde noch in den 60er Jahren eine Überschreitung des Teutoburger Waldes in der Gegend von Bielefeld untersucht, jedoch wegen zu großer Meereshöhe (etwa 104 m) trotz vergleichsweise geringer Längenerstreckung aufgegeben. Immerhin wies ein anderer damals aufgestellter Entwurf, bei welchem der Teutoburger Wald umgangen wurde, zwischen Rhein und Weser noch 20 Schleusen in 250 km Kanallänge auf. Der heute vorliegende Entwurf dagegen hat nur fünf Schleusen und drei Schiffshebewerke; zwei der letzteren liegen nebst zwei Schleusen im Rheingebiet, woselbst nach Bearbeitung einer großen Zahl von Linien die an der Südseite des Emscher-Flusses ermittelte als die bauwürdigste bezeichnet ist. Über die umfangreichen Vorarbeiten, welche zur Bevorzugung dieser Linie geführt haben, giebt die bereits erwähnte Arbeit von Duis u. Prüssmann Aufschluss.

Von der Höhenlage und Länge der an den südlichen Emscher-Kanal sich anschließenden Scheitelstrecke wird weiter unten die Rede sein; in geringer Tiefe unter derselben konnte eine Linie ermittelt werden, welche es gestattet, eine schleusenfreie Strecke von 140 km Länge herzustellen. Dies ist die sogenannte Mittelland-Haltung (vergl. F. 2<sup>b</sup>, T. XVI), in welcher der „Mittelland-Kanal“, wie die nach Weser und Elbe führenden Kanäle in ihrer Gesamtheit neuerdings genannt worden, vom Rhein-Ems-Kanal abzweigt. Der Spiegel der Mittelland-Haltung liegt in einer Höhe von (rund) 50 m über N. N.

Rücksichten auf die Herstellung langer Haltungen sind auch Veranlassung, daß man beim Entwurf des Weser-Elbe-Kanals eine nördliche, an der Grenze der norddeutschen Ebene sich hinziehende Linie vor einer andern bevorzugt, welche Braunschweig, Oschersleben und Magdeburg berührend allerdings den örtlichen Verkehr erleichtern würde. Der Anschluß der erstgenannten Linie an die Elbe liegt bei Wollmirstedt südlich von Magdeburg, der Mündung des seit längerer Zeit bestehenden Plauer- oder Ihle-Kanals gegenüber, welcher die Havel mit der Elbe verbindet. Die Höhe des Kanalspiegels der Scheitelstrecke, welche eine Länge von 165 km erhalten hat, ist 57,5 m über N. N.; mittlere Wasserstände der Elbe liegen an der Mündungsstelle etwa 40 m über N. N. Der neueste Entwurf weist bei etwa 220 km Länge zwischen Weser und Elbe nur 9 Schleusen auf, während früher deren 13 in Aussicht genommen waren.

Um die großen Längenerstreckungen der Haupthaltungen des Mittelland-Kanals zu erreichen, hat man darauf verzichtet, selbst größere Städte unmittelbar zu berühren, wenn ihre Höhenlage ungünstig war, und hat für dieselben Zweigkanäle in Aussicht genommen. Man hat ferner behufs Einschränkung der Zahl der Schleusen bei Flussskreuzungen und selbst bei der Weser durchweg Kanalbrücken (Aquadukte) trotz ihrer bedeutenden Kosten in Aussicht genommen.

Der Dortmund-Ems-Kanal erfordert eine etwas ausführlichere Besprechung. Die in den Gebieten des Rheins und der Ems liegende, in F. 2<sup>a</sup> nur zum Teil gezeichnete Scheitelstrecke dehnt sich (F. 2<sup>b</sup>, T. XVI und Fig. 19, S. 382) von Herne bis Münster aus, sie hat eine Länge von 67 km, der Wasserspiegel liegt auf 56 m über N. N., somit etwa 34 m höher, als mittlere Wasserstände des Rheins bei Ruhrort (22 m über N. N.) und etwa 56 m höher, als das Niedrigwasser der Ems bei Papenburg.

Bei Herne wird ein Sammelhafen hergestellt, in dessen Nähe der Anschluß des nach dem Rhein führenden Kanals stattfinden wird. Unfern Henrichenburg zweigt von der Scheitelstrecke ein bei Dortmund endigender Zweigkanal ab, Wasserspiegel bei Dortmund 70 m über N. N. An Stelle von vier Kammerschleusen, mittels welcher der Höhenunterschied von 14 m nach Maßgabe eines älteren Entwurfs (F. 2<sup>a</sup>, T. XVI) überwunden werden sollte, wird ein Schiffshebewerk erbaut werden, vergl. Fig. 19 und Kapitel XIV, § 25. Die Speisung der Scheitelstrecke muß aus der Lippe, entweder mittels eines Pumpwerks oder mittels eines Speisekanals, erfolgen.

Oberhalb Münster, woselbst die Ems nahezu erreicht ist, senkt sich der Kanal mittels zweier Kammerschleusen in die oben erwähnte Mittelland-Haltung (50 m über N. N.), von dieser Haltung sind 34 km dem Dortmund-Ems-Kanal und dem Mittelland-Kanal gemeinschaftlich. Bis Bevergern, woselbst der letztgenannte Kanal abzweigt, war die Lage durch Rücksichten auf diese Abzweigung bestimmt.

Fig. 19 zeigt die Längenprofile der Strecken Herne-Lüdinghausen und Dortmund-Henrichenburg, wie sie sich durch genaue Bearbeitung des Entwurfs ergeben haben.

Bei Bevergern beginnt der Kanal den Charakter eines Seitenkanals anzunehmen, er erreicht die Ems in der Nähe von Lingen, verläßt dieselbe aber alsbald wieder und schließt sich dann bis Meppen

Fig. 19 u. 20. Dortmund-Ems-Kanal.

Fig. 19. Längenprofile Herne-Lüdinghausen und Dortmund-Heurichenburg.

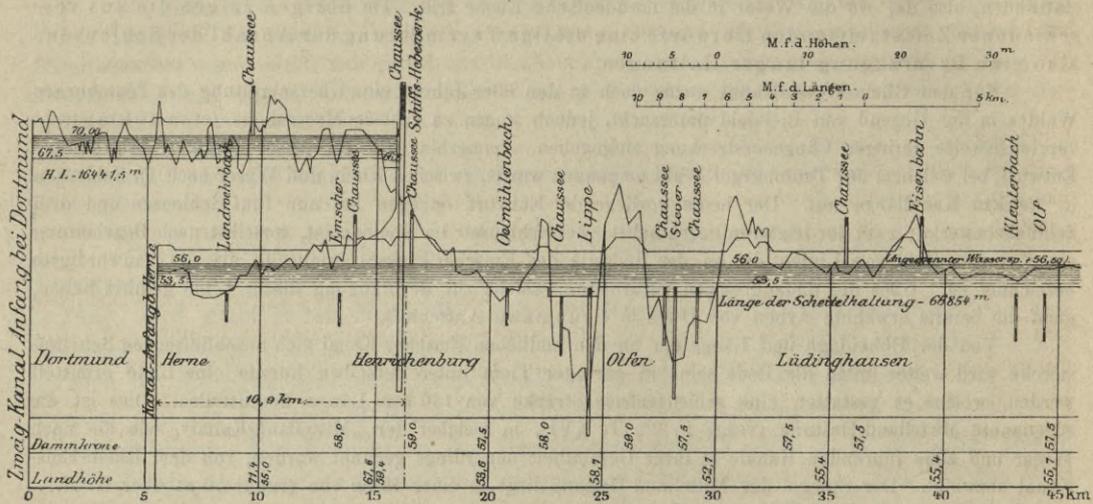
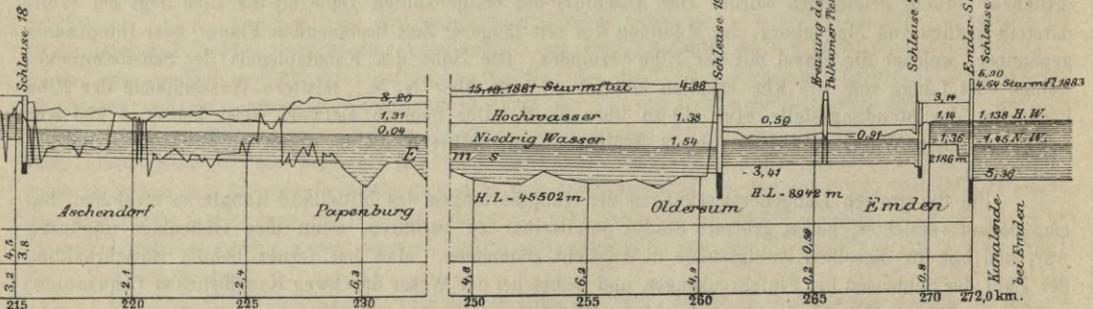


Fig. 20. Längenprofil Aschendorf-Emden.



der Lage des seit längerer Zeit bestehenden, jetzt zu erweiternden sogenannten Haneken-Kanals an. Auch die Strecke Meppen-Papenburg war früher als Seitenkanal behandelt (F. 2<sup>b</sup>, T. XVI). Rücksichten auf die Landwirtschaft (Schonung wertvoller Wiesen und Erhaltung der Überflutung der Niederungen durch die Hochwasser der Ems) haben veranlaßt, daß man hier einer Kanalisierung der Ems den Vorzug gegeben hat, deren letzte Schleuse bei Herbrunn unfern Aschendorf liegen wird. Von hier bis Oldersum wird die freie Ems benutzt.

Die Herstellung eines Kanals zwischen Oldersum und Emden (vergl. F. 2<sup>b</sup>, T. XVI und Fig. 20) ist erforderlich, weil dort der Wellenschlag auf der Ems schon so stark ist, daß Kanalkähne im freien Flusse nicht mit Sicherheit würden fahren können. — Es sei noch bemerkt, daß die Gesamtlänge der Wasserverbindungen zwischen Dortmund, Herne und Emden 283 km ist; hiervon sind 187 km gegrabener Kanal, 62 km kanalisierte Ems und 34 km freie Ems.

Bei dem Kanale von Dortmund nach den Emshäfen zeigt sich die mehrfach besprochene Erscheinung einer Zunahme der Länge der Haltungen recht deutlich. Der vorläufige Entwurf, dessen Längenprofil in F. 2<sup>a</sup>, T. XVI wiedergegeben ist, zeigt von Dortmund bis Papenburg auf 220 km Länge 26 Schleusen, was einer durchschnittlichen Länge der Haltungen von 8,6 km entspricht. — Bei der Ausführung erhalten der Kanal bzw. die kanalisierte Ems bis Papenburg eine Länge von 230 km, bis Herbrunn bei Aschendorf beträgt die Länge 215 km. Hierauf entfallen ein Hebewerk und 18 Schleusen,

woraus sich eine durchschnittliche Länge der Haltungen von etwas mehr als 11 km ergibt.

Aus der Besprechung der Linienführung des Dortmund-Ems-Kanals und des Mittel-land-Kanals ergibt sich, daß man bei sachgemäß behandelten neueren Kanalentwürfen die großen Kosten nicht scheut, welche die Einschränkung der Zahl der Schleusen, die Überführung eines Kanals selbst über größere Flüsse und das Aufsuchen kurzer, die Endpunkte soweit möglich unmittelbar verbindender Linien für den Bau mit sich bringen. Dies ist ohne Zweifel ein richtiges Verfahren. Die neuen Kanäle entnehmen ihre Berechtigung aus der Voraussetzung eines sehr bedeutenden Verkehrs und haben Einschränkung der Transportkosten großer Massen zum Ziel. In erster Linie steht somit die Verringerung der Betriebskosten, ein billiger Bau erst in zweiter Linie.

Daß die Kosten des Betriebs bei einem neuen Kanale von der Art der besprochenen viel geringer sein werden, als bei der Mehrzahl der bestehenden Kanäle, geht aus einem Vergleich der betreffenden Längenprofile und Querschnitte ohne weiteres hervor. Dies ist von Sympher im Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 383 (Die französischen Wasserstraßen und der Dortmund-Ems-Kanal) schriftlich und durch beachtenswerte bildliche Darstellungen näher begründet.

Kanäle in Frankreich, Holland und Belgien. Unter den neueren Kanälen außerhalb Deutschlands sind der Marne-Saône-Kanal in Frankreich, der Merwede-Kanal in Holland und der Kanal du Centre in Belgien hervorzuheben. Ersterer, teils Seitenkanal teils Scheitelkanal, ist seit längerer Zeit im Bau und war im Jahre 1892 noch nicht ganz vollendet. Die Gesamtlänge ist 153 km. Von den beachtenswerten Einzelheiten wird weiter unten an verschiedenen Stellen die Rede sein.

Der Merwede-Kanal, auch Rhein-Kanal genannt, verbindet Amsterdam mit dem Lek und weiter mit der Stelle der Waal, woselbst dieser Fluß nach Aufnahme der Maas den Namen Merwede annimmt.<sup>19)</sup> Ein älterer, von den Ständen der Niederlande aber nicht genehmigter Plan nahm eine von Utrecht in südöstlicher Richtung laufende Linie in Aussicht, welche die Waal bei Dodewaard (etwa in der Mitte zwischen Tiel und Nymwegen belegen) erreicht haben würde. Den Ausschlag für die ausgeführte Linie dürfte der Umstand gegeben haben, daß dieselbe eine Verbindung nicht allein mit dem Rhein, sondern auch mit den Wasserstraßen Belgiens gewährt. Nach Feststellung der Endpunkte war die allgemeine Lage im wesentlichen durch bestehende, aber wenig leistungsfähige Kanäle gegeben, bei den berührten Städten wurden jedoch erhebliche und zum Teil sehr kostspielige Linienänderungen erforderlich. Die Länge des Kanals beträgt ausschließlich der an den Endschleusen befindlichen Vorhäfen (rund) 70 km. Die Höhenverhältnisse sind günstig; sie gehen aus F. 8<sup>b</sup>, T. XV hervor. Einen Lageplan findet man u. a. in den Ann. des ponts et chaussées 1890, Pl. 15. Das Bestreben, lange Haltungen herzustellen, zeigt sich auch hier: eine bei Nigtevecht (in der Gegend von Amsterdam) anfangs geplante Schleuse wurde bei der genauen Bearbeitung des Entwurfs beseitigt; hierdurch ist die Zahl der Schleusen auf sechs beschränkt worden. — Der Kanal ist i. J. 1893 dem Verkehr übergeben.

Der belgische Kanal du Centre wird zwei durch Industrie und Bergbau hervorragenden Gegenden, in welchen die Kanäle von Charleroi und von Condé liegen, größere Verkehrsgebiete eröffnen, indem er jene Kanäle miteinander in Verbindung bringt. Er verfolgt die Thäler zweier kleinen Flüsse und hat eine Länge von nur 21 km. Beachtenswert ist er hauptsächlich wegen des bedeutenden Gefälles. Der Höhenunterschied zwischen dem Wasserspiegel des Kanals von Condé bei Mons und eines bislang bei La Louvière endigenden Zweigkanals des Kanals von Charleroi, an welchen der Kanal du Centre sich anschließt, beträgt 89,5 m, sechs Schleusen und vier Hebewerke sind erforderlich, um diese Höhe zu überwinden. Da bereits i. J. 1866 eine Teilstrecke vollendet war, dürfte der Kanal zur Zeit (1894) fertig sein. Die Kenntnis der Betriebskosten dieses Kanals wird für die Entscheidung über die Bauwürdigkeit neuerer Kanäle mit starken Gefällen von großer Bedeutung sein.

<sup>19)</sup> Beiläufig sei bemerkt, daß in der Nähe der genannten Mündung eine Abdämmung des jetzigen Laufs der Maas stattfinden wird, sobald das große Unternehmen einer Verlegung ihrer Ausmündung nach dem Hollandsch Diep sich der Vollendung genähert hat. In jenem Sperrdamme wird behufs Aufrechterhaltung der Schifffahrt zwischen Belgien einerseits, Rotterdam und Amsterdam andererseits die auf S. 241 besprochene Fächerschleuse erbaut werden.

Geplante Kanäle. Von den zahlreichen Kanalentwürfen, welche zur Zeit vorliegen, kann hier nur in aller Kürze gesprochen werden.<sup>20)</sup>

Die Frage, auf welche Weise der Stadt Leipzig die Vorteile einer Wasserstrasse verschafft werden könnten, steht mehr als 20 Jahre auf der Tagesordnung. Es sind vier wesentlich verschiedene Anschlüsse an die Elbe möglich, von denen einer durch Vermittelung der Saale stattfinden würde. Beachtenswert ist hier namentlich die Abwägung der Vorteile und Nachteile der verschiedenen Linien gegeneinander. Wegen des weiteren sei auf Havestadt u. Contag, Die Leipziger Kanalfrage (Leipzig 1892), verwiesen.

Ein Donau-Oder-Kanal würde eine ziemlich hochliegende Scheitelstrecke erhalten. Nach dem neuesten Entwurf<sup>21)</sup> würde seine Länge von Wien bis Oderberg 274 km betragen; Wien 160, Scheitel 283,5, Oderberg 202 m über dem Meere. Nördling begründet in seinem bereits erwähnten Buche<sup>22)</sup> zahlreiche Bedenken gegen den Bau neuer Kanäle mit hochliegenden Scheitelstrecken und namentlich auch gegen den Bau eines Donau-Elbe-Kanals (Scheitel 550 m über dem Meere), Bedenken, welche bei dem neuerdings verfolgten Plane, den Donau-Main-Kanal (Scheitel 418 m über dem Meere) zeitgemäß umzugestalten, nicht unberücksichtigt bleiben dürften.

Gelegentlich des internationalen Binnenschiffahrts-Kongresses zu Frankfurt a. M. (1888) ist über den Nutzen der Schiffahrtskanäle für die Landwirtschaft eingehend verhandelt. Das Ergebnis dieser Verhandlungen, welches hauptsächlich die Tracierung und die Vorarbeiten beim Entwerfen neuer Kanäle betrifft, war folgendes: „Bei der Kanalisierung von Flüssen und bei der Anlage von Kanälen ist, soweit es ohne Schädigung des Hauptzwecks, nämlich der Herstellung einer bequemen und leistungsfähigen Schiffahrtsstrasse geschehen kann, auf die Melioration der neben dem Flusse gelegenen und der durch die Kanäle durchschnittenen Grundstücke so viel wie möglich Rücksicht zu nehmen. Zu diesem Zwecke ist bei der Aufstellung der Projekte der Einfluss der auszuführenden Arbeiten auf die Verhältnisse des Tag- und Grundwassers besonders zu beachten, ferner zu erwägen, in welchem Umfange man den speciellen landwirtschaftlichen Bedürfnissen gerecht werden kann.“

Reihenfolge der Arbeiten. Die Reihenfolge der einzelnen Arbeiten der generellen Tracierung ist bei Kanälen zunächst dieselbe wie bei Eisenbahnen; es handelt sich um Rekognoszierung, Herstellung von Übersichtskarten, Nivellements, Entwerfen verschiedener Kanallinien, Darstellung genereller Längenprofile und überschlägliche Ermittlung der Kosten des Baues und des Betriebes der Linien, endlich um einen Vergleich derselben hinsichtlich ihrer Bauwürdigkeit. Außerdem sind geologische und Bodenuntersuchungen wie beim Eisenbahnbau anzustellen. Wegen der Einzelheiten der im Vorstehenden bezeichneten Arbeiten wird auf das I. Kapitel des ersten Bandes dieses Handbuchs (2. Aufl.), S. 50 u. ff. verwiesen.

Dem Kanalbau eigentümlich sind außer den Ermittlungen des Wasserbedarfs (§ 16) die Untersuchungen über die Beschaffung des Speisewassers. Bei diesen handelt es sich um Beobachtung der atmosphärischen Niederschläge und der Grundwasserverhältnisse (Kap. I dieses Werks), um Bestimmung der Abflussmengen der dem geplanten Kanäle benachbarten Bäche und Flüsse (Kap. II), um Ermittlung der zweckmäßigsten Speiseanlagen (vergl. § 17 dieses Kapitels), endlich um Untersuchungen bezüglich des Einflusses, welchen die Ausführung der letztgenannten Anlagen auf bestehende Mühlen u. s. w. hat. Über diesen Punkt geben u. a. die beim Entwurf eines Mosel-Saar-Kanals ange-

<sup>20)</sup> Litteratur am Schlusse des Kapitels. — Von den Plänen für Kanalverbindungen zwischen Berlin und Rostock, ferner zwischen der Spree und der mittleren Elbe einerseits, der unteren Oder andererseits ist jetzt wenig die Rede; in der 2. Auflage dieses Werks ist über dieselben Einiges mitgeteilt.

<sup>21)</sup> Mitteilungen des „Centralvereins“, 1893, November.

<sup>22)</sup> Die Selbstkosten des Eisenbahn-Transports und die Wasserstraßenfrage in Frankreich, Preußen und Österreich. Wien 1885.

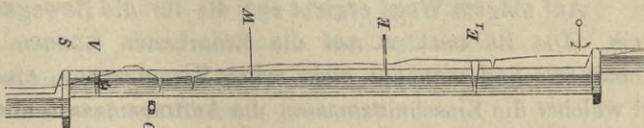
stellten Ermittlungen (s. Knobloch. Mosel-Saar-Kanal, S. 23) ferner Graeff. Canaux et chemins de fer, S. 228 beachtenswerte Aufschlüsse.

Die Darstellung des generellen Entwurfs erfolgt etwa in der Weise der Figuren 1 u. 2 auf Taf. XV. Die Höhenzahlen sind für die Sohle und außerdem für den normalen Wasserspiegel des Kanals einzutragen. Als Symbole für die einzelnen Bauwerke kann man die aus Fig. 21 ersichtlichen wählen.

In derselben bezeichnen: *S* eine

Schiffsschleuse, — *A* eine Ablaufschleuse, — *D* einen Durchlaß, — *W* eine Wegeüberführung, — *E* eine Eisenbahnüberführung, — *E<sub>1</sub>* einen Einlaß. Der Anker bezeichnet einen Hafen. Die Schleusen werden mit fortlaufenden Nummern versehen, dieselben Nummern sind für die oberhalb der Schleusen befindlichen Haltungen anzuwenden. Man vergleiche auch die Figuren 19 und 20, S. 382.

Fig. 21.



**§ 10. Specielle Tracierung.** Die generelle Tracierung dient zur Beurteilung der Bauwürdigkeit eines Kanals, dagegen sollen durch die specielle Tracierung die Grundlagen für die Ausführung des Baues gewonnen werden. Dementsprechend ist bei der letzteren unter Zugrundelegung der Ergebnisse der generellen Arbeiten und mit Hilfe genauer Aufmessung des Geländes die Lage des Kanals und seiner Bauwerke endgiltig festzustellen, auch die Mittellinie des Kanals örtlich festzulegen. Ähnliche Arbeiten sind bei der Tracierung von Speisegräben, von Be- und Entwässerungskanälen u. s. w. vorzunehmen.

Bei der Festlegung der Linie sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem der Kanal auf einem Gelände mit merklicher Querneigung oder in ebener Gegend zu führen ist. Im erstgenannten Falle bieten die Höhenverhältnisse des Geländes einen Anhaltspunkt für die Tracierung, im zweiten treten die Rücksichten auf den Grundriß in den Vordergrund und diejenigen auf die Höhenverhältnisse in den Hintergrund. Die im ersten Falle zu beobachtenden Regeln sind im Nachstehenden gegeben, sie werden bei neueren Schiffahrtskanälen vergleichsweise selten zur Anwendung kommen, haben aber trotzdem außer einem sogenannten akademischen deshalb einigen Wert, weil bei der Tracierung von Speisegräben und anderen offenen Wasserleitungen ein ähnliches, aber durch die Gefälle der Wasserspiegel beeinflusstes Verfahren am Platze ist.

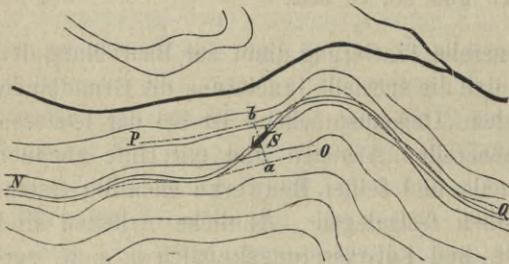
An Thaleböden oder überhaupt bei merklicher Querneigung des Geländes läßt sich die Kanallinie mit Hilfe einer Leit- oder Nulllinie (s. § 10, Kap. I des ersten Bandes, 2. Aufl.) ermitteln, es muß jedoch zuvor der Höhenunterschied zwischen ihr und der Kanalsohle festgestellt werden. Zu diesem Zwecke zeichnet man die Linien *AB*, *A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>* u. s. w. (F. 6, T. XV), welche den Querneigungen des Geländes entsprechen, derart in das Kanal-Querprofil ein, daß die Auftragsflächen und die Einschnittflächen einander decken und bestimmt die Abstände *CM*, *CM<sub>1</sub>* u. s. w. Die Lage der Punkte *M*, *M<sub>1</sub>*... ist von jenen Querneigungen, jedoch in geringem Grade, abhängig. Man addiert nun den für eine gegebene Querneigung geltenden Abstand *CM* zu der Höhenzahl *h* der Kanalsohle und erhält durch Ermittlung derjenigen Terrainpunkte, welche die Höhe *h + CM* haben, Punkte der Leitlinie. In der Regel wird man hierbei eine mittlere Querneigung einführen und somit *CM* konstant annehmen können. Wenn hierbei, wie es früher üblich war, zwischen Leinpfad und Fußpfad unterschieden

wird, so ist der erstere an der dem Bache oder Flusse zugekehrten Seite des Kanals anzunehmen und der Fußspfad zunächst der Thallehne, weil jener bei solcher Lage trockener liegt und weil die Ausnutzung der an dem Abhange etwa anzulegenden Steinbrüche u. s. w. durch einen zwischen ihnen und dem Kanale liegenden Leinpfad erschwert sein würde.

Auf obigem Wege ergibt sich die für die Bewegung der Erdmassen vorteilhafteste Linie. Die Rücksichten auf die Erdarbeiten können indessen nicht unbedingt maßgebend sein und man hat nicht selten Veranlassung, eine etwas tiefere Lage des Kanals, bei welcher die Einschnittsmassen die Auftragsmassen überwiegen, zu wählen. Erhebliche Abweichungen der Kanalaxe von der Leitlinie ergeben sich selbstverständlich u. a. an allen Stellen, woselbst der Kanal einen natürlichen Wasserlauf überschreitet.

Falls nun der Kanal den Weg eines natürlichen Wasserlaufs verfolgt und an der Lehne des betreffenden Thaies liegt, so ist es zweckmäßig denselben nicht weiter von

Fig. 22.



der Thalsole zu entfernen, als unbedingt erforderlich ist. Andererseits müssen die Kanalstrecken aber auch außerhalb des Bereichs des Hochwassers des Baches liegen. Bezeichnet (Fig. 22)  $NO$  die Leitlinie einer oberen Strecke, so hat man unterhalb derselben eine zweite Leitlinie  $PQ$  aufzusuchen, deren Höhenlage durch ein zweckmäßiges Schleusengefälle gegeben ist. Auf der Linie  $PQ$  wird nun

unter Berücksichtigung der Inundationsgrenze ein Punkt  $b$  so bestimmt, daß der Leinpfad eines an dieser Stelle gedachten Kanals mindestens hochwasserfrei liegen würde. In der Mitte der Linie  $ab$ , welche die kürzeste Verbindung zwischen den Leitlinien  $NO$  und  $PQ$  darstellt, kann die Schleusenmitte vorläufig angenommen werden. Die Schleusenaxe ist alsdann so zu legen, daß oberhalb und unterhalb der Schleuse eine gerade Linie von angemessener Länge entsteht (vergl. § 8, S. 375), worauf im übrigen die Axe des Kanals unter Benutzung der Leitlinie in bekannter Weise ermittelt wird.<sup>23)</sup>

Wenn die nach Obigem unter vorzugsweiser Berücksichtigung der Höhenverhältnisse und der Erdmassenausgleichung ermittelte Lage der Schleuse auch denjenigen Anforderungen entspricht, welche sich aus dem Grundrisse (also beispielsweise aus der Lage benachbarter Wege, Wasserläufe und Gebäude), ferner aus der Beschaffenheit des Baugrundes u. s. w. ergeben, so ist die Schleuse als endgiltig festgelegt anzusehen. Die zuletzt genannten Verhältnisse bedingen aber häufig die Wahl eines anderen Platzes. Man kann dann entweder die Hilfslinie  $ab$  (Fig. 22) thalwärts verlegen oder eine Änderung des Schleusengefälles vornehmen, wodurch sich die Lage der Leitlinie  $PQ$  und somit auch die Lage der Schleuse verändert.

Ein Verfahren zur Ermittlung derjenigen Kanalmittellinie, welche bei welligem Gelände die geringsten Erdarbeiten mit sich bringt, hat Brennecke angegeben.<sup>24)</sup> Hierbei werden bei verschiedenen miteinander zu vergleichenden Linien die auszuhebenden Massen mittels sogenannter Flächenprofile ermittelt und durch „Verschiebungsprofile“ wird dieser Ermittlung eine zweckentsprechende Grundlage gegeben. Ein Verschiebungs-

<sup>23)</sup> Vergl. Graeff. Construction des canaux et des chemins de fer, S. 28.

<sup>24)</sup> Brennecke. Über die Ermittlung der geringsten Erdarbeiten bei Kanalbauten. Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, S. 489.

profil entsteht, indem an verschiedenen geeigneten Stellen eines hinreichend langen Querprofils des Geländes die Flächeninhalte an diesen Stellen gezeichneter Kanal-Querprofile ermittelt und nach einem Flächenmaßstab, wie beim Flächenprofil, aufgetragen werden. Alsdann werden in einem Lageplan die Verschiebungsprofile an die Richtungslinien der Gelände-Querprofile gezeichnet und auf diese Weise zusammengestellt. Man bekommt hierdurch ein Bild von dem Einfluss, welchen jede Änderung der Lage einer vorläufig angenommenen Kanalaxe auf die Erdarbeiten ausübt, und kann die auszuhebenden Erdmassen mittels der nunmehr in kurzer Zeit zu zeichnenden Flächenprofile für sämtliche Versuchslinien sehr schnell ermitteln.

Im Flachlande und gewöhnlich auch in den Thalsohlen bestimmt sich die Lage der Kanalaxe, wie oben bereits angedeutet ist, vorzugsweise durch Rücksichten auf den Grundrißs. Man kann, wie bei der Tracierung von Straßen und Eisenbahnen in ebener Gegend, gerade Linien von größerer Länge verfolgen, bis die Örtlichkeit die Einlegung einer Kurve verlangt, und hat wie bei jenen auf den Grunderwerb, auf die Bodenbeschaffenheit, auf die Wegeübergänge u. s. w. Rücksicht zu nehmen. Für die Lage der Schleusen sind die den Kanal kreuzenden Wasserzüge, die Ortschaften, mitunter aber auch die Stellen, woselbst vorhandene Wege den Kanal kreuzen, maßgebend; letzteres, weil es unter Umständen zweckmäßig ist, eine Wegebrücke und das Unterhaupt einer Schleuse zu vereinigen. Mitunter zeigt das Längenprofil des Geländes eine Stelle mit starker Absenkung, welche als Ort für die Schleuse besonders geeignet erscheint. Man wird ferner bei den in Rede stehenden Verhältnissen auf den Ausgleich der Erdmassen nur geringes Gewicht legen können, besonders dann, wenn man den Kanal zur Verringerung des Wasserverlustes möglichst tief in das Terrain einschneiden muß.

Die Kreuzung des Kanals mit einer Eisenbahn verlangt eine tiefe Lage des ersteren oder eine hohe Lage der letzteren. Die Fälle, in denen man den Kanal über eine Bahn hinwegführen könnte, sind heutigen Tages sehr selten. Falls man nun den Kanal nicht so tief legen kann, wie die Lichthöhe oberhalb des Wasserspiegels solches erfordert, so wird eine Veränderung der Höhenlage der Bahn, mitunter auch eine Verlegung derselben unvermeidlich. Beim Bau des Merwede-Kanals sind beispielsweise drei bedeutende Bahnverlegungen vorgenommen, bei welchen neue Strecken von zusammen nahezu 12 km Länge hergestellt werden mußten. — Von der Lage der Kanalhäfen und der Mündungen der Kanäle in einen Fluß wird in § 19 die Rede sein.

Auch an dieser Stelle muß wegen sämtlichen Einzelheiten der Arbeiten, welche bei der speciellen Bearbeitung eines Kanals wahrzunehmen sind, auf den ersten Band (2. Aufl.), Kap. I, S. 115 u. ff. verwiesen werden.

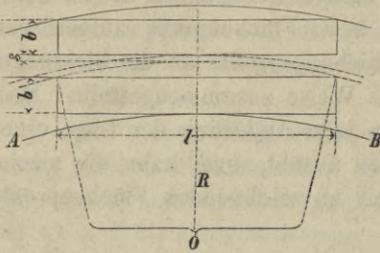
**§ 11. Querprofile.** In Anschluß an das in § 8 über die Hauptabmessungen des Wasserprofils der Schifffahrtskanäle Gesagte ist hier zunächst zu besprechen, in welchen Fällen Abweichungen von den normalen Sohlenbreiten und den normalen Wassertiefen am Platze sind.

Vergrößerungen und Einschränkungen der Sohlenbreite. In gekrümmten Strecken findet eine Vergrößerung der Sohlenbreite statt, falls ihre Mittellinien nicht etwa sehr große Radien haben.

Die zu wählenden Breiten berechnen sich mit Mocquery (s. Ann. des ponts et chaussées 1880, II, S. 118) aus der Formel:

$$B = \sqrt{\left[ b + s + \sqrt{(R + b)^2 + \frac{l^2}{4}} \right]^2 + \frac{l^2}{4}} - R,$$

Fig. 23.



worin (Fig. 23) bezeichnen:  $B$  die Sohlenbreite des Kanals,  $R$  den Radius der inneren Sohlenkante  $AB$ ,  $l$  die Schiffslänge,  $b$  die Schiffsbreite,  $s$  den Spielraum zwischen zwei sich begegnenden Schiffen.

Setzt man in dieser Formel  $l = 45$  m,  $b = 6$  m,  $s = 2$  m, so erhält man für

$R =$	100	200	300	450	600	800	1000	m
$B =$	18,5	16,5	15,6	15,1	14,8	14,6	14,4	m
	oder abgerundet							
	18,5	16,5	15,5	15,0		14,5		m

Bei Radien, welche größer sind als 1000 m, kommt die normale Sohlenbreite (14 m) zur Anwendung.

Weniger weit geht der Entwurf des Elbe-Trave-Kanals. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß der Verkehr sich anfangs in mäßigen Grenzen halten dürfte, hat man hier das Maß der Erbreiterung so bemessen, daß zwei sich begegnende größte Schiffe in den Krümmungen mit 0,5 m Spielraum zwischen sich, sowie zwischen Schiff und Böschung aneinander vorbeifahren können, nachdem das eine sich so lange am konkaven Ufer festgelegt hat, bis das andere vorbeigeschleppt ist. Hieraus hat sich beispielsweise für 74 m lange und 10,6 m breite Fahrzeuge und eine normale Sohlenbreite von 22 m bei 600 m Halbmesser eine Breite von 24 m ergeben.

Derome und Andere bestimmen die vergrößerte Breite  $B$  aus der doppelten Höhe eines Kreisbogens, dessen Sehne die Länge der größten auf dem Kanale verkehrenden Schiffe ist und setzen dementsprechend

$$B = \sqrt{l^2 + (B_1 + 2R)^2} - 2R,$$

worin  $B_1$  die normale Breite.

Noch einfacher ist die in Frankreich geltende amtliche Formel

$$B = 10 + \frac{380}{R}.$$

Die Erbreiterung wird am besten dadurch bewerkstelligt, daß man den inneren Bogen dem Mittelpunkte nähert. Die Längen der Übergangskurven dürften mit durchschnittlich 100 m ausreichend bemessen sein.

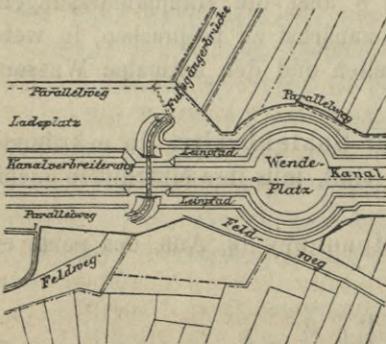
Eine Erbreiterung des Kanalprofils und zwar in ansehnlicher Längenerstreckung ist ferner da unentbehrlich, wo ein Wechsel der Betriebsart stattfindet, wo beispielsweise der Betrieb mit einzelnen Fahrzeugen in einen Betrieb mit Schiffszügen übergeht. Ein solcher Fall liegt u. a. beim Marne-Saône-Kanal an beiden Seiten des Scheiteltunnels vor. Nicht minder bedingen Wendeplätze eine Erbreiterung; beim genannten Kanale sind solche in 10—15 km Entfernung angelegt. Fig. 24 zeigt Beides.

Andere Arten einer Erbreiterung, welche bei älteren Kanälen eine Rolle spielen, werden bei neuen nur selten vorkommen. Man hat mitunter eine Vergrößerung der Sohlenbreite vorgenommen, um die zur Bildung von Kanaldämmen erforderlichen Massen zu gewinnen, hat auch wohl unter Benutzung eines kleinen Querthals ein Becken ge-

Fig. 24. Marne-Saône-Kanal.

Kanalverbreiterung und Wendeplatz.

M. 1:2000.



bildet, wie Fig. 25 angiebt. Dagegen sind Erbreiterungen in Kanalhäfen und in Kanalmündungen unentbehrlich, auch vor und hinter den Schleusen in der Regel am Platze. Von diesen wird weiter unten eingehender die Rede sein.

Einschränkungen der Sohlenbreiten waren früher bei Kunstbauten allgemein üblich, mitunter kommen sie auch bei tiefen Einschnitten vor. Im Einschnitt von Liverdun ist der Rhein-Marne-Kanal beispielsweise mit 6 m Sohlenbreite ausgeführt, während das Normalmafs 10 m beträgt. Neuerdings sucht man derartige Beschränkungen, soweit es ohne allzugrofse Kostenvermehrung geschehen kann, zu vermeiden, immerhin pflegt man Tunnel und Kanalbrücken (Aquadukte) auch jetzt noch einschiffig, also mit verminderter Breite, auszuführen, vergl. § 14.

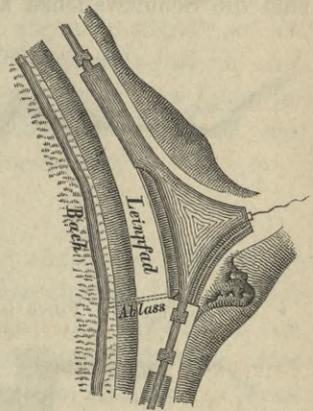
Vergrößerung der Wassertiefe. Bei der Wassertiefe kann selbstverständlich nur eine Vergrößerung des normalen Mafses in Frage kommen. Solche Vergrößerungen kommen vor, wenn trotz Einschränkung der Wasserspiegelbreite der Wasserquerschnitt unverändert erhalten werden soll, ferner behufs Ausparung von Platz für thonige, das Kanalbett dichtende Niederschläge; in letzterer Beziehung sind sie sehr zu empfehlen und um so mehr, als die Wassertiefen sich nicht selten durch Niederschlag von Schlamm von selbst verringern. Bei den Scheitelstrecken ist eine Vergrößerung der Tiefe, oder richtiger gesagt, eine zeitweilige Erhöhung des Wasserspiegels am Platze, um diese Strecken als Speisebecken verwenden zu können. Diese Anordnung ist beispielsweise beim Dortmund-Ems-Kanal getroffen, s. F. 2<sup>d</sup>, T. XVI. Nach Ausweis derselben Figur erhalten die im Auftrage liegenden Strecken dieses Kanals in der Regel ein Meter mehr Wassertiefe, als die im Abtrage liegenden und zwar behufs Verringerung der zur Dammschüttung erforderlichen Erdmassen. Es ist anzunehmen, dafs für die Schüttungen ein sehr gutes Material zur Verfügung steht, anderenfalls könnte der genannte Vorteil durch Erschwerung der Speisung infolge stärkerer Versickerung leicht aufgehoben werden. Eine mäfsige Vergrößerung der Tiefe ist aber in Auftragsstrecken unter allen Umständen zweckmäfsig.

Form und Abmessungen der äufseren Teile des Querprofils. Die Ausgestaltung des Trapezes, welches die Kernform des Wasserprofils bildet, und die Lage der Böschungen im Bereiche des Wellenschlages hängen so innig mit der Konstruktion der Uferbefestigungen zusammen, dafs es sich empfiehlt, die betreffende Besprechung dem § 12 vorzubehalten. Es soll deshalb hier nur von den aufserhalb des Wassers liegenden Teilen des Querprofils die Rede sein, bei welchen die Böschungseigungen sich leicht und nach bekannten Regeln bestimmen.

Bei älteren Kanälen liegen die Leinpfade meistens in ziemlich gleicher Höhe und gewöhnlich 0,5—0,7 m über dem Wasserspiegel. Ausnahmen kommen vor bei sehr breiten Kanälen mit starkem Wellenschlage, ferner bei Seitenkanälen, um den Leinpfad hochwasserfrei zu legen, jedoch kann man das Hochwasser im letztgenannten Falle auch durch eine Verwallung abhalten.

An der inneren Kante des Leinpfads hat man bei älteren Kanälen ein Schutzwälchen (eine „Verkammelung“, s. F. 6, T. XV) ausgeführt. Diese Anordnung diente in früheren Zeiten, als man auf den Kanälen eine rasche Beförderung mit Pferden zu bewerkstelligen versuchte, zur Sicherung der Zugtiere, auch wurde sie mitunter

Fig. 25. M. 0,0001.



in einer recht dauerhaften Weise getroffen, s. Fig. 26 u. 27. Bei neueren Ausführungen sind die Schutzwällchen aus naheliegenden Gründen verschwunden.

Fig. 26. *Oureq-Kanal.* M. 0,008.

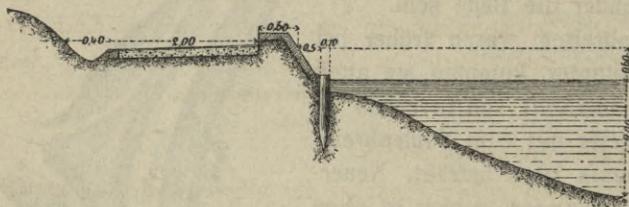
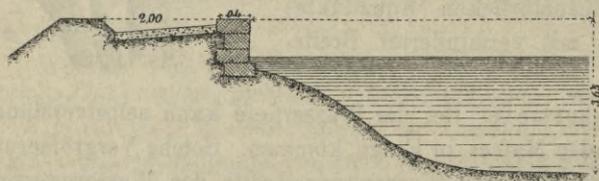


Fig. 27. *Forth u. Clyde-Kanal.* M. 0,008.



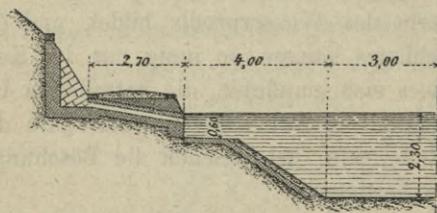
Ems-Kanal hat man die Leinpfade in Abträgen nahezu 2 m höher gelegt als bei Aufträgen, s. F. 2<sup>d</sup>, T. XVI, vergl. auch Fig. 19, S. 382. Beim Elbe-Trave-Kanal sind den Leinpfaden verschiedene, den örtlichen Verhältnissen angepasste Höhenlagen, beispielsweise wie in Fig. 35, S. 397, gegeben.

Als Breite der Leinpfade findet man bei älteren Kanälen oft 4–4,5 m und dem Leinpfade gegenüber liegt ein Fußspfad von 2,5–3,0 m Breite. Es empfiehlt sich, die Breite der Leinpfade auf 3,5 m einzuschränken und einen Unterschied zwischen Leinpfad und Fußspfad nicht zu machen, man vergleiche die vorhin genannten Querprofile. Auch beim Marne-Saône-Kanal ist ein Unterschied zwischen beiden Pfaden nicht gemacht.

Die Leinpfade erhalten eine einseitige Querneigung derart, daß das Tagewasser nicht in den Kanal fließt, nur ausnahmsweise findet man sie mit Wölbung ausgeführt.<sup>25)</sup>

In Einschnitten sind an der Aufsenseite der Leinpfade Seitengräben anzulegen, deren Breite man bei tiefen Einschnitten mit üblichen Mitteln so viel wie möglich einschränkt. Wenn die Einschnittsböschungen ein brauchbares Wasser liefern, bedarf der Graben keines durchgehenden Gefälles; alsdann muß für die Ableitung des Grabenwassers durch kleine in die Kanalböschung ausmündende Entwässerungskanäle gesorgt werden, s. Fig. 28. Am Fusse der Dammböschungen werden in der Regel sogenannte Schweifgräben angelegt. Dieselben haben

Fig. 28. *Kanal von St. Quentin.* M. 0,005.



das Sickerwasser aufzunehmen, welches sich in größerer oder geringerer Menge zu zeigen pflegt, vergl. F. 6, T. XV (links).

Es muß als zweckmäßig bezeichnet werden, wenn bei Anordnung des Querprofils von vornherein eine Vergrößerung des Wasserprofils etwa in der Weise angebahnt wird, wie dies beim Oder-Spree-Kanal (F. 1<sup>d</sup>, T. XVI) geschehen ist.

<sup>25)</sup> Die Einzelheiten der Befestigung der Leinpfade sind ausführlich besprochen in Vuigner. *Rivière et canal de l'Oureq* (Paris 1862), S. 60.

Hinsichtlich der Bepflanzung der äußeren Böschungen gilt im wesentlichen das, was aus dem Eisenbahnbau bekannt ist. Pflanzungen von Pappeln und dergl. neben den Leinpfaden waren bei den älteren französischen Kanälen allgemein üblich; es hat sich herausgestellt, daß sie nicht allein entbehrlich, sondern mitunter schädlich sind (Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 265). Obstbaumpflanzungen hat man u. a. am Ludwigs-Kanal anscheinend mit gutem Erfolge ausgeführt. In England beschränkt man sich darauf, an den Grenzen des Kanalgeländes niedrige Hecken herzustellen.<sup>26)</sup>

### § 12. Erdarbeiten. Dichtung des Kanalbetts.

Erdarbeiten. Für die Erdarbeiten gelten zunächst die allgemeinen Regeln des Erdbaues (vergl. das III. Kapitel des ersten Bandes dieses Handbuchs, 2. Aufl.), die Aufträge müssen aber mit besonderer Sorgfalt hergestellt werden. Die Anwendung von Arbeitsbahnen und Erdtransportwagen ist entweder ganz auszuschließen oder nur unter nochmaliger Verkarrung und schichtenweiser Einebnung des Bodens zuzulassen. Wenn die Dämme aus durchlässigem Boden gebildet werden müssen, so sind Wände und Schichten von Thonschlag oder dergl. in der Erdschüttung anzuordnen, wovon weiter unten die Rede sein wird. Sonstige bei den Erdarbeiten des Kanalbaues zu beachtende Regeln ergeben sich aus der Besprechung der Ausführung der Deiche.<sup>27)</sup> An Stelle des sogenannten Reitens der Deiche werden Scheibenwalzen mit Erfolg benutzt; Näheres an den unten genannten Stellen.<sup>28)</sup>

In Frankreich unterscheidet man einfache Schüttungen, gestampfte Schüttungen und Schüttungen mit ausgewählten Bodenarten. Die einfache Schüttung erfolgt in horizontalen Lagen von etwa 25 cm Stärke. Gestampfte Schüttungen müssen in 20 cm starken Lagen zur Ausführung kommen. Die lose aufgebrachten Schichten werden leicht angefeuchtet und dann so lange mit Handrammen gestampft, bis die Höhe auf etwa 13 cm vermindert ist. In Schüttungen mit ausgewählten Bodenarten verwendet man Thon und Sand, die vor ihrer Ausbreitung in 10 cm starken Lagen zu einem gleichmäßigen Gemenge verarbeitet werden.<sup>29)</sup>

Es sollen auch einige eigenartige Arbeiten kurz erwähnt werden. — Über den Bau von Kanaldämmen, welche in Moorboden und zum Teil unter Benutzung von Baggermaschinen hergestellt werden mußten, sind Erfahrungen beim Bau des Merwede-Kanals gemacht.<sup>30)</sup> Schwierigkeiten verwandter Art waren bei der Führung des Oder-Spree-Kanals durch den Wernsdorfer See zu überwinden.

Der Untergrund des Wernsdorfer Sees besteht aus einer 1—5 m starken Moderschicht und die Befürchtung lag nahe, daß der leicht flüssige Moder bei Wind in die Fahrrinne hineingelange; es war deshalb erforderlich, die Rinne an beiden Seiten mit Packwerkskörpern abzugrenzen. An der Dorfseite geschah dies durch ein Packwerk von 1 m Kronenbreite, in dessen Mitte eine Öffnung von 70 m Länge gelassen wurde, um Schiffsverkehr zwischen Kanal und Dorf zu ermöglichen, s. F. 1<sup>c</sup>, T. XVI. Bis zur Höhe der Moderschicht ist die Öffnung mit Sinkstücken ausgefüllt. Ein Leinpfad ist an dieser Seite nicht angelegt, aber auf der anderen Seite befindet sich ein solcher; hier hat man hinter einem Pack-

<sup>26)</sup> Näheres über Pflanzungen siehe Hagen. Wasserbaukunst II. Teil, 3. Bd., S. 588.

<sup>27)</sup> Man vergl. auch Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 215 (Über die Herstellung von Kanaldämmen).

<sup>28)</sup> Basse. Über die Dichtung des Bodens. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 190. — XVI. Kap. des vierten Bandes dieses Werkes (1. Aufl.), S. 6. — V. Binnenschiffahrts-Kongress zu Paris (1892). Procès verbaux des séances des sections, S. 86 (Anwendung der Dampfkraft zum Bewegen der Scheibenwalzen, falls größere Arbeiten zu beschaffen sind).

<sup>29)</sup> Sonstige Einzelheiten s. Keller. Der Marne-Saône-Kanal. Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 329, 447.

<sup>30)</sup> Dämme und Deiche im Moorboden. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 153.

werkskörper eine Erdschüttung hergestellt, in welcher sich fünf kleinere und von Holzbrücken überspannte Öffnungen befinden, s. die Abbildung.

Bei der Herstellung von Moorkanälen, beispielsweise beim Hunte-Ems-Kanal, kommt mitunter ein eigentümlicher Erdarbeitsbetrieb mit Maschinen, mit gleichzeitiger Gewinnung von Torf, zur Anwendung und zwar nach einem Verfahren, welches eine Erfindung der Engländer Trevithik und Hodges ist. Auf einer in der Längsaxe eines Schiffes liegenden, von einer Dampfmaschine getriebenen Welle sitzt auf der vorderen Seite des Schiffes eine radial eingeschnittene, schwach schraubenförmig gestaltete, am Umfang zugeschärfte Scheibe, welche so groß ist, daß durch die Umdrehung derselben ein für die Weiterbewegung des Schiffes ausreichendes Profil hergestellt wird. Die geschnittenen Stücke werden durch Eimer, welche rings an der Scheibe befestigt sind, gehoben und in einen Trog über Bordhöhe ausgeschüttet. Mittels Schrauben und Elevatoren wird die Masse alsdann in einen etwa 9 m über dem Schiffsdeck angebrachten Misch- und Quetschapparat geschafft und geht dann in geneigten Trögen zur Ausbreitung auf das Kanalufer.<sup>31)</sup>

Eine ähnliche Maschine, welche die gewonnenen Massen nicht verarbeitet, sondern an der Seite des Kanals ausschüttet, ist in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885 (Entwässerungs- und Kanalisations-Arbeiten im Hochmoore) besprochen und abgebildet.

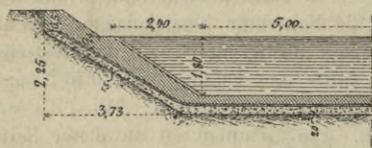
**Dichtung des Kanalbetts.** Bei Kanalstrecken, welche in Aufträgen liegen, namentlich in solchen, welche aus durchlässigem Boden hergestellt werden mußten, treten auch bei sorgfältiger Ausführung der Erdarbeit nach Einlassen des Wassers in das Bett erhebliche Versickerungen ein, falls nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind. Es kommt aber auch vor, daß man in den Einschnitten zerklüfteten Fels, Kies, Sand u. dergl. antrifft und nur diejenigen Einschnitte werden von Versickerungen ganz oder nahezu frei sein, bei welchen der Grundwasserspiegel und der Wasserspiegel des Kanals ungefähr die gleiche Höhe haben. Die Versickerungen verursachen nun, wie in § 16 näher nachgewiesen werden wird, unter Umständen sehr große Wasserverluste, auf der anderen Seite ist aber die Gewinnung des Speisewassers oft schwierig. Es folgt, daß eine Verringerung der Wasserverluste durch Dichtung des Betts eine Sache von großer Bedeutung ist. Dasselbe gilt auch von vielen Speisegräben; diese sind hinsichtlich der Dichtung ähnlich zu behandeln, wie die Kanäle.

Die Dichtungsarbeiten teilen sich in zwei Gruppen, je nachdem die Ausführung ein wasserfreies Kanalbett erfordert oder nicht. Zu der ersten Gruppe gehören namentlich die Beton-Dichtung und die Dichtung mittels Mörtelpflasters.

**Beton-Dichtung.** Eine Betonierung kann mit Erfolg nur in Einschnitten und auf solchen Dämmen angewendet werden, die sich vollständig gesetzt haben. Dieselbe

Fig. 29. Rhein-Marne-Kanal.

Dichtung mit Beton. M. 0,005.



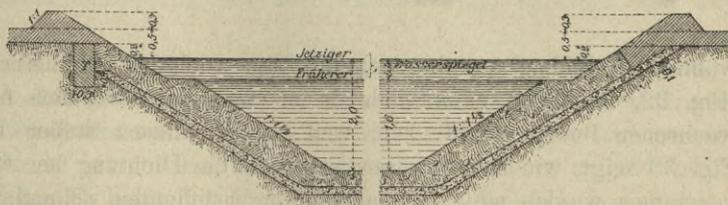
wird gewöhnlich so hergestellt, wie Fig. 29 zeigt. Die Betonschicht, deren Stärke je nach Umständen 0,10 bis 0,20 m beträgt, wird in Schiffahrtskanälen zur Verhütung von Beschädigungen in der Regel mit einer Erdschicht überdeckt, welche man 0,20 bis 0,30 m stark macht. In Speisegräben ist eine derartige Überdeckung nicht erforderlich. Wenn der Untergrund sehr feucht und quellig ist, so muß derselbe drainiert werden, bevor der Beton aufgebracht wird. — Falls sich die Undichtigkeiten nur an der einen Seite des Kanals befinden, so wird die Betonierung nur teilweise ausgeführt und dann mit einem etwas stärkeren Streifen (von 30 cm Breite und ebensoviel Höhe) abgeschlossen. Mancherlei sonstige Einzelheiten, welche die Ausführung der Betonierung, ihren Anschluß an Mauerwerkskörper u. s. w. betreffen, sind ausführlich erörtert durch Malézieux (Ann. des ponts et chaussées 1856, I, S. 133) und durch Graeff (Canaux et chemins de fer,

<sup>31)</sup> Jahresbericht des technischen Vereins zu Oldenburg 1869, S. 42.

S. 133). Auch die Verhandlungen des Binnenschiffahrts-Kongresses zu Paris bringen beachtenswerte Einzelheiten über die Beton-Dichtung.<sup>32)</sup>

Wenn bei Vermehrung der Wassertiefe eines Kanals die Betonschale ergänzt werden muß, so kann dies entweder durch Ansetzen eines Streifens an dieselbe (Fig. 30, rechts) oder durch Anwendung eines kleinen Dammes von fetter Erde (daselbst, links) bewerkstelligt werden. Beides ist bei den am Rhein-Marne-Kanal ausgeführten Arbeiten an verschiedenen Stellen ge-

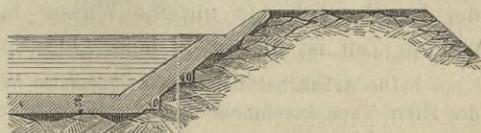
Fig. 30. Rhein-Marne-Kanal. Erhöhung der Beton-Dichtung. M. 0,008.



schehen. Das erstgenannte Verfahren erfordert eine sehr sorgfältige Ausführung und ist ziemlich kostspielig, das letztgenannte dürfte somit in den meisten Fällen genügen.

Früher hat man in Frankreich mitunter einen sandigen Boden, welchen man in Lagen von 10 cm Stärke aufbrachte, mit Kalkmilch tränkte und sorgfältig stampfte (Sandbeton), benutzt. Auf 1 cbm Erde rechnete man 0,005 bis 0,010 cbm Kalk. Die auf diese Weise hergestellten und dem Kanalprofile entsprechend gestalteten Schalen (Fig. 31), welche 40 bis 60 cm stark gemacht wurden, sollen einer schützenden Erdschicht nicht bedürfen. Es ist nicht ausgeschlossen, zu den in Rede stehenden Schalen auch Thonschlag in Stärken von 20 bis 40 cm zu verwenden.<sup>33)</sup>

Fig. 31.



Mörtelpflasterung ist namentlich bei italienischen Kanälen in großer Ausdehnung und mit Erfolg ausgeführt. Man verwendet kleine Pflastersteine, welche in ein Bett von dünnem Mörtel derart versetzt werden, daß die Fugen sich von untenher gut ausfüllen, oben werden dieselben sorgfältig verstrichen. Die Stärke einer solchen Bekleidung ist etwa 20 cm, wovon 3 cm auf das Mörtelbett entfallen.<sup>34)</sup> —

Mitunter können die Dichtungsarbeiten, wie bereits angedeutet ist, auf die Seiten des Kanalbettes beschränkt werden. Am wirksamsten sind alsdann regelrechte steile Mauern; auch sind solche bei älteren italienischen Kanälen nicht selten hergestellt. Neuerdings wird man diese Anordnung nur da treffen, wo besondere Umstände eine steile Begrenzung des Bettes veranlassen. Ein Fall dieser Art liegt beispielsweise in den Tunnel-Voreinschnitten des Marne-Saône-Kanals vor, woselbst die Kanalbetten behufs Einschränkung der Erdarbeiten steile Begrenzungen erhalten haben.

Wenige Kosten erfordern die in Fig. 32 u. 33 dargestellten Anordnungen. Zu den Körpern, deren Querschnitte schräg schraffiert sind, wird sich Thonschlag (Puddle, s. Kap. VI, § 13) am besten eignen; sie sind, wie der Beton, mit einer Schicht ge-

<sup>32)</sup> Procès verbaux des séances des sections, S. 69.

<sup>33)</sup> Man vergleiche hierzu das Querprofil des geplanten oberrheinischen Schiffahrtskanals. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 50.

<sup>34)</sup> Näheres in einem Vorbericht von Bompiani und Luiggi für den Binnenschiffahrts-Kongress in Paris 1892. Dieser Bericht, welcher sämtliche zur Wasserdichtung der italienischen Kanäle dienenden Mittel behandelt, bringt auch beachtenswerte Einzelheiten über die Beton-Dichtung. — Über Dichtungsarbeiten am Verdon-Kanal vergl. Ann. des ponts et chaussées 1881, II, S. 26.

Fig. 32.

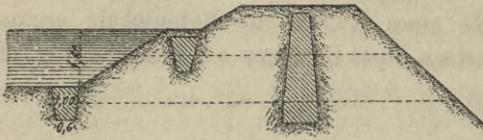
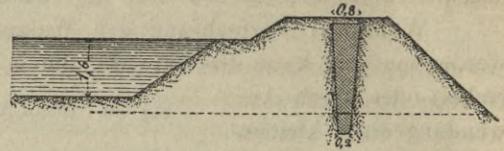


Fig. 33.



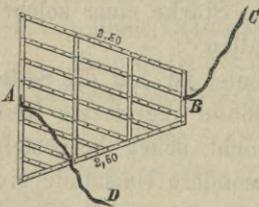
wöhnlichen Bodens zu überdecken. Eine Dichtung kleinerer Stellen der Kanaldämme (Fig. 32, links) ist namentlich da zu empfehlen, wo sich Auftragsmassen an den gewachsenen Boden anschließen, weil sich an diesen Stellen leicht Wasseradern bilden. Fig. 33 zeigt, wie zu verfahren ist, wenn die Dichtung bei wassergefülltem Kanal vorgenommen werden muß. Die alsdann herzustellenden schmalen und tiefen Gräben kann man mit Hilfe der beim Drainieren gebräuchlichen Werkzeuge ohne Schwierigkeit ausführen.<sup>35)</sup>

**Dichtung mit getrübttem Wasser.** Wenn das Kanalbett nicht wasserfrei ist, auch nicht wasserfrei gemacht werden kann, kommt hauptsächlich unreines, viel Sinkstoffe enthaltendes Wasser zur Anwendung. Mitunter erfolgt die Dichtung sogar durch unreines Speisewassers ohne Nachhilfe, dann allerdings nur in ziemlich langer Zeit. In der Regel wird das unreine Wasser mittels thonigen Bodens künstlich hergestellt; in neuerer Zeit ist dies u. a. beim Oder-Spree-Kanal in großem Maßstabe geschehen.

Die Arbeit hat sich dort in folgender Weise herausgebildet: Nachdem an verschiedenen Stellen des Ufers Thon angefahren war, wurden aus den für die Schleusen beschafften Dammbalken zahlreiche Flöße gebildet. Auf diese wurde Thon gekarrt, bis das Wasser die Oberfläche der Balken bespülte. Während Fortbewegung der Flöße schaufelten auf denselben stehende Arbeiter Wasser auf den Thon und bewirkten so dessen Abfließen durch Lücken, welche zwischen den Balken gelassen waren.

**Dichtung mit Sand.** Aber auch ein anderes Verfahren, bei welchem man Sand in den Kanal wirft und denselben mit einer Egge aufrührt, verdient unter Umständen Beachtung. Man benutzt einen quarzigen groben Sand, wenn größere Zwischenräume im Erdkörper vorhanden sind, andernfalls giebt man einem feinen, lehmigen oder thonigen Sande den Vorzug. Auf das laufende Meter eines Kanals von mittlerer Größe rechnet man 0,2 bis 1,0 cbm Sand. Die Egge muß gekrümmte Zinken haben und gehörig beschwert sein; ihre Gestalt geht aus Fig. 34 hervor. Das Pferd ist an das Seil *BC* gespannt, während mittels des Seiles *AD* zwei Arbeiter der Egge die erforderliche Lage und Richtung geben. — Wenn Stellen von geringer Ausdehnung gedichtet werden sollen, so kann man statt der Egge große Schlammkratzen, die von Arbeitern bedient werden, verwenden.

Fig. 34



Bezüglich der Wahl zwischen den verschiedenen Dichtungsarten kann als Anhaltspunkt dienen, daß am Platze sind: Dichtung mit Sand oder getrübttem Wasser bei geringen Verlusten an zahlreichen Stellen, Dichtung mit Thonschlag bei starken Verlusten an einzelnen Stellen, Dichtung mit Beton bei starken Verlusten an zahlreichen Stellen. Hierin kommt die Beschaffenheit des Bodens, aus welchem das Kanalbett gebildet ist, zum Ausdruck und man hat beobachtet, daß bei thonigem Boden die Dichtung mitunter

<sup>35)</sup> Ausführliches hierüber, sowie über die anderen Arten der Dichtung, ferner auch Angaben über die einschlägige ältere Litteratur findet man; Hagen, Wasserbaukunst II. Teil, 3. Bd., S. 629.

schwieriger ist, als bei sandigem, weil in jenem leicht gröfsere, schwer zu schliessende Zwischenräume entstehen.

Hauptsächlich ist aber, wie bei allen Ausführungen, bei welchen es sich um die Verwendung grosser Massen handelt, Rücksicht darauf zu nehmen, ob diese Massen mit mässigen Kosten beschafft werden können. In der Regel wird die Dichtung mit getrübttem Wasser am wenigsten kostspielig, oft aber auch weniger wirksam sein, als andere Dichtungsarten.

Wenn die örtlichen Verhältnisse schwierig sind, füllt man die einzelnen Kanalstrecken probeweise mit Wasser und entscheidet über die zu ergreifenden Mafsregeln auf Grund der hierbei beobachteten Wasserverluste. Bei diesen Beobachtungen ist nicht allein das Sinken des Wasserstandes in jeder Kanalstrecke zu ermitteln, sondern es sind unter Umständen auch durch leichte Fangdämme Abteilungen in den Strecken herzustellen, letzteres, wenn es sich darum handelt, die Stellen, woselbst Wasserverluste stattfinden, genauer kennen zu lernen. Ferner kann man aus der Ergiebigkeit kleiner, am Fusse der Dammböschungen hergestellter Versuchsgräben auf die Dichtigkeit der entsprechenden Teile des Kanals schliessen.

Bei Kanälen im Hügellande verursacht eine versuchsweise Anfüllung des Kanals mitunter langwierige und mühevollere Ergänzungsarbeiten, und es vergehen unter ungünstigen Verhältnissen Jahre, bis die Wasserverluste eines Kanals genügend eingeschränkt sind. Hierzu liefern die Arbeiten am Rhein-Marne-Kanal ein Beispiel, indem namentlich an der Schleusentreppe der Vogesen nicht allein Dichtungsarbeiten jeder Art, sondern auch verschiedene schwierige Reparaturen infolge von Dambrüchen vorkamen, worüber die ausführlichen Mitteilungen von Graeff (Canaux et chemins de fer, S. 150) zu vergleichen sind. Beim genannten Kanal wählte man Betonierung, wenn der Wasserverlust f. d. lfd. m mehr als 3 cbm in 24 Stunden betrug, und Dichtung mit Thonschlag bei 2 bis 3 cbm Wasserverlust. Einen Verlust von 0,3 cbm erachtete man als auf die Dauer zulässig und sah auch bei 0,5 cbm Verlust zunächst von der Vornahme von Dichtungsarbeiten ab, weil die Erfahrung zeigt, dafs bei einem so geringen Verlust der Kanal im Laufe der Zeit oft von selbst dichter wird.

Die Dichtung der Kanalbrücken und der Anschlüsse derselben an die Dämme ist im V. Kapitel des zweiten Bandes (Aquadukt- und Kanalbrücken) besprochen. Hier sei auf die neueren Ausführungen aufmerksam gemacht, welche Keller in der mehrfach erwähnten Arbeit über den Marne-Saône-Kanal beschreibt. — Von der Dichtung der zunächst der Schleusen liegenden Stellen des Betts wird in § 15 die Rede sein. Mit besonderer Sorgfalt sind die im Oberwasser der Schiffshebwerke von ziemlich hohen Aufträgen getragenen Betten zu behandeln, weil die Ausbildung von abwärtsfliessenden Wasseradern den Bestand des Hebewerks gefährden kann.

**§ 13. Uferbefestigung.** Die Befestigung der Kanalufer hängt, wie in § 11 bereits hervorgehoben wurde, mit der Gestaltung des Wasserprofils so eng zusammen, dafs auch die letztere an dieser Stelle zu besprechen ist. Es kommt jedoch hierbei der untere Teil des Wasserprofils in der Regel nicht in Betracht. Je nach Beschaffenheit des Bodens (sandig, thonig, torfig u. s. w.) giebt man den Böschungen desselben Neigungen zwischen  $1:2\frac{1}{2}$  und  $1:1$  und bei Felsboden noch steilere. Die Stellen, woselbst Böschung und Sohle zusammentreffen, sollten ein wenig ausgerundet werden; man hat auch vorgeschlagen, mit der Ausrundung ziemlich weit zu gehen und von vornherein die Form herzustellen, welche sich bei längerer Benutzung des Kanals zu bilden pflegt, vergl. F. 3, T. XV und Fig. 37, S. 397. Aber die Form des oberen Teils des Wasserprofils ist in hohem Grade von der Art der Befestigung der Ufer abhängig, und diese mufs bei geringer Fahrgeschwindigkeit der Schiffe anders behandelt werden, als bei gröfserer Geschwindigkeit derselben und beim Eintreten sonstiger ungünstigen Umstände;

im letztgenannten Falle ist zu unterscheiden zwischen einer nachträglichen Befestigung der Ufer und der Befestigung während des Baues.<sup>36)</sup>

Uferbefestigung und Wasserprofil bei geringer Geschwindigkeit der Schiffe. Auch bei geringer Fahrgeschwindigkeit entstehen in den Kanälen durch die Schiffe, zum Teil auch durch den Wind Strömungen und Wellen. Selbst kleine Wellen greifen aber den oberen Teil der Böschungen des Wasserprofils und die darüber liegenden Stellen im Laufe der Zeit merklich an und die bekannten Einwirkungen des Frostes vergrößern diese Beschädigungen. Auch das Einsetzen von Schiffsstangen und das Betreten der über dem Wasser liegenden Teile der Böschungen durch Vieh verursachen eine Veränderung ihrer ursprünglichen Form. Nicht minder leiden die Böschungen nicht selten dadurch, daß leere Kähne dieselben streifen. Es ergibt sich, daß ein Uferschutz nie ganz entbehrt werden kann.

Ein einfaches und weit verbreitetes Mittel, um die bedrohten Streifen der Böschungen gegen jene Angriffe zu schützen, besteht nun in der Anordnung einer mit Schilf oder dergl. bepflanzten Berme, welche in der Höhe des Wasserspiegels (F. 6, T. XV) oder ein wenig tiefer liegt; oberhalb derselben werden die Böschungen mit Rasen bekleidet. Diese Berme gewährt noch den Vorteil, daß Erdmassen, welche über Wasser abrutschen, nicht sofort in den Kanal gelangen. Früher war für die Bermen eine Breite von 0,5 m üblich, es kann jedoch empfohlen werden, dies Maß zu vergrößern, zumal die Bermen ihre ursprüngliche wagerechte Lage nur selten beibehalten. Der Oder-Spree-Kanal hat deshalb in Anschluß an eine in Wasserspiegelhöhe liegende 0,5 m breite Berme eine dreimalige Böschung erhalten, welche bis 0,6 m unter den Spiegel reicht, s. F. 1<sup>d</sup>, T. XVI.

Beim Elbe-Trave-Kanal beabsichtigt man die in der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes beginnenden, dann schwach ansteigenden und mit „Reth“ zu bepflanzenden Bermen noch mehr auszubilden und ihnen eine Breite von 3 bis 5 m zu geben. Der Übergang von den Bermen in die zweimalige Kanalböschung wird durch eine 0,3 m unter Wasser endigende flache Erdböschung vermittelt, s. Fig. 35. Bei diesem Kanal wird Dampftrieb nicht ausgeschlossen sein, der Anwendung festerer Uferdeckungen steht aber die Bodenbeschaffenheit entgegen.

<sup>36)</sup> Litteratur. Graeff. Canaux et chemins de fer, S. 292. — Malézieux. Travaux publics des états-unis d'Amérique en 1870, S. 358 u. 360. — Stevenson. The principles and practice of canal and river engineering (Edinburgh 1872). — Herschel. Die Zerstörungen der Böschungen und der Sohle der Flüsse und Kanäle durch das Wasser. Journ. of the Franklin Inst. 1878, Juli, S. 26. — v. Weber. Wasserstraßen Nord-Europas. Berlin 1880. S. 138. — v. Horn. Befestigung der Kanalufer in den Niederlanden (nach Tijdschr. van het kon. inst. van ingenieurs 1888/89). Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 725.

V. internationaler Binnenschiffahrts-Kongress zu Manchester (1890). 10. Abhandlung unter „Engineering“. Wells. Über die besten Mittel zum Schutze der Ufer gegen die Wirkungen des durch Dampfschiffe erzeugten Wellenschlags.

V. Binnenschiffahrts-Kongress zu Paris (1892). Vorberichte über die Befestigung der Kanalufer von Schlichting, Peslin, Van der Sleyden und Hörschelmann. — Procès verbaux des séances des sections (Paris 1892), S. 5 u. ff.

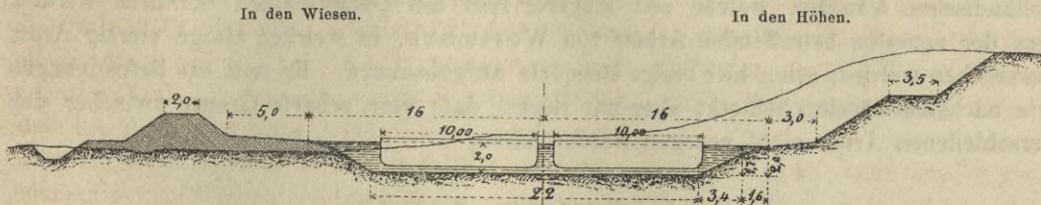
Rehder. Entwürfe zu einem Elbe-Trave-Kanal zwischen Lauenburg und Lübeck (Lübeck 1892). S. 21, Uferbefestigung.

v. Horn. Einwirkung der Dampfschiffahrt auf den Querschnitt der Kanäle. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 484.

VI. Binnenschiffahrts-Kongress im Haag (1894). Vorbericht von Gröhe über den Bau der Schiffahrtskanäle, welche einen Schnellbetrieb zulassen. Desgl. von Wortmann über die Sicherung der Kanalufer in Niederland.

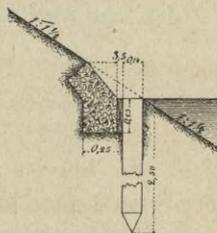
Fig. 35. *Elbe-Trave-Kanal.*

Querprofile unterhalb der Donnerschleuse. M. 0,002 (1:500).



Da, wo der Boden wenig widerstandsfähig ist, kann man durch Flechtzäune oder durch Packwerk nachhelfen. Die ersteren werden namentlich in Holland bei leichten Beschädigungen nicht selten verwendet. Ebendasselbst, namentlich aber bei dem Finow-Kanal, dem Oder-Spree-Kanal u. a. hat man Packwerke, und zwar sowohl starke, wie leichte in grosser Ausdehnung ausgeführt. Diese Befestigung verursacht geringe Kosten, ist aber hinsichtlich der über Wasser liegenden Lagen von ziemlich kurzer Dauer. An den Böschungen französischer Kanäle bestehen die leichteren Deckwerke da, wo bepflanzte Bermen den Dienst versagen, aus mälsig starken, in 0,8 m Abstand eingeschlagenen Pfählen, gegen welche eine Bohle gelegt wird, um einen gewöhnlich aus Backsteinbrocken hergestellten Körper zu stützen. Fig. 36 zeigt die bewährte Anordnung einer solchen sogenannten *Tunage*.

Fig. 36. M. 0,02.



Uferbefestigungen, welche infolge Vergrößerung der Fahrgeschwindigkeit der Schiffe nachträglich angebracht werden. Die Vergrößerung der Fahrgeschwindigkeit, welche mit der Anwendung von Dampfschiffen Hand in Hand geht, steigert die Angriffe, welchen die Ufer ausgesetzt sind, erheblich. Die Wellen werden höher, greifen deshalb auch in gröfserer Tiefe an, und die Strömungen neben den Schiffen werden kräftiger, dabei finden die Bewegungen des Wassers in sehr verschiedenen Richtungen statt. Es kommt aber nicht allein die Geschwindigkeit, sondern auch die Gröfse des Verkehrs in Betracht. Wenn dieser lebhaft ist, wenn massige Kähne verwendet werden, wenn außerdem noch mit erheblich wechselnden Wasserständen zu rechnen ist, sind die oben besprochenen Uferbefestigungen auf die Dauer unzureichend und das Wasserprofil erleidet eine erhebliche Veränderung, bis kräftige Befestigungen ausgeführt werden.

Fig. 37. *Kanal von Dokkum nach Gerbenalles-Verlaat.* M. 0,005 (1:200).

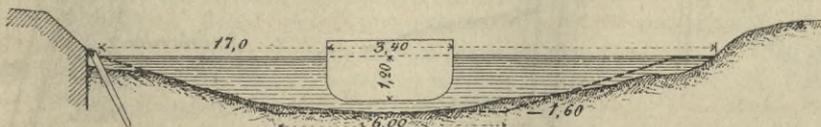
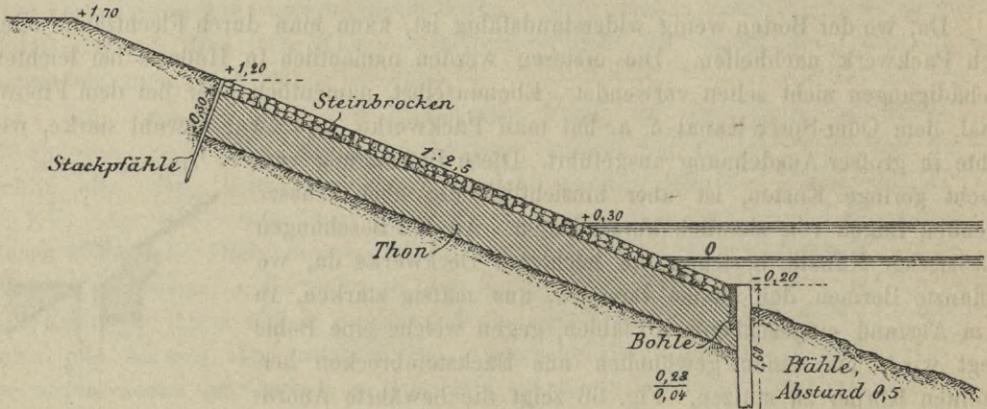


Fig. 37 zeigt die Veränderung des Wasserprofils eines holländischen Kanals, dessen Form sich bei Kanälen mit Dampftrieb oft wiederholt. An den Ufern bildet sich fast durchweg ein steiler Abhang aus, welcher in 0,20 bis 0,75 m Tiefe unter Wasser endigt; an diesen Abhang schließt sich eine mehrere Meter breite, schwach geneigte Berme, dann folgen Stellen, deren ursprüngliche Formen weniger verändert sind. Bei Seekanälen treten dieselben Erscheinungen auf, aber die Abmessungen sind gröfser.

Über die unter diesen Umständen ausgeführten Uferbefestigungen liegen zahlreiche Mitteilungen vor (vergl. Anm. 36, S. 396), besonders über die Ausführungen an holländischen Kanälen, welche seit längerer Zeit mit Dampfschiffen befahren werden. Aus der neuesten betreffenden Arbeit von Wortmann, in welcher einige vierzig Arten besprochen werden, seien hier einige Beispiele aufgenommen. Er teilt die Befestigungen wie nachstehend ein, bemerkt aber mit Recht, daß eine scharfe Grenze zwischen den verschiedenen Arten nicht gezogen werden kann.

Fig. 38. Meppelerdiep. M. 0,002 (1:50).



a. Eine verstärkte (armierte) Böschung mit durchbrochenem Fusse zeigt Fig. 38 vom Meppelerdiep (Sohlenbreite 20 m), woselbst den Dampfern 7,5 km i. d. Stunde gestattet sind. Der Boden ist sandig. Die Befestigung besteht aus Steinbrocken auf einer Lage Thon, sie wird gestützt durch eine Reihe tanener, 1,60 m langer Pfähle, deren zwei auf das Meter kommen, und eine gegen diese Pfähle gelehnte Bohle.

Fig. 39. Süd-Willems-Fahrt (Brabant).

M. 0,02 (1:50).

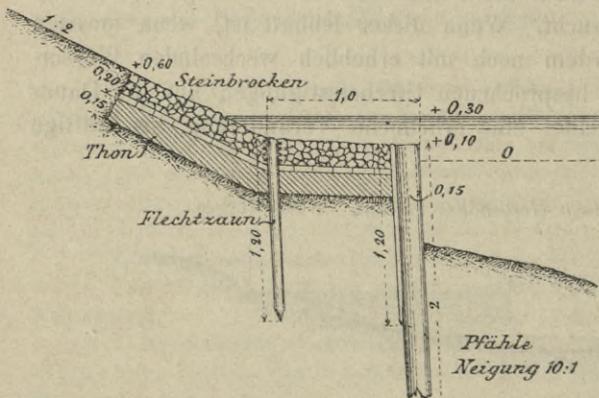
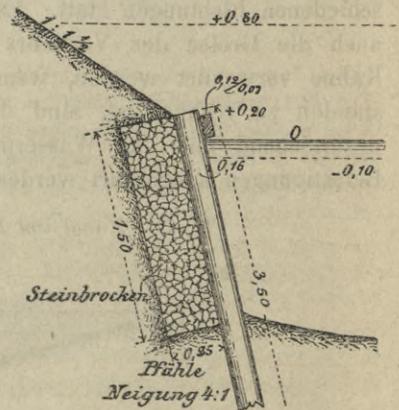


Fig. 40. Kanal von Groningen nach Lemmer.

M. 0,02.



b. Verstärkte Böschung mit geschlossenem Fusse von der Süd-Willems-Fahrt (Brabant), Sohlenbreite 10 m, Fig. 39. Den Dampfern sind 7,2 km i. d. Stunde gestattet. Sandiger Boden. Befestigung: Auf einer Plattlage ist unterhalb des gewöhnlichen Wasserstandes aus Steinbrocken eine Berme von 1 m Breite gebildet, sie wird durch eine Pfahlwand gestützt, deren Fugen mit Latten gedeckt sind. Zwischen der Berme und der in gleicher Weise befestigten Böschung liegt ein Flechtzaun. Der in der Zeichnung als Unterlage angedeutete Thon befindet sich nur an einzelnen Stellen.

c. Uferwand aus Pfählen (Pfahlwand) vom Kanal Groningen-Lemmer(Sohlenbreite 10 m), Fig. 40. Die Dampfer fahren mit nahezu 8 km Geschwindigkeit. Der Boden besteht aus Sand und Thon, stellenweise mit Torf gemengt. Befestigung: Die Pfahlwand ist unter 1:1/4 geneigt und mit einem Gurtholz versehen. Hinter den Pfählen eine Lage Steinbrocken von mindestens 0,25 m Dicke.

Fig. 41. Nordholländischer Kanal (Strecke Amsterdam-Schouw).

M. 0,02.

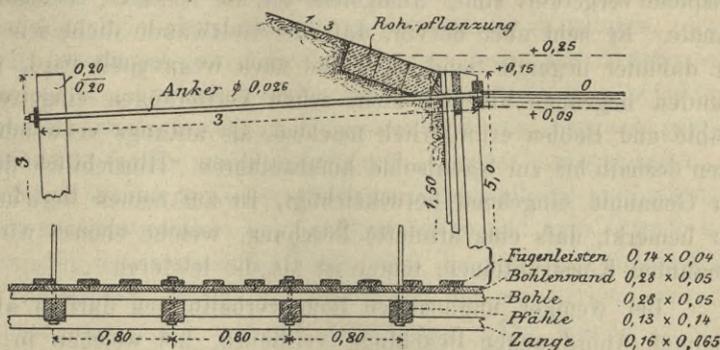
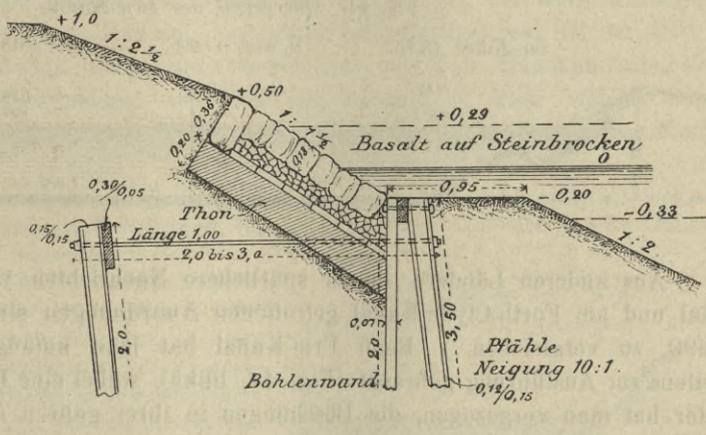


Fig. 42. Rhein-Schie-Kanal (Strecke von Delft nach dem Haag).

M. 0,02.

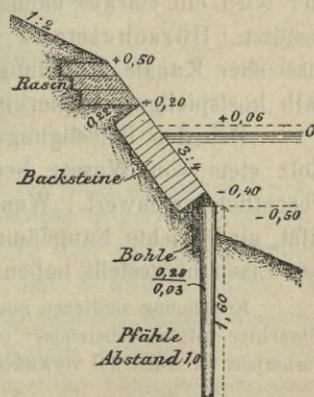


d. Uferwand aus Bohlen vom Nordholländischen Kanal, südliche Strecke (Sohlenbreite 10 m, obere Breite infolge der Abspülungen 40 m), Fig. 41. Den Dampfern sind 7,5 km in der Stunde gestattet, dieselben fahren aber mitunter erheblich schneller. Der Boden besteht meistens aus Torf, über welchem eine 1 m starke Klaischicht lagert. Die Bohlwand, deren Fugen gedeckt sind, wird in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise gestützt; Verankerungen in 2,4 m Abstand. Hinter der Bohlwand eine Rohrpflanzung.

e. Uferwand mit verstärkten Böschungen von Rhein-Schie-Kanal, Strecke zwischen Delft und dem Haag (Sohlenbreite 16,5 m), Fig. 42. Dampfer dürfen mit 9 km Geschwindigkeit fahren. Boden: Thon mit Torf und Sand wechselnd. — An eine abgestützte und verankerte Bohlwand schließt sich eine auf einer Lage Steinbrocken ruhende Basaltböschung, darunter befindet sich eine Lage Thon.

Fig. 43. Drent'sche Hauptfahrt.

M. 0,02.



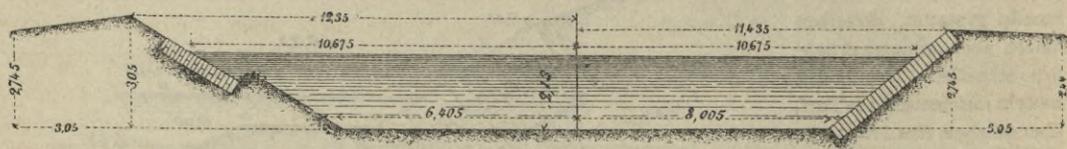
f. Eine von Pfählen gestützte steile Steinbekleidung von der Drent'schen Hauptfahrt zeigt Fig. 43. Die Dampfer fahren mit 6 bis 7,5 km Geschwindigkeit. Boden: Sand, an einigen Stellen mit 0,5 m Torf überdeckt. Befestigung: Eichene, 1,60 m lange Pfähle in 1 m Abstand, darauf ein dreikantiges, kreosotiertes tannenes Gurtholz. Hinter den Pfählen eine 0,28 m breite tannene Bohle. Über dem Gurtholz Trockenmauerwerk mit Neigung 1:3/4, darüber ist die Böschung mit Rasen belegt.

Ähnlich wie die letztgenannte sind die Befestigungen, welche bei den verkehrsreichen Kanälen in Nord-Frankreich üblich geworden sind. Die steilen Steinbekleidungen findet man aber auch auf schräg stehenden und geschlossenen Holzwänden und das ist die Anordnung, welche Schlichting in seinem Vorbericht für den Pariser Binnenschiffahrts-Kongress empfohlen hat. Ausführungen haben u. a. an dem Kanal von Groningen nach Delfzyl stattgefunden und zwar nach Wortmann mit sehr gutem Erfolge.

Auf Grund der mit den besprochenen Anordnungen gemachten Erfahrungen bevorzugt Wortmann im allgemeinen die Anordnungen, von welchen unter e. und f. Beispiele vorgeführt sind, wenigstens für die lockeren Bodenarten der niederländischen Kanäle. Er hebt aber hervor, daß die Holzwände dicht sein müssen, weil andernfalls der dahinter liegende Sand nach und nach weggespült wird, und daß in den vor den Wänden liegenden Flächen nicht selten Vertiefungen eingetreten sind, welche längere Pfähle und Bohlen erforderlich machten, als anfangs verwendet waren; die Holzwände seien deshalb bis zur Kanalsohle hinabzuführen. Hinsichtlich des Kostenpunkts, welchen der Genannte eingehend berücksichtigt, ist auf seinen Bericht zu verweisen. Hier sei nur bemerkt, daß eine armierte Böschung, welche ebenso wirksam ist, wie die vorhin genannten Konstruktionen, teurer ist als die letzteren.

Bei weniger ungünstigen Bodenverhältnissen dürften aber auch die wenig kostspieligen Anordnungen Beachtung verdienen, bei welchen in Wasserhöhe Steinbrocken verwendet werden; diese haben den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß sie bei Unterspülung und Versackung einfach durch Nachschütten ergänzt werden können.

Fig. 44. Querprofile des Erie-Kanals  
im Jahre 1835. M. 0,005 (1:200). im Jahre 1849.



Aus anderen Ländern liegen spärlichere Nachrichten vor. Über die am Ourcq-Kanal und am Forth-Clyde-Kanal getroffenen Anordnungen sind die Figuren 26 u. 27, S. 390, zu vergleichen.<sup>37)</sup> Beim Erie-Kanal hat man anfangs die Befestigung eines Streifens zur Ausführung gebracht (Fig. 44, links), wobei eine Berme beibehalten wurde. Später hat man vorgezogen, die Böschungen in ihrer ganzen Ausdehnung zu befestigen (daselbst rechts), wobei man dieselben steiler anordnen konnte. Eine vollständige Armierung der Böschungen kommt auch in Rußland bei einem der Ladoga-Kanäle vor, hier wird ein starkes nach bekannten Regeln behandeltes Pflaster von einem Steinwurf gestützt. Hörschelmann (vergl. Anm. 36) macht auch über sonstige Befestigungen russischer Kanäle Mitteilungen. Im allgemeinen wird man jene vollständigen und deshalb kostspieligen Armierungen als sehr zweckmäßig nicht bezeichnen können.

Bei den Befestigungen, welche aus Holz und Stein gebildet werden, muß das Holz stets von Wasser bedeckt sein. Hierdurch wird jedoch die Ausführung nicht wesentlich erschwert. Wenn sie sich nicht gelegentlich einer Kanalsperre beschaffen läßt, sind leichte Fangdämme anzuwenden; letztere soll man in Frankreich mit Erfolg aus Eisen hergestellt haben.

Erwähnung verdienen auch die von Peslin eingeführten, oberhalb steiler Steinbekleidungen angebrachten „Hakenlöchersteine“ oder Schiffstangensteine, jedoch muß wegen der Einzelheiten auf seinen Vorbericht (s. Anm. 36) verwiesen werden.

<sup>37)</sup> Der in Anm. 36, S. 396 näher bezeichnete Bericht von L. B. Wells bringt bezüglich der englischen Kanäle wenig Neues. Beachtenswert ist darin der Auszug eines Kommissions-Berichts, welcher im Jahre 1884 über den Uferschutz am Suez-Kanale erstattet wurde.

Uferbefestigung und Wasserprofil bei neuen Kanälen mit Dampftrieb. Aus den mitgeteilten Erfahrungen lassen sich für den Neubau von Kanälen Ergebnisse ableiten; es ist jedoch mehr als fraglich, ob es sich empfiehlt, die vorhin besprochenen Uferbefestigungen bei neuen Kanälen ohne weiteres zur Anwendung zu bringen, obwohl dies beim Merwede-Kanal geschehen ist. Hinsichtlich der Form des Wasserprofils erscheint eine Anlehnung an die Formen, welche die Dampfschiffe in unbefestigtem Boden ausbilden, zweckmäßig (steile Böschung, Unterwasser-Berme, darunter gewöhnliche Kanalböschung), weil die Wellen steile Böschungen weniger benachteiligen, als flach geneigte<sup>38)</sup> und weil das Wasserprofil bei gleichem Flächeninhalte eine geringere obere Breite erhält, woraus sich Ersparnisse bei den Erdarbeiten und beim Grunderwerb ergeben. Man darf jedoch nicht unberücksichtigt lassen, daß die von einer steilen Wand ablaufenden Wellen den Grund und Boden vor der Wand um so stärker angreifen, je steiler die Wand ist, auch nicht, daß man bei Anwendung steiler Wände als obere Begrenzungen neuer Kanäle in den Einschnitten eine Erdschüttung gegen festgelagerte Erdmassen eintauschen würde. Es kommt noch hinzu, daß steile Wände stärker sein müssen, als Böschungsbekleidungen, weil erstere einen namhaften Erddruck erleiden.

Die Frage, wie der obere, den Wellen und Strömungen am meisten ausgesetzte Teil der Böschungen bei neuen Kanälen am besten zu befestigen sei, ist zur Zeit noch eine offene. Man hat sowohl beim Nord-Ostsee-Kanal, wie beim Haneken-Kanal (vergl. S. 382) verschiedene Anordnungen versuchsweise ausgeführt, über welche teils im Centralbl. d. Bauverw. 1891, teils in Schlichtings Vorbericht für den Pariser Kongress Näheres mitgeteilt ist.

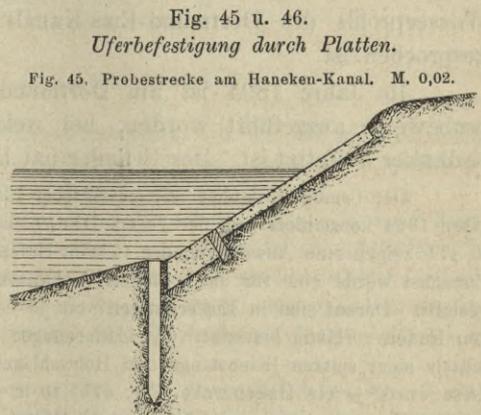
Die versuchsweise hergestellten Uferbefestigungen des Nord-Ostsee-Kanals sind mit Steinen verschiedener Art bekleidete Böschungen in Neigungen von  $1:1\frac{1}{2}$  und  $1:2$ . Am Fusse sind die Armierungen verstärkt, eine Pfahlreihe war wegen der breiten Unterwasser-Berme, welche dieser Kanal bekanntlich erhalten hat, entbehrlich. Über die hierbei gemachten Erfahrungen ist bis jetzt wenig bekannt geworden, aus den Verhandlungen des Pariser Kongresses ist jedoch zu entnehmen, daß sich glatte Oberflächen mehr zu empfehlen scheinen, als raue und daß man bei den Uferbekleidungen des genannten Kanals, dessen Wasserspiegel regelmäßig wiederkehrenden Schwankungen unterliegt, zahlreiche offene Fugen zweckmäßig findet, zumal dieselben auch dem Grundwasser freien Lauf gewähren.

Von den älteren am Haneken-Kanal hergestellten Versuchsstrecken sei die in Fig. 45 dargestellte hervorgehoben; bei dieser sind Cementplatten verwendet, welche auf einem Fundament von Cementsand (1 Teil Cement, 7 Teile Sand) ruhen. Die Platten haben eine Breite von 50 cm, eine Länge von 125 cm, eine Stärke von 8 cm und sind unter Verwendung von 1 Teil Schlackencement und 3 Teilen Sand (granulierte Schlacke) durch Einstampfen in Formen hergestellt.

Die mit der Befestigung durch Cement-Platten in einer Zeit von vier Jahren gemachten Erfahrungen sind günstig; auf Grund derselben hat Gröhe in einem Vorbericht für den Binnenschiffahrts-Kongress im Haag das Folgende als Hauptbedingungen für eine zweckmäßige Uferbefestigung des Dortmund-Ems-Kanals bezeichnet:

- a. Das Material muß frostbeständig und von genügender Festigkeit sein, auch eine möglichst glatte Oberfläche haben.

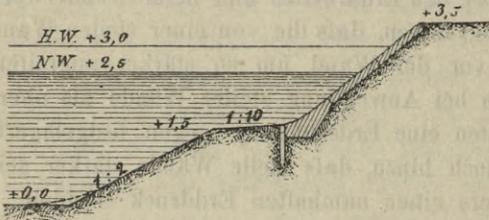
<sup>38)</sup> Man vergleiche hierzu das XVI. Kapitel, § 10 (Anlaufen der Wellen) und das XVIII. Kapitel, § 10 (Parallele Schutzwerke) in der dritten Abteilung dieses Werks (2. Aufl.).



- b. Die Uferdeckung muß geringen Verschiebungen, bezw. Versackungen folgen können, ohne daß Brüche eintreten, also aus einzelnen Teilen zusammengesetzt sein und gleichzeitig möglichst wenig Fugen besitzen, welche einen Angriff auf das Bettungsmaterial gestatten.
- c. Reparaturen müssen sich leicht und möglichst unabhängig von den Witterungseinflüssen ausführen lassen.

Für das Wasserprofil empfiehlt der Genannte die oben besprochene Form und gelangt zu nachstehendem, in Fig. 46 dargestellten Gesamtergebnis:

Fig. 46. Vorschlag.



Zum Schutze der Kanalufer gegen den Wellenangriff empfiehlt sich die Anlage einer Berme von genügender Breite (mindestens 1,5 m) und in genügender Tiefe (nicht weniger als 0,8 m) unter der Niedrigwasserlinie, sowie die Befestigung des über der Berme liegenden Ufers durch natürliches oder künstliches Steinmaterial mit möglichst glatter Oberfläche und geringer Zahl von Fugen. Der Neigungswinkel zwischen der Böschungslinie und der Horizontalen ist zwischen 30 und 40 Grad anzunehmen.

Die Figur zeigt, daß die vorgeschlagene Uferbefestigung durch ein leichtes Pfahlwerk begrenzt wird und dieser Teil ist vielleicht am wenigsten gelungen. Das soll indessen hier nicht eingehend erörtert werden; überhaupt ist wegen aller Einzelheiten auf die gründliche Besprechung im genannten Vorbericht zu verweisen. Es scheint übrigens aus Obigem hervorzugehen, daß hinsichtlich der endgiltigen Gestaltung des Wasserprofils des Dortmund-Ems-Kanals (F. 2<sup>a</sup>, T. XVI) das letzte Wort noch nicht gesprochen ist.

Im Jahre 1894 ist am Dortmund-Ems-Kanal eine ganz neue Art Uferdeckung probeweise ausgeführt worden, bei welcher eine große Betondecke durch Cement-Erdanker befestigt ist. Der Erfinder hat hierüber das Nachstehende freundlich mitgeteilt.

Der Cement-Erdanker mit metallischer Einlage ist von Professor Möller-Braunschweig im Frühjahr 1894 konstruiert und der Firma Drenckhahn & Sudhop daselbst patentiert. Die Figuren 47a u. 47b zeigen eine Anwendung der Cement-Erdanker im Ufer-Deckwerk des genannten Kanals bei Lingen.

Zunächst wurde eine für die örtlichen Verhältnisse zweckmäßige Böschung in der Neigung 1:1 $\frac{1}{4}$  hergestellt. Darauf sind in Entfernungen von 45 bzw. 50 cm horizontale Langdrähte aufgebracht und an den Enden vorläufig befestigt. In Entfernungen von je 50 bzw. 75 cm voneinander wurden alsdann mittels einer spitzen Eisenstange und Holzschlüssel Löcher von 55 cm Tiefe in den Boden geschlagen, in diese wurde je ein Hakendraht (Fig. 47b) so in das Loch gesetzt, daß der Haken über den Langdraht greift. Nunmehr wurden die Löcher mit Mörtel (1 Cement und 1 Sand) vergossen. Am folgenden Tage werden Steinchen unter den Draht geschoben, um diesen vom Boden abzuheben, damit eine Einbettung des Drahtes in den jetzt in 5 cm Dicke aufzustampfenen Beton erreicht werde. Der Beton wird dann festgeschlagen und derart abgerieben, daß die Oberfläche zwar im Korn etwas rau bleibt, im übrigen aber eben und dicht wird.

Es ist darauf zu achten, daß die Drähte satt im Cementmörtel liegen, damit sie vor Rostbildung geschützt und mit der Decklage verbunden sind. Statt der Decklage aus Beton läßt sich auch eine Rollschicht aus Klinkern oder Steinpflaster verwenden.

Die Herstellung eines Cement-Erdankers kostet etwa 15 Pfennige, derselbe leistet bei 55 cm Länge auf Zug einen Widerstand von 150 kg und von 600 kg bei 1 $\frac{1}{2}$  m Länge (Durchmesser des Cementkörpers 5 cm). Die Stärke der Drahteinlage beträgt bei dem kürzeren Anker 4, dem längeren 6 mm. Die Einlage besteht aus unverzinktem Eisendraht, letzterer hält sich im Cementmantel dauernd blank und rostet nicht.

Fig. 47. Uferschutz mit Cement-Erdankern. D. R.-P.

Fig. 47 a. Querschnitt. M. 0,02 (1:50).

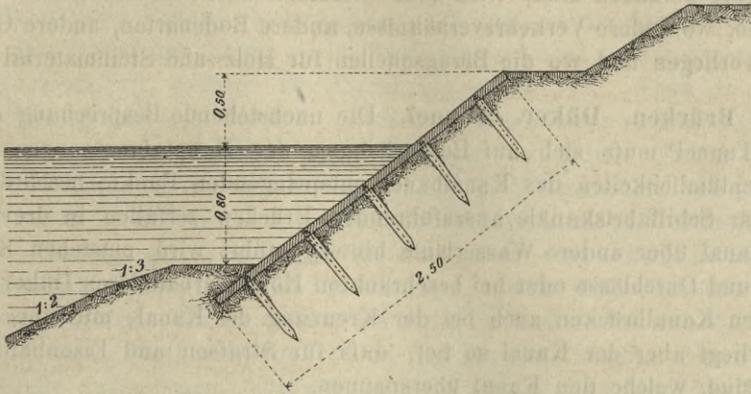
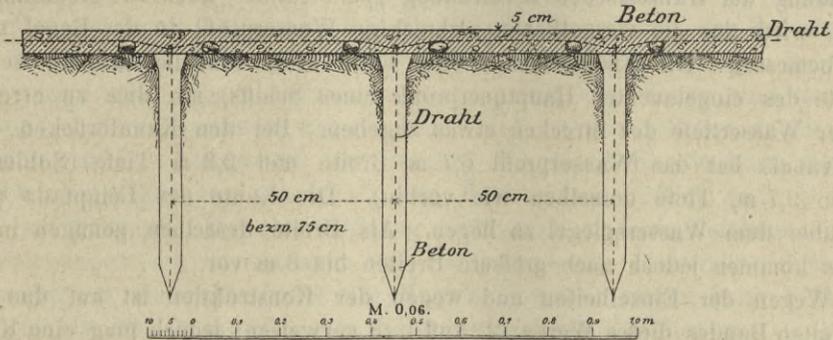


Fig. 47 b. Längenschnitt.



Eine Betondecke von 5 cm Stärke, mit je 2 Cement-Erdankern f. d. qm befestigt, zeigt eine Widerstandsfähigkeit von 400 kg f. d. qm gegen Abheben; dieselbe widersteht daher den Angriffen des Wellenschlags, der Wirkung des Eises und dem Auftreten anderer Kräfte.

Als ein besonderer Vorteil ist hervorzuheben, daß ein Beton-Schutzwerk sich mit so wenig Fugen herstellen läßt, als man eben erreichen will; denn die Fugen sind es gerade, welche eine Unterwaschung zulassen, indem Regenwasser, Wellengang oder die Strömungen den Boden durch etwa vorhandene klaffende Fugen hindurchtreiben. Die Drahteinlage bewirkt, daß selbst dort, wo durch äußere Kräfte ein Zerspringen der Platte eintritt, das Ganze noch fest zusammenhält. Mit Rücksicht auf diesen Umstand ist auch ein Verzinken der Langdrähte gerechtfertigt.

Wenn die Betonplatte im Bereich wechselnder Wasserstände zur Ebbezeit herzustellen ist, muß dieselbe mit schnell bindendem Cementmörtel oder Gips übergossen werden, auf welchen Jutestoff gedrückt wird; hierdurch wird die Oberfläche des frischen Betons zur Flutzeit vor dem Angriff der Wellen vorläufig geschützt.<sup>89)</sup>

Im allgemeinen ist durch die Ausführungen, welche in Vorstehendem besprochen sind, die in Rede stehende Frage ihrer Lösung näher gekommen, aber nicht endgültig beantwortet. Von der mehrfach besprochenen Form des Wasserprofils kann man letzteres wohl sagen, in diesem Punkte bestehen erhebliche Meinungsverschiedenheiten nicht mehr. Inwieweit sich aber die an unseren neuen Kanälen in großem Maßstabe aus-

<sup>89)</sup> Die Cement-Erdanker erscheinen für mancherlei andere Anwendungen geeignet. Ausgeführt wurden dieselben bereits für eine Stützmauer am Ufer der Ilse in der Nähe des Bahnhofs Börsum, für die Fundament-sicherung einer Mauer am Ostsee-Strande bei Bad Glücksburg u. s. w.

zuführenden Uferbefestigungen bewähren, kann nur durch längeren Betrieb festgestellt werden, und wenn dann bestimmte Anordnungen als für die betreffenden Kanäle besonders geeignet befunden sind, wird man dieselben nicht ohne weiteres dahin übertragen können, wo andere Verkehrsverhältnisse, andere Bodenarten, andere Grundwasser-Verhältnisse vorliegen und wo die Bezugsquellen für Holz- und Steinmaterial andere sind.

**§ 14. Brücken. Düker. Tunnel.** Die nachstehende Besprechung der Brücken, Düker und Tunnel muß sich auf Hervorhebung der Hauptabmessungen und einiger aus den Eigentümlichkeiten des Kanalbaues entspringenden Punkte beschränken.

Die für Schifffahrtskanäle auszuführenden Brücken zerfallen in drei Hauptarten. Wenn der Kanal über andere Wasserläufe hinweggeführt wird, entstehen Kanalbrücken (Aquadukte) und Durchlässe oder bei beschränkten Höhenverhältnissen Düker. Ausnahmsweise kommen Kanalbrücken auch bei der Kreuzung des Kanals mit einer StraÙe vor. Gewöhnlich liegt aber der Kanal so tief, daß für StraÙen und Eisenbahnen Brücken herzustellen sind, welche den Kanal überspannen.

**Kanalbrücken.** Bei den Kanalbrücken, welche in einer nicht empfehlenswerten Nachbildung der französischen Bezeichnung „*pont canal*“ auch Brückenkanäle genannt werden, wird das im wesentlichen rechteckige Wasserprofil in der Regel nur für ein Schiff bemessen. Die Fläche des Profils sollte nicht erheblich kleiner sein, als das Doppelte des eingetauchten Hauptquerprofils eines Schiffs, um dies zu erreichen kann man der Wassertiefe der Strecken etwas zugeben. Bei den Kanalbrücken des Marne-Saône-Kanals hat das Wasserprofil 6,7 m Breite und 2,2 m Tiefe (Sohlenbreite der Strecken 9,7 m, Tiefe derselben wie vorhin). Die Kante des Leinpfads pflegt etwa 0,5 m über dem Wasserspiegel zu liegen. Als Breite desselben genügen in der Regel 2 m, es kommen jedoch auch größere Breiten bis 3 m vor.

Wegen der Einzelheiten und wegen der Konstruktion ist auf das V. Kapitel des zweiten Bandes dieses Werks (2. Aufl.) zu verweisen; jedoch mag eine Kanalbrücke, welche für den Ems-Jade-Kanal ausgeführt ist (s. S. 358), auch an dieser Stelle erwähnt werden.

Bei Kanalbrücken über StraÙen wird das Bett gewöhnlich wie bei den vorhin genannten gestaltet, jedoch kann man in diesem Falle auch das Wasserprofil der Strecken beibehalten. Eine beachtenswerte hierher gehörige Anordnung zeigen einige massive Brücken des französischen Ost-Kanals, bei welchen die im Bereiche der Kanalsole in üblicher Weise profilierte Durchfahrtsöffnung sich nach beiden Seiten hin bis zu den Aufsenkanten der Pfade trompetenartig erweitert.<sup>40)</sup>

**Düker.** Wenn der Kanal einen kleineren natürlichen oder künstlichen Wasserlauf kreuzt, und wenn er, wie es oft der Fall ist, so tief liegt, daß ein Durchlaß gewöhnlicher Art nicht hergestellt werden kann, kommen Düker zur Anwendung. Bei diesen sind zwei Gruppen zu unterscheiden, je nachdem Rücksichten auf Speisung und Entlastung des Kanals zu nehmen sind oder nicht. Von Bauwerken der ersten Gruppe werden in § 5 einige Beispiele gegeben; die Bauwerke der zweiten Gruppe sind im IV. Kapitel besprochen worden. Es möge hier jedoch auf einige neuere Ausführungen des Merwede-Kanals und des Oder-Spree-Kanals hingewiesen werden. Ganz eigenartig

<sup>40)</sup> Cahen. La construction des ponts sous canal. Ann. des ponts et chaussées 1881, I, S. 93. — Vergleiche auch: Ausführung einer Eisenbahn-Durchfahrt unter einem bestehenden Kanale (Dundas-Aquadukt). Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, IV. Bd. S. 427.

ist ein hierher gehöriger Entwurf für die Kreuzung der Ill mit dem geplanten ober-rheinischen Schiffahrtskanal.<sup>41)</sup>

Strafsen- und Eisenbahnbrücken. Brücken, welche den Kanal überspannen, kommen als Strafsenbrücken häufig (beim Rhein-Marne-Kanal in durchschnittlich 1,7 km Entfernung voneinander), seltener als Eisenbahnbrücken vor. Wenn die Örtlichkeiten es irgend gestatten, sind feste Brücken zu wählen, jedoch lassen sich bewegliche Brücken — namentlich in ebenen Gegenden — nicht immer vermeiden. Einige Bemerkungen über die beweglichen Brücken sind in Kap. XIV, S. 340 gemacht; hier soll nur von den festen Brücken die Rede sein. Ihre Lichthöhe ist bereits an anderer Stelle besprochen.

Bei Bestimmung der Lichtweiten hat man früher eine erhebliche Einschränkung des Kanalprofils als zulässig erachtet. Erfahrungen, welche beim Bau des Rhein-Marne-Kanals gemacht wurden, führten dahin, bei einer Schleusenweite von 5,2 m unter den Brücken eine Wasserspiegelbreite von 5,50 m und für den Leinpfad 2 m, für den Fußpfad 1,5 m Breite anzunehmen. Von anderer Seite wurde empfohlen, den Wasserspiegel nach dem Einundeinhalbfachen der Schiffsbreite zu bemessen oder aber den Wasserquerschnitt gleich dem Doppelten des eingetauchten Hauptquerschnitts des Schiffes anzunehmen. Man hat ferner früher oft nicht für erforderlich gehalten, den Fußpfad unter der Brücke hindurch zu führen und mitunter selbst den Leinpfad beseitigt. Bei neueren Ausführungen sind aber höhere Anforderungen zu stellen, die Weiten sind der Regel nach für zwei Schiffe zu bemessen und die Pfade sind an beiden Seiten durchzuführen.

Bei den größeren Lichtweiten der Brücken für neuere Kanäle kann man eine Öffnung oder zwei Öffnungen anordnen. Die Entscheidung erfolgt nach bekannten Regeln des Brückenbaues. Bei einer Öffnung kann man die Leinpfadskanten lotrecht über die Sohlenkanten des Kanals legen und erhält dann eine Lichtweite, welche etwa 3 m mehr mißt, als die Sohlenbreite des Kanals. Rehder nimmt beim Elbe-Trave-Kanal (Sohlenbreite 20—22 m) 26 m als Weite zweischiffiger Brücken an.

Beim Oder-Spree-Kanal (Sohlenbreite 14 m, später 16 m) hat Mohr Brücken mit zwei Öffnungen bevorzugt und jeder Öffnung eine Lichtweite von 10 m gegeben. Die Leinpfade ruhen auf wagerecht eingemauerten I-Eisen, der Übergang ihrer Grundrisslinien in die Richtungen der Streckenpfade wird durch die Brückenflügel (Winkelflügel) vermittelt, vergl. Fig. 48, S. 406. Zum Schutz der bedrohten Ecken der Brücken-Leinpfade sind Dükdalben angebracht. Da, wo die Fluchten der Landpfeiler und der Flügel zusammentreffen, befinden sich lotrechte eiserne Leitwalzen (Tauschoner). Wegen der in Aussicht stehenden demnächstigen Vertiefung des ganzen Kanalbettes sind die Kanalsohlen im Bereiche der Brücke auf reichlich 100 m Länge in 2,5 m Tiefe angelegt. Dem eisernen Überbau hat man je nach der Bedeutung der überführten Wege Breiten von 4,5 bis 6 m gegeben.

Es mag noch bemerkt werden, daß für den Überbau der Brücken sich im allgemeinen Balkenträger empfehlen, obwohl man beim Marne-Saône-Kanal Bogenträgern den Vorzug gegeben hat. Die ersteren haben den Vorteil, daß die lichte Höhe der Brücke nötigenfalls ziemlich leicht vergrößert werden kann.<sup>42)</sup>

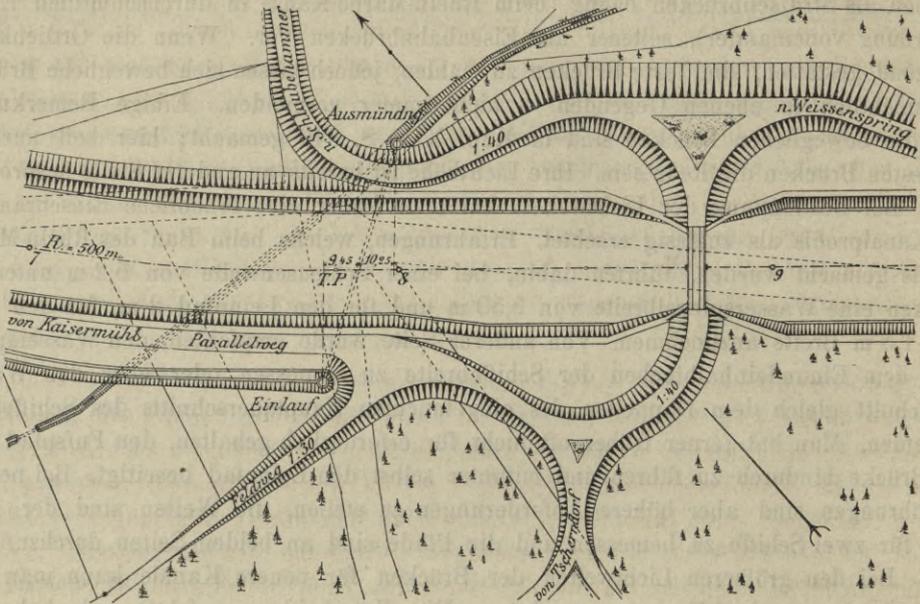
<sup>41)</sup> Düker unter dem Merwede-Kanal zur Ableitung der Kanalwasser der Stadt Amsterdam. Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 125. — Dieselben und Düker für die Poldergräben, welche den genannten Kanal kreuzen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 695. — Kreuzung des oberrheinischen Schiffahrtskanals mit der Ill. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 51. — Billige Düker des Oder-Spree-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 440.

<sup>42)</sup> Näheres betr. Strafsen- und Eisenbahnbrücken über Kanäle und Beispiele ausgeführter Brücken findet man an folgenden Stellen: Zeitschr. f. Bauw. XXIV. Bl. 54. — Graeff. Canaux et chemins de fer, S. 58. —

Fig. 48.

Oder-Spree-Kanal. Wegebrücke, Brückenrampen und Düker zwischen Schlaubehammer und Fürstenberg.

M. 1:2000.



Die örtlichen Verhältnisse pflegen eine ansehnliche Länge der Brückenrampen, nicht selten auch eine Verzweigung derselben mit sich zu bringen; hiervon giebt Fig. 48, in welcher auch ein Düker vorkommt, ein vom Oder-Spree-Kanal entnommenes Beispiel. Die Brückenrampen stehen oft mit Parallelwegen in Verbindung; diese sind aber auch an anderen Stellen der Kanäle aus denselben Gründen wie bei Eisenbahnen anzulegen. In geeigneten Fällen ist es nicht ausgeschlossen, die Parallelwege mit den Leinpfaden zu vereinigen, obwohl dies früher wenig üblich war; beim Oder-Spree-Kanal scheint es an verschiedenen Stellen geschehen zu sein. Gelegentlich des Binnenschiffahrts-Kongresses zu Frankfurt a. M. wurde jene Vereinigung und die Gestattung freier Bewegung landwirtschaftlicher Fuhrwerke auf den Leinpfaden von Oberingenieur de Mas warm empfohlen.

Es sei noch erwähnt, daß unter Umständen der örtliche Verkehr mittels einer Fähre über den Kanal geführt werden kann, was u. a. in den Niederlanden nicht selten geschieht.

Tunnel.<sup>43)</sup> Kanaltunnel (unterirdische Strecken) werden meist nur für ein Schiff eingerichtet mit mindestens 1 m Spielraum zu beiden Seiten. Ein Pfad ist auch dann nicht zu entbehren, wenn die Schiffe in Zügen durch Dampfkraft oder mittels elektrischen Betriebs befördert werden; er dient alsdann zur Untersuchung des Zustandes des Tunnels

Minard. Cours de construction. Rivières et canaux, S. 358 und 362. — Die Kanalisierung der oberen Saar. Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 40. — Zeichnungen neuerer Brücken über Kanäle, daselbst Bd. XXIV, Bl. 39 u. 53. — Hefs. Der Rhein-Marne-Kanal. Allg. Bauz. 1871, S. 86. — Brücken der kanalisierten Mosel. Zeitschr. f. Bauw. 1874, Bl. 53 u. 54. — Brücken des Oder-Spree-Kanals. Daselbst 1890, S. 376 u. 439.

<sup>43)</sup> Hagen. Wasserbaukunst, Zweiter Teil, 3. Bd., S. 649. — Vogesen-Tunnel. Deutsche Bauz. 1871, S. 123. — Knobloch. Der Mosel-Saar-Kanal (Wien 1879), S. 42 (Beispiel eines in neuerer Zeit geplanten Kanaltunnels). — Keller. Der Marne-Saône-Kanal. Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 329, 457.

und man läßt ihn auf einzelnen Stützen ruhen, um das Wasserprofil nicht zu schmälern. Die Voreinschnitte hören beim Rhein-Marne-Kanal mit 15—17 m Tiefe, bis auf den Wasserspiegel gemessen, auf.

In neuerer Zeit ist unter der Wasserscheide zwischen Marne und Saône ein Kanaltunnel von 4600 m Länge ausgeführt; die Voreinschnitte hören bereits bei 12,5 m Tiefe auf. Auch dieser Tunnel ist einschiffig; bei 2,9 m mittlerer Tiefe hat das Wasserprofil 8 m obere und 7,6 m untere Breite, mißt also (rund) 22,5 qm. Nimmt man für die größten Kähne 5 m Breite und 1,8 m Tiefgang an, so mißt das Wasserprofil des Tunnels das 2 $\frac{1}{2}$ -fache des größten eingetauchten Schiffsquerschnitts. Im übrigen ist auf das IX. Kapitel des ersten Bandes dieses Handbuchs (2. Aufl.) zu verweisen.

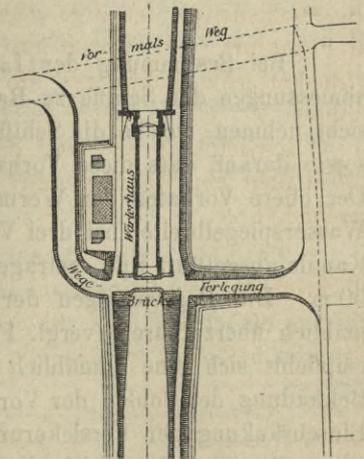
Kanaltunnel dürften in unserer Zeit voraussichtlich sehr selten werden; es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß der Tunnelbau (auch der Erdbau) durch die Kanalbauten des vergangenen Jahrhunderts wesentlich gefördert sind und daß ihnen auch der Brückenbau viel verdankt.

§ 15. Schleusen und ihre Umgebungen. Hochbauten. Unter Bezugnahme auf § 2 u. 3 des XIV. Kapitels ist zunächst an die Gestaltung der verschiedenen Arten von Schleusen zu erinnern, welche in Binnenkanälen vorkommen. Am weitesten verbreitet ist die Kammerschleuse mit zwei das Oberwasser (Binnenwasser) kehrenden Thoren. Schleusen mit einem Haupt kommen an den oberen Mündungen von Seitenkanälen in einen Fluß als Schutzschleusen zur Abhaltung des Hochwassers vor. An den unteren Mündungen der Seitenkanäle wird das Thor, welches das Hochwasser abhält, gewöhnlich an die letzte Kammerschleuse angeschlossen: es entstehen Schleusen mit drei Thoren, zwei Thore kehren das Binnenwasser, eins das Außenwasser. Rücksichten auf die verschiedene Größe der Schiffe, namentlich aber auf Schiffszüge, führen zur Anordnung von drei das Binnenwasser kehrenden Thoren. Dieselbe Anzahl von Thoren, auch dieselbe Stellung derselben hat die Kuppelschleuse, welche mit zwei Kammern in verschiedenen Höhenlagen versehen ist. Schleusen mit vier Thoren, von denen zwei das Binnenwasser, zwei das Außenwasser kehren, sind in Binnenkanälen selten, aber nicht ganz ausgeschlossen. Bei lebhaftem Verkehr werden zwei nebeneinander liegende Schleusen (Doppelschleusen) erforderlich; beispielsweise sind für den Merwede-Kanal Doppelschleusen hergestellt und für den westlichen Teil des Rhein-Weser-Kanals sind solche in Aussicht genommen.

Auf die mannigfaltige Gestaltung der Kammern und auf seltener vorkommende Schleusenarten soll hier nicht eingegangen werden; beides ist an den genannten Stellen eingehend besprochen. Es mag aber daran erinnert werden, daß das Längenprofil der Kanalschleusen gewöhnlich einen Absatz (eine Fallmauer) zeigt, nur vereinzelt kommen Kanalschleusen mit durchweg wagerechten Böden vor.

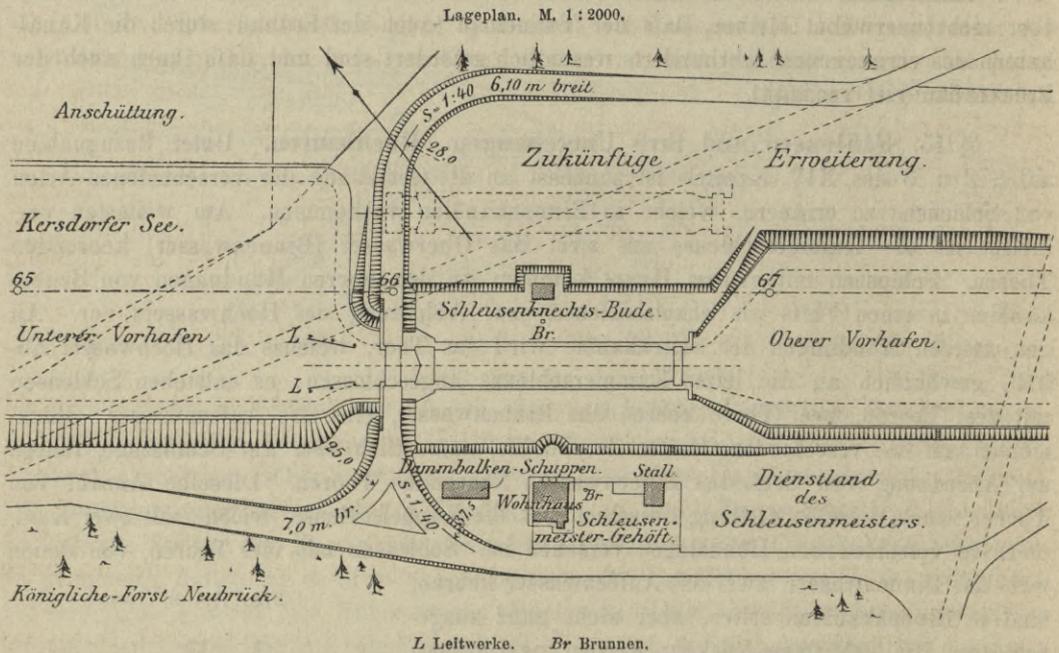
Von der Lage der Schleusen im großen und ganzen und von ihrem Gefälle ist in den Paragraphen 8 bis 10 die Rede gewesen; hier ist auf einige bezügliche Einzelheiten einzugehen. Die früher allgemein übliche Anordnung Fig. 49 wird man bei neuen Kanälen mit lebhaftem Verkehr wohl nicht mehr ausführen. Bei diesen ist es unvermeidlich, daß sich

Fig. 49. M. 1:2880.



mitunter z. B. im Frühjahr bei Wiedereröffnung der Schifffahrt eine grössere Anzahl von Kähnen oder Flößen vor der Schleuse einfinden, und es empfiehlt sich, sowohl oberhalb wie unterhalb derselben einen geräumigen Vorhafen anzulegen, zumal die Vorhäfen auch die Erbauung einer zweiten Schleuse anbahnen, falls eine solche bei Zunahme des Verkehrs erforderlich wird. Ferner dienen diese Häfen dem örtlichen Verkehr, auch zum Aufstellen von Dienstschiffen u. dergl. Hierbei ergibt sich nun ein ansehnlicher Abstand der Schleusenaxe von der Kanalaxe, s. Fig. 50. Bei dem Entwurfe eines ober-rheinischen Kanals ist die Schleusenaxe aus anderen Gründen gegen die Kanalaxe verschoben, s. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 51.

Fig. 50. Oder-Spree-Kanal. Kersdorfer Schleuse nebst Umgebung.



Bei Bestimmung der Längen und Breiten der Vorhäfen kann man die Hauptabmessungen der Schiffe zu Rate ziehen, muß jedoch auch auf die Bewegungen Rücksicht nehmen, welche die Schiffe zu machen haben, wenn sie in die Schleuse einfahren, sowie darauf, daß diese Vorhäfen unter Umständen als Wendepunkte zu benutzen sind. Der obere Vorhafen der Wernsdorfer Schleuse hat im Kern 180 m Länge und 50 m Wasserspiegelbreite, bei drei Vorhäfen, welche gelegentlich der Erweiterung des Plauerkanals ausgeführt sind, betragen jene Abmessungen bezw. 110, 140, 160 m und 35, 50, 50 m. Die Begrenzungen der Vorhäfen sind in die Begrenzungen der Strecken allmählich überzuführen (vergl. F. 1<sup>c</sup>, T. XVI), auch an den Oberhäuptern der Schleusen empfiehlt sich eine allmählich eintretende Verengung des Hafens, andernfalls wird die Bekleidung der Sohlen der Vorhäfen, welche in der Nachbarschaft der Schleusen behufs Einschränkung der Versickerungen oft erforderlich ist, sehr kostspielig.

Am Unterhaupt ist eine Befestigung der Sohle des Vorhafens wegen der Strömungen und Wirbel, welche beim Leeren der Kammern entstehen, stets erforderlich; beim Oder-Spree-Kanal ist diese Befestigung etwa 30 m lang und durch ein mit Steinen belastetes, 1 m starkes Packwerk beschafft. In dieser und den benachbarten Stellen der

Vorhäfen findet ein allmählicher Übergang von der Wassertiefe der Strecken in die Tiefenlage der Schleusendempel statt. — Das Einfahren der Schiffe in die Schleusen wird erleichtert, wenn hier Leitwerke (*LL*, Fig. 50) oder Dükdalben angebracht werden.

Es ist zweckmäfsig, die Böschungen der Vorhäfen, welche sich zunächst der Schleuse befinden, gleichfalls und zwar mit Steinen zu armieren; die Vergrößerung ihres Neigungswinkels, welche hiermit Hand in Hand gehen kann, bringt eine Einschränkung der Länge der Flügel der Schleusen, also eine teilweise Deckung der Kosten der Bekleidung, mit sich.

Neben den Schleusen befinden sich zunächst zwei geräumige, von der Schleuse weg entwässernde freie Plätze für den Verkehr der Beamten, der Leinreiter u. s. w., ferner zur Vornahme von Unterhaltungsarbeiten u. dergl. Dann folgt in etwas höherer Lage an der einen und zwar in der Regel an der dem nächsten bewohnten Orte zu-gekehrten Seite das Schleusenmeister-Gehöft, während an der anderen Seite eine Schleusen-knechts-Bude ihren Platz finden kann (Fig. 50). Die Breite jener Plätze beträgt bei neueren Ausführungen an der erstgenannten Seite 20–25 m, an der anderen etwa 15 m. Von der Ausstattung des Gehöfts wird weiter unten die Rede sein. Den Plätzen schliessen sich die Leinpfade an; an der Unterwasserseite sind dieselben mit kräftiger Neigung (8% oder ähnliches) in die neben der unteren Haltung liegenden Pfade zu führen. Die Lage ihres Grundrisses ist ziemlich willkürlich und nur von den Örtlichkeiten abhängig, weil ein kleiner Umweg die Benutzung nicht benachteiligt.

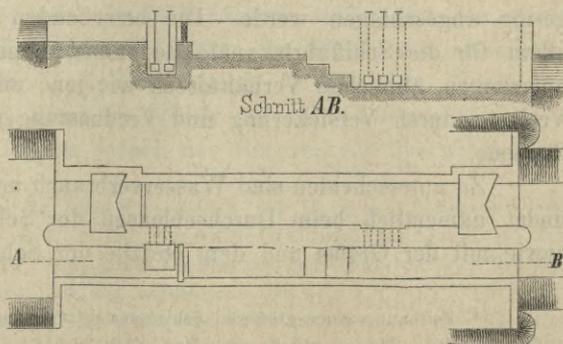
Das bis hierher Besprochene kommt in der Umgebung fast aller Schleusen vor; unter Umständen treten noch folgende Anlagen hinzu:

a. Wegebrücken. Wenn der Kanal in der Nähe der Schleuse einen Weg oder eine Strafsse kreuzt, so wird die betreffende Überführung gern mit dem Oberhaupt der Schleuse vereinigt, vergl. Fig. 49, S. 407. Der Überbau braucht dann nur für eine Schiffsbreite bemessen zu werden und auch an Mauerwerk wird gespart. Die kleinen Brückenrampen, welche entstehen, sind zwar dem Verkehr, welcher längs des Kanals stattfindet, ein wenig hinderlich, dieser nicht schwerwiegende Übelstand kann aber durch Treppenanlagen gemildert werden.

b. Durchlässe. Wenn in der Nähe der Schleuse ein Bach von dem Kanal gekreuzt wird, kann eine Verlegung der Kreuzung nach dem Oberhaupt der Schleuse zweckmäfsig sein; alsdann ist unter dem Oberhaupt ein Durchlaß oder ein Düker anzulegen. Beim Marne-Saône-Kanal ist dies an verschiedenen Stellen geschehen und zwar mitunter derart, dafs mit jener Anlage Vorrichtungen zur Speisung der oberen und zur Entlastung der unteren Strecke verbunden sind, vergl. Fig. 63, S. 426. In Deutschland findet man Düker u. a. unter den Oberhäuptern der Schleusen des mittleren Emsgebiets, s. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 166 und F. 16 u. 17, T. VI.

c. Speisekanäle. Die Speisekanäle, welche neben den Schleusen, nicht selten auch im Mauerwerk derselben angelegt werden, um Wasser aus der oberen in die untere Haltung überzuführen, sollen hier nur vorläufig erwähnt und in § 17 eingehender besprochen werden. Eine verwandte Anordnung zeigt Fig. 51.

Fig. 51.



Dieselbe gehört einem schiffbaren Bewässerungskanale an und ist getroffen, um das Bewässerungswasser unabhängig vom Schleusenbetriebe aus einer Haltung in die andere leiten zu können, nebenbei gestattet sie, die Kammer von der Langseite der Schleusenmauern her zu füllen und ebenso zu entleeren, vergl. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1873, Bl. 567.

Hochbauten. Unter den Hochbauten, zu welchen der Bau eines Schiffahrtskanals Veranlassung giebt, sind zunächst diejenigen des Schleusenmeister-Gehöfts zu nennen. Die Beschreibung eines solchen giebt Mohr, Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 382. Hier seien unter Hinweis auf Fig. 50, S. 408 die Grundflächen der einzelnen Gebäude in runden Zahlen angeben:

Schleusenmeister-Wohnhaus <sup>44)</sup> . . . . .	10 $\frac{1}{2}$ $\times$ 9 m,
Stallgebäude . . . . .	6 $\frac{1}{4}$ $\times$ 5 m,
oder, wenn ein Geräteraum für die Verwaltung damit verbunden wird . . . . .	11 $\times$ 9 m,
Schleusenknechts-Bude . . . . .	5 $\frac{3}{4}$ $\times$ 4 $\frac{1}{4}$ m,
Dambalkenschuppen bei 8,6 m Schleusenweite	12 $\times$ 4 $\frac{1}{2}$ m.

Die angegebenen Größen von Wohnhaus und Stallgebäude genügen auch für Buhnenmeister und Baggermeister.

An Hauptorten sind außerdem sogenannte Bauhöfe zu errichten. Der Bauhof des Oder-Spree-Kanals zu Fürstenwalde hat einen Schuppen für Kohlen, Geräte und zum Arbeiten unter Dach (32  $\times$  12 m Grundfläche), ferner eine Schmiede (14 $\frac{1}{2}$   $\times$  10 m Grundfläche), worin aufer dem Raum für das Schmieden eine Dreherei, eine Eisenkammer und eine Kohlenkammer. Ebendasselbst ist auch ein Bootsschuppen (17 $\frac{1}{2}$   $\times$  5 m Grundfläche) erbaut, in welchem ein Boot vor Regen geschützt und schwimmend liegen kann. Die Gehöfte, welche sich an den Seitenkanälen kanalisierter Flüsse befinden, sind, nebenbei bemerkt, mit einem geräumigen Geräte- und Arbeitsraum auszustatten, in welchem die zahlreichen Reservestücke, Werkzeuge u. s. w. für die Nadelwehre bereit gehalten werden.

Aufer den genannten Hochbauten werden noch kleine Maschinengebäude erforderlich, wenn die Bewegung der Schleusenthore u. s. w. durch Prefswasser erfolgt. — Von den neben den Kanalhäfen anzulegenden Gebäuden wird in § 19 die Rede sein.

**§ 16. Wasserverbrauch und Wasserverluste.** Den Wasserbedarf eines Kanals zum voraus zu bestimmen ist eine ebenso schwierige wie wichtige Aufgabe: sie ist schwierig, weil der Bedarf von sehr verschiedenen Umständen abhängig ist und wichtig, weil es Vorbedingung für genügende Speiseanlagen ist, daß der Wasserbedarf nicht zu gering angeschlagen werde. Die betreffenden Untersuchungen haben übrigens nicht allein für die Schiffahrtskanäle Bedeutung; Speisegräben, Bewässerungskanäle u. s. w. unterliegen ähnlichen Verhältnissen wie jene und von dem, was weiter unten über die Verluste durch Versickerung und Verdunstung gesagt werden wird, gilt Manches auch für jene.

Zu unterscheiden sind Wasserverbrauch und Wasserverluste. Ein Wasserverbrauch findet namentlich beim Durchschleusen der Schiffe statt; er wächst mit dem Verkehr, sowie mit der Größe und dem Gefälle der Schleusen. Wasserverluste entstehen durch

<sup>44)</sup> Zeichnung einer größeren Schleusenmeisterwohnung s. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, Taf. 347. Man vergleiche auch Kap. XIV, S. 342.

Versickerung, Verdunstung u. s. w.; sie wachsen mit der Länge des Kanals und der Größe des Wasserprofils, sind aber außerdem von der Bodenbeschaffenheit, der Art der Dichtung des Kanalbetts u. s. w. abhängig.

**Wasserverbrauch.** Es sei zunächst bemerkt, daß im Nachstehenden Schleusen gewöhnlicher Bauart zu Grunde gelegt sind. Hebewerke und verwandte Einrichtungen verbrauchen weit weniger Wasser als jene; bei Hebewerken kann unter Umständen sogar eine Speisung der oberen Strecken aus den unteren eintreten. Zahlenangaben über den Wasserverbrauch der Hebewerke findet man in § 25 des XIV. Kapitels.<sup>45)</sup>

Bei Ermittlung des Wasserverbrauchs der Kammerschleusen kommt zunächst die am höchsten gelegene Strecke, bei Scheitelkanälen also die Scheitelstrecke, in Betracht. Wenn es sich um eine vorläufige Einschätzung dieses Verbrauches handelt, kann folgendermaßen verfahren werden: Nach Maßgabe des zu gewärtigenden Verkehrs macht man eine Annahme über die Anzahl der Schiffe  $n$ , welche täglich und durchschnittlich den Kanal voraussichtlich befahren werden.<sup>46)</sup> Bezeichnet man dann den Kubikinhalte einer Schleusenfüllung, d. h. das Produkt der zwischen den Schlagschwellen gemessenen Länge, der mittleren Breite und dem Schleusengefälle mit  $M$ , so beträgt unter der Voraussetzung, daß die Hälfte der Schiffe bei den Schleusen, die andere Hälfte aber in den Kanalstrecken kreuzt, der Wasserverbrauch der Schleusen — wie leicht nachzuweisen ist — täglich und durchschnittlich an jeder Seite der Scheitelstrecke eines Kanals  $\frac{3}{4} n M$ .

Obige Voraussetzung ist allenfalls zulässig, wenn die Schiffe einzeln getreidelt werden. Bei der Benutzung von Schiffszügen kann man voraussetzen, daß dieselben gewöhnlich in den Kanalstrecken kreuzen und kann (wie beispielsweise bei dem Entwurfe des Berlin-Rostocker Kanals geschehen ist) annehmen, daß bei den Schleusen etwa 20% der Schiffe einander begegnen. Andererseits wird bei sehr lebhaftem Verkehr mit Einzelfahrzeugen die Voraussetzung gerechtfertigt sein, daß mehr als die Hälfte der Schiffe bei den Schleusen kreuzt.

Es ist aber zu beachten, daß die Einschätzung des Wasserverbrauchs einer Scheitelstrecke nach der Formel  $\frac{3}{4} n M$  nur dann einigermaßen zutrifft, wenn der Verkehr in beiden Richtungen ziemlich gleich ist. In dem gewöhnlicheren Falle, daß der Thalverkehr den Bergverkehr oder aber der letztere den Thalverkehr überwiegt, kommen bei Bestimmung des Wasserverbrauchs außer der Füllmasse  $M$  noch die von den Schiffen verdrängten Wassermengen in Betracht.

Wenn  $S$  eine Wassermenge vom Gewicht des Schiffsgefäßes und  $L$  eine solche vom Gewicht der Ladung bezeichnet, so verliert beim Schleusen eines leer bergauf gehenden Schiffes das Oberwasser  $M + S$ , dagegen gewinnt dasselbe beim Schleusen eines mit demselben kreuzenden und beladen zu Thal gehenden Schiffes  $S + L$ . Der gesamte Verlust beträgt deshalb nur  $M - L$ . Es folgt hieraus, daß unter den angegebenen Verhältnissen der Wasserbedarf für das Schleusen der Schiffe sich ermäßigt. (Näheres s. Hagens Wasserbaukunst II. T. 3. Bd. S. 481.) In ähnlicher Weise berechnet sich der Verlust des Oberwassers, wenn die Schiffe mit voller Ladung thalwärts und teilweise beladen zu Berge fahren. Wenn jedoch der Bergverkehr überwiegt, ver-

<sup>45)</sup> Bei dem Entwurfe des westlichen Teils des Rhein-Weser-Kanals von Duis und Prüsmann, für welchen mehrere Hebewerke in Aussicht genommen sind, ist der Wasserverbrauch gleich dem Achtfachen des Gewichtes der durchgeschleusten Frachtmengen geschätzt. Es sei gleich hier bemerkt, daß die Verluste zu 0,015 cbm f. d. km Kanallänge und die Sekunde (1,3 cbm f. d. m und Tag) angenommen sind.

<sup>46)</sup> Es wurde angenommen beim Rhein-Marne-Kanal  $n = 45$ , beim Berlin-Rostocker Kanal  $n = 25$ , beim Mosel-Saar-Kanal  $n = 30$ , beim Rhein-Weser-Kanal (älterer Entwurf)  $n = 40$ .

größert sich der Wasserverbrauch erheblich. — Allgemeiner sind diese Verhältnisse von Löhmann untersucht; auf die von ihm abgeleiteten analytischen Ausdrücke wird hiermit verwiesen.<sup>47)</sup>

Bei eingehenden Ermittlungen über den Wasserverbrauch ist Folgendes zu berücksichtigen:

1. Je nach dem in den einzelnen Abschnitten des Jahres stattfindenden Verkehr ist der Verbrauch bald kleiner, bald größer als der durchschnittliche. Während des Winters ist der Verkehr nur gering, zeitweilig sogar unterbrochen, im Frühling entwickelt er sich in der Regel kräftig, namentlich bezüglich der Flößerei.

Auf den elsafs-lothringischen Kanälen entfielen nach Angaben aus den Jahren 1874 und 1875 auf die Monate Dezember, Januar und Februar durchschnittlich je 2 bis 3% des gesamten Schiffsverkehrs, auf die Monate März, April, Oktober und November je 7 bis 10%, auf die übrigen Monate (Mai bis September) aber je 11 bis 12%. Zur Zeit der größten Frequenz wurden somit etwa 15% Schiffe mehr als durchschnittlich befördert. (Näheres s. Statistische Mitteilungen, herausgegeben v. d. stat. Bureau d. kais. Oberpräsidiums zu Straßburg, VI, S. 64.) Durch Beobachtungen an der kanalisierten Yonne hat man gefunden, daß daselbst zur Zeit des größten Verkehrs die Durchschnittszahl der passierenden Schiffe um 50 bis 70% überschritten wird. (Siehe Ann. des ponts et chaussées 1851, I, S. 334.)

Am Oder-Spree-Kanal waren i. J. 1893 in der Kersdorfer Schleuse durchschnittlich täglich 20 Schleusungen vorzunehmen; am 7. April 1894, als dem Tage, welcher seit Eröffnung des Kanals den lebhaftesten Verkehr aufwies, fanden aber 38 Schleusungen statt.

2. Es kommt unter Umständen vor, daß Schiffe nicht die ganze Länge des Kanals durchfahren; alsdann ist der Ermittlung des Wasserverbrauchs die Strecke zu Grunde zu legen, welche voraussichtlich den größten Verkehr hat.

3. Wenn unterhalb der am höchsten liegenden Strecke, bzw. der Scheitelstrecke sich Schleusen befinden, welche größere Gefälle haben als die Schleusen jener Strecken, so ist bei den in Rede stehenden Ermittlungen das größte der vorkommenden Gefälle maßgebend.

4. Gekuppelte Schleusen verbrauchen mehr Wasser als einfache. Sobald nämlich bei einer gekuppelten Schleuse ein zu Berg fahrendes Schiff ankommt, nachdem ein zu Thal fahrendes dieselbe verlassen hat, so verbraucht dasselbe soviel Wasser, wie zum Anfüllen sämtlicher Schleusenkammern erforderlich ist. Hierüber sind die eingehenden Untersuchungen Hagens (Wasserbaukunst II. T. 3. Bd. S. 487) zu vergleichen. Löhmann (vergl. Anm. 47) hat indessen nachgewiesen, daß der Wasserverbrauch der gekuppelten Schleusen unter Umständen nicht übermäßig groß ist.

5. Durch kurze Haltungen entsteht eine Vermehrung des Wasserverbrauchs. In einer kurzen Haltung ändert sich nämlich der Wasserstand durch Abgabe oder Hinzutreten einiger Schleusenfüllmassen in empfindlicher Weise und es müssen mitunter die fehlenden oder die überschüssigen Wassermassen aus höher liegenden Strecken entnommen bzw. an tiefer liegende abgegeben werden, ohne für das Schleusen der Schiffe nutzbar gemacht zu sein.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß es unmöglich ist, den Wasserverbrauch eines Schifffahrtskanals zum voraus genau zu bestimmen, anders liegt die Sache, wenn der Kanal dem Betriebe übergeben ist und wenn der Verkehr sich entwickelt hat.

Vom Oder-Spree-Kanal liegen bezügliche Angaben aus den Jahren 1892—1893 vor<sup>48)</sup>, von welchen hier aufgenommen sei, daß dort i. J. 1893 während einer Betriebszeit von 308 Tagen durchschnittlich

<sup>47)</sup> Löhmann. Wasserbedarf beim Durchschleusen der Schiffe. Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 296.

<sup>48)</sup> VI. Binnenschifffahrts-Kongress (Haag 1894). Bericht von Schultz über Wasserverbrauch und Speisung, sowie Dichtungsarbeiten am Oder-Spree-Kanäle. Vergl. auch die in Anm. 49 näher bezeichneten Vorberichte von Denys und Leboucq.

und täglich 51 Schiffe in Bewegung waren, und dafs, wie bereits erwähnt, an der Kersdorfer Schleuse durchschnittlich und täglich 20 mal geschleust wurde. Diese verhältnismäfsig geringe Zahl der Schleusungen erklärt sich daraus, dafs auch kleinere Kähne vorkamen, von denen je zwei in der Schleusenammer Platz fanden.

Ein grofser und ungewöhnlicher Wasserverbrauch tritt ein, wenn der Kanal zum ersten Male mit Wasser gefüllt wird und in beschränkter Weise bei Beendigung von Kanalsperren, welche mit Trockenlegung einzelner Strecken verbunden waren. Die hierzu erforderlichen Wassermengen lassen sich berechnen, nicht aber die bei solchen Gelegenheiten stattfindenden ansehnlichen Verluste; auf diese ist weiter unten zurückzukommen.

Wasserverluste. Auch bezüglich der Wasserverluste hat man vorläufige (generelle) und eingehende Ermittlungen zu unterscheiden. Bei ersteren rechnet man mit Durchschnittszahlen für lange Kanalstrecken, bei letzteren geht man auf Einzelheiten ein.

Generelle Annahmen über die Wasserverluste macht man auf Grund von Beobachtungen, welche an ausgeführten Kanälen angestellt sind. Für ältere Kanäle mittlerer Gröfse hat Hefs (Die Kanäle des Staates New-York nebst Bemerkungen über den Wasserverbrauch der Schifffahrtskanäle. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 549) Folgendes gefunden: Unter gewöhnlichen Verhältnissen sind die Wasserverluste zu 0,40 bis 0,70 cbm täglich f. d. lf. m zu veranschlagen, wobei die gröfseren oder kleineren Zahlen je nach Umständen zu wählen sind. Wenn jedoch die Haltungen in geringer Höhe über dem Grundwasser oder zum Teil in demselben liegen, wenn gröfsere Einschnitte in undurchlässigem Boden vorkommen oder wenn eine künstliche Dichtung (namentlich eine solche mit Beton) ausgeführt ist, so genügt die Annahme eines Wasserverlustes von 0,2 cbm. Auf der anderen Seite sind bei Haltungen, welche ihrer Lage nach gröfseren Wasserverlusten ausgesetzt sind, etwa 1,3 cbm täglich f. d. lf. m zu veranschlagen. Es empfiehlt sich bei Benutzung dieser Zahlen die Originalmitteilung, welche ausführlichere Angaben enthält, zu vergleichen.<sup>49)</sup>

Die vorliegenden neueren Mitteilungen bestätigen die obigen Angaben nur bezüglich der kleineren der angegebenen Zahlen. Sehr oft dürften die Wasserverluste höher einzuschätzen sein. Wenn man die Angaben zusammenstellt, welche Denys über die Verluste in Strecken von mindestens 20 km Länge macht, so erhält man für 1,60 m Wassertiefe einen täglichen Verlust von durchschnittlich 0,93 cbm f. d. m (kleinster 0,40, grösster 1,80 cbm), bei 2 m Wassertiefe sind die entsprechenden Zahlen 1,85, 1,00, 2,50.

Die im Vorstehenden gemachten Angaben beziehen sich grösstenteils auf Kanäle, welche teils ältere französische Profile, teils das französische Normalprofil haben; bei Kanälen mit gröfseren Abmessungen sind die Verluste bedeutender und es entsteht die wichtige Frage, in welchem Grade dieselben mit Vergröfserung des Profils wachsen. Hierüber haben Bloch und Willgerodt Untersuchungen angestellt.<sup>50)</sup>

<sup>49)</sup> Andere Angaben über Wasserverluste siehe: Engineering 1878, Juli, S. 78 (Wasserverluste des Erie-Kanals). — Gérardin. Moteurs hydrauliques et travaux exécutés pour l'alimentation du canal de l'Aisne à la Marne (Paris 1872), S. 95. — Knobloch. Mosel-Saar-Kanal (Wien 1879), S. 7. — Ann. des ponts et chaussées 1880, I, S. 357. — Picard. Alimentation du canal de la Marne au Rhin et du canal de l'Est (Paris 1880), S. 7 u. 273.

V. Binnenschifffahrts-Kongrefs (Paris 1892). Vorberichte von Denys (Speisung der Kanäle, besonders in Ost-Frankreich) und von Leboucq (Speisung der Kanäle Belgiens). — Procès verbaux des séances des sections (Paris 1892), S. 54.

<sup>50)</sup> Bloch. Note sur les recherches des dépenses d'eau par infiltration et imbibition dans un canal après un changement de sa section mouillée. Ann. des ponts et chaussées 1880, II, S. 66. — Willgerodt. Entwurf zu einem oberrheinischen Schifffahrtskanal. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 24 (Wasserverbrauch u. s. w. S. 57).

Bloch versucht nachzuweisen, daß die Verluste, insbesondere die Versickerung, infolge einer Vermehrung der Wassertiefe im Verhältnis der Quadratwurzeln der Tiefen wachsen. Bei einer Steigerung der Tiefe von 1,50 auf 2 m ergibt dies eine Vermehrung der Verluste um 15%. Gröfser schätzt er den Einfluß der Verbreiterung eines Kanals. Die Sohlenbreite des Kanals von Berry soll von 5 m auf 10 m gebracht und die Wassertiefe in angegebener Weise vergrößert werden; der künftige Wasserverlust wird den früheren, wie Bloch annimmt, voraussichtlich um 90% übersteigen.

Willgerodt stützt seine Angaben über die Zunahme der Verluste infolge Vergrößerung der Wassertiefe auf Versuche. Er gelangt zu dem Ergebnis, daß jene Verluste sich verdoppeln, wenn die Wassertiefe eines Kanals von 10 m Sohlenbreite von 1,6 auf 2 m gesteigert wird, und daß sie sich bei einer Steigerung der Tiefe auf 3 m vervierfachen. Wenn außerdem eine Vergrößerung der Sohlenbreite stattfindet, wachsen die Verluste (schätzungsweise, aber äußerstenfalls) in dem Maße, wie die Breite zunimmt. Er folgert, daß ein Kanal von 3 m Wassertiefe und 24 m Sohlenbreite zehnmal mehr Wasser verlieren kann, als ein Kanal von 1,6 m Wassertiefe und 10 m Sohlenbreite unter sonst gleichen Umständen.

Eine hierher gehörige Beobachtung über Wasserverluste hat Leboucq (s. dessen Vorbericht, S. 17) mitgeteilt. Der Verfasser hat versucht, dieselbe für die Beantwortung der vorliegenden Frage zu verwenden, muß sich jedoch an dieser Stelle auf Ergebnisse beschränken. Die Verluste bei 1,6 m Wassertiefe gleich 1 setzend ist er geneigt,

die Verluste bei	2,0	2,5	3,0 m	Tiefe und unveränderter Sohlenbreite	
	gleich	1,5	2,4	3,5	anzunehmen,

bei großen Tiefen also nahezu so hoch, wie Willgerodt ermittelt hat. Den Einfluß der Sohlenverbreiterung möchte er geringer anschlagen, als Jener und er glaubt, daß ein Kanal von 3 m Wassertiefe und 24 m Sohlenbreite voraussichtlich nicht mehr als etwa siebenmal so viel Wasser verlieren wird, wie ein Kanal von 1,6 m Wassertiefe und 10 m Sohlenbreite unter sonst gleichen Umständen.

Bei eingehenden Untersuchungen über die Wasserverluste hat man Verdunstung, Versickerung und Verluste an den Schleusen zu unterscheiden, aber auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Verluste einigermassen von den Witterungsverhältnissen abhängig sind.

**Verdunstung.** Die Verdunstung des Wassers übt in unseren Gegenden auf die Wasserverluste vergleichsweise nur geringen Einfluß aus; sie wächst mit der Größe des Wasserspiegels und der Zunahme der Wärme, vergl. Kap. I, § 8. Bei preussischen Kanalentwürfen nimmt man eine tägliche Verdunstungshöhe von 4 mm an, jedoch nur für die Dauer der sechs Sommermonate, das sind jährlich 720 mm. Bei 23 m Wasserspiegelbreite (Oder-Spree-Kanal) entspricht dies einem täglichen Verluste von durchschnittlich (rund) 0,05 cbm für 1 m Kanallänge. Holländische Ingenieure schätzen den Verlust, welchen ein Kanal während eines heißen Sommers durch Verdunstung erleidet, auf 900 mm Wasserhöhe. Noch höhere (wohl zu hohe) Ansätze kommen bei belgischen Kanälen vor.

Weil die Verdunstung hauptsächlich im Sommer auftritt, hat man auch bei den Wasserverlusten, ähnlich wie beim Wasserverbrauch, zwischen durchschnittlichen und größten Verlusten zu unterscheiden, zumal auch die Versickerungen vom Witterungswechsel beeinflusst werden. Der Boden neben dem Kanale wird häufig von dem Wasser desselben feucht erhalten und die bei warmem Wetter neben dem Kanale verdunstenden Wassermassen ersetzen sich aus ihm.<sup>51)</sup>

**Versickerung.** Die Menge des versickernden Wassers ist außerordentlich verschieden. Es kommen Kanalstrecken vor, in denen eine Versickerung überhaupt nicht stattfindet und selbst solche, in denen sich das Wasser durch unterirdische Zuflüsse vermehrt. Ersteres ist bei den Moorkanälen in der Regel der Fall, auch beim Elbe-Trave-Kanal war auf Versickerungen nicht Rücksicht zu nehmen. Ferner kann, wie

<sup>51)</sup> Zahlenangaben findet man u. a. Graeff. Construction des canaux et des chemins de fer, S. 225 und Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 542.

bereits nachgewiesen ist, die Versickerung durch sorgfältige Dichtung des Kanalbetts wirksam bekämpft werden. Andererseits giebt es aber Kanalstrecken, welche täglich einen bedeutenden Teil ihres Inhalts an den Boden abgeben, alsdann findet aufser der eigentlichen Versickerung noch eine Quellenbildung statt. Hieraus ergiebt sich, dafs bei eingehenden Ermittlungen die Kanalstrecken in kurzen Abschnitten zu untersuchen sind.

Aus dem Vorbericht von Denys ist zu entnehmen, dafs in einigen wenige Kilometer langen Teilstrecken des Mosel-Abhangs des französischen Ost-Kanals Versickerungen von täglich 10, 15, 25 cbm f. d. m vorkommen, während sie sich in benachbarten Strecken auf etwa 1,5 cbm beschränken, jedoch ist über jene Strecken mit sehr starken Verlusten Näheres nicht angegeben. Vollständigere Mitteilungen, bei welchen wenigstens die Bodenart namhaft gemacht ist, liegen nur in beschränkter Anzahl vor.

Einige Beispiele sind: Der Zweigkanal von Nancy, welcher die südlichen Strecken des französischen Ost-Kanals mit dem Rhein-Marne-Kanal unmittelbar verbindet. Er wird das französische Normalprofil haben, ist 10 km lang und liegt in undurchlässigen Mergeln. Die täglichen Sickerungsverluste werden zu 1,5 cbm f. d. m angegeben. Eine besondere Dichtung scheint nicht vorgenommen zu sein.

Der Kanal von der Lys nach der Yperlée (Belgien). Länge  $15\frac{1}{2}$  km, französisches Normalprofil. Der Boden ist überall thonig oder „vegetabilisch“. Man rechnet für die tägliche Versickerung 36 mm, für die Verdunstung 4 mm Wasserhöhe. Das giebt für erstere etwa 0,65, für letztere etwa 0,07, zusammen 0,72 cbm f. d. m.

Bei dem Entwurfe eines Kanals, welcher Berlin mit der mittleren und unteren Oder verbinden und 2 m Wassertiefe erhalten würde, sind die durch Versickerung entstehenden jährlichen Wasserverluste gleich dem vierfachen Wasserinhalt der über dem Grundwasserstande in Dammschüttungen liegenden Strecken (obgleich diese eine besondere Dichtung erhalten sollen) und gleich dem doppelten Wasserinhalte der zum Teil im Grundwasser liegenden Strecken angenommen. Die Verdunstung ist auch hier mit 4 mm täglicher Wasserhöhe für die Dauer der sechs Sommermonate in die Rechnung eingeführt. Ähnlich ist auch bei anderen preussischen Kanalentwürfen verfahren. Für ein Querprofil wie beim Oder-Spree-Kanal ergiebt sich aus Obigem die tägliche Versickerung in dem ungünstigeren Falle zu (rund) 0,40 cbm f. d. m, die Verdunstung, wie bereits erwähnt, zu 0,05 cbm, zusammen 0,45 cbm. Bei 2 m Wassertiefe und ansehnlicher Sohlenbreite ist das sehr wenig. Jene Regel ist wahrscheinlich aus Beobachtungen abgeleitet, welche an Kanälen mit kleineren Profilen angestellt sind, und nach dem, was auf S. 414 gesagt ist, erscheint es nicht zulässig, dieselbe auf Kanäle grossen Profils zu übertragen.

Verluste an den Schleusen. Die Verluste an den Schleusen sind eigentümlicher Art. Infolge von Undichtigkeiten an den Schleusenthoren und an den sonstigen Verschlussvorrichtungen der Schleusen strömt nicht selten Wasser von einer Strecke in die andere; hierdurch entsteht für die Scheitelstrecke ein Verlust. Das dieser Strecke verloren gehende Wasser kommt aber den tiefer liegenden Strecken zu Gute, deshalb ist nur der Teil desselben als ganz verloren zu betrachten, welcher in jenen Strecken durch Entlastungsüberfälle oder infolge von Mängeln an der untersten Schleuse abfließt. Hieraus rechtfertigt es sich, wenn für die betreffenden Wassermengen mäfsige Ansätze gemacht werden, mitunter werden diese Mengen überhaupt nicht berücksichtigt.

Gérardin (vergl. Anm. 49) rechnet für eine Scheitelstrecke 800 cbm täglich, für die Scheitelstrecke des Kanals von der Lys nach der Yperlée sind 1000 cbm und für die des Marne-Saône-Kanals 4000 cbm täglich angesetzt.

Die fraglichen Verluste wachsen u. a. mit dem Gefälle der Schleusen und dürften deshalb bei neuen Kanalentwürfen oft höher einzuschätzen sein, als bei älteren. Sie sind ferner bei Anwendung von Drehschützen gröfser, als bei Zugschützen und erreichen bei ersteren unter Umständen eine unerwartete Höhe. Hierzu ist die in Anm. 48 bezeichnete Mitteilung über den Oder-Spree-Kanal zu vergleichen.

Die im Vorstehenden gemachten Zahlenangaben gelten nicht für die ersten Jahre des Kanalbetriebs, in diesem pflegen namentlich die Sickerverluste erheblich gröfser zu sein, als in späterer Zeit, unter Umständen auch die Verluste an den Schleusen. Besondere Verluste traten bei der erstmaligen Füllung des Kanals ein, weil alsdann das

Erdreich und selbst die Mauern ansehnliche Wassermengen aufnehmen. Für die östlichen Strecken des Rhein-Marne-Kanals hat Graeff (Canaux des chemins de fer, S. 223) bei einem späteren täglichen Verlust von 0,40 bis 0,60 cbm f. d. m die täglichen Verluste kurz nach dem Einlassen des Wassers zu 1,20 bis 1,50 cbm und die Verluste während der ersten Monate des Betriebes zu 0,80 bis 1 cbm f. d. m ermittelt. Vollständiger sind die hierher gehörigen Angaben Dölls, Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 272.

Wasserverluste in Speisegräben. Über die Verluste in Speisegräben scheinen vergleichsweise selten Beobachtungen angestellt zu sein. Eine Ermittlung dieser Verluste fand beispielsweise bei Ausführung des Speisegrabens zwischen Vacon und Mauvages (s. § 17) statt. Dieser Graben hat 1,67 qm Wasserquerschnitt, Sohle und Wandungen sind mit Beton bzw. mit schwachem Mauerwerk bekleidet. Nachdem das Steinmaterial einigermaßen mit Wasser gesättigt war, fand man bei 0,80 m Wassertiefe einen täglichen Wasserverlust von 0,79 cbm f. d. lfd. m und bei 0,60 m Wassertiefe 0,276 cbm. Von diesen Verlusten muß namentlich der erstere in Anbetracht der Armierung des Profils als groß bezeichnet werden, er macht bei (rund) 8000 m Länge des Speisegrabens und bei einer Ergiebigkeit desselben gleich 0,75 cbm in der Sekunde fast 10% der durchfließenden Wassermenge aus. Noch größer waren die Verluste in einem nahezu 43 km langen Speisegraben des französischen Ost-Kanals zwischen Remiremont a. d. Mosel und Bouzey. Hier kam anfangs kaum ein Drittel des aus der Mosel entnommenen Wassers am Endpunkte des Grabens an, dann erlangte man infolge von Dichtungsarbeiten 90000 cbm von 150000 und noch später 60000 cbm von 90000 (Vorbericht von Denys, s. Anm. 49). Einige Ergänzungen des im Vorstehenden Gesagten lassen sich aus den Angaben entnehmen, welche im Kapitel „Meliorationen“ über die Wasserverluste in Bewässerungskanälen gemacht sind.

Auf die Einschränkung des Wasserverbrauchs und der Wasserverluste der Schiffahrtskanäle muß man in der Regel mit allen zu Gebote stehenden Mitteln hinarbeiten. Hieraus folgt für die Kanalstrecken die Notwendigkeit einer sorgfältigen Ausführung der Erd- und Dichtungsarbeiten, von denen im § 12 dieses Kapitels die Rede gewesen ist. — Bei den Schleusen hat jener Umstand zu einer Reihe von Anordnungen Veranlassung gegeben, wegen deren das XIV. Kapitel, § 24 zu vergleichen ist.

Die großen Schwierigkeiten der Kanalspeisung steigern sich dadurch, daß es oft nicht leicht ist, die Frage zu beantworten, ob es in einem gegebenen Falle vorteilhafter erscheint, Kosten für die Verminderung der Wasserverluste aufzuwenden oder mehr Wasser zu beschaffen. Die hierher gehörigen Untersuchungen sind zur Zeit keineswegs abgeschlossen, auch bedürfen die Beobachtungen über die Wasserverluste einer Vervollständigung unter genauer Angabe der Einzelheiten.

**§ 17. Anlagen zur Speisung der Kanäle.** Im vorigen Paragraph wurde nachgewiesen, daß eine einigermaßen zutreffende Vorherbestimmung des Wasserbedarfs eines Schiffahrtskanals ausgeschlossen ist. Man wird nun die Anlagen für die Speisung zwar so gut wie möglich anordnen, wird aber von vornherein untersuchen müssen, auf welchen Wegen Erweiterungen derselben möglich sind. Diese Untersuchungen haben sich auf alle erreichbaren Bezugsquellen zu erstrecken und sind während des Baues fortzusetzen, weil derselbe über Boden- und Grundwasserverhältnisse mancherlei Neues zu Tage zu fördern pflegt. — Die fraglichen Ermittlungen vereinfachen sich wesentlich, wenn die Versickerungen infolge der Lage des Kanals unberücksichtigt bleiben dürfen. Derartige günstige Verhältnisse liegen, wie bereits erwähnt, u. a. beim Elbe-Trave-Kanal

vor und es ist wegen der betreffenden gründlichen Voruntersuchungen über Wasservorräte und Zulänglichkeit der Kanalspeisung auf die mehrfach erwähnte Schrift (Entwürfe für einen Elbe-Trave-Kanal) zu verweisen.

Die Speiseanlagen haben den Wasserverbrauch des Kanals zur Zeit des größten Bedarfs zu decken, obwohl dieselbe oft mit der Zeit der geringsten Ergiebigkeit der natürlichen Gewässer zusammenfällt. Die Speisung eines Kanals und die Wasserversorgung einer Stadt sind somit nahe verwandt, nur handelt es sich in ersterem Falle um die Beschaffung weit größerer Wassermassen, als in letzterem. In beiden Fällen aber entnimmt man das Wasser bald oberhalb der Verbrauchsstelle und läßt dasselbe mit natürlichem Gefälle zufließen, bald ordnet man Pumpwerke an, um das Wasser von tiefer gelegenen Punkten bis zur Verbrauchsstelle zu heben. In beiden Fällen hat man ferner nicht allein auf die regelmässige Zuleitung einer gewissen Wassermenge Rücksicht zu nehmen, sondern der Verbrauchsschwankungen wegen auch auf die Aufspeicherung von Wasser. — Bei der Besprechung der Speiseanlagen sollen der Reihe nach die Entnahmestellen, die Leitung des Wassers nach dem Kanal (die Speisegräben) und die Einführung desselben in den Kanal (die Speiseschleusen) untersucht werden.<sup>52)</sup>

#### 1. Entnahme des Wassers.

Die Entnahme des Wassers erfolgt entweder aus natürlichen Wasserläufen, sei es unmittelbar, sei es durch Vermittelung eines Pumpwerks, oder aus Seen, oder aus künstlich hergestellten Speisebehältern.

Unmittelbare Entnahme aus natürlichen Wasserläufen. Bei dieser Art der Entnahme wird in dem Wasserlaufe unterhalb der Stelle, woselbst ein Speisegraben abzweigt, in der Regel ein Wehr erbaut, um den Wasserspiegel zu erhöhen und die Schwankungen des Spiegels zu verringern, während ein zweites vor dem Speisegraben angelegtes Stauwerk dazu dient, die einströmende Wassermenge zu regeln und den Graben bei größeren Ausbesserungen abzuschließen. In dem Flusse oder Bache werden je nach Umständen feste oder bewegliche Wehre, beispielsweise Nadelwehre, hergestellt, vor dem Speisegraben gewöhnlich Schützenwehre. Wegen der Einzelheiten ist das III. Kapitel, auch § 3 des VI. Kapitels zu Rate zu ziehen. Beiläufig sei bemerkt, daß das Wehr für den in F. 4, T. XVII angedeuteten Speisegraben von Sorey im erstgenannten Kapitel durch Fig. 31, S. 254 vorgeführt wird.

Entnahmestellen zweiten Ranges ergeben sich mitunter da, wo ein natürlicher Wasserlauf den Speisegraben oder den Kanal kreuzt; von diesen wird weiter unten die Rede sein.

Pumpwerke. Wenn die Höhenlage der zu speisenden Kanalstrecke die Anlage eines Pumpwerks erheischt, betreibt man dasselbe womöglich mit hydraulischen Motoren und nimmt nur bei Mangel von Wasserkraft Dampfmaschinen zu Hilfe. Die Pumpwerke

<sup>52)</sup> Litteratur. Picard. Alimentation du canal de la Marne au Rhin et du canal de l'Est. Paris 1880. (Ausführliches und mit großer Sorgfalt ausgestattetes Werk.)

Pugnière. L'alimentation du canal de l'Est. Ann. des ponts et chaussées 1882, I, S. 593 (vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 9).

Derselbe Gegenstand ist behandelt in: Ann. industr. 1882, Jan.-März, S. 8, 196 u. a. — Engineering 1882, März, S. 272. — Deutsche Bauz. 1885, S. 499. — Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 76. — Wochenbl. f. Bauk. 1886, S. 83. — Deutsche Bauz. 1886, S. 95. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886.

Anwendung der elektrischen Kraft auf die Speisung von Schleusenkanälen. Schiff 1889, S. 6.

Speiseanlage für den Morris-Kanal. Scientific american 1891, I, S. 326.

Vorberichte von Denys und Leboucq für den Binnenschiffahrts-Kongress zu Paris (1892).

stehen mit einem Druckrohre in Verbindung, welches das Wasser einem Speisegraben übergiebt. Wenn dieselben mit Erfolg arbeiten sollen, so müssen Werke von großer Leistungsfähigkeit und nicht etwa eine Reihe kleinerer Werke, welche das Wasser von einer Haltung zur anderen heben, angelegt werden, vergl. Kap. XIV, S. 306. Ausgeführt wurden kleine Wasserhebungen u. a. für den Kanal zwischen Sambre und Oise, jedoch mit schlechtem Erfolge bezüglich des Kostenpunktes.

Als Beispiele größerer Ausführungen sind zu nennen: Die Pumpwerke zu Lockport, durch welche der Kanal zwischen dem Illinois- und dem Michigan-See während des Sommers gespeist wird (s. Malézieux. Travaux publics des états-unis d'Amérique en 1870, S. 298), diejenigen des Kanals von der Aisne nach der Marne, welche das Wasser auf 20,2 m Höhe heben, worauf dasselbe in einer 7600 m langen Leitung der Scheitelstrecke zufließt (Deutsche Bauz. 1874, S. 2 und Ann. des ponts et chaussées 1872, Dez., auch Gérardin. Théorie des moteurs hydrauliques, applications et travaux exécutés pour l'alimentation du canal de l'Aisne à la Marne. Paris 1872), namentlich aber die Pumpwerke, welche für den Rhein-Marne-Kanal und den französischen Ost-Kanal in den Thälern der Mosel und der Maas hergestellt und von Picard ausführlich beschrieben sind.

Die geographische Lage der beiden Turbinen-Pumpwerke bei Pierre la Treiche und Valcourt, sowie des Dampfpumpwerks bei Vacon nebst der Lage der zugehörigen Speisegräben ist aus der kleinen Karte F. 3, T. XVII zu erkennen. Das Werk bei Pierre la Treiche ist in F. 7<sup>a-s</sup> eingehender dargestellt. Die Wasserkraft wird durch die kanalisierte Mosel mittels des in F. 7<sup>b</sup> angedeuteten Nadelwehres geliefert. Der in der Nähe desselben abzweigende, mit einem Hochwasserdamme versehene Seitenkanal dient der Schifffahrt, zugleich aber auch der Leitung des Wassers für die Turbinen und des Speisewassers für die Pumpen. Die hierdurch entstehende Strömung soll nur in der Schutzschleuse ein wenig lästig sein. Die Wasser treten aus dem Kanal zunächst in ein ziemlich großes, vor dem Maschinenhause liegendes Becken (s. F. 7<sup>c</sup>). Sechs von zwei Turbinen in Bewegung gesetzte Pumpen führen das Speisewasser zuerst einem großen Windkessel und sodann dem Druckrohre zu, dessen Längenprofil und Lage aus F. 7<sup>a-u-b</sup> ersichtlich ist. Die Turbinen arbeiten mit 2,50 m durchschnittlichem Gefälle und fördern dabei 6,5 cbm i. d. Sekunde; Saug- und Druckhöhe betragen zusammen 40,2 m.

Der Anschluß des Druckrohres an ein kleines Ablagerungsbecken, welches den Anfangspunkt des Speisegrabens bildet, ist durch F. 7<sup>e-s</sup> dargestellt. Dies Becken kann durch Dammbalken (s. F. 7<sup>c</sup>) abgeschlossen werden. Derartige Abschlüsse befinden sich an verschiedenen Stellen des Speisegrabens, um bei Ausbesserungen einzelne Strecken desselben trockenlegen zu können und um das Wasser im Graben behufs Feuchthaltung des Bodens anzustauen, wenn kein Bedürfnis zur Benutzung des Pumpwerks vorhanden ist.

Pumpwerke, welche in Belgien u. a. für den Kanal von Roulers nach der Lys und für den Kanal zwischen der Lys und der Yperlée angelegt sind, werden in einem Bericht von Leboucq eingehend besprochen; hier kann jedoch auf die betreffenden Einzelheiten nicht eingegangen werden.

Für den Oder-Spree-Kanal ist ein Pumpwerk bei Neuhaus erbaut. Eine Dampfmaschine von 120 P. S. treibt eine Kreiselpumpe mit lotrechter Welle, die Hubhöhe ist gering (0,82 m im Mittel), das Werk kann bis 2,3 cbm i. d. Sekunde fördern.

**Seen und künstliche Speisebehälter.** Zur Aufspeicherung von Speisewasser sind Binnenseen selbstverständlich am besten geeignet und es findet sich nicht selten Gelegenheit, dieselben in dieser Weise nutzbar zu machen. Beispiele liegen in Norddeutschland bei ausgeführten Kanälen (z. B. beim Oder-Spree-Kanal), nicht minder bei geplanten (Elbe-Trave-Kanal, Berlin-Rostocker Kanal u. a.) vor. Die schwedischen Kanäle werden fast ausnahmslos aus Binnenseen gespeist.

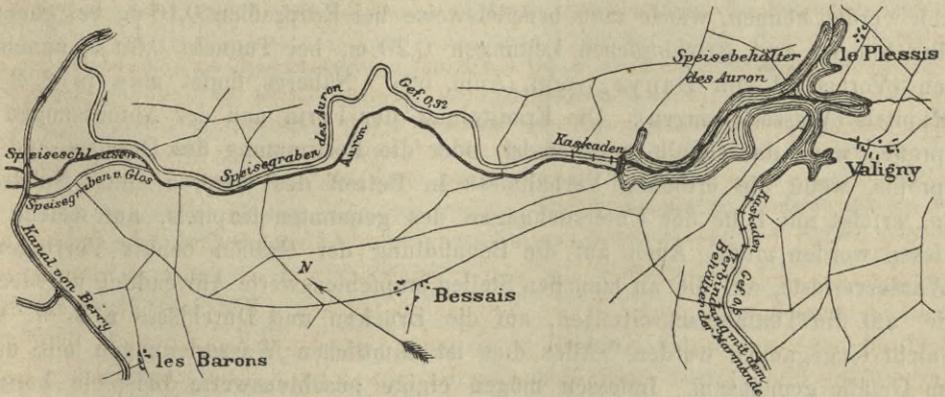
Auch die Scheitelstrecken der Kanäle eignen sich für den genannten Zweck und man hat alsdann zwischen dem normalen und dem angespannten Wasserspiegel derselben zu unterscheiden, vergl. F. 2<sup>d</sup>, T. XVI und Fig. 19, S. 382 (Querprofil bezw. Längenprofil eines Teils der Scheitelstrecke des Dortmund-Ems-Kanals). Wegen der erheblichen Schwankungen im Wasserbedarf der Schifffahrtskanäle ist die Aufspeicherung ansehnlicher Wassermengen in den Scheitelstrecken dann unbedingt erforderlich, wenn natürliche Seen nicht zu Gebote stehen oder künstliche Behälter nicht ausführbar sind.

Diese Speisebehälter gehören zu den in Bachthälern angelegten Sammelbehältern, von deren Größe und deren Abflussmengen in § 4 des V. Kapitels die Rede ist, während die abschließenden Staudämme nebst Zubehör in § 7 des III. Kapitels besprochen wurden. Hier sind nur einige allgemeine Bemerkungen zu machen.

Die Untersuchungen werden sich in der Regel so gestalten, daß zunächst die Stelle für den Speisebehälter gewählt wird, denn die hierbei zu machenden Anforderungen sind so schwierig zu erfüllen, daß ihnen gegenüber alle anderen in den Hintergrund zu treten pflegen. Alsdann handelt es sich um die Bestimmung der Lage und der Höhe des Abschlußwerkes, wobei für die Höhe einerseits Rücksichten auf die zur Verfügung stehenden Grundstücke, andererseits solche auf die Größe des zum Speisebehälter gehörenden Niederschlagsgebietes entscheidend sind. Ferner kommt die Menge der atmosphärischen Niederschläge in Betracht. Wenn nun der Kubikinhalt eines Behälters in dieser Weise ermittelt ist, so hat man unter Berücksichtigung der Verdunstung des gesammelten Wassers und der sonstigen Verluste zu untersuchen, für wie viele Tage Vorrat derselbe enthält. Erscheint hiernach die Wassermenge, welche aus einem Behälter entnommen werden kann, ungenügend, so wird man — in der Regel unterstützt durch die Erfahrungen des Betriebes — zur Anlage eines zweiten, dritten u. s. w. schreiten.

Der angegebene Weg hat in vielen Fällen dahin geführt, daß die Anzahl der zu einem Kanale gehörigen Speisebehälter im Laufe der Zeit namhaft vergrößert ist. So haben sich beispielsweise für den Kanal von Burgund fünf Behälter mit zusammen 20145000 cbm Inhalt als ungenügend erwiesen, sodaß in neuerer Zeit noch der Speisebehälter von Panthier mit 8000000 cbm Inhalt angelegt werden mußte. Für die Vogesenstrecke des Rhein-Marne-Kanals wurde zunächst der Raum des Sees von Gondrexange durch Erhöhung des Abschlußwerkes auf 6280000 cbm gebracht, sodann wurden die Behälter von Réchicourt für etwa 4000000 cbm und von Paroy für 1700000 cbm (s. Ann. des ponts et chaussées 1880, Febr.) angelegt. Unter normalen Verhältnissen sollten die Wasser der Speisebehälter nur zum Ausgleich bei ungewöhnlichem Verbrauch dienen, manche Kanäle sind aber während des größten Teils der Schiffsfahrtszeiten auf Speisung aus Behältern angewiesen.

Fig. 52. Speisebehälter und Speisegräben für den Kanal von Berry. M. 1 km = 0,0125 m.



Die Zuleitungen werden in der Regel durch die Bäche, in deren Thälern die Behälter liegen, gebildet, es ist aber nicht ausgeschlossen, auch das Wasser eines benachbarten Baches zu benutzen und dasselbe durch unterirdische Leitungen zuzuführen.<sup>53)</sup> Die Ableitung des Wassers findet durch Speisegräben statt, welche unter Umständen nach einem anderen, tiefer liegenden Behälter geführt werden, vergl. Fig. 52, aus wel-

<sup>53)</sup> Vergl. Picard. Alimentation etc. S. 288.

cher ein für den Kanal von Berry ausgeführter Behälter und die Anordnung der zugehörigen Gräben ersichtlich sind.

Es sei noch bemerkt, daß dem Binnenschiffahrts-Kongress zu Paris (1892) eingehende Mitteilungen über in verschiedenen Ländern ausgeführte Speisebehälter gemacht sind.<sup>54)</sup>

## 2. Speisegräben und Speiseschleusen.

Speisegräben, auch wohl Zubringer genannt, pflegen bei jedem Kanale, falls derselbe nicht im Grundwasser liegt, in größerer Zahl vorzukommen und man hat einerseits für die Scheitelstrecke einen oder mehrere Hauptspeisegräben anzulegen, andererseits die tiefer liegenden Strecken mit Speisegräben zweiter Klasse auszustatten. Eine dritte Art leitet das Wasser von einer Haltung zur andern.

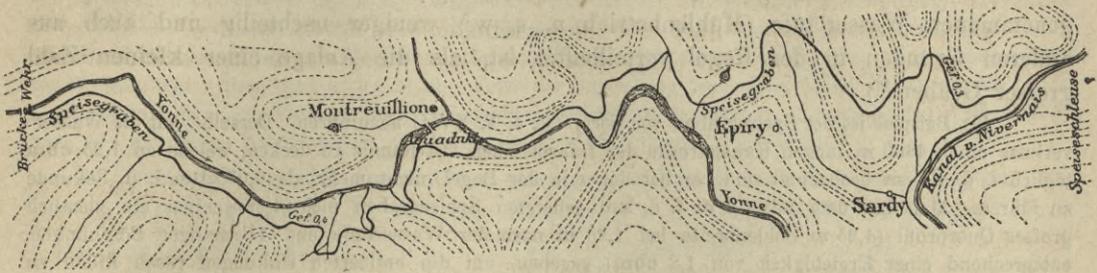
Die Ergiebigkeit der Speisegräben soll den Bedarf der zugehörigen Strecken auch in Zeiten eines sehr starken Verbrauchs decken, es ist aber auch auf die zeitweilige Ausschaltung eines benachbarten Speisegrabens und darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Wiederanfüllung trockengelegter Haltungen in nicht zu langer Zeit, etwa in drei Tagen, bewerkstelligt werden kann. Bei Bestimmung der Ergiebigkeit der Speisegräben dürfen auch die in dem Graben stattfindenden, oft sehr starken Wasserverluste (vergl. § 16) nicht außer Betracht bleiben.

Bei Gräben, welche in gewöhnlichen Bodenarten liegen, kann die mittlere Wassergeschwindigkeit zu 0,3 bis 0,5 m in der Sekunde angenommen werden, man muß indessen berücksichtigen, daß dieselbe sich leicht verdoppelt, wenn eine aufsergewöhnliche Inanspruchnahme des Grabens, z. B. bei Wiederanfüllung von Kanalstrecken, eintritt. Strecken mit befestigten Böschungen und Rohrleitungen gestatten größere Geschwindigkeiten, ferner ist bei ihnen der Kostenersparung wegen auf Einschränkung des Querschnitts hinzuwirken. Hieraus folgt, daß für die letztgenannten Strecken stärkere Gefälle am Platze sind, als für jene Gräben. Wenn die kilometrischen Gefälle beliebig gewählt werden können, würde man beispielsweise bei Erdprofilen 0,10 m, bei gemauerten Böschungen und geschlossenen Leitungen 0,20 m, bei Tunneln 0,60 m annehmen können (Vorbericht von Denys, vergl. Anm. 52). Näheres findet man in § 2 des IV. Kapitels (Wasserleitungen). Die Ermittlung der Form und der Abmessungen des Querprofils, wenn das Gefälle gegeben ist, oder die Bestimmung des Gefälles und des Querprofils, wenn die örtlichen Verhältnisse in Betreff des ersteren einen Spielraum lassen, erfolgt mit Hilfe der Untersuchungen des genannten Kapitels, auf welche hier verwiesen werden muß. Auch auf die Behandlung der Gräben behufs Verringerung der Wasserverluste, auf die an manchen Stellen empfehlenswerte Anwendung überdeckter Profile, auf die Thalüberschreitungen, auf die Brücken und Durchlässe u. s. w. kann hier nicht eingegangen werden. Alles dies ist sämtlichen Wasserleitungen mit natürlichem Gefälle gemeinsam. Indessen mögen einige beachtenswerte Beispiele kurz besprochen werden, zunächst einige Hauptspeisegräben, welche nicht selten Bauten von großer Ausdehnung sind.

Der Hauptspeisegraben des Kanals von Nivernais, dessen Lage aus Fig. 53 hervorgeht, hat eine Länge von 28 km und ist mit einem Aufwande von 1120000 M. erbaut. Bei den Thalüberschreitungen sind gemauerte Wasserleitungsbrücken verwendet. Der Graben ist für 1,25 cbm Ergiebigkeit bemessen

<sup>54)</sup> Vorberichte von Bouvier (Die Wasserbehälter Süd-Frankreichs), von Cadart (Behälter des Haute-Marne-Departements), von Barois (Behälter in Englisch-Indien), von Pelletreau (Considerations sur les grandes barrages en maçonnerie), von Hörschelmann (Wasserbehälter in Rußland).

Fig. 53. Speisegraben der Scheitelstrecke des Kanals von Nivernais. M. 1 km = 0,010 m.



Die Gefälle sind in m f. d. km angegeben.

und hat 0,80 m normale Wassertiefe. Als Profile wählte man die durch Fig. 54 und 55 dargestellten Formen und zwar Fig. 54 bei durchlässigem Felsboden und Fig. 55 zur Ausführung in leichten Bodenarten. Da, wo der Graben an steilen Abhängen herzustellen war, wurde ein geschlossenes Profil statt des offenen angeordnet, um das schlammführende Tagewasser abzuhalten. Eine eingehende Beschreibung findet man in: *Mémoire sur les travaux de la rigole dérivée de l'Yonne pour l'alimentation du point de partage du canal du Nivernais*. Ann. des ponts et chaussées 1851, I, S. 289.

Fig. 54.

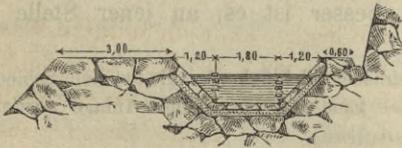
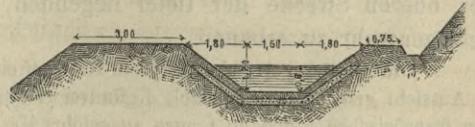


Fig. 55.



Als Beispiel eines in neuerer Zeit ausgeführten Hauptspeisegrabens ist derjenige zwischen Pierre la Treiche und Foug zu nennen, vergl. T. XVII, F. 3, sowie F. 7<sup>a</sup> u. 7<sup>b</sup> (Teile des Lageplans bzw. des Längenprofils des 13,5 km langen, durch ein Pumpwerk gespeisten Grabens). Die Ergiebigkeit des in der Zeichnung dargestellten Teils ist 0,6 cbm; das Normalquerprofil hat 1,0 m Sohlenbreite, 0,95 m Wassertiefe und 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> malige Böschungen; diese Tiefe beträgt 0,1 m mehr, als jener Ergiebigkeit wegen erforderlich, damit letztere auch dann noch vorhanden ist, wenn der Graben etwas verschlamm und be wachsen sein wird. Das Gefälle ist 0,2 m f. d. km. Das Profil des ersten Stücks des Grabens ist auf 203 m Länge bekleidet (F. 7<sup>d</sup>), weil daselbst ein zerklüfteter Felsboden vorhanden war. Die bedeutenderen Thalübersetzungen sind durch Düker bewerkstelligt. Bei dem Speisegraben zwischen Vacon und der Scheitelstrecke von Mauvages (vergl. F. 3, T. XVII) haben sich indessen bei geringer Tiefe der Thäler in vereinzelten Fällen gemauerte Wasserleitungsbrücken vorteilhafter erwiesen als Düker.

An längeren Speisegräben kann man mitunter eine Wassergewinnung zweiten Ranges ins Werk setzen, dies ist beispielsweise der Fall, wenn dieselben von Mühlgräben gekreuzt werden oder auch bei der Kreuzung eines Baches mit dem Speisegraben. Wenn Bach und Speisegraben an solchen Kreuzungsstellen in ein und derselben Höhe liegen, so wird unterhalb im Bache ein Schützenwehr angelegt, dessen Fachbaum sich in der Höhe der Kanalsohle befindet. Die Oberkante der Schützen erhebt sich etwa 0,10 m über den normalen Wasserspiegel des Speisegrabens. Das Schütz wird gezogen, wenn der Bach ungewöhnlich große Wassermengen und zu viel Sinkstoffe führt. Das Stauwerk dient zugleich als Abflussschleuse, wenn der Speisegraben bei Ausbesserungen trockengelegt werden soll.

Ein eigenartiges Bauwerk, welches dem genannten Zwecke dient, ist in einem 3,4 km langen Graben erbaut, der sein Wasser zunächst an den Speisebehälter von Panthier abgibt. Große Höhenunterschiede führten hier zur Anwendung von Kaskaden und diese zu einer sinnreichen Gestaltung der Wasserentnahme aus einem kreuzenden Bach; wegen der Einzelheiten muß auf die Quelle verwiesen werden.<sup>55)</sup>

<sup>55)</sup> Bazin. Les travaux d'agrandissement du réservoir de Panthier (Canal de Bourgogne). Ann. des ponts et chaussées 1880, II, S. 241.

Für die Speisegräben zweiter Klasse gilt die Regel, daß die Herstellung zahlreicher Gräben von mäfsigem Querschnitt den sonstigen Verwendungen der in Anspruch genommenen Wasserläufe (Mühlenbetrieb u. s. w.) weniger nachteilig und auch aus anderen Gründen in der Regel vorteilhafter ist, als die Anlage einer kleinen Zahl grosser Gräben.<sup>56)</sup>

Als Beispiel ist der Speisegraben von Sorey (F. 4, T. XVII) anzuführen. Derselbe hat die Wasserverluste einer 4800 m langen Kanalstrecke des französischen Ost-Kanals zu decken, welche zu 1,25 cbm täglich f. d. lfd. m beobachtet sind, er hat daher in der Regel nicht mehr als 0,07 cbm i. d. Sekunde zu führen. Man hat dem mit 0,1 m f. d. km geneigten Speisegraben nichtsdestoweniger ein ziemlich grosses Querprofil (1,25 m Sohlenbreite bei 1,25 m normaler Wassertiefe und 1½ maligen Böschungen, entsprechend einer Ergiebigkeit von 1,2 cbm) gegeben, um die entleerten Haltungen rasch füllen zu können. Die Lage desselben wurde teils durch Rücksichten auf einen angemessenen Platz für die Wassergewinnung, teils durch einen vorhandenen Weg, an dessen Seite der Graben geführt ist, festgelegt. (Näheres in: Picard. Alimentation etc., S. 155 u. 299.)

Eine dritte Art von Speisegräben leitet, wie erwähnt, das Wasser von einer Haltung zu einer anderen. Dies wird beispielsweise erforderlich, wenn unterhalb einer Schleuse mit kleinerem Gefälle eine solche mit erheblich gröfserem Gefälle liegt und wenn zwischen beiden eine erneute Speisung des Kanals sich nicht beschaffen läfst. Oberhalb der ersten Schleuse kann man diese Gräben durch ein Überfallwehr abschliessen, dessen Krone in der Höhe des normalen Wasserspiegels liegt, sodafs der Überflufs der oberen Strecke der tiefer liegenden zuströmt; besser ist es, an jener Stelle ein Schützenwehr zu erbauen.

Gräben dieser Art sind bei dem Entwurf eines oberrheinischen Schiffahrtskanals für viele Schleusen in Aussicht genommen (Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 51). — Eine sehr ausgedehnte Anlage wurde für den französischen Kanal du Centre ausgeführt.<sup>57)</sup>

Statt solcher Speisegräben kann man in einer der Seitenmauern der Schleusen einen Speisekanal anlegen; mit einem solchen ist u. a. die Schleuse bei Grofse Tränke des Oder-Spree-Kanals ausgestattet.

**Speiseschleusen.** Die Speiseschleusen oder Einlafsschleusen treten in drei verschiedenen Fällen und dementsprechend in drei Gestalten auf: an den Mündungen von Speisegräben in den Kanal, an den Kreuzungen eines Wasserlaufs mit demselben und da, wo das Wasser eines den Kanal entlang fließenden Baches oder Flusses dem ersten unmittelbar zugeführt werden soll. Namentlich in letztgenanntem Falle sollten die Schleusen in mäfsigen Abständen angelegt werden; bei den hierher gehörigen Strecken des Marne-Saône-Kanals ist der durchschnittliche Abstand etwa 6 km. — Soweit möglich sind die Speiseschleusen, um ihre Wartung und Bedienung zu erleichtern, in der Nähe der Schleusenwärter-Gehöfte zu erbauen und zwar an der äufseren Kante der Leinpfade.

Speiseschleusen, welche an den Mündungen von Speisegräben liegen, sind nichts anderes als Schützenwehre, sie sperren den Graben teilweise ab, wenn seine Ergiebigkeit den Bedarf übersteigt. In der Nähe dieser Einlafsschleuse liegt eine Ablaufschleuse, an welche sich ein Entlastungsgraben anschlielft, der das überflüssige oder ein zu viele Sinkstoffe führendes Wasser dem nächsten natürlichen Wasserlaufe zuweist.

Von Zeichnungen solcher Bauwerke findet man bei Picard eine Auswahl, eines derselben ist durch F. 1<sup>a-c</sup>, T. XVII dargestellt. Dasselbe befindet sich übrigens nicht an dem Ende eines Speisegrabens, sondern an einem Behälter, welcher zwischen dem Sammelbecken von Paroy und dem Rhein-Marne-Kanal eingeschaltet ist. Die Anordnung der Einlafsschleuse, deren Weite so bemessen ist, daß

<sup>56)</sup> Vergl. Graeff. Canaux et chemins de fer, S. 207, und Hefs. Der Rhein-Marne-Kanal. Allg. Bauz. 1861, S. 98, auch Keller. Der Marne-Saône-Kanal. Zeitschr. f. Bauw. 1882.

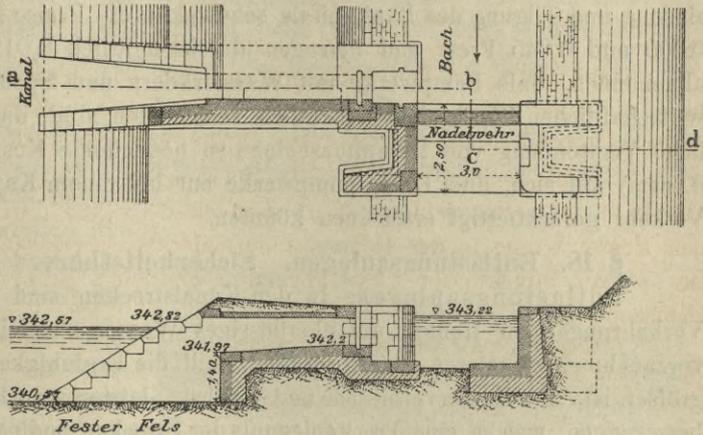
<sup>57)</sup> Fontaine. Les écluses à grande chute (5,20 m) du canal du centre. Ann. des ponts et chaussées 1892, II, S. 783. (Rigole régulatrice des biefs de Rully, S. 799.)

die benachbarten Kanalstrecken nach stattgehabter Entleerung in wenigen Tagen wieder gefüllt werden können, und die Anordnung der Ablaufschleuse gehen aus den Durchschnitten F. 1<sup>a</sup> u. 1<sup>b</sup>, sowie aus dem kleinen Grundrisse, welcher sich in dem Lageplan F. 1<sup>c</sup> befindet, mit genügender Deutlichkeit hervor und es ist hier nur zu bemerken, daß die Ablaufschleuse sich von verwandten Bauwerken durch einen festen, über den Schützen befindlichen Teil unterscheidet, dessen Oberkante 0,015 m über dem Wasserspiegel des Kanals liegt. Diese Anordnung ist eine Folge der Herstellung jenes Zwischenbehälters, welcher hauptsächlich dazu dient, die Wassermassen aufzufangen und nutzbar zu machen, die infolge des Wellenschlags über das wehrartige Abschlußwerk des Sammelbeckens (F. 1<sup>e</sup>) getrieben werden.

Speiseschleusen der zweiten Art werden gewöhnlich auch für die Entlastung des Kanals nutzbar gemacht; der folgende Paragraph wird einige Beispiele bringen.<sup>58)</sup>

Bei Erbauung von Speiseschleusen der dritten Art wird man den Bach oder Fluß, dessen Wasser dem Kanale zugeführt werden soll, nötigenfalls durch ein unterhalb der Schleuse liegendes Wehr anstauen, bei Niedrigwasser etwa um 0,4 m über den normalen Wasserspiegel des Kanals. Die Verschlussvorrichtung der Speiseschleuse besteht auch hier aus Schützen, außerdem sind Dammfalze anzuordnen. Wegen der Einzelheiten ist auch hier auf § 9 des III. Kapitels (Schützenwehre) zu verweisen.

Fig. 56. Speiseschleuse mit Stauwerk.  
Grundrifs und Längenschnitt a b c d. M. 0,005 (1:200).



(Die Nadeln und ihre obere Stütze sind nicht gezeichnet.)

Fig. 57. Längenschnitt a b c d.

Querschnitte e f und g h.

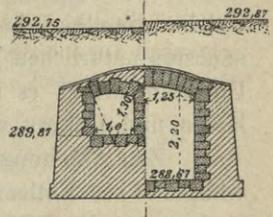
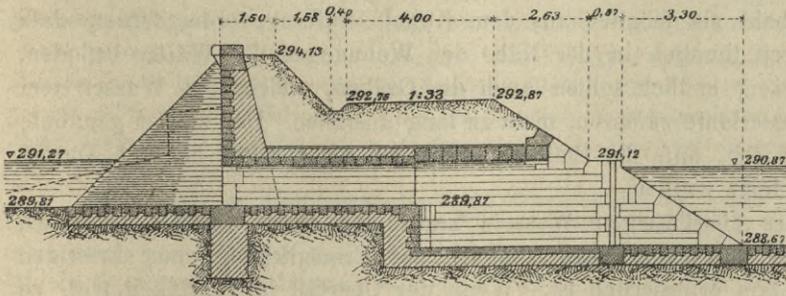


Fig. 58. Grundrifs.

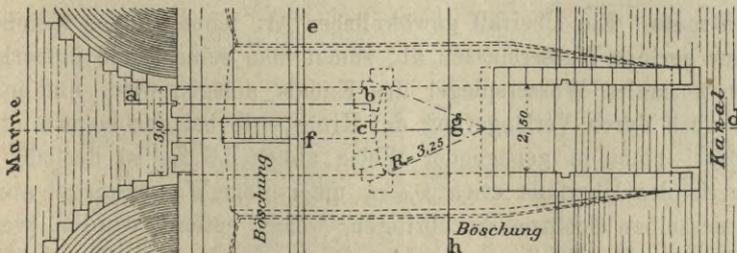


Fig. 57 u. 58.  
Speiseschleuse.

M. 0,005 (1:200).

<sup>58)</sup> Eine hierher gehörige Schleuse einfacherer Gestaltung findet man in Mohr. Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 441 (Grabeneinlaß bei Braunsdorf).

Beispiele sind: Eine Speiseschleuse des Ost-Kanals (Fig. 56), welche diesem Kanal das Wasser eines Baches zuführt und eine Schleuse des Marne-Saône-Kanals (Fig. 57 u. 58), welche dem Kanal das Wasser der Marne zuweist. Bei der letzteren wird die ungewöhnliche Höhe der Stirnmauern durch das Hochwasser des Flusses bedingt; die Kanalsohle nebst einem Teil der Böschungen sind armiert, weil bei Füllung des Kanals nach Kanalsperren erhebliche Wassergeschwindigkeiten eintreten. In beiden Fällen sind die Schützen nicht gezeichnet.

**Kosten.** Über die Kosten der künstlichen Kanalspeisung findet man ausführliche Angaben namentlich in dem mehrfach erwähnten Vorberichte von Denys. Die Kosten sind für 13 Kanalstrecken ermittelt, welche teils aus Sammelbehältern, teils durch Pumpwerke mit Wasserrädern, teils durch Dampfumpwerke gespeist werden; die Angaben betreffen sowohl die Bau- wie die Betriebskosten und sind auf das Kubikmeter des in den Kanal gelangenden Wassers zurückgeführt. Bei einem Ansatz von 4% für Verzinsung und Tilgung des Baukapitals schwanken die Preise für das Kubikmeter zwischen 0,005 und 0,045 Frcs. und betragen durchschnittlich 0,015 Frcs. Es ergibt sich im allgemeinen, daß Pumpwerke mit Wasserrädern und Speisebehältern hinsichtlich ihres wirtschaftlichen Werts nicht wesentlich verschieden sind, dagegen bringt die ausschließliche Verwendung von Dampfmaschinen so bedeutende Kosten (0,035 bis 0,045 Frcs. f. d. cbm) mit sich, daß Dampfumpwerke nur bei einem Kanal mit ungewöhnlich großem Verkehr gerechtfertigt erscheinen könnten.

### § 18. Entlastungsanlagen. Sicherheitsthore.

**Entlastungsanlagen.** In den Kanalstrecken sind wie bei den Wasserbehältern Vorkehrungen zu treffen, um überflüssiges Wasser abzuleiten und um eine Entleerung vorzunehmen. Ersteres ist erforderlich, weil die Ergiebigkeit der Speiseanlagen mitunter größer ist, als Wasserverbrauch und Verluste, letzteres in Rücksicht auf diejenigen Ausbesserungen, welche eine Trockenlegung der Strecken bedingen. Man nennt die Ableitung des entbehrlichen Wassers die Entlastung des Kanals und die betreffenden Bauwerke Ablaufschleusen oder Wasserlösen.

Bei Bestimmung der Plätze für die Entlastungsanlagen ist zu erstreben, daß das überflüssige Wasser sobald als möglich aus dem Kanale entfernt werde, ferner, daß sich die Anlagen so weit thunlich in der Nähe der Wohnungen der Wärter befinden, welche dieselben bedienen, endlich sollten auch die Gräben, welche das Wasser dem nächsten natürlichen Wasserlaufe zuführen, nicht zu lang ausfallen. Der zuletzt genannte Umstand bringt es mit sich, daß die Entlastungsanlagen nicht selten mit den Durchlässen und Dückern vereinigt werden.

Zur Ableitung des überflüssigen Wassers kann man einen Überfall herstellen, während zur Entleerung des Kanals und zugleich zur Ermöglichung einer kräftigen Entlastung ein Grundablaß erforderlich ist. Wenn der Überfall in Thätigkeit tritt, so erkennt man, daß es Zeit ist, den Kanal zu entlasten, daß somit das Schütz des Grundablasses gezogen werden muß. Ein Überfall gewöhnlicher Art leitet bei der üblichen Länge von 2 bis 2,5 m nur geringe Wassermassen ab, zumal man seine Krone immerhin 10 bis 15 cm über dem normalen Wasserspiegel des Kanals anlegen wird, und man kann diesem Übelstande auch durch Verlängerung der Krone, wie bei den sogenannten brunnenartigen Wasserlösen, nicht in genügender Weise abhelfen. Es ist deshalb zu empfehlen, das Mauerwerk des Überfalls etwa 0,4 m unter dem Wasserspiegel abzuschließen und oberhalb desselben Schützen anzubringen, welche entfernt werden, wenn das Wasser stark abströmen soll. Fügt man dann außerdem noch einen Grundablaß hinzu, so ist allen Anforderungen Genüge geleistet. In dieser Weise ist die durch F. 2<sup>a-d</sup>, T. XVII dargestellte Entlastungsvorrichtung des Rhein-Marne-Kanals angeordnet.

Dieselbe befindet sich übrigens nicht an diesem Kanale selbst, sondern am See von Gondrexange, welcher mit der Scheitelstrecke in Verbindung steht. Ähnlich wie dies Bauwerk ist auch die Entlastungsvorrichtung für den Speisebehälter von Paroy, welche in F. 1°, T. XVII angedeutet ist. Zeichnungen der Einzelheiten findet man Ann. des ponts et chaussées 1880, Febr.

Man hat auch Entlastungsanlagen hergestellt, bei welchen ohne Bedienung eine kräftige Wasserentziehung eintritt, sobald der Wasserstand des Kanals eine gewisse Höhe übersteigt, während ihre Wirksamkeit von selbst wieder aufhört, sobald der Normalstand wieder erreicht ist. Diesen Anforderungen entsprechen die heberförmigen Wasserlösen des Kanals du Midi, welche in Hagens Wasserbaukunst (Zweiter Teil, 3. Band, T. VIII, F. 82) dargestellt sind. Dieselben haben indessen selten Nachahmung gefunden, teils weil ihre Anlage kostspielig ist, teils weil ihre Wirksamkeit im entscheidenden Augenblicke durch Verstopfung der Eintrittsöffnungen des Wassers gehemmt sein kann.

Es ist oben bemerkt, daß da, wo ein Kanal einen natürlichen Wasserlauf kreuzt, die Entlastungsanlagen sich nicht selten unmittelbar an die Durchlässe oder Düker anschließen, s. F. 8, T. XVII und nebenstehende Fig. 59. Mitunter werden die Durchlässe nicht allein mit Entlastungsanlagen, sondern auch mit Vorrichtungen zur Speisung des Kanals in Verbindung gesetzt. Man kann alsdann an der Bergseite des Durchlasses einen Fallkessel anordnen und die Durchflußöffnung an der Kanalseite des Fallkessels mittels eines Schützes verschließbar machen. Dasselbe ist in der Regel gehoben, sodafs das Wasser des Baches durch den Durchlaß fließen kann. Wenn der Kanal gespeist werden soll, wird das Schütz hinabgelassen, das Bachwasser staut sich im Fallkessel und tritt über die Oberkante desselben in den Kanal.

Zeichnungen derartiger und verwandter älterer Anlagen findet man u. a. bei Hagen (T. LXXV, F. 367) und in den Ann. des ponts et chaussées (Série 3, XII, Pl. 100). Die zuletzt genannten Zeichnungen stellen die Durchlässe dar, welche zur Regelung des Wasserstandes in den zu beiden Seiten des Rhein-Marne-Kanals liegenden Teilen des Sees von Gondrexange und zugleich zur Speisung des Kanals mit dem Wasser desselben dienen.

Einen Düker mit Entlastungsüberlauf vom Marne-Saône-Kanal zeigen die Figuren 60 bis 62; derselbe hat die bei neueren Bauwerken dieser Art gebräuchliche Einrichtung. Der früher übliche, mit einem Schlammfang versehene Fallkessel ist durch ein Ablagerungsbecken ersetzt; hierdurch wird erheblich an Mauerwerk gespart. Die Entlastung wird durch vier vertikale Schächte von je 0,6 m Querschnitt bewerkstelligt.

Fig. 60 bis 62. Düker mit Entlastungsüberlauf.

Fig. 60. Lageplan. M. 1:1500.

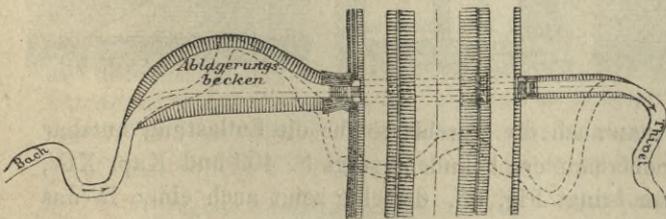


Fig. 61. Schnitt *ef* (Fig. 62). M. 0,0067 (1:150).

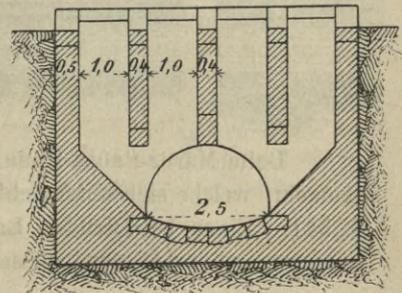


Fig. 62. Längenschnitt. M. 0,0033 (1:300).

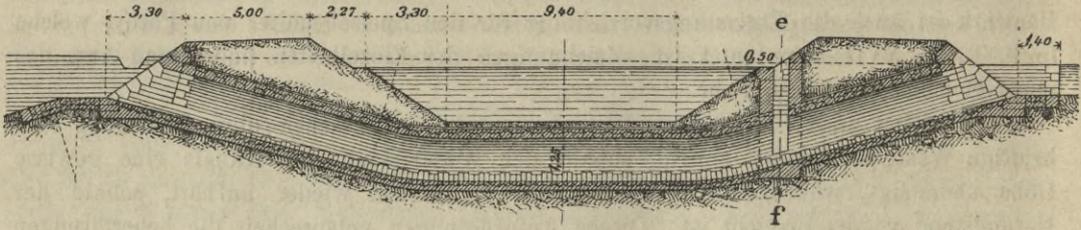


Fig. 63 u. 64.

Schleuse und Schleusenbrücke des Marne-Saône-Kanals mit Anlagen zur Speisung und Entlastung.

Fig. 63. Lageplan. M. 1:1000.

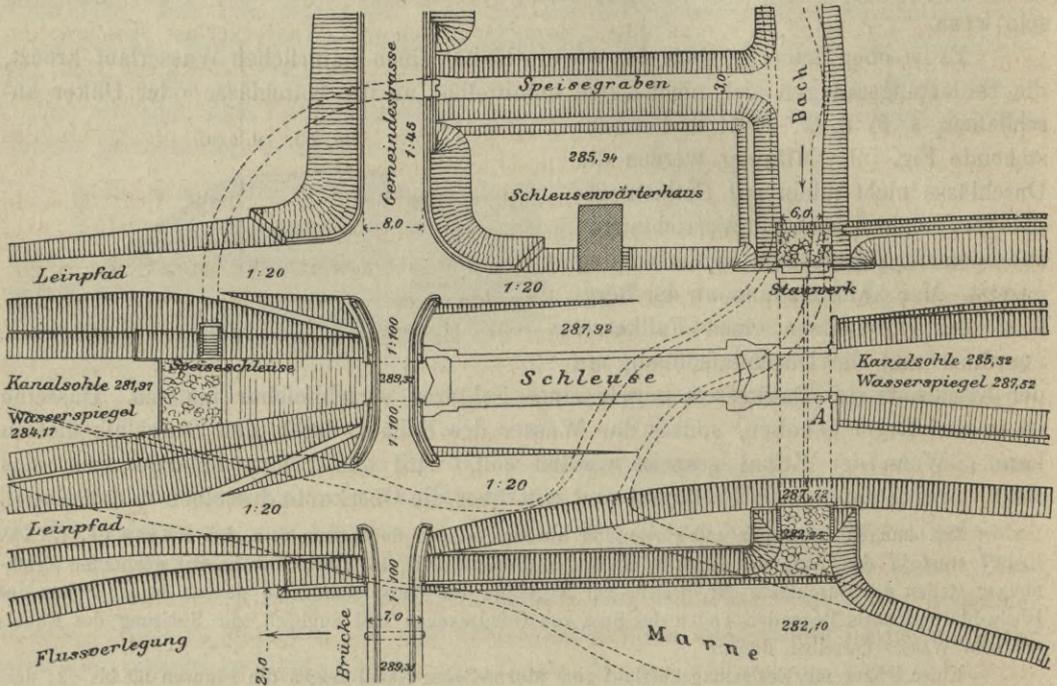
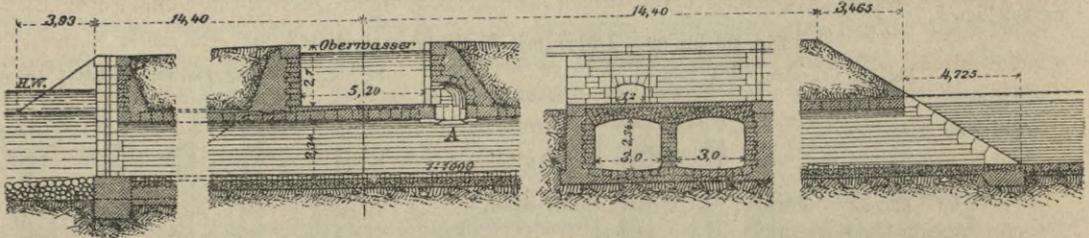


Fig. 64. Längen- und Querschnitte. M. 0,0033 (1:300).

Stauwerk.

Schleusenhaupt und Durchlaß.



Beim Marne-Saône-Kanal hat man auch die Durchlässe für die Entlastung nutzbar gemacht, welche sich unter Schleusenoberhäuptern befinden, vergl. S. 409 und Kap. XIV, S. 341. Einen betreffenden Lageplan bringt Fig. 63, derselbe zeigt auch einen in das Unterwasser mündenden Speisegraben, eine Brücke über dem Unterhaupt und die Um-

gebungen der Schleuse. Die Entlastung des Oberwassers wird durch einen kurzen, im Querschnitt kreisförmigen Schacht *A* (Fig. 63 u. Fig. 64) bewerkstelligt. Die zum Verschlusse dienende Schütztafel ist nicht gezeichnet. Die Schützöffnungen sind 1,20 m breit; sie bewirken eine so kräftige Ausströmung, daß kurze Haltungen in 5, längere in 10 bis 15 Stunden entleert werden können.

Sicherheitsthore. Durch die Entlastungsanlagen wird ein Bruch der Kanaldämme verhütet, dagegen haben die Sicherheitsthore, welche in gewissen Abständen die Kanalstrecken in einzelne, voneinander unabhängige Abteilungen zerlegen, den Zweck, den Erguß des Wassers weniger schädlich zu machen, falls ein Dammbbruch dennoch eingetreten sein sollte. Eine derartige Maßregel ist indessen nur bei langen Kanalstrecken am Platze, und auch bei diesen hat man gefunden, daß der Nutzen der Sicherheitsthore mitunter nicht in richtigem Verhältnis zu den Kosten steht. Man wendet dieselben deshalb heutzutage nur noch bei besonderen Veranlassungen an. — Ein zweiter Nutzen jener Thore soll sein, daß man durch ihren Gebrauch den Wasserverlust einschränken kann, welcher entsteht, wenn in einer längeren Strecke Arbeiten vorzunehmen sind, die eine Trockenlegung nur eines Teiles der Strecke erforderlich machen. In solchen Fällen läßt sich aber eine Absperrung durch Einlegen von Dammbalken in die Dammfalze des Mauerwerks der Brücken gleichfalls unschwer bewerkstelligen.

Ein Fall, in welchem ein Sicherheitsthor unentbehrlich erscheint, liegt u. a. an der Mündung des Rhein-Marne-Kanals am See von Gondrexange vor, und die daselbst gewählte Konstruktion (s. F. 9<sup>a-d</sup>, T. XVIII) ist beachtenswert. An jener Stelle mußte verhütet werden, daß beim Bruch eines Kanaldammes größere Wassermassen aus dem See sich ergießen, und es war ferner auf die Herstellung einer selbstwirkenden Vorrichtung Bedacht zu nehmen. Man hat deshalb ein dem See zugekehrtes Stemmthor angelegt und hat die Drehbäume der Thorflügel so belastet, daß die letzteren sich ziemlich leicht bewegen. Die Thornischen stehen mittels im Mauerwerk angebrachter Öffnungen (vergl. die Grundrisse Fig. 9<sup>e-u-d</sup>) mit demjenigen Teil des Kanals in Verbindung, welcher volle Breite hat. Sobald nun in dem Kanal eine ungewöhnliche Strömung eintritt, entsteht vor dem Bauwerk und noch mehr in den Thornischen ein Stau, die Thorflügel setzen sich in Bewegung und schließen sich in selbstthätiger Weise, ähnlich wie die Fluthore der Entwässerungsschleusen. Die Flügel derartiger Sicherheitsthore müssen mit großer Sorgfalt konstruiert und gegen Sackungen noch kräftiger verwahrt werden, als gewöhnliche Schleusenthore, weil sie dauernd freihängen.

In der Regel werden die Sicherheitsthore als Klappthore mit horizontaler Drehaxe angeordnet. Nachrichten über ältere Ausführungen dieser Art findet man an den unten angegebenen Stellen<sup>59)</sup>, neuere Ausführungen hat namentlich der Oder-Spree-Kanal gebracht.

Dieser Kanal hat vier Sicherheitsthore erhalten; das erste befindet sich vor dem oberen Vorhafen der Wernsdorfer Schleuse am Anfang einer etwa 24 km langen Strecke, vergl. F. 1<sup>a-c</sup>, T. XVI. Das Thor hat den Kanal bei etwaigem Bruche eines Thores jener ein ungewöhnlich großes Gefälle aufweisenden Schleuse und bei Ausbesserungsarbeiten abzuschließen. Die drei anderen Thore liegen in der Scheitelstrecke unfern Kersdorf, bei Schlaubehammer und im Oberwasser der ersten der Fürstenberger Schleusen. Sie wurden infolge besonderer örtlicher Verhältnisse, u. a. wegen stellenweise hoher Lage des Kanals über dem Gelände erforderlich. Gemeinschaftlich ist diesen Thoren die zweischiffige Anlage (Weite jeder Öffnung 8,6 m), die Konstruktion der Klappen (vergl. F. 21 u. 22, T. X) und die Anordnung von drei Zugschützen in jeder Klappe, welche benutzt werden, wenn der Raum zwischen dem Thore und der benachbarten Verschlussvorrichtung nach stattgehabter Entleerung einer Kanalstrecke wieder gefüllt werden

<sup>59)</sup> Hagen. Wasserbaukunst. Zweiter Teil, 3. Band, S. 552, ferner Ann. des ponts et chaussées 1841, Bl. 11 u. 12 und Allg. Bauz. 1843, Bl. XVII (Sicherheitsthore im französischen Kanal du Centre).

Fig. 65 u. 66. Sicherheitsthor des Oder-Spree-Kanals. M. 0,005 (1:200).

Schnitt a b.

Fig. 65.

Schnitt c d.

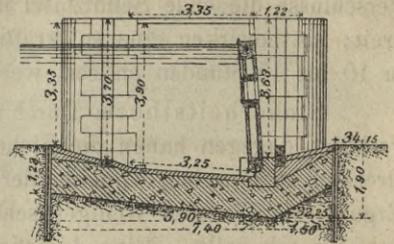
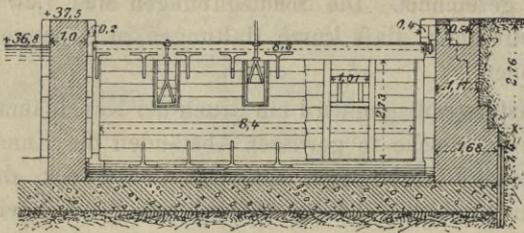
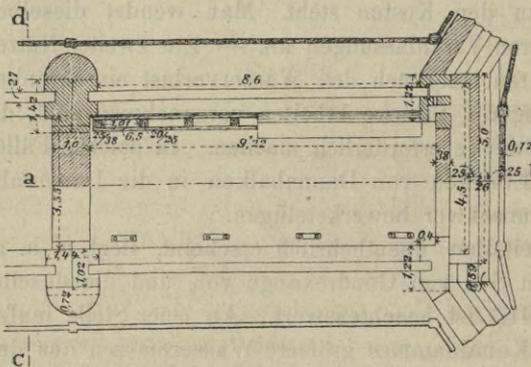


Fig. 66. Grundrifs.



soll. Die Lage dieser Zugschützen und sonstige Einzelheiten gehen aus Fig. 65 und 66 hervor. Die in dem oberen Teile des Landpfeilers angedeutete Vertiefung nimmt Druckwasser-Cylinder auf, welche die Bewegung der Klappen vermitteln und von dem Kraftsammler (Akkumulator) der benachbarten Schleuse gespeist werden. Diese Anordnung ist beim ersten und beim vierten der oben genannten Thore getroffen. Dagegen sind die Thore unfern Kersdorf und bei Schlaubehammer derart selbstwirkend, daß sie sich heben, sobald in dem Kanal eine ungewöhnliche Wassergeschwindigkeit oder eine Senkung des Wasserspiegels um etwa 24 cm unter Normalwasserstand eintritt.

Einzelheiten der behufs Hebung der Thore getroffenen Anordnungen findet man in der unten bezeichneten Quelle.<sup>60)</sup>

Sicherheitsthore, namentlich selbstwirkende, werden auch im Oberwasser von Schiffshebwerken und verwandten Anlagen schwerlich zu entbehren sein.

§ 19. Kanalhäfen. Mündungen. Die nachstehende kurze Besprechung der Kanalhäfen und der Mündungen der Schiffahrtskanäle in Flüsse und Seen findet Ergänzung namentlich bei Erörterung der Flußhäfen im Kapitel „Flußbau“. Über die Vorhäfen bei Schleusen ist § 15 dieses Kapitels zu vergleichen.

Kanalhäfen<sup>61)</sup> sollten in großer Anzahl angelegt werden, damit einer der Hauptvorteile der Schiffahrtskanäle, an vielen Stellen Güter aufnehmen und abgeben zu können, ausgenutzt wird. Die Lage der Häfen ist unter Berücksichtigung der vorhandenen Zufuhrwege zu bestimmen, falls der Hafen den Übergang des Straßverkehrs nach dem Kanale vermitteln soll. Wenn ein Bahnhof in der Nähe ist, so muß auf die Ausführbarkeit von Hafengleisen Rücksicht genommen werden. Der Leinpfad ist an derjenigen Seite des Hafens anzulegen, welche nicht zum Verladen benutzt wird, an der anderen

<sup>60)</sup> Mohr. Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 453 u. 457 (Sicherheitsthore unfern Kersdorf und bei Schlaubehammer), S. 436 u. 459 (Thore bei Wernsdorf und oberhalb Fürstenberg).

<sup>61)</sup> Litteratur. Hartmann. Einrichtungen von Lösch- und Ladeplätzen an der Spree in Berlin. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 21. Januar 1891.

Rehder. Entwürfe zu einem Elbe-Trave-Kanal (Lübeck 1892), S. 24 (Hafenanlagen in Lübeck).

IV. Binnenschiffahrts-Kongress zu Paris (1892). Vorbericht von Monet (Regime der Binnenschiffahrts-Häfen).

VI. Binnenschiffahrts-Kongress im Haag (1894). Vorbericht von Monet und Dardenne (Die Ausrüstung der französischen Binnenschiffahrts-Häfen. Mit Lageplänen von 9 französischen Kanalhäfen und zahlreichen Zeichnungen von Vorrichtungen für Kohlenverladung).

Seite muß Gelände zur Anlegung von Lagerplätzen vorhanden sein. Wenn es die Örtlichkeiten mit sich bringen, wird das Hafenbecken in unmittelbarer Nähe des Bahnhofes hergestellt und mit dem Hauptkanal durch einen Zweigkanal in Verbindung gesetzt.

Fig. 67.

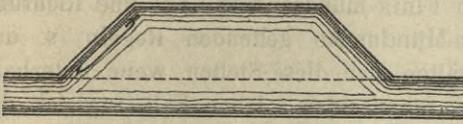
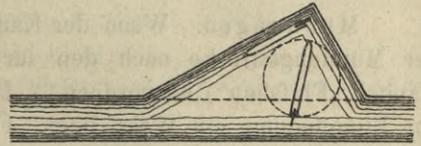
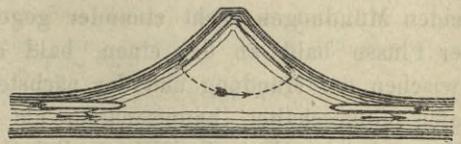


Fig. 68.



Unter den Formen der Häfen, welche als Erbreiterungen des Kanals auftreten, mögen neben dem Rechteck (F. 6, T. XVII) hervorgehoben werden: das Trapez (Fig. 67), dessen Schmalseiten das Anlegen eines Kahnens gestatten, das Dreieck (Fig. 68), welches trotz kleiner Grundfläche einen Wendepunkt darbietet, und die in Fig. 69 dargestellte Form, bei welcher das Wenden der Kähne nach Art des Wendens der Eisenbahnfahrzeuge in Spitzkehren stattfindet.

Fig. 69.



Die Größe der Häfen richtet sich nach den Anforderungen des Verkehrs und stützt sich auf die Länge und Breite der Schiffe unter Angabe reichlicher Spielräume. Die kleinsten Anlagen werden nur nach eines Schiffes Länge und Breite bemessen, größere Häfen erhalten mehr als eine Schiffslänge zur Breite und das Zehnfache oder noch mehr zur Länge. Am Rhein-Marne-Kanal sind beispielsweise bei etwa 35 m Schiffslänge die Häfen von Zabern (F. 6, T. XVII) und Frouard 387 bzw. 220 m lang. Eine von der Größe des voraussichtlichen Verkehrs ausgehende vorläufige Ermittlung der Größe der Kanalhäfen für Lübeck findet man an der in Anm. 61 näher bezeichneten Stelle.

Die Ausrüstung der bestehenden Häfen läßt im allgemeinen mancherlei zu wünschen übrig. Kaimauern und Ladekranne sind ziemlich selten, obwohl man für die Kanalschiffahrt mit Recht eine ähnliche Ausrüstung verlangen kann, wie solche für den Eisenbahnverkehr allgemein üblich ist. Es würde sich also unter anderem darum handeln, für kleinere Häfen mobile, auf Schiffen angebrachte, für größere aber feststehende Kranne zu beschaffen, und, falls ein Kohlenverkehr der Wasserstrasse zuzuführen ist, regelrechte Sturzvorrichtungen.

Außer verschiedenen französischen Kanalhäfen haben indessen auch einige Häfen englischer Kanäle, welche zwischen Binnenschiffahrt und Seeverkehr vermitteln, eine gute Ausrüstung. Die letzteren zeigen im ganzen den Charakter der Seehäfen und sind deshalb nicht an dieser Stelle eingehend zu besprechen. Nur auf eine Anlage im Hafen von Goole mag hier hingewiesen werden, weil dieselbe einen ergänzenden Teil der Dampfschiffahrt mit gegliederten Schiffszügen (vergl. das Kapitel „Binnenschiffahrt“) bildet. Es handelte sich um die Herstellung einer Überladevorrichtung für die in jenen Schiffszügen angefahrenen und den Seeschiffen zu übergabenden Kohlen. Dieselbe besteht aus einer durch eine Dampfmaschine betriebenen Seilebene, deren unter das Wasser tretender Wagen die Kästen der gegliederten Schiffszüge einzeln aufnimmt, und aus einem hydraulischen Aufzuge, welcher die über Wasser gebrachten Kästen an zwei daran befindlichen Zapfen faßt und sie vertikal hebt. Die gehobenen Kästen werden umgestürzt und geben auf diese Weise die Kohlen unmittelbar an die Seeschiffe ab. Diese Vorrichtung arbeitet mit Erfolg. Die Umladekosten betragen einschließlic Tilgung der Baukosten der Aufzugsvorrichtung nur 68 Pf. für die Tonne. Näheres über den Hafen von Goole und andere größere Kanalhäfen Englands siehe v. Weber. Wasserstraßen Nord-Europas, S. 118. Vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 408.

Größere Häfen werden mit einer Dienstwohnung für den Hafenmeister auszustatten sein, auch mit einer solchen für einen Rendanten, letzteres dann, wenn Kanalabgaben erhoben werden. Der Hafen zu Cosel, welcher übrigens zu einer Flufskanalisation gehört, weist ein gemeinsames Wohn- und Dienstgebäude für jene beiden Beamten von  $25 \times 10^{1/2}$  m Grundfläche nebst einem Stall- und Abortgebäude von  $10^{1/4} \times 6^{1/4}$  m Grundfläche auf.

Mündungen. Wenn der Kanal in einen Fluß mündet, sind Lage und Richtung der Mündungsstrecke nach den für Flufshäfen-Mündungen geltenden Regeln (s. das Kapitel „Flufsbau“) anzuordnen.<sup>62)</sup> Bequem gestalten sich diese Stellen, wenn unterhalb der Einmündung ein Wehr liegt. F. 7, T. XV führt einen solchen Fall, zugleich die Kreuzung eines Kanals mit einem Fluß, vor. Wenn in letzterem kein Wehr liegt, wird man bei derartigen Kreuzungen (der Merwede-Kanal kreuzt beispielsweise den Lek) die beiden Mündungen nicht einander gegenüber anlegen, weil die größeren Wassertiefen der Flüsse bald an der einen, bald an der anderen Uferseite zu liegen pflegen. — Zwischen der Mündung und der nächsten Schleuse wird zweckmäßigerweise ein Vorhafen eingeschaltet, hauptsächlich als Zufluchtshafen bei Hochwasser und Eisgang. Hierzu bringt F. 4, T. XVI ein Beispiel, sie zeigt, nebenbei bemerkt, auch die letzte nur 750 m lange Haltung des Merwede-Kanals. Der Vorhafen hat hier eine Grundfläche von 11 Hektaren.

Mündungen der Schiffahrtskanäle in Seen gestalten sich in der Regel ziemlich einfach. F. 1<sup>o</sup>, T. XVI zeigt die Mündung des Oder-Spree-Kanals in den Seddin-See. Sie ist auf der einen Seite durch das mit Packwerk befestigte Ufer, auf der anderen Seite durch einen aus Packwerk hergestellten Damm (Kronenbreite 2 m) begrenzt. Vor dem Kopfe dieses Damms befindet sich ein (in der Abbildung nicht gezeichneter) Dükdalbe, welcher für die Nacht eine mit Balmain'scher Farbe gestrichene Leuchtscheibe trägt. Näheres in Mohr. Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 374.

**§ 20. Kanal-Erweiterungen.** Den Anforderungen des heutigen Verkehrs genügen, wie wiederholt hervorgehoben ist, die früher üblichen kleinen Fahrzeuge nicht mehr und dies hat die Erweiterung einer namhaften Zahl bestehender Kanäle veranlaßt. Mitunter mußte man die Sohlenbreiten und die Wassertiefen vergrößern, konnte sich aber in der Regel auf eine Vergrößerung der letzteren beschränken. In den meisten Fällen liefs sich dies durch Anspannung des Wasserspiegels unter Erhöhung der Kanal-dämme u. s. w. leichter erreichen, als durch eine Vertiefung des Kanals. Jene Anspannung des Spiegels hat sehr oft eine Hebung oder einen Umbau der über den Kanal führenden Strafenbrücken im Gefolge gehabt, nicht minder eine erhebliche Erweiterung der Anlagen für die Speisung der Kanäle. Auch die Schleusen wurden gewöhnlich in Mitleidenschaft gezogen, sie mußten zum Teil ganz umgebaut, zum Teil verlängert werden, bei lebhaftem Verkehr wurde die alte Schleuse beibehalten und eine zweite, größere in ihrer Nähe hergestellt (Plauer Kanal). Sämtliche Arbeiten werden durch den Umstand sehr erschwert, daß der Kanalbetrieb aufrecht erhalten werden muß, höchstens

<sup>62)</sup> Vergl. auch § 14 des XIV. Kapitels (Einfahrten der Schleusen), ferner in der 2. Aufl. dieses Werks Kap. X, S. 80/81, woselbst die Ergebnisse der eingehenden Untersuchungen Minards (s. dessen Cours de construction. Rivières et canaux, S. 366) im Auszuge gegeben sind, ferner Allg. Bauw. 1871, S. 86 (Anschluß des Rhein-Marne-Kanals an den Ill-Fluß), und Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 446 (Mündung des Oder-Spree-Kanals in die Spree bei der Schleuse Große Tränke).

auf kurze Zeit gestört werden darf. Mitunter hat sich dies durch Zubillfenahme der Winterzeit erreichen lassen (Finow-Kanal), in anderen Fällen mußten besondere Vorkehrungen ersonnen werden, um den Schiffen trotz Herstellung von Baugertüsten und dergl. die Fahrt zu ermöglichen.

Obwohl nun auch die Einzelheiten der in Rede stehenden Ausführungen beachtenswert sind, muß doch auf Besprechung derselben verzichtet und wegen des Weiteren auf die nachstehend bezeichneten Mitteilungen verwiesen werden.

Dietrich. Der Erweiterungsbau des Landwehr-Kanals. Berlin 1875.

Der Kanal von Gent nach Terneuzen (Belgien). (Derselbe hat 6,5 m Wassertiefe statt einer Tiefe von 4,4 m erhalten.) Engineering 1878, Okt. S. 312.

Mocquery (Ann. des ponts et chaussées 1880, II, S. 118) untersucht u. a. die Behandlung gekrümmter Strecken bei Herstellung einer größeren Wassertiefe und einer größeren Sohlenbreite.

Vergrößerung der Wassertiefe des Seitenkanals des Aisne-Flusses. Ann. industr. 1881, März, S. 371.

Verbesserung des Kanals von Briare. Ann. industr. 1881, März, S. 402.

Erweiterung des Kanals von Burgund (Frankreich). Ann. industr. 1876, 16. und 23. Jan. — Nouv. ann. de la constr. 1878, Juni, S. 95. — Ann. industr. 1883, März, S. 376.

Erie-Kanal (Leistungsfähigkeit desselben infolge Vergrößerung der Wassertiefe um 0,3 m). Transactions of the amer. society of civ. eng. 1880, März, S. 99. — Sonstige Mitteilungen über die Erweiterung und die Vervollkommnung der Schleusen u. a. durch eine Wasserkraft-Winde, welche die Schiffe in die Schleusenkammer holt. Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 114.

Hörschelmann. Die Umgestaltung der Marien-Wasserstrafse (Rußland). IV. Binnenschiffahrts-Kongress in Manchester (1890). 3. Abhandl. unter Engineering. Vergl. Zum bevorstehenden Umbau der Marien-Wasserstrafse. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 474.

Baumert. Die Schiffbarmachung des Havelländischen Haupt-Kanals (Vorschläge). Verhandl. d. „Centralvereins“ v. 18. März 1891.

Rhein-Marne-Kanal und die Kanäle in den Reichslanden. Picard u. Bruniquel. Hebung und Umbau der Brücken dieses Kanals. Ann. des ponts et chaussées 1880, I, S. 249. — Schubert. Technischer Streifzug in das Saar-Gebiet. Deutsche Bauz. 1882, S. 28 (Erhöhung des Wasserspiegels im Speisebecken von Gondrexange). — Volkmann. Über die Erweiterung des französischen Teils des Rhein-Marne-Kanals. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886, S. 337. Siehe auch: Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 417 und Deutsche Bauz. 1885, S. 499. — Erweiterung der Kanäle in den Reichslanden. Schiff 1891, S. 106 u. 113; 1892, S. 566 (Gesetzentwurf).

Marten. Verbesserung der Binnenwasserstraßen Englands (Vorschläge). IV. Binnenschiffahrts-Kongress in Manchester (1890). 6. Abhandl. unter Engineering. — Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 220.

## § 21. Betriebstechnik.

Kanalordnungen. Wie bei den Eisenbahnen sind auch bei den Schiffahrtskanälen Betriebsordnungen unentbehrlich und viele Punkte dieser sogenannten Kanalordnungen müssen von den Technikern oder wenigstens unter ihrer Mitwirkung festgestellt werden. Die vollständigste dem Verfasser bekannte Kanalordnung ist die französische; sie ist von Nördling (Wasserstraßenfrage — Wien 1885 — S. 193) mitgeteilt. Es ist angezeigt, hier nur eine Übersicht des Inhalts zu geben und dabei alle Punkte unerwähnt zu lassen, welche an dieser Stelle von vergleichsweise geringer Bedeutung sein würden.

1. Abschnitt. Abmessungen der Schiffe und Flöße. — Schiffsaufschriften. — Bemannung und Ausrüstung. — Nachtfahrten. — Schiffszüge.

2. Abschnitt. Rangklassen der Schiffe. — Dampfschiffe. — Regelmäßiger (fahrplanmäßiger) Fahrdienst. — Gewöhnlicher Fahrdienst. — Vorfahren. — Reihenfolge bei der Fahrt durch Schleusen und bewegliche Brücken.

3. Abschnitt. Nachtdienst. — Schiffahrtssperren. — Ausweichen der Schiffe und Flöße.

4. Abschnitt. Fahrt durch die Tunnel.

5. Abschnitt. Stilliegen der Schiffe. — Ein- und Ausladen. — Öffentliche und private Lagerplätze.

6. Abschnitt. Verbote. — Ermächtigungen, namentlich bezüglich der Wasserbenutzung.

Ferner liegt ein Auszug aus der Kanalordnung für den Merwede-Kanal (Wassertiefe 3,1 m) vor, aus diesem sei Folgendes hervorgehoben:

Die Verwaltung ist berechtigt, das Maximum der Kolbenhöhe und der Umdrehungen der Schrauben der Dampfer f. d. Minute auf Grund von Versuchsfahrten festzustellen.

Die den Dampfern gestattete Fahrgeschwindigkeit ist von ihrem Tiefgange abhängig und beträgt beispielsweise 125 m i. d. Minute bei mehr als 2,5 m Tiefgang, 200 m i. d. Minute bei 1,25 m Tiefgang und weniger. (Der größte zulässige Tiefgang ist 2,6 m.)

Den Flößen ist eine Geschwindigkeit von höchstens 75 m i. d. Minute gestattet.

Schlepper dürfen höchstens 12 gewöhnliche Kähne befördern, Kähne von mehr als 250 Tonnen Ladefähigkeit werden doppelt gerechnet.

**Ausstattung der Kanäle.** Über Ausrüstung der Häfen mit Lösch- und Ladevorrichtungen vergl. S. 429.

Nachtdienst, Wartung der Schleusen, Signalvorrichtungen für dieselben u. dergl. sind in den Paragraphen 26 u. 27 des XIV. Kapitels besprochen. An dieser Stelle mögen die Signalvorrichtungen für Tunnelleingänge und Kanalmündungen namhaft gemacht werden. Elektromagnetische Diensttelegraphen hat man früher für die Kanäle nur ausnahmsweise angelegt, bei Kanälen mit lebhaftem Verkehr dürfen dieselben aber nicht fehlen, weil sie für die Schifffahrt und für den Unterhaltungsdienst sehr nützlich sind; auch Fernsprech-Apparate leisten für letztgenannten Zweck gute Dienste.

Die Kanal-Abgaben, über welche in neuerer Zeit recht lebhaft verhandelt ist, sind hier nur insoweit zu erwähnen, als die amerikanischen sogenannten Wiegeschleusen zu ihnen in Beziehung stehen. Man vergleiche Schönfelder und Mohr. Reisebericht. Zeitschr. f. Bauw. 1878, S. 37.

**Betriebsunterbrechungen. Kanalsperren.** Der Kanalbetrieb erfreut sich nicht der Gleichmäßigkeit, welcher ein Vorzug des Eisenbahnbetriebes ist, die Winterfröste veranlassen längere oder kürzere Betriebseinstellungen, auch der Ausbesserungen wegen muß der Betrieb ab und zu unterbrochen werden.

Ungewöhnlich lange Unterbrechungen während des Winters (von 180, 150, 90 Tagen je nach der Lage der Kanäle) finden in Schweden statt; dort treten alsdann Schlittentransporte ergänzend ein. Auf den Kanälen des Staates New-York wurde früher in 16jährigem Durchschnitt die Schifffahrt am 12. Dez. geschlossen und am 19. April wieder eröffnet; auf dem Rhein-Marne-Kanal (nach älteren Bestimmungen) am 25. Dez. bzw. am 20. Febr. Im Winter 1864/65 ruhte die Schifffahrt des letztgenannten Kanals des Frostes wegen zwischen Vitry und Nancy 68, zwischen Nancy und Straßburg 99 Tage lang. Beim Plauenischen Kanale wurden durchschnittlich jährlich 70 Tage für die Sperrung durch Eis gerechnet.

In neuerer Zeit werden Betriebsunterbrechungen dieser Art nicht länger als unbedingt erforderlich ausgedehnt, unter Umständen läßt sich auch die Bildung einer starken Eisdecke dadurch verzögern, daß eine Bewegung des Kanalwassers hervorgerufen wird. In den Reichslanden ist die Schifffahrt während des Zeitraums 1872—1889 durchschnittlich durch Frost unterbrochen worden

	auf dem Rhein-Rhone-Kanal	jährlich	37	Tage	lang,
„	„	Rhein-Marne-Kanal	„	47	„
„	„	Saar-Kohlen-Kanal	„	46	„

Die Eisdecken der Seekanäle werden sobald als möglich gebrochen entweder durch besondere Eisbrech-Dampfer oder durch Dampfer, welche mit Eispflügen ausgerüstet werden.<sup>63)</sup>

Die obigen Angaben von den reichsländischen Kanälen sind einer Abhandlung Dölls über die Sperrung der künstlichen Wasserstraßen (Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 263) entnommen, welche unter den verschiedenen Arbeiten, welche aus neuerer Zeit über die Kanalsperren (*chomages*) vorliegen, die gründlichste sein dürfte. Er behandelt u. a. die nachteiligen Einwirkungen des Frostes und anderer Witterungseinflüsse, die

<sup>63)</sup> VI. Binnenschiffahrts-Kongress im Haag (1894). Vorberichte von Cramer, ferner von Bekaar und Nelemans über die Mittel zur Verhütung von Sperren infolge des Frostes.

Abnutzung der Bauten durch die Schifffahrt und den Gebrauch, sodann die allgemeinen und die örtlichen Sperren, die Einwirkungen der ersteren auf Gewerbe, Handel, Landwirtschaft u. s. w. Ferner werden erörtert: die Frage des Beginns der Sperren, welche der Ausbesserungen wegen erforderlich sind, das die Sperren betreffende und Schonung des Durchgangsverkehrs bezweckende Übereinkommen zwischen Frankreich, Belgien, Elsass-Lothringen und Preußen vom 17. März 1887, die beachtenswerte Thatsache, daß eine Sperrung der preussischen Kanäle im allgemeinen nur in der Winterzeit (Ende November bis Mitte März) stattfindet, auch die Aufgaben der Wasserbauverwaltung bezüglich der Vorbereitung der Sperren und der Ausführung der Ausbesserungsarbeiten. Die Frage, ob Sperrungen der künstlichen Wasserstraßen behufs Vornahme jener Arbeiten sich ganz vermeiden lassen, wird verneint, die Betriebsunterbrechungen lassen sich aber einschränken, besonders durch Vermeidung von Unvollkommenheiten in der Anlage der Kanäle und ihrer Ausführung. Auf Abkürzung der einzelnen Sperren ist großes Gewicht zu legen.

Die übrigen die Kanalsperren betreffenden Arbeiten bestätigen das von Döll Gesagte in allen wesentlichen Punkten und führen Einzelnes weiter aus.<sup>64)</sup> Hervorzuheben wären etwa die Bemerkungen Derome's, welcher Gleichförmigkeit der einer starken Abnutzung unterworfenen Teile der Schleusenthore und Zuhilfenahme von Tauch-Apparaten empfiehlt, und das, was Mailliet über die sommerlichen Schifffahrtssperren kanalisierter Flüsse sagt; seiner Ansicht nach haben jene Sperren alljährlich stattzufinden, während dies bei Schifffahrtskanälen nicht zutrifft.

Unterhaltungsarbeiten. Die bauliche Unterhaltung der Schifffahrtskanäle ist nach Obigem sehr oft entweder während ungünstiger Jahreszeit, oder in kurz bemessenen Fristen vorzunehmen; hieraus folgt, daß sie sich in der Regel eigenartig und schwierig gestaltet. Einzelheiten über Unterhaltungsarbeiten während des Winters findet man an unten bezeichneter Stelle.<sup>65)</sup> Die Schwierigkeiten solcher Arbeiten selbst bei besserer Witterung entspringen aus der Kürze der Zeit, aus hierdurch veranlaßten übertriebenen Lohnansprüchen der Bauhandwerker, aus Arbeiten, welche sich erst nach Senkung des Wassers im Kanale, also unvorhergesehen, als erforderlich zeigen u. dergl. „Es giebt kaum eine schwerere und verantwortlichere Aufgabe, als die Leitung der Arbeiten, welche während der Sperrung eines Kanals ausgeführt werden müssen“ (Döll, a. a. O. S. 265). Einige Arbeiten ungewöhnlicher Art sind in den unten bezeichneten Mitteilungen besprochen.<sup>66)</sup>

<sup>64)</sup> Litteratur. Die Kanalsperrung. Das Schiff 1883, S. 321. — Die Kanalsperre in Frankreich im Jahre 1888 für die einzelnen Flußgebiete. Ann. industr. 1888, S. 729—731. — Die Kanalsperre in den Reichslanden. Das Schiff 1890, S. 233.

V. Binnenschifffahrts-Kongress zu Paris (1892). Vorberichte von Germelmann (Schifffahrtssperren auf deutschen Kanälen und kanalisierten Flüssen), von Derome, Mazoyer und Captier (Sperren in Frankreich) und von Mailliet (Sperren in Belgien). — Procès verbaux des séances des sections, S. 119 u. ff.

Ölwein. Unterbrechung der Schifffahrt auf künstlichen Wasserstraßen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1892, S. 366.

<sup>65)</sup> VI. Binnenschifffahrts-Kongress im Haag (1894). Schultz. Die Ausführung von Unterhaltungsarbeiten an Wasserstraßen, insbesondere von Maurer- und Zimmerarbeiten, während des Winters.

<sup>66)</sup> Le Chatelier. Le canal de l'Ourcq et ses procédés actuels d'entretien. Nouv. ann. de la constr. 1887, S. 114 u. 129 (u. a. Vorrichtung, um die Wasserpflanzen mit Schleppsenen abzumähen. Schwimmender Fangdamm (*bâche*), welcher nach Herstellung von vier festen Flügeln die Ausführung wasserdichter Böschungen ohne Störung des Betriebs ermöglicht). — Andra. Die Instandsetzung der Teilstrecke „Bassin de Pantin“ des Kanals St. Martin zu Paris. Génie civil 1888, Bd. XIII, S. 418 (Bauweise einer gemauerten Sohle). — Bruch eines Dammes des Cornwall-Kanals in Kanada. Deutsche Bauz. 1889, S. 23.

§ 22. **Bau- und Unterhaltungskosten.** Die Baukosten der Schifffahrtskanäle und ihre Unterhaltungskosten sollen hier nur kurz besprochen werden; längere Auszüge aus den nach Bedarf unmittelbar zu Rate zu ziehenden Quellen würden wenig Nutzen haben.

**Baukosten.** Die durchschnittlichen kilometrischen Kosten der französischen Kanäle sind im Jahre 1870 zu 132000 M. ermittelt (Nördling. Wasserstraßenfrage, S. 42). Weiter unten (S. 435) folgen Angaben über einzelne Kanäle.

Beim Oder-Spree-Kanal (Länge 87 km, vergl. S. 380) haben

die Kosten der Bauausführung . . . . .	12 600 000 M.
„ „ „ Bauleitung . . . . .	500 000 „
zusammen . . . . .	13 100 000 M.

betragen. Näheres Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 468. Kilometrische Kosten 151000 M.

Der französische Ost-Kanal hat 81600000 M. gekostet, Teile desselben bestehen aus kanalisierten Flußstrecken. Bei einer Länge von 480 km ergeben sich die kilometrischen Kosten zu 170000 M.

Die Kosten des 73 km langen Ems-Jade-Kanal stellen sich auf 13968000 M., hierin sind aber namhafte Aufwendungen für Umgestaltung der Kanäle und der Entwässerung der Stadt Emden enthalten. Kilometrische Kosten einschließlic dieser Anlagen 191000 M.

Der (rund) 71 km lange Merwede-Kanal hat etwa 33,6 Millionen Mark gekostet, er hat ein ungewöhnlich großes Profil, auch waren Bahnverlegungen von erheblicher Ausdehnung erforderlich, vergl. § 9. Kilometrische Kosten 473000 M.

Veranschlagte kilometrische Baukosten:

Kanal zwischen der Spree und der unteren Oder (14 m  
Sohlenbreite):

Hauptlinie Köpenick-Kienitz . . . . .	229 000 M.
Seitenlinie Friedland-Schwedt . . . . .	169 000 „

Oder-Seitenkanal (14 m Sohlenbreite):

Breslau-Österreichische Grenze . . . . .	188 500 „
--	-----------

Oder-Weichsel-Kanal (14 m Sohlenbreite):

Cosel an der Oder bis zur Weichsel . . . . .	277 500 „
--	-----------

Rhein-Yssel-Kanal (15 m Sohlenbreite):

Rees am Rhein bis zur holländischen Grenze .	194 500 „
--	-----------

Mosel-Saar-Kanal (10 m Sohlenbreite, 3250 m langer  
Kanaltunnel):

Metz bis zur preussischen Grenze . . . . .	352 000 „
--	-----------

Eingehendere Angaben findet man u. a. in:

Wiggers. Das Projekt des Rostock-Berliner Schifffahrtskanals von dem Wasserbau-Inspektor Hefs zu Hannover. (Rostock.) I, S. 74 und II, S. 22.

Graeff. Construction des canaux et des chemins de fer. Histoire critique des travaux exécutés dans les Vosges au chemin de fer de Paris à Strassbourg et au canal de la Marne au Rhin; Analyse détaillée et méthodique des dépenses faites pour ces travaux. Paris 1861.

Kosten der Kanäle in Pennsylvanien. Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 287.

Hefs. Der Weser-Elbe-Kanal. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1871, S. 207.

Über die Stecknitz-Linie des Elbe-Trave-Kanals liegen verschiedene vorläufige Kostenanschläge vor, weil bei der Einmündung des Kanals in die Lübecker Seehäfen verschiedene Anordnungen getroffen werden können. Falls eine der weniger kostspieligen

Anordnungen gewählt wird, dürften sich die Gesamtkosten auf 23300000 M., die kilometrischen Kosten auf 247000 M. belaufen.

Die Gesamtlänge der Wasserstraßen zwischen Dortmund und Emden ist (rund) 272 km, nach Abzug von 34 km freie Ems, und unter Beifügung von 11 km der Strecke Herne-Henrichenburg ergeben sich (rund) 250 km als Länge des Schifffahrtskanals nebst den zu kanalisierenden Ems-Strecken. Die veranschlagte Gesamtbausumme wird zu 69450000 M. angegeben; hierin sind 1780000 M. enthalten, welche wegen des Anschlusses des Mittelland-Kanals aufgewendet werden sollen. Dem Dortmund-Ems-Kanal fallen demnach 67700000 M. zur Last. Kilometrische Kosten (rund) 271000 M.<sup>67)</sup>

Kosten der Speiseanlagen s. S. 424.

Über die Kosten der Herstellung einer größeren Wassertiefe (2 m statt 1,60 m) liegen ausführliche Angaben in der Mitteilung von Picard und Bruniquel bezüglich des Rhein-Marne-Kanals (s. S. 431) vor. Die kilometrischen Kosten betragen: für Erd- und Dichtungsarbeiten 6800 M., für Kunstbauten 5200 M., für Speiseanlagen 7200 M., im ganzen sonach 19200 M.

Die Verwaltungs- und Unterhaltungskosten setzt Bellingrath für einen Kanal mit großem Profil zu 1200 M. f. d. Kilometer an, nahezu dasselbe (1230 M.) bringt Schlichting für den Rhein-Yssel-Kanal in Rechnung. Sonstige Angaben siehe:

Hefs. Der Rhein-Marne-Kanal. Allg. Bauz. 1871, S. 174.

Hefs. Die Kanäle des Staates New-York. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 523.

Cotard. Über Wasserstraßen. Mem. de la soc. des ing. civils 1880, April, S. 431.

Meyer. Kosten der Binnenschifffahrt. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 208 und 577.

Aus den neueren bezügl. Mitteilungen sind die hervorzuheben, welche Döll über die Unterhaltungskosten (und die Baukosten) der Kanäle in den Reichslanden macht (Verhandlungen des Centralvereins für Binnenschifffahrt v. 7. März 1883 und Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 196). Nachstehend ein Auszug aus den an diesen Stellen gegebenen ausführlicheren Tabellen.

#### Bau- und Unterhaltungskosten der Kanäle in den Reichslanden.

No.	Name der Kanäle.	Länge	Baukosten für 1 km	Bauzeit	Gewöhnliche Unter- haltungskosten für 1 km	Gehälter
		km	M.		M.	M.
1	Rhein-Rhone-Kanal . . . .	132	64570	1805—1820	933	122 635
2	Rhein-Marne-Kanal . . . .	104,4	191200	1839—1852	880	87 000
3	Saar-Kohlen-Kanal . . . .	75,6	177700	1862—1866	1049	45 170

<sup>67)</sup> Sonstige Veranschlagungen: Veranschlagte Kosten des Marne-Saône-Kanals s. Zeitschr. f. Bauwesen 1882, S. 329 u. ff. — Vorläufige Kostenanschläge für verschiedene von Leipzig ausgehende Kanallinien, in denen namentlich die Einheitspreise beachtenswert, s. Havestadt u. Contag. Die Leipziger Kanal-Frage. Leipzig 1892.

## Litteratur.

### Allgemeines.

Hogrewe. Praktische Anleitung zur Baukunst schiffbarer Kanäle. Hannover 1805.

Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst, II. Teil, 3. Band.

Minard. Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux. Paris 1841.

Stephenson. The principles and practice of canal and river engineering. Edinburgh.

Storm-Buysing. Handleiding tot de kenniss de waterbouwkunde voor de Kadetten der genie. Breda.

*Catalogue des publications parues sur la navigation intérieure. Paris 1892. Inhalt: Polygraphes. — Hydrodynamique. — Hydrologie. — Amélioration des cours d'eau à libre écoulement. — Amélioration des fleuves dans leur partie maritime. — Canalisation des cours d'eau. — Généralités sur les canaux. — Alimentation des canaux. — Écluses. — Canaux maritimes. — Exploitation technique des voies navigables. — Monographies de réseaux navigables. — Statistique et questions économiques. — Législation et administration. — Pêche et pisciculture. (Die bezügliche deutsche Litteratur ist nur spärlich vertreten.)*

### Seekanäle.

*Die neuere Litteratur über Seekanäle ist in „Fortschritte der Ingenieurwissenschaften“, Zweite Gruppe, 2. Heft (S. 33) ziemlich ausführlich angegeben; hier sind nur die gröfseren und neuesten Mitteilungen berücksichtigt.*

Panama-Kanal, Nicaragua-Kanal und Schiffseisenbahn von Tehuantepec. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 77.

Polakowsky. Panama- oder Nicaragua-Kanal. Leipzig-Neustadt 1893.

Manchester-Seekanal. Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 50. — Nouv. ann. de la constr. 1884, Juli. — Deutsche Bauz. 1890, S. 505, 542 u. 549. — Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 4 u. 17; 1891, S. 313. — Nouv. ann. de la constr. 1892, Okt. — Engineer 1892, II, S. 400 u. 431. — Engineer 1893, I, S. 27; II, S. 213 u. 277. — Engineering 1894, I, S. 19 u. 97. — Engineer 1894, I, S. 5. — IV. Binnenschiffahrts-Kongress zu Manchester (1890). 13. Abhandlung unter Engineering. Leader Williams. The Manchester Ship-Canal.

Nicaragua-Kanal. Deutsche Bauz. 1887, S. 361 u. 398; 1890, S. 240. — Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 274; 1892, S. 525. — Génie civil 1892, Bd. XXII, S. 5 u. 19. — Engineering 1893, I, S. 209, 243, 276, 436, 605 u. 830. — Engineer 1893, II, S. 323 (Einstellung der Arbeiten). — IV. Binnenschiffahrts-Kongress zu Manchester (1890). 11. Abhandlung unter Engineering. Menocal. The Nicaragua Canal: its design, final location and works accomplished.

Ems-Jade-Kanal. Kurs. Der Ems-Jade-Kanal. Deutsche Bauz. 1887, S. 254 u. 261. (Verschiedene Abbildungen.) — Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 247.

Amsterdamer Nordsee-Kanal. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886, S. 661. — Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 222.

Nord-Ostsee-Kanal. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 233—240; 1887, S. 221 u. 229; 1889, S. 73; 1891, S. 193, 203 u. 215. — Sympher. (Stand der Arbeiten.) Mitteilungen des „Centralvereins“ 1892, Lief. 4, S. 14—21. — Beseke. Der Nord-Ostsee-Kanal. Kiel 1893. (Vorgeschichte, Entwurfs-Arbeiten und wirtschaftliche Bedeutung.) — Mém. et compte rendu des ing. civils 1893, Mai, S. 717—729. — Ann. f. Gew. u. Bauw. 1894, S. 42, 75, 104, 111 u. 149.

Erweiterung des Suez-Kanals. Nouv. ann. de la constr. 1883, S. 21. — Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 213—226.

Kanal von Korinth. Nouv. ann. de la constr. 1886, S. 174. — Ann. des ponts et chaussées 1888, II, S. 449—494. — IV. Binnenschiffahrts-Kongress zu Manchester (1890). 12. Abhandl. unter Engineering. Saint-Yves. Le Canal de Corinthe.

Panama-Kanal. Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 186, 192, 199; 1886, S. 325—334; 1888, S. 344. —  
 — Wyse. Le canal de Panama. Paris 1886 (Ausführliches Werk). — Pescheck. Vom Panama-Kanal.  
 Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 145.

## Binnenkanäle.

### Geschichte und ältere Kanäle.

Kanalbau der Römer, der Chinesen u. s. w.: Stevenson. Canal and river engineering, S. 2.  
 Kanäle Deutschlands, Frankreichs, Englands und Amerikas: Hagen. Wasserbaukunst, Zweiter Teil,  
 3. Bd., S. 387.  
 Nördling. Die Selbstkosten des Eisenbahntransports und die Wasserstraßenfrage in Frankreich, Preußen  
 und Österreich. Wien 1885. (Zahlreiche Abbildungen.)  
 Conrad. Vortrag gelegentlich der ersten allgemeinen Sitzung des VI. internationalen Binnenschiffahrts-Kongresses.  
 Bericht über die Kongress-Arbeiten. Haag 1894, S. 24. (Es wird u. a. gesagt, daß Kammerschleusen  
 zuerst in Holland erbaut seien.)

### Deutsche Kanäle:

Kleinschrod. Die Kanalverbindung des Rheins mit der Donau. München.  
 Hefs. Der Rhein-Marne-Kanal (Vogesenstrecke). Allg. Bauz. 1871, S. 80.  
 Hagen. Die Kanalisierung der oberen Saar (und der Saar-Kohlen-Kanal). Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 34.  
 Jordan. Der Saar-Kanal und seine Verkehrsverhältnisse. Saarbrücken 1878, 2. Aufl. 1888.  
 Döll. Die Wasserstraßen des Saargebietes. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 7. März 1883 (Geschichte,  
 Verkehr, Betrieb, 6 Tabellen).  
 Schanz. Der Donau-Main-Kanal und seine Schicksale. Bamberg 1894. (Ausführliches Werk.)

### Preussische Kanäle insbesondere:

Deutsche Bauz. 1874, S. 45.  
 Berlin und seine Bauten, II, S. 21.  
 Zeitschr. f. Bauw. 1879, S. 123 und 1880, S. 118.  
 Beschreibung des Finow-Kanals (zwischen Oder und Havel). Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, Febr.  
 Der König Wilhelms-Kanal von der Atmath bis zum Schmelzer-Hafen. (12. Abschnitt unter L. Hagen. Der  
 Hafen zu Memel.) Zeitschr. f. Bauw. 1885, S. 51 u. f.  
 Die Baugeschichte eines Kanals aus der Saale bei Calbe in die Elbe bei Frohse (1725—1730). Wochenbl. f.  
 Baukunde 1888, S. 182.  
 Toeche-Mittler. Der Friedrich-Wilhelms-Kanal und die Berlin-Hamburger Flussschiffahrt. Zwei Beiträge zur  
 preussischen Strompolitik des 17. und 18. Jahrhunderts. Leipzig 1891.  
 Hohensaaten-Spandauer Wasserstraße. Ein Vorbericht von Thiem für den V. Binnenschiffahrts-Kongress zu Paris  
 (1892), welcher den Schiffszug betrifft, enthält eine Beschreibung der genannten Wasserstraße, von welcher  
 der Finow-Kanal einen Teil bildet, und ihrer Verbindungen mit anderen.

### Französische Kanäle:

De la Roche. Atlas et description du canal royal de Languedoc. Paris 1787.  
 Hageau. Description du canal de jonction de la Meuse au Rhin. Paris 1819.  
 Molinos. La navigation intérieure de la France. Paris 1875.  
 Malézieux. Le canal de l'Est. Ann. des ponts et chaussées 1876, April.

### Englische Kanäle:

Hogrewe. Beschreibung der in England angelegten schiffbaren Kanäle. Hannover 1780.  
 v. Weber. Die Wasserstraßen Nord-Europas. Leipzig 1881.  
 Bestrebungen zur Verstaatlichung der Kanäle in England. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 124. — Engineer  
 1882, Mai, S. 384.

### Schwedische Kanäle:

Ann. des ponts et chaussées 1878, Juli, S. 138.  
 Trollhätta-Kanal. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 414 u. s. w.  
 Roloff. Die Kanalanlagen Schwedens. Zeitschr. f. Bauw. 1886, Heft I—III.

### Russische Kanäle:

Strukel. Über das Großfürstentum Finnland mit besonderer Berücksichtigung der Kommunikationen. Allgem.  
 Bauz. 1889, S. 41 u. 49.

## Amerikanische Kanäle:

- Malézieux. Les travaux publics des états-unis d'Amerique en 1870, S. 336.  
 Hefs. Die Kanäle des Staates New-York. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 513.  
 Verkauf des Schubencadie-Kanals von Halifax. Transactions of the amer. soc. of civil engineers 1883, Nov. S. 436—440.  
 Kopka. Die Verkehrsmittel in den Vereinigten Staaten. Leipzig 1883.  
 Erfolg der Kohlenkanäle des östlichen Pennsylvaniens. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 329 u. 351.  
 Lange. Über den Betrieb auf den Kanälen in Nord-Amerika (Vortrag). Deutsche Bauz. 1885, S. 568.  
 Aufhebung des Ohio-Kanals in Amerika. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 80.  
 Die Wasserwege in Nord-Illinois. Engineering news 1886, Mai.

## Neuere Kanäle.

## Deutschland.

- Schiffahrtskanal Zehdenick-Liebenwalde. (Ein i. J. 1880 begonnener, 14 km langer Seitenkanal der Havel.) Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 234; 1882, S. 311.  
 Opel. Erörterung der Kanalvorlagen Dortmund-Emshäfen und Oder-Oberspree. Verhandl. des „Centralvereins“ vom 31. März 1886.  
 Der Oder-Spree-Kanal. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 241 u. 424. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, S. 377. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1890, S. 145. — Deutsche Bauz. 1890, S. 318.  
 Mohr. Der Oder-Spree-Kanal. Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 6 u. f.  
 Derselbe. Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 369 u. 431. (Zahlreiche Abbildungen.)  
 Kanal von Dortmund nach den Emshäfen. Deutsche Bauz. 1882, S. 155; 1883, S. 278 u. 325. — Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 105; 1886, S. 121 u. 248; 1889, S. 201; 1890, S. 535.  
 Der Rhein-Ems-Kanal. Denkschrift des westdeutschen Flufs- und Kanal-Vereins. Münster i. W. 1886.  
 Baur u. Becherer. Rhein-Ems-Kanal nebst Zweigkanal in das Kohlenrevier und Lippe-Lateral-Kanal. Wesel 1886.  
 Die projektierten neuen Schiffahrtskanäle im Nordwesten Deutschlands (Dortmund-Emshäfen und Nord-Ostsee-Kanal) mit besonderer Beziehung auf den Hafen von Emden und den Ems-Jade-Kanal. Emden und Borkum 1887. (Ausführliche Besprechung.)  
 Der Schiffahrtskanal von Dortmund nach den Emshäfen. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 389. (Mitteilung über den auszuführenden Entwurf.)  
 Schiffahrtskanal von Dortmund nach den Emshäfen. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 389—395.  
 Geibel. Karte vom Dortmund-Ems-Kanal, bearbeitet nach Angaben der Königl. Kanal-Kommission in Münster. Maßstab 1:200000. Mit einer kurzen Beschreibung. Berlin 1894.

## Holland. Belgien. Frankreich.

- Merwede-Kanal. Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 125. — Ann. des ponts et chaussées 1890, I, S. 228. — Das Schiff 1888, S. 169. — (Teilweise Eröffnung.) Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 348.  
 Kuhn. Skizzen über den im Bau befindlichen Kanal du Centre in Belgien. Brüssel und Wien 1886.  
 Smrcek. Kanal du Centre in Belgien. Mit 3 autographierten Tafeln. Leipzig 1888.  
 Der französische Ost-Kanal. Deutsche Bauz. 1882, S. 159.  
 Keller. Der Marne-Saône-Kanal. Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 329 u. 447. (Zahlreiche Abbildungen.)  
 Gruson u. Barbet. Kanal von der Stadt Lens (Dep. Pas de Calais) nach dem Deule-Kanal. Ann. des ponts et chaussées 1887, Juli, S. 25 u. f.  
 Kanal von Havre nach Tancarville (Seitenkanal an der Seine-Mündung, woselbst der Seegang zu stark für Flussschiffe ist). Ann. des ponts et chaussées 1892, I, S. 633—804. (Zahlreiche Abbildungen.)

## Rußland.

- Der Ob-Jenisei-Kanal. (Erste künstliche Wasserstraße Sibiriens, seit 1883 im Bau.) Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 201; 1888, S. 393. — Nouv. ann. de la constr. 1888, S. 43. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 34. — Ann. des ponts et chaussées 1889, März, S. 497 u. f.

## Entwürfe.

*Es sind nur die Entwürfe für deutsche Kanäle berücksichtigt.*

## Norddeutschland.

- Hefs. Der Weser-Elbe-Kanal. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1871, S. 180.
- Rhein-Weser-Kanal. Seine Zweige und Verbindungen. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 467 u. f.
- Natorp. Rhein-Weser-Elbe-Kanal. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 15. November 1882.
- Entwurf zur Kreuzung des Rhein-Weser-Elbe-Kanals mit der Elbe. Veröffentlichungen des Architekten-Vereins zu Berlin. Berlin 1886.
- Taaks. Rhein-Weser-Elbe-Kanal. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 29. Jan. 1890 u. vom 29. April 1891. Vergl. Das Schiff 1891, S. 145.
- Geck. Der binnenländische Rhein-Weser-Elbe-Kanal. Mit drei Karten. Hannover 1891.
- Duis u. Prüsmann. Der westliche Teil des Rhein-Weser-Elbe-Kanals (Dortmund-Rhein-Kanal). Mitteilungen über die im Rheinisch-Westfälischen Industrie-Gebiete untersuchten fünf Vergleichslinien. Berlin 1893. (Nicht im Buchhandel.) — Auszug: Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 18. Oktober 1893.
- Über die Notwendigkeit großer Abmessungen für den Dortmund-Rhein-Kanal. Denkschrift des Vereins zur Wahrung der Rheinschiffahrts-Interessen. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom März 1894.
- Franzius. Wasserverbindung der Unterweser mit dem Mittelland-Kanal über Nienburg (Vortrag). Versammlung des „Centralvereins“ und des Niedersächsischen Vereins für Binnenschiffahrt vom 28. Mai 1892. Vergl. Deutsche Bauz. 1892, S. 359.
- Schlichting. Generelles Projekt des Rhein-Yssel-Kanals. Wesel 1878.
- Havestadt u. Contag. Projekt eines Weser-Seitenkanals Dedesdorf-Bremerhaven. Bremerhaven-Geestemünde 1885, s. auch Verhandlungen des „Centralvereins“ vom 21. Oktober 1885, ferner Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 510 und Das Schiff 1885, S. 337.
- Lohmeyer. Die projektierte Korrektur des Stecknitz-Kanals. Ratzeburg 1878.
- Rehder. Entwürfe zu einem Elbe-Trave-Kanal zwischen Lauenburg und Lübeck. Lübeck 1892. (Ausführliche Mitteilungen.) Auszug: Deutsche Bauz. 1893, S. 260. — Vergl. auch Mitteilungen des „Centralvereins“ vom Februar 1894.
- Hartwich. Bemerkungen über die Schifffahrts- und Vorfluts-Verhältnisse Berlins mit Anschluß eines Projekts zu einem Kanale von der Oberspree nach der Havel. Berlin 1874.
- Havestadt. Projekt zu einem Südkanal bei Berlin. Veröffentlichungen des Architekten-Vereins zu Berlin 1878.
- Über die Herstellung neuer Schifffahrts-Verbindungen für Berlin. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 61.
- Zum Wagner'schen Projekte eines Berliner Südwest-Kanals. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 79.
- Höhmann und von Lancizolle. Generelles Projekt zu einem Kanale Potsdam-Teltow-Köpenick. Berlin 1882.
- Die Entwicklung der Wasserstraßen in und bei Berlin und die Entwürfe für deren Verbesserung. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 68.
- Schulze. Das Projekt eines Berliner Nordkanals. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 28. November 1883.
- Dr. Hammacher. Berliner Südwest-Kanal. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 8. Januar 1883.
- Über den Berliner Südwest-Kanal. Deutsche Bauz. 1884, S. 118.
- Berliner Südwest-Kanal, Berlin-Wannsee. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 79 u. f.
- Kanal Rostock-Güstrow-Berlin. Zeitschr. d. Vereins deutscher Eisenbahnverw. 1886, No. 97, S. 1032. — Das Schiff 1886, S. 381.
- Möller. Der Kanal Schweriner See-Wismar. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom Mai 1894.
- Der Kanal von der Spree nach der oberen Oder mit seiner Abzweigung nach Schwedt. Darlegung und Motivierung der Projekte und Kostenberechnungen. Berlin 1880. (Nicht im Buchhandel.)
- Frühling. Die Masurische Wasserstraße. Mitteilungen des „Centralvereins“ 1891, Lief. 4, S. 18. — Intze. Gutachten über die Nutzbarmachung erheblicher Wasserkräfte durch den Masurischen Schifffahrtskanal. Berlin 1894. — Skowronnek. Das Masurische Kanalprojekt. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1895, S. 99.
- Der Elster-Elbe-Kanal. Das Schiff 1890, S. 377.
- Havestadt u. Contag. Die Leipziger Kanalfrage unter Berücksichtigung aller bisherigen Vorschläge und Entwürfe in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht erörtert. Leipzig 1892.
- Hirschberg. Wasserverbindung zwischen Weichsel und Oder. Verhandl. des „Centralvereins“ v. 5. März 1890.
- Havestadt u. Contag. Projekt einer neuen Oder-Weichsel-Verbindung mittels eines Oder-Warthe-Netze-Kanals. Mit einer Tafel und mehreren Holzschnitten im Text. Berlin 1883. Vergleiche auch: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 223.

## Süddeutschland.

- Der schiffbare Rhein-Kanal Strafsburg-Rastatt-Leopoldshafen oder Germersheim. Karlsruhe 1883.
- Rhein-Kanal Strafsburg-Ludwigshafen. Deutsche Bauz. 1886, S. 283.
- Willgerodt. Entwurf zu einem oberrheinischen Schiffahrtskanal. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 24, 38, 49 u. 57. (Verschiedene Abbildungen.)
- Elsafs-Lothringische Kanalbau-Frage. Der Bau eines oberrheinischen Kanals ist einstweilen aufgegeben. Deutsche Bauz. 1891, S. 107.
- Fleischmann. Die Wasserstrasse der Zukunft von der Donau nach dem Rhein. Wochenblatt f. Bauk. 1887, S. 245 u. f.
- Maier. Donau- und Donau-Main-Kanal. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 14. Dezember 1887.
- Main-Donau-Wasserstrasse. Deutsche Bauz. 1893, S. 508. (Beginn der Vorarbeiten.)
- Der Donau-Elbe-Kanal. Beschreibung des von dem Ingenieur Deutsch bearbeiteten Entwurfes. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1882, S. 250; 1884, S. 177. Vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 272.
- Über eine Wasserstrasse von Wien bis zur Oder bei Oderberg (Vortrag von Schlichting). Deutsche Bauz. 1881, S. 501 u. f.
- Meyer. Donau-Oder-Kanal. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom 17. April 1889.
- Peslin's Entwurf für den Donau-Oder-Kanal. Mitteilungen des „Centralvereins“ vom November 1893.
-

## Sachregister.

- A**bfalldboden. 56.  
 Abfallmauer. 56, 116.  
 Abflussschleuse. 424.  
 Abtreppung steinerner Schleusenwände. 128.  
 Abwässerungsverband. 1.  
 Achterständer. 31.  
 Amsterdamer Seekanal. 358.  
 Anlagen zur Speisung der Kanäle. 416.  
 — — —, Entnahme des Wassers. 417.  
 — — —, Kosten der Speisung. 424.  
 Apparat, hydraulischer, zum Bewegen der Schleusenthore. 268.  
 Aufhalter. 48.  
 Aufstellung eiserner Stemmthore. 221.  
 Auslassschleuse. 4.  
 Aufsenfleet. 2.  
 Aufsenhaupt. 56.  
 Aufsenstiel (Aufsentief). 2.  
 —, Länge des —s. 9, 12.  
 Aufsenvorsiel. 21.  
**B**alje. 9.  
 Balkensiel. 27, 31.  
 Baugrund der Schiffsschleusen. 72.  
 — der Siele. 11.  
 Baustoffe der Schiffsschleusen. 73.  
 Bohlung. 199.  
 Beschläge der Schleusenthore. 201.  
 Betondichtung der Kanäle. 392.  
 Betonierung bei Schleusen. 133.  
 — —, Einzelheiten. 136.  
 — — unter Wasser. 135.  
 Betrieb der Schiffsschleusen. 342.  
 Betriebstechnik der Kanäle. 431.  
 Betriebsunterbrechung. 432.  
 Bewässerungsschleuse. 3.  
 Bewegungsvorrichtungen der Thore. 258.  
 Binnen-Ebbespiegel. 12.  
 Binnenfleet. 2.  
 Binnenhaupt. 56.  
 Binnenkanäle (Binnenschiffahrtskanäle, s. auch Kanäle u. Schiffahrtskanäle). 369.  
 —, Ausstattung. 432.  
 —, Nutzen der — für die Landwirtschaft. 384.  
 —, Querprofile. 387.  
 —, Schleusen der —. 407.  
 —, Tracierung. 378.  
 —, Uferbefestigung. 395.  
 Binnenquerdeich. 8.  
 Binnensiel. 2.  
 Binnensieltief. 2.  
 Binnenthor (bei Sielen). 35.  
 Binnentief, erweitertes. 13.  
 Binnenvorsiel. 21.  
 Boden der Schiffsschleusen, hölzerner. 100, 117.  
 — —, besondere Konstruktionen. 145.  
 — —, steinerner. 110.  
 — der Siele, Konstruktion. 36.  
 — —, Tiefenlage. 14.  
 Bohlenbelag. 120.  
 Bohlenthor. 45.  
 Brücken der Schiffahrtskanäle. 404.  
 — bei Schiffsschleusen. 340.  
 Brunnengründung bei Schiffsschleusen. 139.  
 Bügel an Wendesäulen. 202.  
**C**abstan. 157.  
 Cement-Erdanker. 402.  
 Coulissenschütz. 288.  
 Cylinderventil. 300.  
 —, Dichtung. 303.  
 —, niedriges. 302.  
**D**amm balken. 159.  
 Dammfalz. 130, 158.  
 — bei Sielen. 26.  
 Decke der Siele, Höhenlage. 15.  
 Deichschleusen (s. auch Siele). 1.  
 —, Benennung. 1.  
 —, Einlafs-. 3.  
 —, offene. 21, 41.  
 —, Schiffahrts-. 5.  
 —, Zweck. 1.  
 Dichtung des Kanalbetts. 392.  
 — — mit Beton. 392.  
 — — mit getrübbtem Wasser. 394.  
 — — mit Mörtelpflasterung. 393.  
 — — mit Sand. 394.  
 Dockschleuse. 56, 57.  
 Donau-Oder-Kanal. 384.  
 Doppelschleuse. 59, 62.  
 Doppelthor. 237.  
 Dortmund-Ems-Kanal. 381.  
 Drehaxe der Thorflügel. 170.  
 Drehbaum. 261.  
 Drehklappe. 294.  
 Drehponton. 163, 242.  
 Drehschütz. 294.  
 Drethor s. Thor.  
 Drempe. 55.  
 — bei Holzböden. 125.  
 — bei Steinböden. 114.  
 —, falscher. 115.  
 —, steinerner. 114.  
 Drempelanschlag. 115.  
 Drempelstein. 114.  
 Dükdalbe. 149, 155.  
 Düker. 404.  
 Durchlafs bei Schleusen. 409.  
 Durchschleusen, Einrichtungen zur Erleichterung des —s. 311.  
 —, Zeit für das —. 377.  
**E**bbespiegel. 12.  
 Ebbethor (bei Sielen). 35.  
 Ebene, geneigte. 315.  
 Einfahrt der Schleuse. 152.  
 Einlafs-Deichschleuse. 3, 4.  
 Einlassschleuse der Schiffahrtskanäle. 422.

- Eisenbeschläge der Schleusenthore. 201.
- Elbe-Trave-Kanal. 380.
- Ems-Jade-Kanal. 357.
- Entlastungsanlagen. 424.
- Entwässerungsschleuse. 4.
- Entwässerungszüge (in der Marsch), Querschnitt u. Länge der —. 13.
- Erdarbeiten des Kanalbaues. 391.
- Erddruck bei Schleusenwänden. 78.
- Erleuchtung der Schiffsschleusen. 339.
- Excentricität der Drehaxe der Schleusenthore. 170.
- F**ächerschleuse. 57.
- Fächerthor. 163, 238.
- , Vorrichtungen zum Bewegen des —s. 277.
- Faschinenbespreitung. 10.
- Faschinendamm. 10.
- Fender. 130.
- Flügel der Schleusen. 158.
- der Siele. 21.
- Flügelspundwand. 118.
- Flußdeich-Siele, Weite der —. 20.
- Flußschleuse. 63.
- Flutkurve des Aufsenwassers. 17.
- G**angspill. 155.
- Gegenthor. 172.
- Geneigte Ebene. 315.
- Gericht hölzerner Siele. 30.
- Gewölbe der massiven Siele. 35.
- Gleitponton. 116, 253.
- Glockenventil. 300.
- Grundbalken. 118, 119.
- Grundlauf. 102, 104, 106.
- Grundsiel. 4.
- H**albtidedock. 65.
- Hals der Wendesäule. 166.
- Halszapfen. 166.
- Haltung. 54.
- Harrelpfosten. 45.
- Haupt. 54.
- Hauptschwelle. 125.
- Hauptsiel. 21.
- Hinterfüllungsmaterial bei Kammermauern. 128.
- Hinterstände. 31.
- Hochbauten der Schiffahrtskanäle. 410.
- Höhen- und Gefällsverhältnisse der Kanäle. 375.
- Höhe der Schleusenthore. 170.
- Hölzerne Wände der Schiffsschleusen. 130.
- Holzdrempel. 125.
- Holzthor, Einhängen des —s. 206.
- , Form. 166.
- , Gangbarmachen. 206.
- Hunte-Ems-Kanal. 380.
- K**ajedeich. 5.
- Kammer der Schiffsschleusen. 54, 56.
- —, Füllen und Leeren der —. 101.
- —, ohne festen Boden und Seitenwände. 146.
- Kammerlänge. 70.
- Kammerschleuse. 55, 56.
- für Entwässerungszwecke. 6.
- , Spülanlage. 110.
- Kanal von Korinth. 365.
- Kanäle für die Binnenschifffahrt (s. auch Binnenkanäle u. Schiffahrtskanäle). 369.
- —, Anlagen zur Speisung der —. 416.
- —, Ausstattung. 432.
- —, Baukosten. 434.
- —, Betriebstechnik. 431.
- —, Betriebsunterbrechung. 432.
- —, Breiten und Tiefen. 373.
- — in Deutschland. 379.
- —, Entwicklung. 370.
- —, Fahrgeschwindigkeit. 377.
- — in Frankreich, Holland und Belgien. 383.
- —, geplante. 384.
- —, Geschichte. 369.
- —, Höhen- und Gefällsverhältnisse. 375.
- —, Linienführung. 375.
- — in Niederungen. 348.
- —, Unterhaltungsarbeiten. 433.
- —, — im Winter. 433.
- —, Unterhaltungskosten. 434.
- —, Voruntersuchungen. 373.
- —, Zeit für das Durchschleusen. 377.
- Kanalbett, Dichtung des —s. 392.
- , — mit Beton. 392.
- , — mit getrübttem Wasser. 394.
- , — mit Mörtelpflasterung. 393.
- , — mit Sand. 394.
- Kanalbrücke. 404.
- Kanaldüker. 404.
- Kanalerweiterung. 430.
- Kanalhafen. 428.
- Kanalmündung. 430.
- Kanalordnung. 431.
- Kanalschleuse. 61.
- Kanalsperre. 432.
- Kanaltunnel. 406.
- Kegelventil. 300.
- Keilvorrichtung (bei Zugstangen der Schleusenthore). 202.
- Kesselschleuse. 57.
- Ketten. 267.
- Klaibalken. 118, 119.
- Klappe (an Sielen). 25, 29.
- Klappenventil. 300.
- Klappthor. 59, 163, 185, 246.
- , Vorrichtungen zum Bewegen des —s. 278.
- Klaspe. 45.
- Königsstück. 125.
- Kolk. 13.
- Kolmationsschleuse. 3.
- Kopfschleuse. 58.
- Koppelschleuse. 57.
- Kreuzungs- und Weichenschleuse. 59.
- Kuppelschleuse. 57.
- Kuerverwasser. 8, 11.
- L**andfaste. 158.
- Laufbrücke. 167, 223.
- Laufrollen der Schleusenthore. 234.
- Leinpfad. 390.
- Leitlinie. 385.
- Linienführung d. Binnenschiffahrtskanäle. 375.
- M**ahlbusen. 3.
- Manchester-Seekanal. 353.
- Marne-Saône-Kanal. 383.
- Marsch, Einfluß der Höhenlage der — auf Bestimmung der Sielweite. 11.
- Merwede-Kanal. 383.
- Mittelschwelle. 125.
- Mörtelpflasterung. 393.
- Moorkanal. 348, 374.
- Mündung der Kanäle. 430.
- N**ebenanlagen der Schiffsschleusen. 339.
- Nicaragua-Kanal. 356.
- Nord-Ostsee-Kanal. 360.
- Notthor (bei Seedeich-Sielen). 34.
- (bei Sielen). 25.
- O**berhaupt. 56.
- Oberrheinischer Kanal. 380.
- Obertramen. 167.

- Panama-Kanal.** 366.  
 Pfahlrost. 117, 118.  
 — bei Sielen. 23, 37.  
 Pfanne der Schleusenthore. 223.  
 Pfannenbalken. 126.  
 Pfosten-Stemmthor. 167.  
 Polder. 8, 10.  
 Polderdeich. 9.  
 Polderpegel. 12.  
 Poller. 156.  
 Ponton. 59.  
 —, freischwimmendes. 165, 256.  
 Prellpfahl. 158.  
 Presse, hydraulische, zum Bewegen der Schleusenthore. 266.  
 Prefsluftgründung. 93, 139.  
 Priel. 9.  
 Pumpe. 21.  
 Pumpsiel. 21, 27.  
 —, hölzernes. 27.  
 —, massives. 28.  
 Pumpwerk zur Speisung der Kanäle. 417.  
**Quadrant, gezahnter.** 267.  
 Querprofil der Binnenkanäle. 387.  
 — —, Form und Abmessungen der äußeren Teile. 389.  
 — —, Gestaltung des Wasserprofils. 395.  
 Querspundwand. 113.  
**Rahmenstück.** 167.  
 Rahmholz. 167.  
 Registerschütz. 288.  
 Reibung, Größe der — bei Zugschützen. 88.  
 Rhein-Weser-Elbe-Kanal. 380.  
 Ried. 8.  
 Riegel der Schleusenthore. 167, 198.  
 Riegelthor (Riegel-Stemmthor). 46, 47, 167.  
 Ringdeich. 2.  
 Ringstein. 130.  
 Röhrensiel. 29.  
 Rollbrücke. 315.  
 Rollen der Schleusenthore. 223, 234.  
**Saar-Kohlen-Kanal.** 379.  
 Sack-Kanal. 350.  
 Sackschleuse. 58.  
 Sandstrake. 31, 120.  
 Schachtschleuse. 62, 312.  
 Scheitelkanal. 349.  
 Scheitelkanäle, deutsche. 380.  
 Schiebebaum mit Winde. 262.  
 Schiebestange. 261.  
 Schiebethor. 59, 116, 164, 187, 248.  
 —, Vorrichtungen zum Bewegen des —s. 280.  
 Schiffsahrts-Deichschleuse. 5.  
 Schiffsahrtskanäle (s. auch Binnenkanäle und Kanäle). 347.  
 —, Arten. 347.  
 —, Erdarbeiten. 391.  
 —, Verwendung. 347.  
 —, Wasserverbrauch. 410, 411.  
 —, Wasserverluste. 410, 413.  
 —, Zweck. 347.  
 Schiffsaufzug von Flamant. 321.  
 — von Hoeh. 322.  
 Schiffseisenbahn. 315.  
 —, Führungsarten der —. 320.  
 Schiffshebewerk. 62, 325.  
 —, Hebevorrichtung mit Doppelkästen. 325.  
 —, hydraulisches von Hoppe. 328.  
 — mit einem Kasten. 329.  
 Schiffsschleuse (Schleuse). 53.  
 —, Abmessungen. 68.  
 —, Anwendung und Lage der Arten. 61.  
 —, Arten und Formen. 55, 56.  
 —, Baugrund. 72.  
 —, Baustoffe. 73.  
 —, Bedeutung. 71, 75.  
 —, Beispiele. 59, 60.  
 —, Benennung der Teile. 55.  
 —, Betrieb. 342.  
 — mit beweglichen Kammern. 59.  
 —, Bewegungsvorrichtungen der Thore. 258.  
 — der Binnenkanäle. 407.  
 —, Boden. 100, 110.  
 —, —, hölzerner. 117.  
 —, —, steinerner. 110.  
 —, Brücken und Unterführungen von Bächen bei —n. 340.  
 —, Einfahrt. 152.  
 —, Einrichtungen zur Erleichterung des Durchschleusens. 311.  
 —, — zur Wasserersparnis. 305.  
 —, Entleerung. 108.  
 —, Erleuchtung. 339.  
 —, Flügel. 158.  
 —, Füllen und Leeren der Kammer. 101.  
 —, Grundläufe. 106.  
 —, Hauptteile. 54.  
 —, Herstellung mittels Betonierung. 133.  
 —, Gründung auf Brunnen. 139.  
 Schiffsschleuse, Gründung mittels Prefsluft. 139.  
 —, Höhe. 71.  
 —, hydraulische. 326.  
 —, Kammerlänge. 70.  
 —, Kostenvergleichung. 76.  
 —, Nebenanlagen. 339.  
 —, Schleusenkörper. 71.  
 —, Seitenbassin. 307.  
 —, Signalvorrichtung. 339.  
 —, Spülvorrichtung. 109.  
 —, Tiefe. 69.  
 —, Thore. 160.  
 —, Treppen. 159.  
 —, zur Überwindung großer Gefälle. 312.  
 —, Umläufe. 104.  
 —, Umlauf von Caligny. 309.  
 —, Untergrund. 72.  
 —, Unterhaltung. 344.  
 —, Vergleichung der Vorrichtungen zur Überwindung großer Gefälle. 336.  
 —, Verschlussvorrichtungen. 286.  
 —, Wärterwohnungen. 342.  
 —, Wartung.  
 —, Weite. 68.  
 Schlaggebind. 30.  
 Schlagsäule. 167.  
 Schlagschwelle. 125.  
 Schleuse siehe Schiffsschleuse.  
 Schleusenaupt. 54.  
 Schleusenkammer. 54, 56.  
 —, Wände. 127.  
 —, Zeit zur Füllung und Leerung. 102.  
 Schleusenkörper. 71.  
 —, Baustoffe des —s. 73.  
 —, graphische Untersuchung. 81.  
 —, Konstruktion. 71.  
 —, Theorie. 77.  
 —, Untergrund. 72.  
 Schleusenthor s. Thor, auch Stemmtor.  
 Schleusenwärterwohnung. 342.  
 Schlickpumpe. 5.  
 Schlüsselkeil. 121.  
 Schraubenschloß an Zugstangen. 202.  
 Schöpfmaschine. 2.  
 Schüttel. 2, 31.  
 Schütz der Siele. 45, 49.  
 — der Schiffsschleusen. 286.  
 Schützenthor. 256.  
 —, Vorrichtungen zum Bewegen. 285.  
 Schützöffnung. 102, 104, 167.

- Schutzschleuse. 56, 57.  
 Schwelle. 55.  
 —, Tiefenlage der — bei Sielen. 12.  
 Schwellrahmen. 167.  
 Schwimmerschleuse. 329.  
 — des Gruson-Werkes. 330, 333.  
 — von Haniel u. Lueg. 334.  
 — von Jebens. 331.  
 — von Prüssmann. 331.  
 Schwimthor. 214.  
 Seedeich-Siele, Weite der —. 11.  
 Seen zur Speisung der Kanäle. 418.  
 Seegrenze. 4.  
 Seekanal. 350.  
 —, Arten und Anordnung. 351.  
 Seekanal von Amsterdam. 358.  
 —, Krümmungen. 352.  
 —, Querschnitt. 351.  
 — von Korinth. 365.  
 — von Manchester. 353.  
 — mit einer Haltung. 358.  
 — mit mehreren Haltungen. 353.  
 — von Nicaragua. 356.  
 — ohne Schleusen. 362.  
 — von Panama. 366.  
 — von Suez. 362.  
 Seeschleuse. 64.  
 —, Spülanlage bei einer —. 110.  
 Seitenbecken der Schiffschleusen. 307.  
 Seitenkanal. 349.  
 Seitenkanäle, deutsche. 379.  
 Senkkasten. 140.  
 Sicherheitsthor. 427.  
 Sielacht. 1.  
 Sielanlagen, größere. 42.  
 Sielpflug. 5.  
 Sielplatz, Wahl des —es. 9.  
 Sielverband. 1.  
 Sielweite, Berechnung. 15.  
 Siele. 1, 2.  
 —, Ausführung. 50.  
 —, Baugrund. 11.  
 —, bedeckte. 14, 23.  
 —, — aus Holz. 23, 30.  
 —, — massive. 23, 33.  
 —, Beispiele ausgeführter —. 39.  
 —, Berechnung der Weite. 15.  
 —, Höhenlage. 11.  
 —, — der Decke. 15.  
 —, hölzerne. 30.  
 —, Konstruktion im allgemeinen. 21.  
 —, Kosten. 51.  
 —, kurze. 23.  
 Siele, Lage. 7.  
 —, Länge. 23.  
 —, massive, Boden. 36.  
 —, —, Gewölbe. 35.  
 —, offene. 14.  
 —, Tiefenlage des Bodens. 14.  
 —, Verschlussvorrichtungen. 24.  
 —, Wände. 24.  
 —, Weite. 11.  
 Signalvorrichtungen bei Schiffschleusen. 339.  
 Sohlenbreite der Binnenkanäle. 374.  
 — —, Vergrößerung und Einschränkung der —. 387.  
 Spannbalken. 117, 121.  
 Sparbecken. 62.  
 Sparbeton. 80.  
 Speisebehälter, künstliche, für Kanäle. 418.  
 Speisegraben. 420.  
 Speisekanal. 409.  
 Speiseschleuse. 422.  
 Sperrschleuse. 56, 57.  
 Spitzbolzen. 121.  
 Sprossenbaum und Zahnstange. 264.  
 Speisung der Kanäle, Kosten. 424.  
 Spülkanal. 109.  
 Spülschleuse. 53, 57.  
 Spülvorrichtung d. Schiffschleusen. 109.  
 Spundwand bei hölzernen Böden. 119.  
 — bei steinernen Böden. 112, 118.  
 Spurpfanne. 166.  
 Stauspiegel. 12.  
 Ständer-Stemmthor. 167.  
 Ständersiel. 27, 30.  
 Stemmlager. 223, 233.  
 Stemthor (s. auch Thor). 162.  
 —, eisernes, Ausführung u. Aufstellung. 221.  
 —, —, Konstruktion. 207.  
 —, —, Entwicklung. 191, 195.  
 —, hölzernes, Konstruktion. 197, 203.  
 —, Theorie. 173.  
 —, Vorrichtung zum Öffnen und Schließens. 259.  
 —, zweiflügeliges, Form. 165.  
 Stichkanal. 107.  
 Strebe bei Schleusenthoren. 167, 199.  
 Strohbestückung. 10.  
 Stützwinkel der Wendesäulen. 130.  
 Sturmthor (bei Sielen). 25, 34.  
 Suez-Kanal. 362.  
 Taucherglocke. 142.  
 Tauchschleuse. 335.  
 Thalkanäle, deutsche. 379.  
 Thor s. auch Stemthor.  
 Thor der Schleusen. 55, 160.  
 — der Siele. 25, 30, 45.  
 —, Bewegungsvorrichtungen. 258, 277.  
 —, einflügeliges, mit senkrechter Axe. 163, 185, 242.  
 —, —, Vergleich mit Stemthoren. 196.  
 —, eisernes, Berechnung. 175.  
 —, Entwicklung. 189.  
 —, gerades, mit einfacher Haut. 209.  
 —, gekrümmtes, mit einfacher Haut. 212.  
 —, geöffnetes, Verhalten desselben. 182.  
 —, geschlossenes, Wirkung desselben. 181.  
 —, schmiedeeisernes. 161.  
 —, Theorie. 172.  
 —, Wirkung des geschlossenen auf die Seitenwände. 181.  
 —, zweiflügeliges, Höhe desselben. 170, 171.  
 Thoranschlag. 115.  
 Thorflügel, Benennung der einzelnen Teile. 166.  
 —, Bestimmung der Breite. 169.  
 —, Lage der Drehaxe. 170.  
 Thorkammer. 55.  
 —, Wände. 126.  
 Thorkammerboden. 56.  
 Thorkammernische. 55.  
 Thorrücken, Excentricität des —s. 170.  
 Thorsäule. 56.  
 Thorschiff. 165, 256.  
 Thorschütz. 55, 104.  
 Thür der Schleusen. 55.  
 Tracierung, generelle, der Binnenkanäle. 378.  
 —, spezielle. 385.  
 Treibapparate, hydraulische. 270.  
 Treppen bei Schleusen. 159.  
 Trogschleuse. 59, 321, 323.  
 Tunage. 397.  
 Tunnel der Binnenkanäle. 406.  
 Uferbefestigung der Kanäle. 395.  
 Uferschälwand. 22.  
 Umfangholz. 200.  
 Umlauf. 55, 102, 104, 105.

- Unterführungen von Bächen bei Schiffsschleusen. 341.  
 Untergrund des Schleusenkörpers. 72.  
 Unterhaupt. 56.  
 Unterspülung bei Grundläufen. 108.  
 Unterthor. 163.  
 Untertramen. 167.  
  
**W**eenkanal. 348.  
 Ventilverschluss. 300.  
 Verankerung der Schleusenthore. 223, 226.  
  
 Verdunstung. 414.  
 Verkammclung. 389.  
 Verlaat. 5, 31.  
 Versandung. 108.  
 Verschiebungsprofil. 386.  
 Verschlussvorrichtung bei Deichschleusen. 4.  
 — bei Flufsdeich-Sielen. 24.  
 —, Konstruktion der —. 286.  
 — bei massiven Sielen. 33.  
 — bei Pumpsielen. 29.  
 — bei Schleusen. 55.  
 — bei Seedeich-Sielen. 25.  
 — der Thore. 258.  
 Versickerung. 414.  
 Verteilungslinie. 87.  
 Vorboden. 116.  
  
 Vorbusen. 2.  
 Vorflut. 7.  
 Vorrichtungen zum Stützen der offenen Thore. 223, 235.  
 — zur Überwindung großer Gefälle. 312.  
 — zur Überwindung großer Gefälle, Vergleichung der —. 336.  
 Vorschleuse. 56.  
 Vorstrandschleuse. 10.  
 Voruntersuchungen für Binnenschiffahrtskanäle. 373.  
  
**W**ände der Schiffsschleusen, besondere Konstruktionen. 145.  
 —, —, hölzerne. 130.  
 —, —, steinerne. 126.  
 — der Siele. 24.  
 Wärterwohnungen. 342.  
 Wagen, hydrostatischer. 317.  
 Wasser, Entnahme des —s zur Speisung der Kanäle. 417.  
 Wasserersparnis, Einrichtungen zur —. 305.  
 Wasserlauf, natürlicher, Verwendung zur Speisung der Kanäle. 417.  
 Wasserlösen. 424.  
 Wassermenge, durch Siele abzuführende. 11.  
  
 Wassertiefe der Binnenkanäle, Vergrößerung der —. 389.  
 Wasserverbrauch der Kanäle. 411.  
 Wasserverluste derselben. 413.  
 Watt. 9.  
 Wegebrücke bei Schleusen. 409.  
 Weichenschleuse. 58.  
 Weite der Siele, Berechnung. 15, 20.  
 Wendenische. 55, 129, 166.  
 —, Bestimmung der Form der —. 169.  
 Wendesäule. 166.  
 Wendeschleuse. 58.  
 Wettern. 2.  
 Winde. 155.  
  
**Z**ange. 120.  
 Zapfen der Schleusenthore. 223.  
 — —, Form und Berechnung. 224.  
 Zapfenpfanne. 126.  
 Zapfenplatte. 126.  
 Zubringer. 420.  
 Zugband. 167.  
 Zuggräben. 2.  
 Zugschlot. 2.  
 Zugstange. 201.  
 Zugschütz. 286.  
 Zwillingsschleuse. 59, 62.  
 Zwischenriegel. 167.

Druck von Rud. Bechold & Comp., Wiesbaden.

# A t l a s

zum

## Handbuch des Wasserbaus.

Zweite Abteilung. 2. Hälfte.

---

Dritte vermehrte Auflage.

---



# Inhalt.

---

## Tafel I bis IV. Deichschleusen (Siele).

- „ I. Hölzerne Siele in Fluß- und Seedeichen. — Verlaat.
- „ II. Schleusen in den Dünen bei Katwyk. — Massive Siele und Deichschleusen. — Ausführung eines hölzernen Siels.
- „ III. Siele bei der Knock am Dollart und bei Woensdrecht (Niederlande). — Deichschleuse im Oderdeiche bei Bellinchem. — Siel in einem Binnendeiche. — Eisernes Schütz mit Rollen und Gegengewicht.
- „ IV. Massive Siele und Deichschleusen in Seedeichen.

## Tafel V bis XIV. Schiffsschleusen.

- „ V. Kammerschleusen bei Papenburg und Harburg. — Schleuse im Marne-Saône-Kanal.
- „ VI. Schleuse der Mosel-Kanalisation. — Weser-Schleuse bei Hameln. — Schleuse in einem Ems-Kanal. — Binnenkanal-Schleuse bei Papenburg.
- „ VII. Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden. — Schleusen bei Bordeaux, Emden und Geestemünde. — Schleuse der Viktoria-Docks.
- „ VIII. Schleuse in der Oder zu Breslau. — Hölzerne Schleusenthore für Liverpool, Antwerpen und Havre. — Eisernen Thore für die Schleusen zu Ablon und Willemsoord.
- „ IX. Eisernen Thore der Schleusen in der Weser bei Hameln, des Amsterdamer Nordsee-Kanals und der Hafenschleuse zu Geestemünde. — Hölzernes Schiebethor der Schleuse von Davis Island am Ohio.
- „ X. Schleuse des Oder-Spree-Kanals bei Wernsdorf nebst den eisernen Thoren. — Oberhaupt der oberen Schleuse bei Fürstenberg a. d. Oder (Klappthor).

## Tafel XI u. XII. Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals.

- „ XI. Fächerthor der Schleuse bei Rendsburg. — Schleusen bei Brunsbüttel (Grundriß und eisernes Flutthor).
- „ XII. Schleusen bei Brunsbüttel: Lageplan, Längenschnitt, Querschnitte. Eisernes Sperrthor. Eisernes Ebbethor.
- „ XIII. Schachtschleuse im Kanal St. Denis. — Schwimmerschleuse für den Dortmund-Ems-Kanal bei Henrichenburg.
- „ XIV. Geneigte Ebene des Elbing-Oberländischen Kanals. — Schleuse mit beweglichen Kammern des Grand Western-Kanals. — Hydraulische Schleuse am Weaver-Flusse bei Anderton. — Dodge-Schleuse am Chesapeake-Ohio-Kanal.

## Tafel XV bis XVII. Schiffahrtskanäle.

- „ XV. Lagepläne, Längen- und Querprofile (Saar-Kohlen-Kanal, Rhein-Marne-Kanal, Merwede-Kanal u. a.).
  - „ XVI. Neue deutsche Schiffahrtskanäle: Oder-Spree-Kanal. — Kanal Dortmund-Emshäfen. — Ems-Jade-Kanal.
  - „ XVII. Speiseanlagen (Einlaßschleuse. Speisegräben. Pumpwerk). — Entlastungsanlagen. — Sicherheitsthor. — Kanalhäfen.
-





# Deichschleusen (Siele)

Fig 1 bis 4. Ständersiel mit Mittelwand bei Neuenburg a. d. Weichsel.

Fig 1. Ansicht.

Fig 2. Querschnitt.

Fig 4. Längenschnitt A B.

M. 0,004

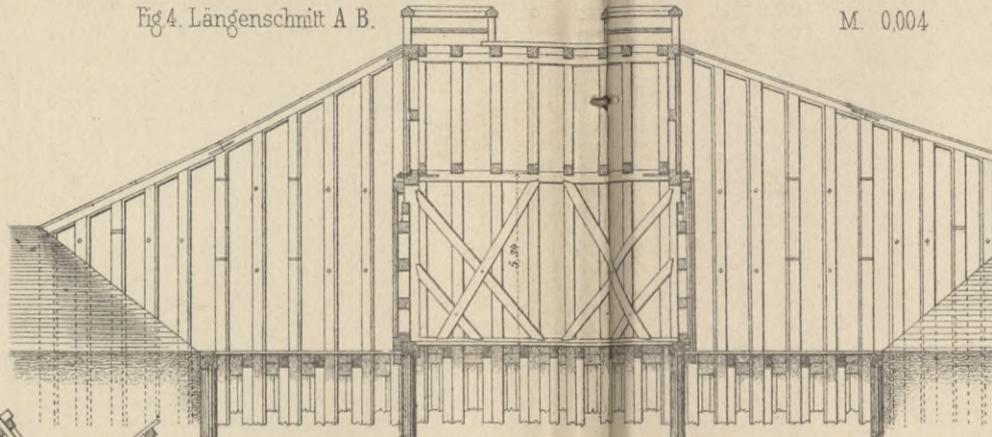
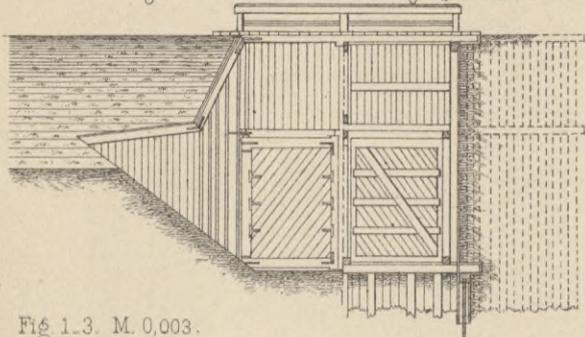


Fig 1. 3. M. 0,003.

Fig 3. Halber Grundriss.

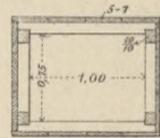
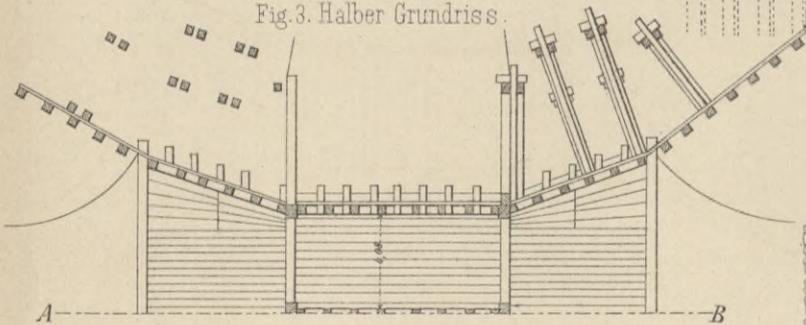


Fig 5. Pumpsiel. M. 0,015.

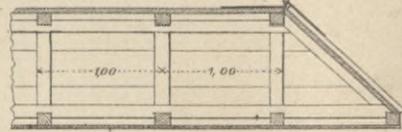


Fig 6. Schnitt C D.

Fig 7. Schnitt E F.

M. 0,01.

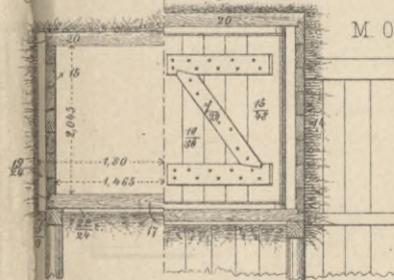


Fig 6 bis 9. Balkensiel in einem Rückdeiche.

Fig 8. Längenschnitt. M. 0,005.

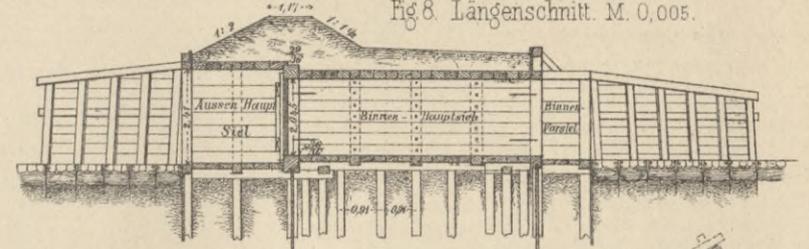


Fig 9. Grundriss (ohne die Bodenbalken) M. 0,005.

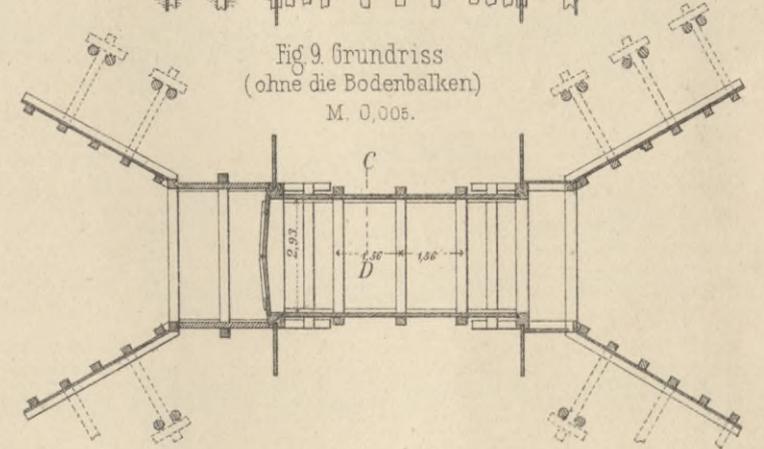


Fig 10. 11. 14 u. 15. Ständersiel in einem Seedeiche.

Fig 10. Längenschnitt.

Fig 10. M. 0,005.

Fig 12. Längenschnitt.

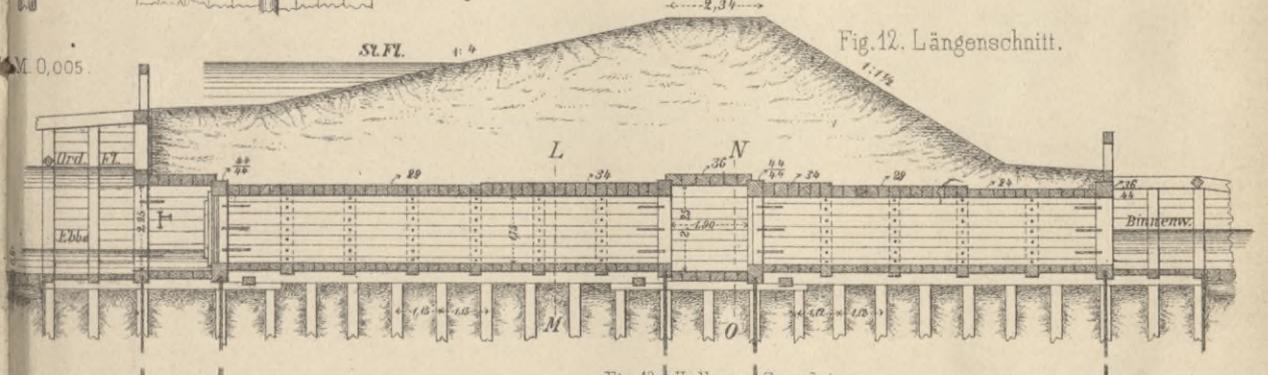
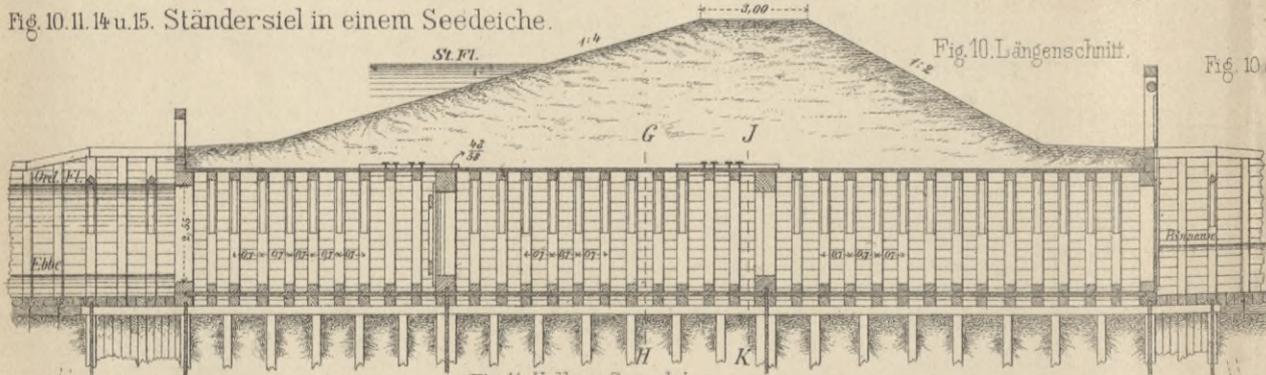


Fig 11. Halber Grundriss.

Fig 13. Halber Grundriss.

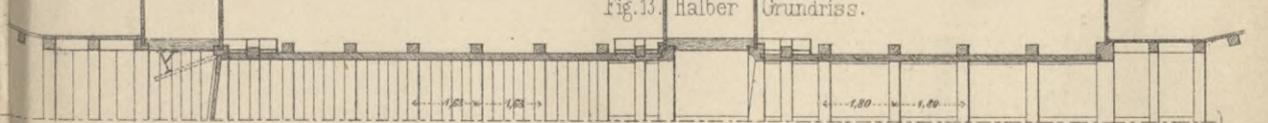
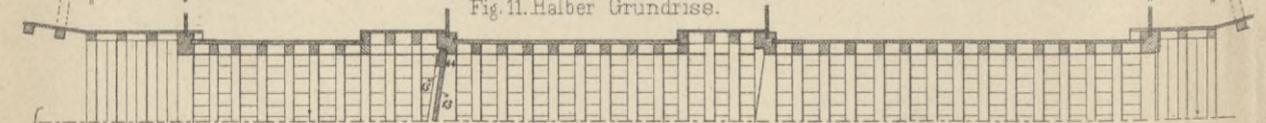


Fig 14. Schnitt G H.

Fig 15. Schnitt J K.

Fig 16. Längenschnitt.

Fig 16 bis 18. Verlaet in einem Binnentiefe.

Fig 17. Ansicht.

Fig 18. Querschnitt.

Fig 20. Schnitt L M.

Fig 21. Schnitt N O.

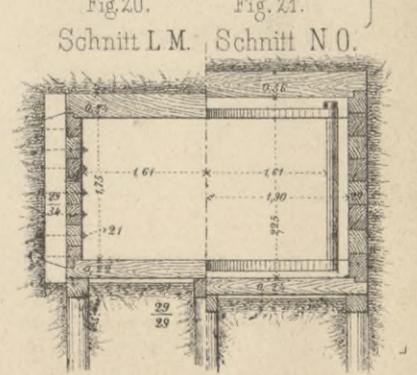
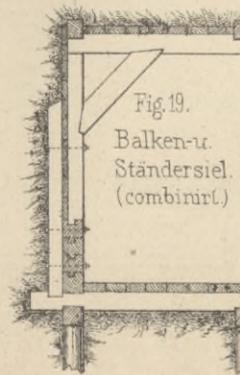
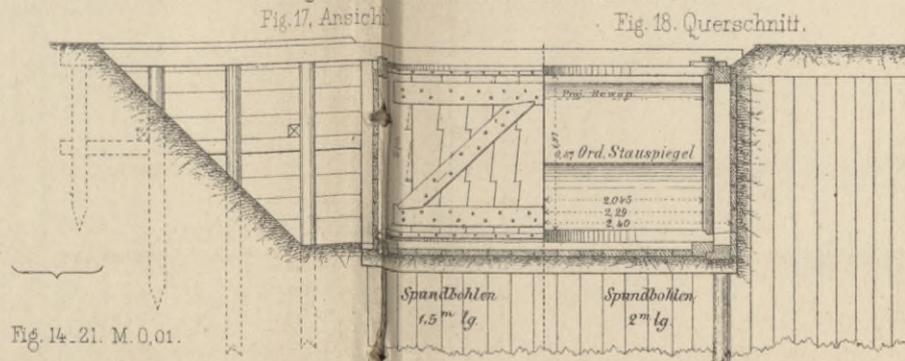
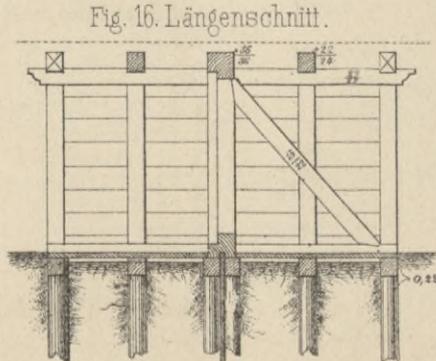
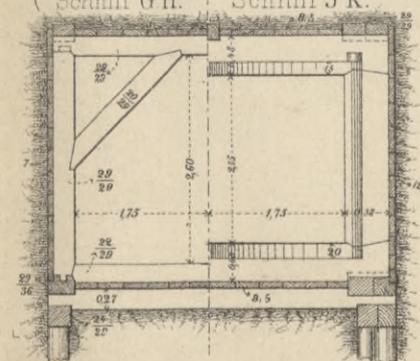


Fig 14-21. M. 0,01.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Fig. 1-6. Schleusen in den Dünen bei Katwyk (Holland).

Fig. 1-3. Lageplan. M. 1:2000.

Fig. 2. Aussenschleuse.

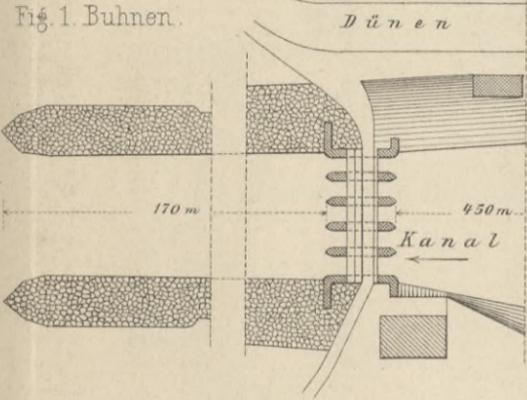


Fig. 4 Ansicht der Aussenschleuse von der See.

Fig. 5 Längenschnitt der Aussenschleuse.

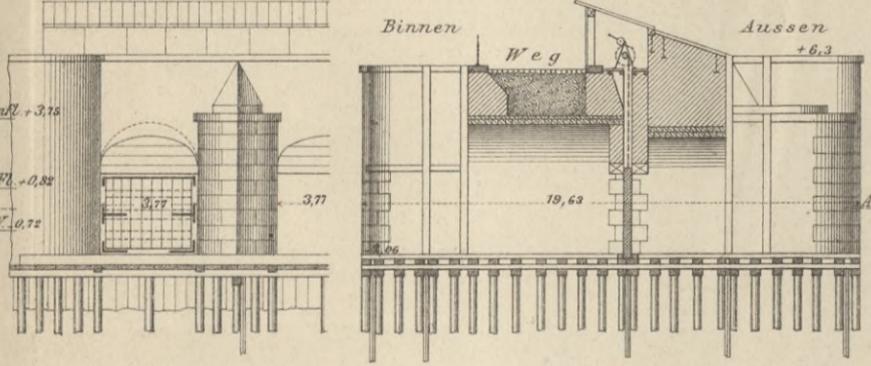


Fig. 6. Grundriss der Aussenschleuse.

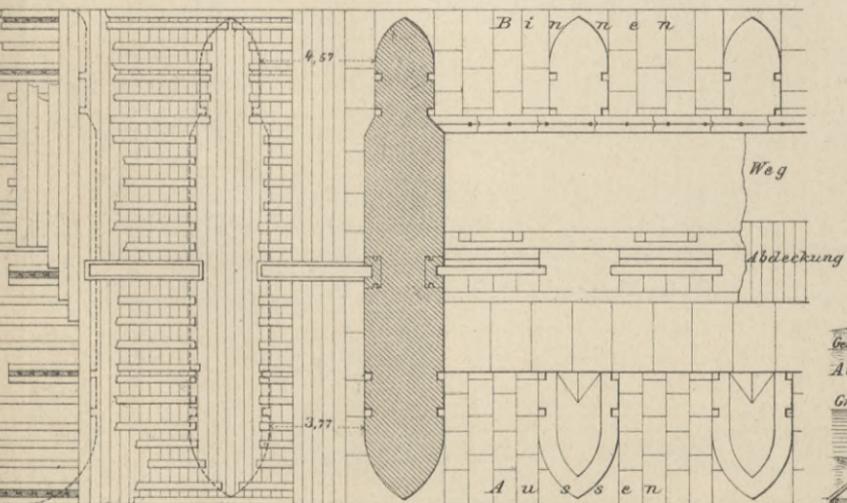


Fig. 4-6. M. 0, 0033.

Fig. 7<sup>a-d</sup> Hölzerne Abwässerungspumpe in einem Binnendeiche.

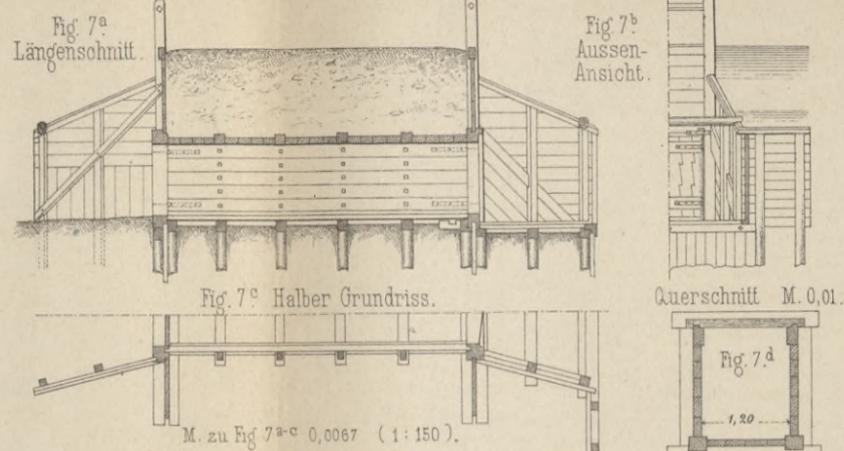


Fig. 8<sup>a u. b</sup> Massive Deichschleuse mit Schütz. M. 0,0067.

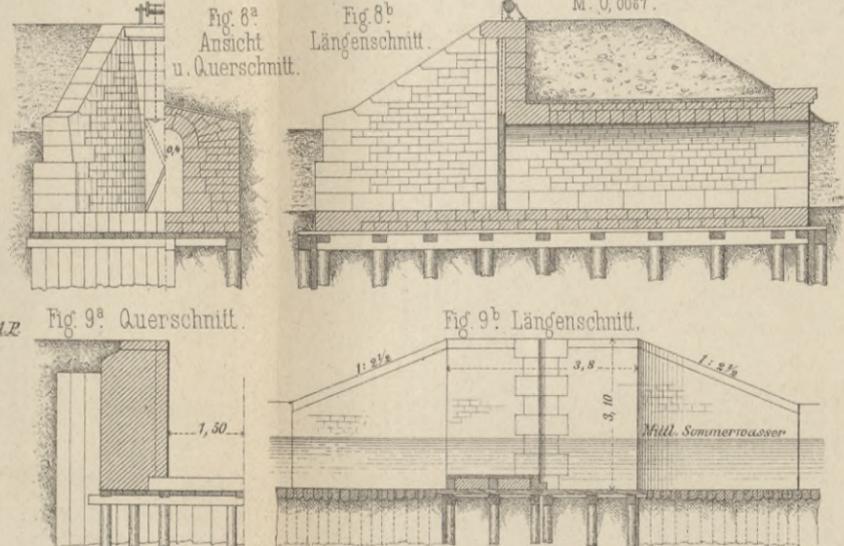


Fig. 9<sup>a-c</sup> Offene Deichschleuse im Sommerdeiche (Weser) M. 0,0067 (1:150).

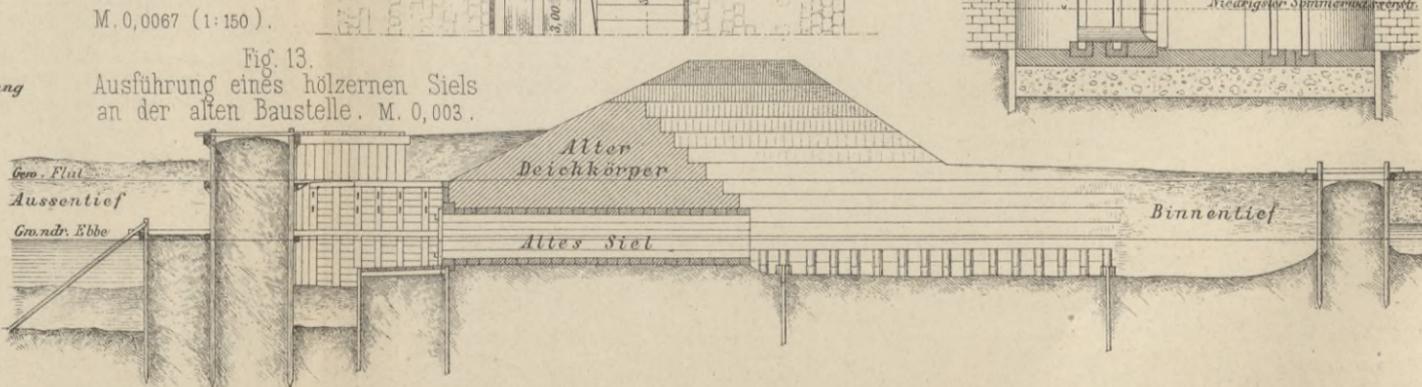


Fig. 10<sup>a-c</sup> Offene Deichschleuse bei Amsterdam M. 0,004.

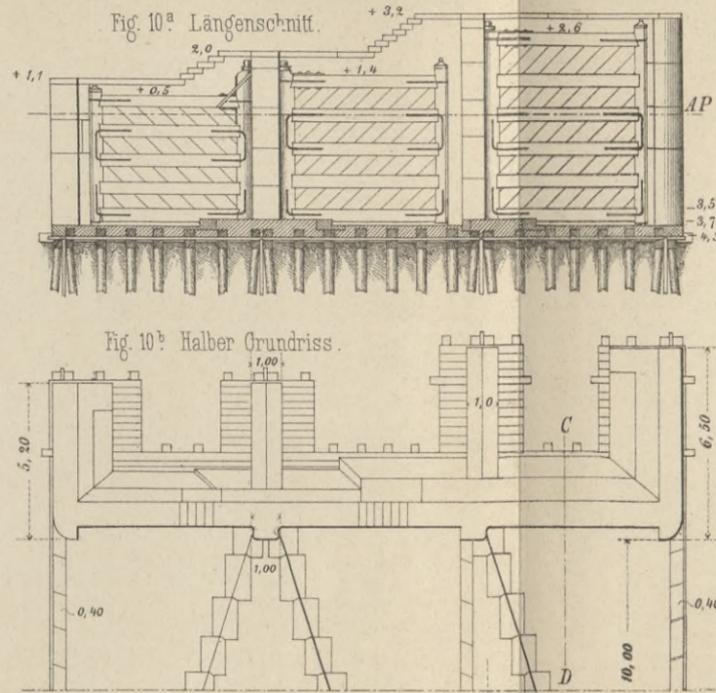


Fig. 11. Oberer Thoranschlag eines größeren Siels. M. 0,0083.

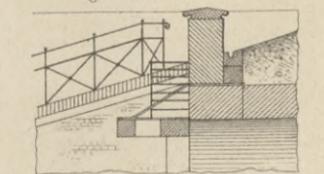


Fig. 12. Längenschnitt der offenen Stauschleuse in der Hamme. M. 0,0033.

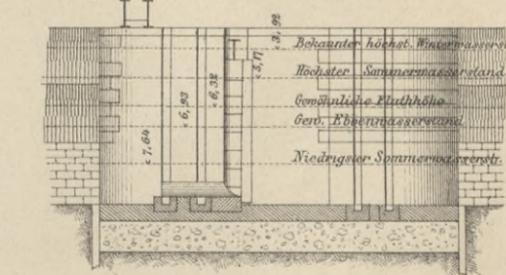


Fig. 14<sup>a e</sup> Deichschleuse bei Husum (Schleswig) bestehend aus einem offenen und zwei bedeckten Sielen.

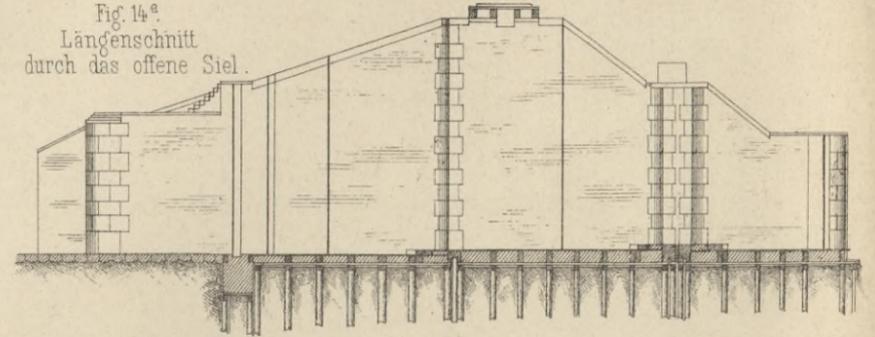


Fig. 14<sup>b</sup> Längenschnitt durch die bedeckten Sielen.

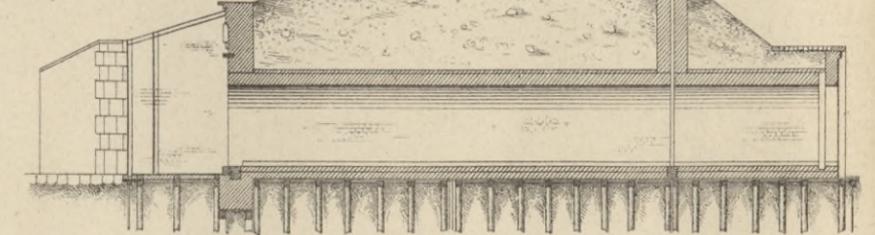


Fig. 14<sup>c</sup> Halber Grundriss.

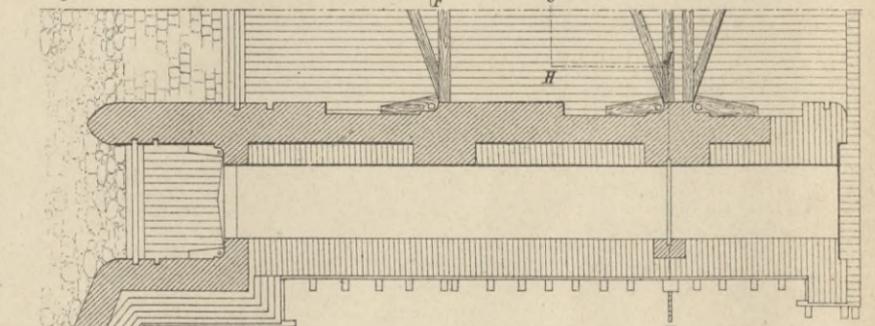
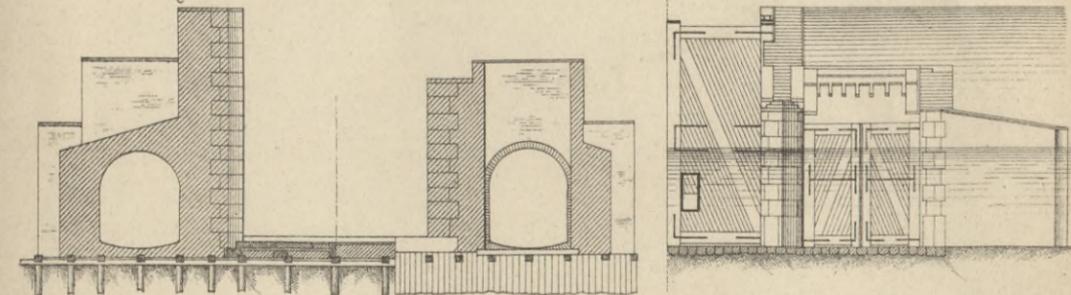
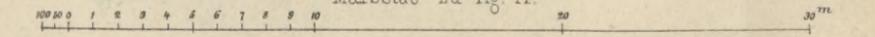


Fig. 14<sup>d</sup> Querschnitt EFGHJK.



Mafsstab zu Fig. 14.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Fig. 1<sup>a-1<sup>d</sup></sup> Siel bei der Knock am Dollart. M. 0,005.

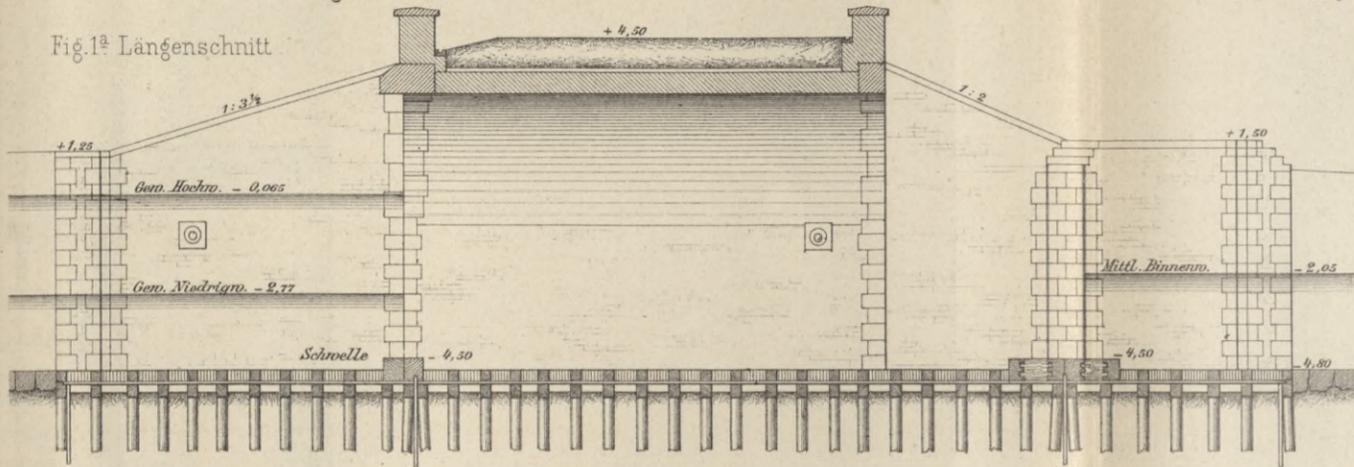


Fig. 1<sup>b</sup> Halber Grundriss.

Fig. 2<sup>a-2<sup>d</sup></sup> Siel bei Woensdrecht. (Niederlande) M. 0,005.

Fig. 2<sup>a</sup> Längenschnitt.

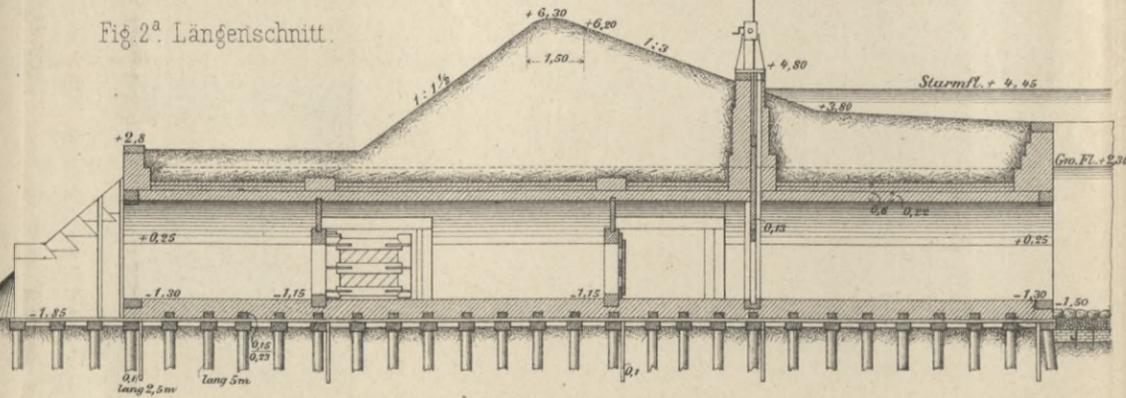
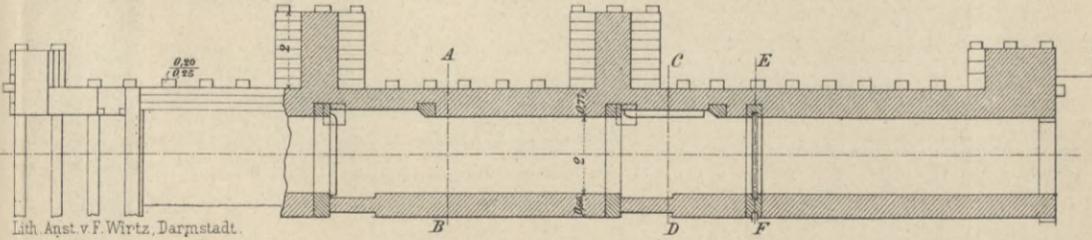


Fig. 2<sup>b</sup> Halber Grundriss.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Fig. 2<sup>c</sup> Querschnitt beim Schütz nach E. F.

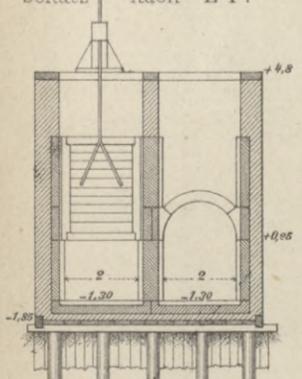
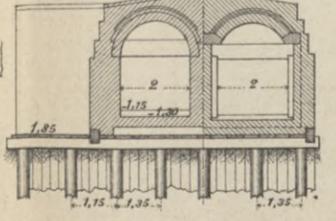


Fig. 2<sup>d</sup> Querschnitte A. B. C. D.



### Deichschleusen. (Siele)

Fig. 3<sup>a-3<sup>c</sup></sup> Deichschleuse im Oderdeiche bei Bellinchen.

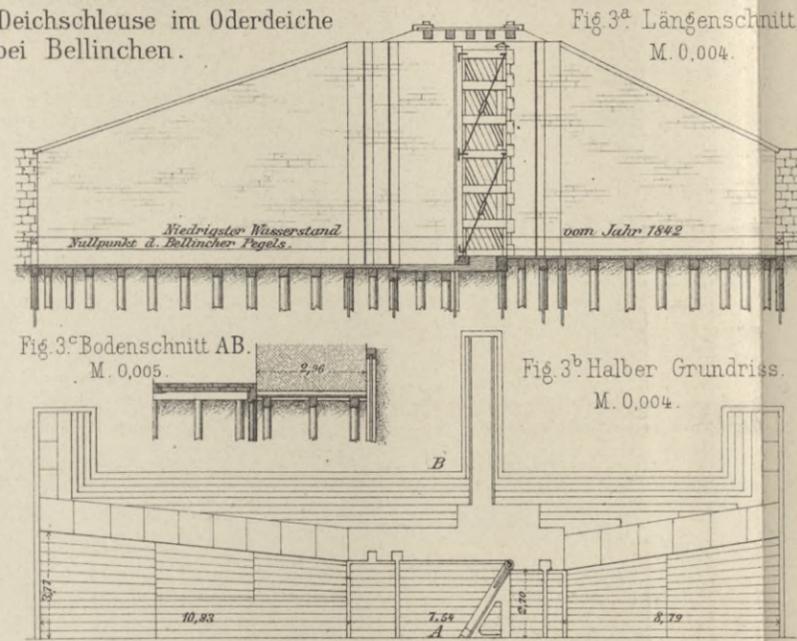


Fig. 3<sup>c</sup> Bodenschnitt A. B. M. 0,005.

Fig. 3<sup>b</sup> Halber Grundriss. M. 0,004.

Fig. 1<sup>c</sup> Ansicht.

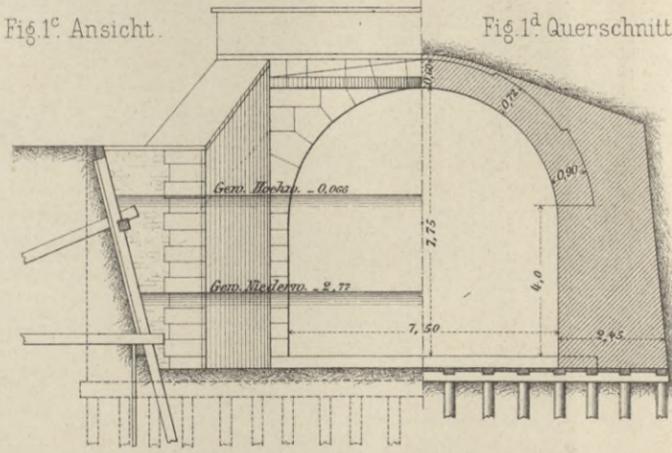


Fig. 1<sup>d</sup> Querschnitt.

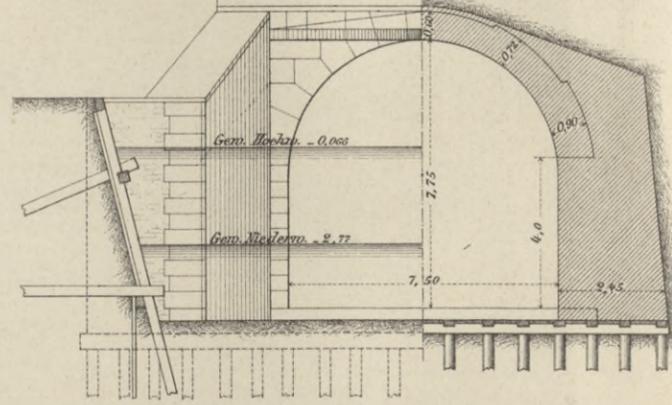


Fig. 4<sup>a-4<sup>c</sup></sup> Siel in einem Binnendeiche.

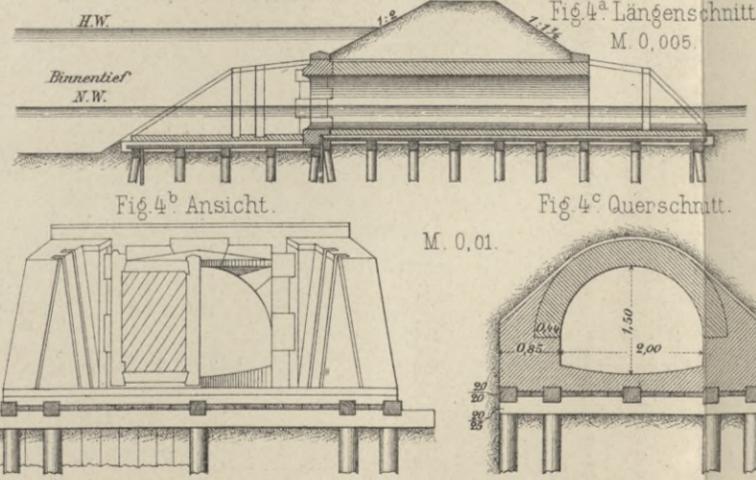


Fig. 4<sup>b</sup> Ansicht.

M. 0,01.

Fig. 4<sup>c</sup> Querschnitt.

Fig. 4<sup>a</sup> Längenschnitt M. 0,005.

Fig. 5<sup>a-5<sup>d</sup></sup> Eisernes Schütz mit Rollen und Gegengewicht.

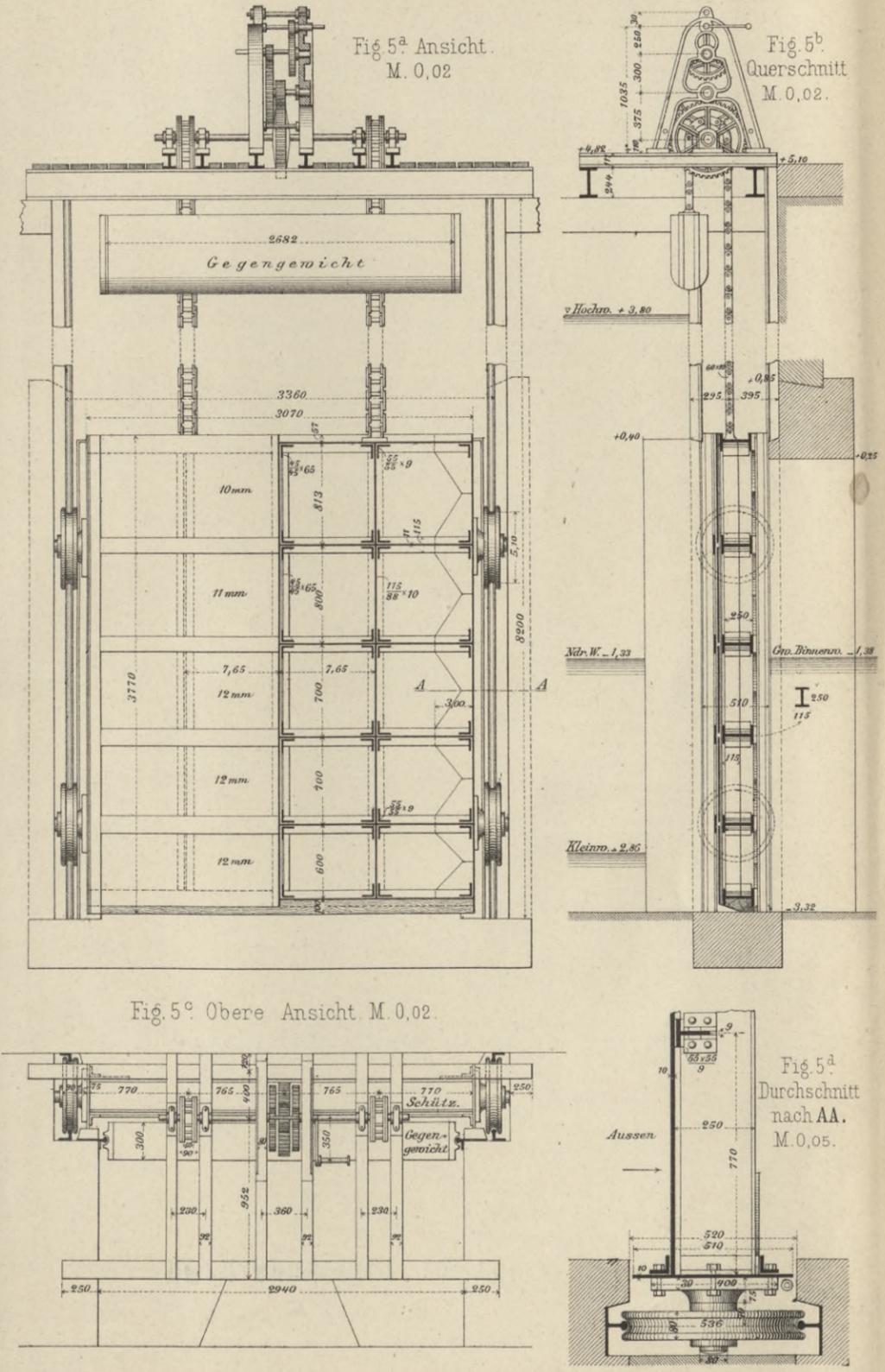


Fig. 5<sup>a</sup> Ansicht. M. 0,02

Fig. 5<sup>b</sup> Querschnitt M. 0,02.

Fig. 5<sup>c</sup> Obere Ansicht M. 0,02.

Fig. 5<sup>d</sup> Durchschnitt nach A. A. M. 0,05.

Verlag v. W. Engelmann, Leipzig.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Deichschleusen (Siele.)

Fig 1 bis 4. Siel in Seeland.

(Niederlande.)

Fig 1. Schnitt A B Fig 2. Schnitt C D

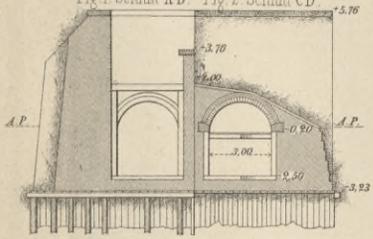


Fig 3. Längenschnitt.

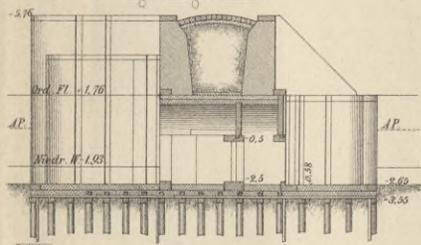
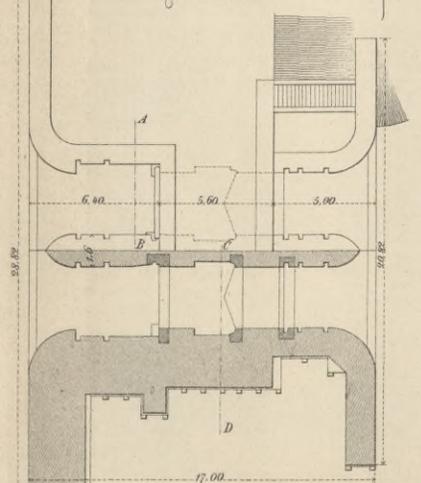


Fig 4. Grundriss.



Maßstab zu Fig 1 bis 4: 0.004.

Fig 5 Längenschnitt.

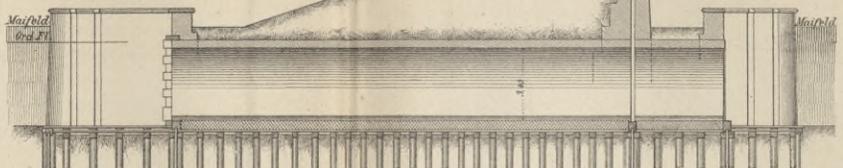


Fig 5 bis 8. Siel im Nordstrander Seedeiche. (Schleswig.)

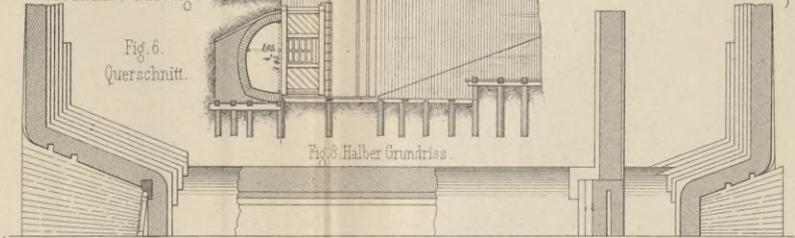


Fig 9. Norder-Lume-Siel. (Unter Weser.)

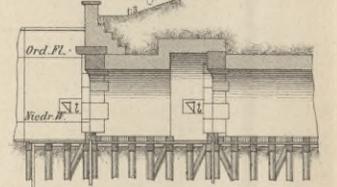
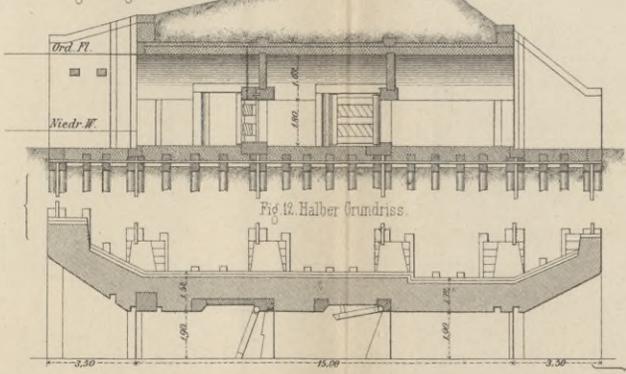


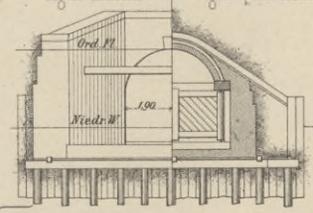
Fig 11. Längenschnitt.



Maßstab zu den Figuren 5 bis 10 u. 15 bis 18: 0.004.

Fig 11 bis 14. Siel auf der Insel Schouwen (Niederlande.)

Fig 13. Ansicht. Fig 14. Querschnitt.



Maßstab zu Fig 11 bis 14: 0.005.

Fig 15 Längenschnitt.

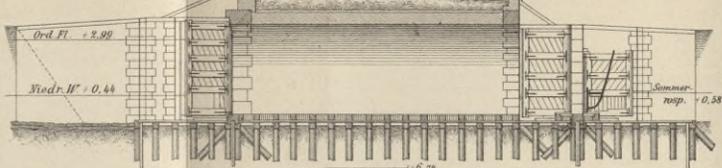


Fig 15 bis 18. Ashwardener Siel. (Unter Weser.)

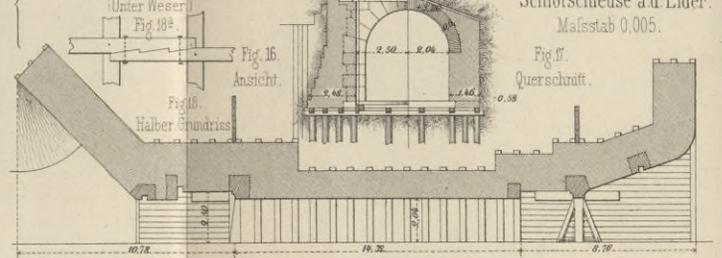


Fig 19 bis 21. Deichschleuse am Dollart (Statensiel.)

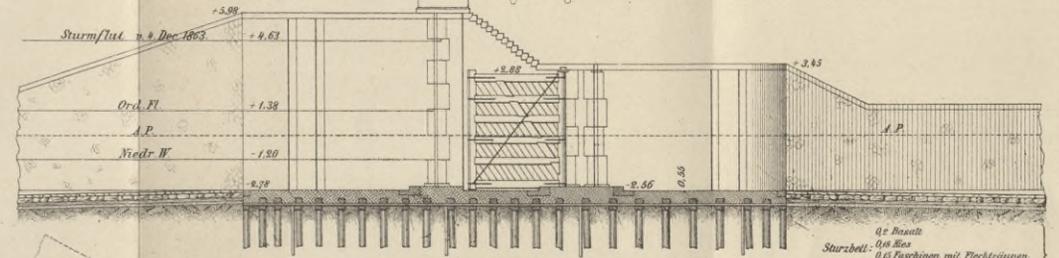
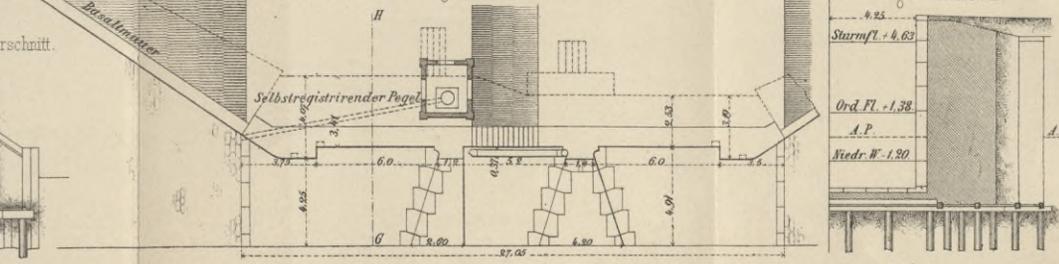


Fig 19 Längenschnitt.

Fig 20 Halber Grundriss.



Maßstab zu Fig 19 bis 21: 0.004.

Zweite Abteilung Zweite Hälfte Taf. IV.

Fig 22. Längenschnitt (Binnenschütz.)

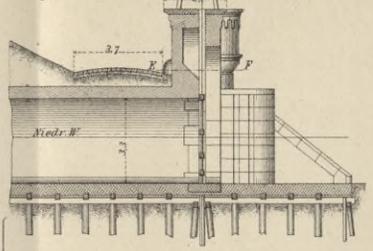
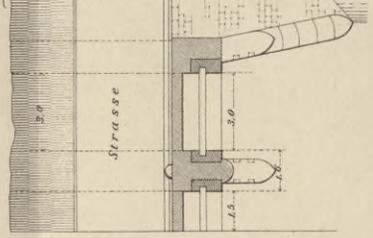


Fig 23. Theil des Grundrisses. (Schnitt EF.)



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Fig. 1. Ansicht des Aussenhauptes.

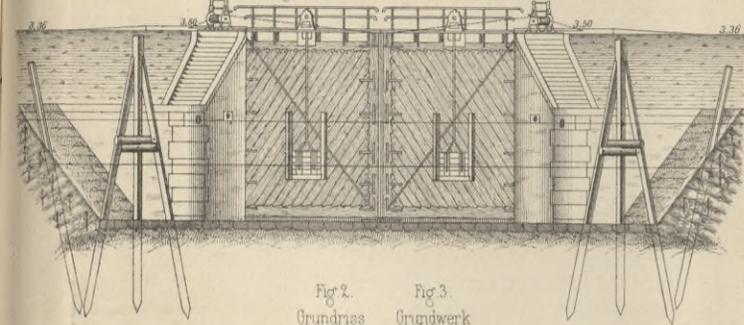


Fig. 2. Grundriss des Aussenhauptes. Fig. 3. Grundwerk des Aussenhauptes.

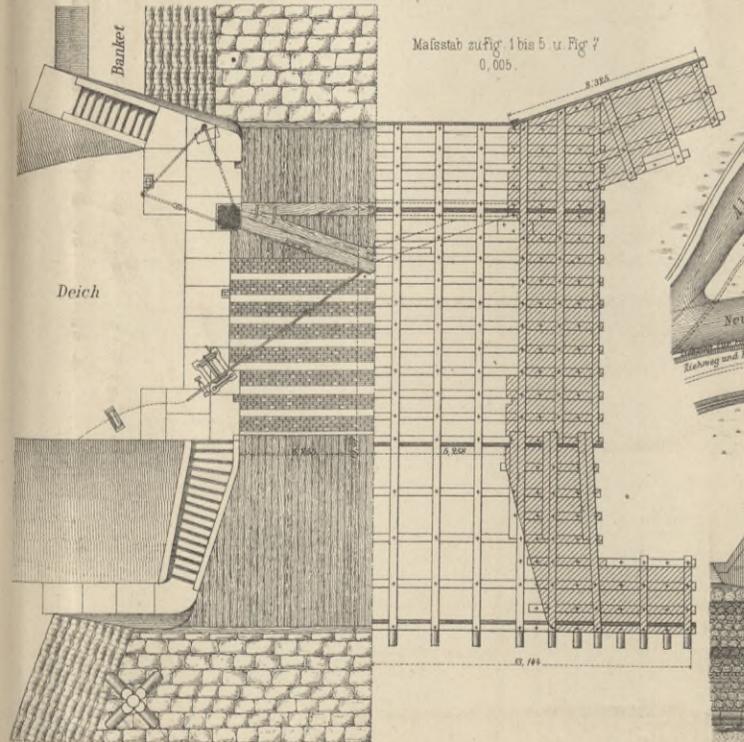


Fig. 1-10. Schutz- und Kammerschleuse bei Papenburg.

Fig. 4. Schnitt durch die Thorkammer.

Fig. 5. Schnitt durch die Kammer.

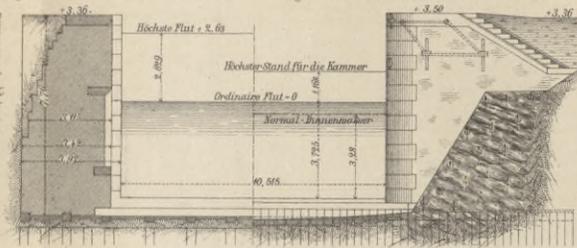


Fig. 6. Situation und Bauplatz. M 1:3000.

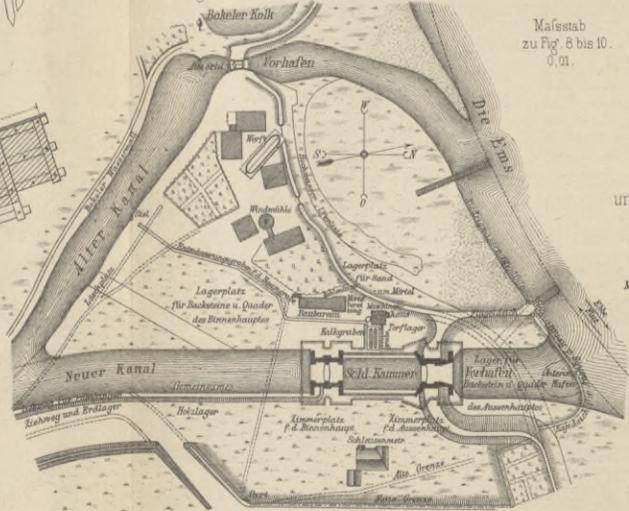


Fig. 7. Längenschnitt des Aussenhauptes.

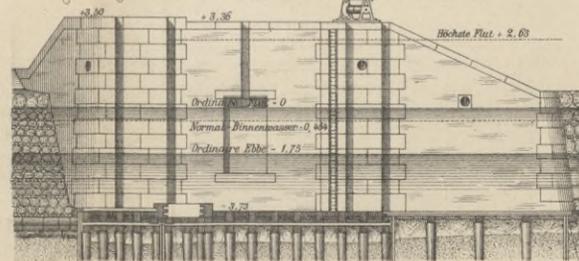


Fig. 8. Grundwerk des Binnenhauptes.

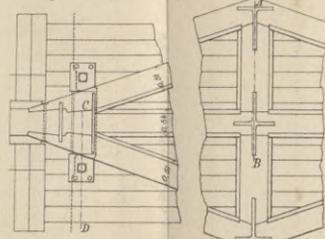
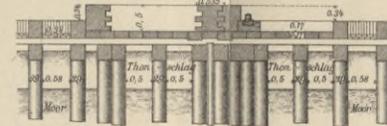


Fig. 9. Schnitt AB.

Fig. 10. Schnitt CD.



Maßstab zu Fig. 8 bis 10. 1:500.

Fig. 13. Situation der alten und der neuen Schleuse. M 0,0002.

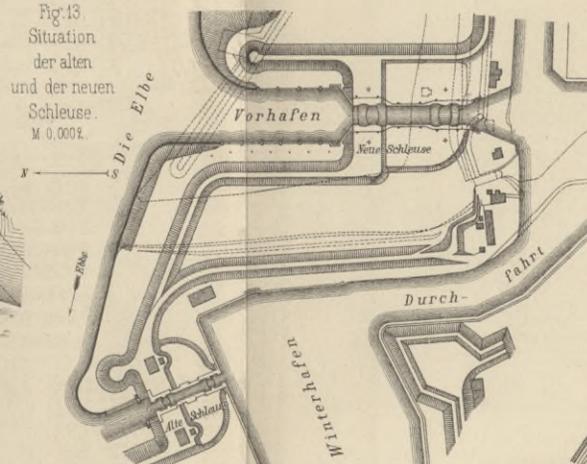


Fig. 15 u. 16. Schleuse im Marne - Saône - Kanal.

Fig. 15 Ansicht u. Querschnitt des Oberhauptes.

Fig. 16 Längenschnitt.

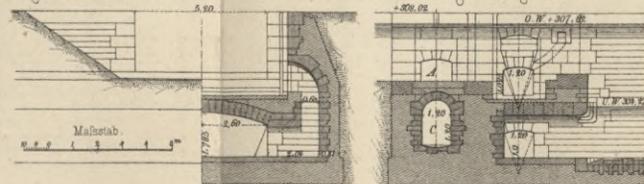
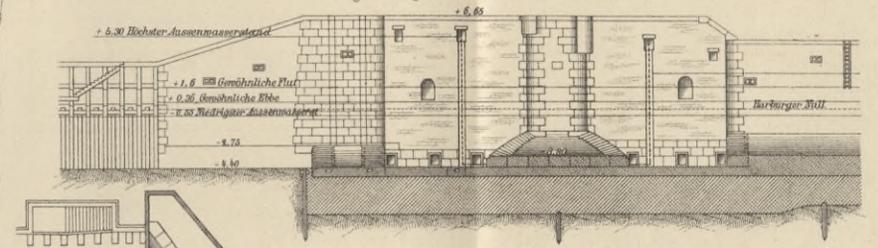


Fig. 11-14. Kammerschleuse bei Harburg.

Fig. 11. Längenschnitt des Aussenhauptes.



Maßstab zu Fig. 11, 12, 14 - 0,0025.

Fig. 12. Grundriss des Aussenhauptes.

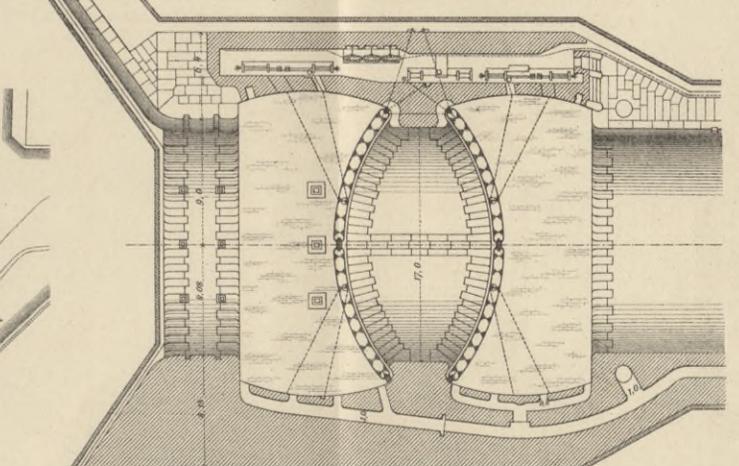
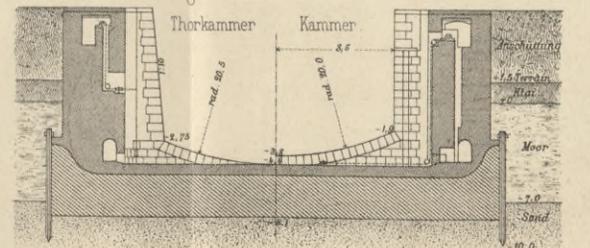


Fig. 14. Schnitt durch die Thorkammer.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Fig. 1. Schnitt G H (s. Fig. 2.)

Fig. 1, 2, 3. Schleusen des Amsterdamer Nordsee-Kanals bei Ymuiden. M. 0, 0015.

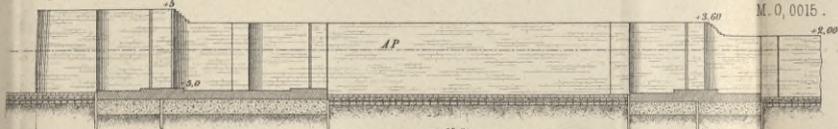


Fig. 4. Binnenhaupt.

Fig. 3. Schnitt CDEF (s. Fig. 2.)

Fig. 4-6. Hafen-Schleuse zur Bordeaux.

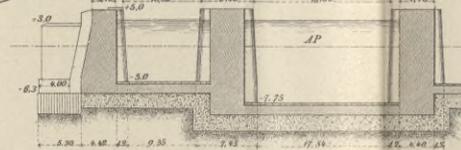
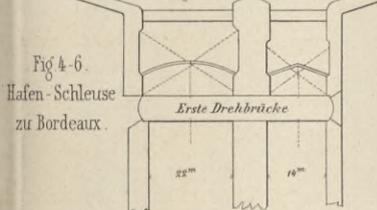


Fig. 7. Schnitt durch das Aussenhaupt M. 0, 002.

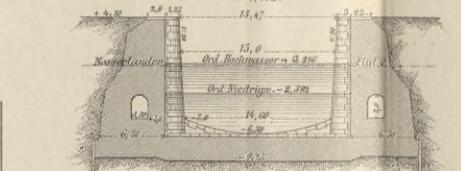
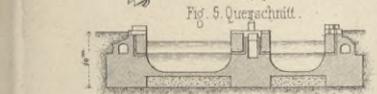


Fig. 8. Schnitt durch die Kammer M. 0, 002.

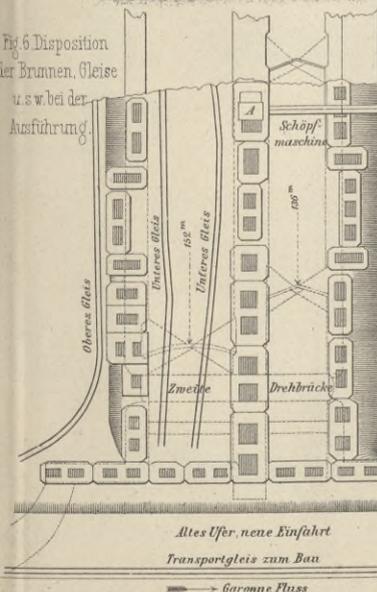


Fig. 7, 8, 9, 21. Neue Seeschleuse bei Emden.

Fig. 9. Querschnitt der Ladebühne (s. Fig. 21) M. 0, 0025.

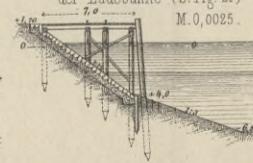


Fig. 2. Grundriss.

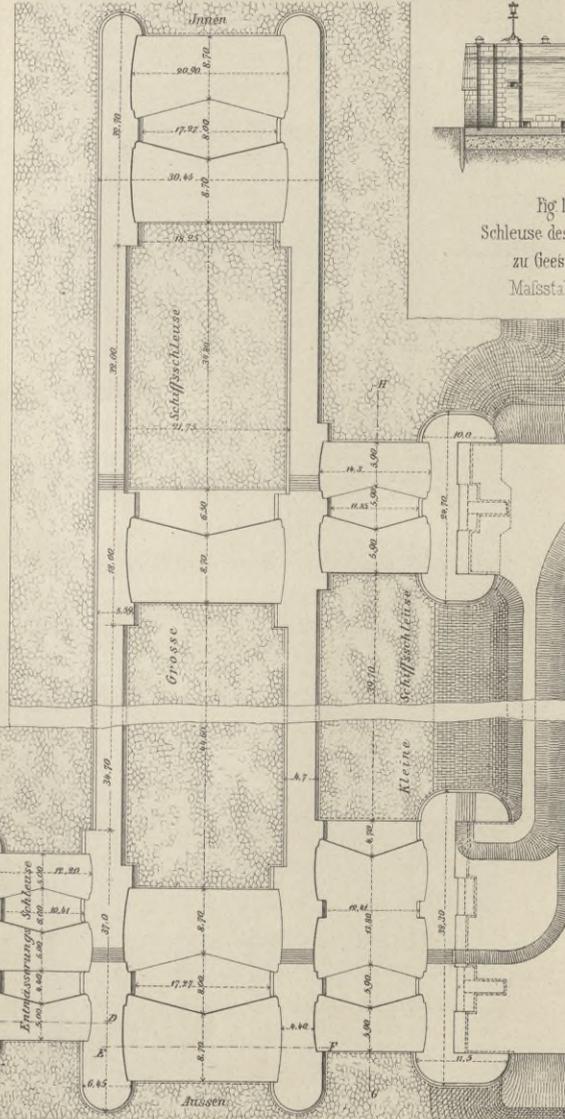


Fig. 10. Längenschnitt.

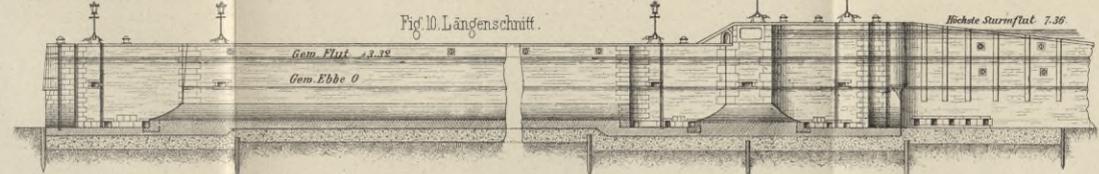


Fig. 10-15. Schleuse des Hafenbassins zu Geestemünde Maßstab: 0, 0015.

Fig. 11. Schnitt JK.

Fig. 12. Schnitt LM.

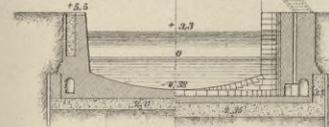


Fig. 16. Längenschnitt RS.

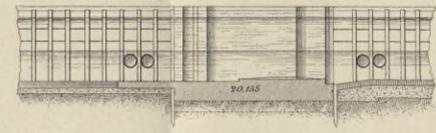


Fig. 13. Schnitt NO.

Fig. 14. Schnitt PQ.

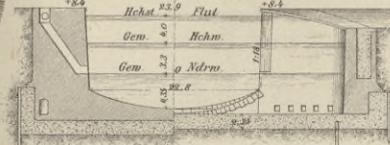


Fig. 17. Schnitt TU.

Fig. 18. Schnitt VW.

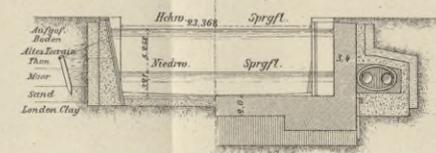


Fig. 15. Theil des Grundrisses.

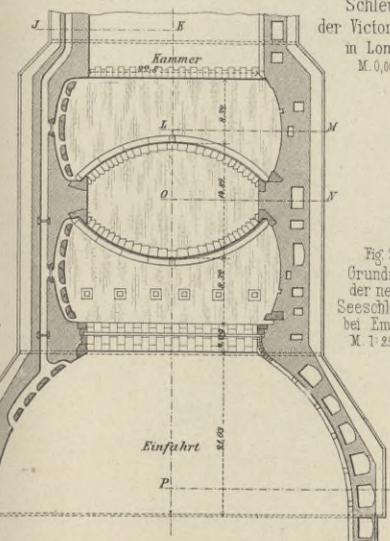


Fig. 16 bis 20. Schleuse der Victoria-Docks in London M. 0, 0015.

Fig. 19. Grundriss Ansicht von oben.

Fig. 20. Horizontalschnitt.

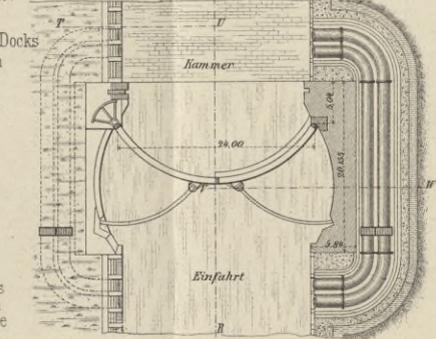
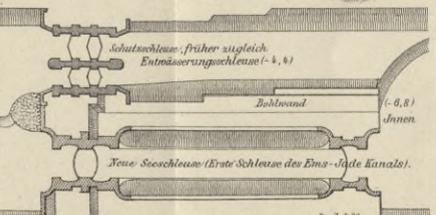


Fig. 21. Grundriss der neuen Seeschleuse bei Emden M. 1:2500.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schiffsschleusen.

Fig.1-6. Schleuse in der Oder zu Breslau.

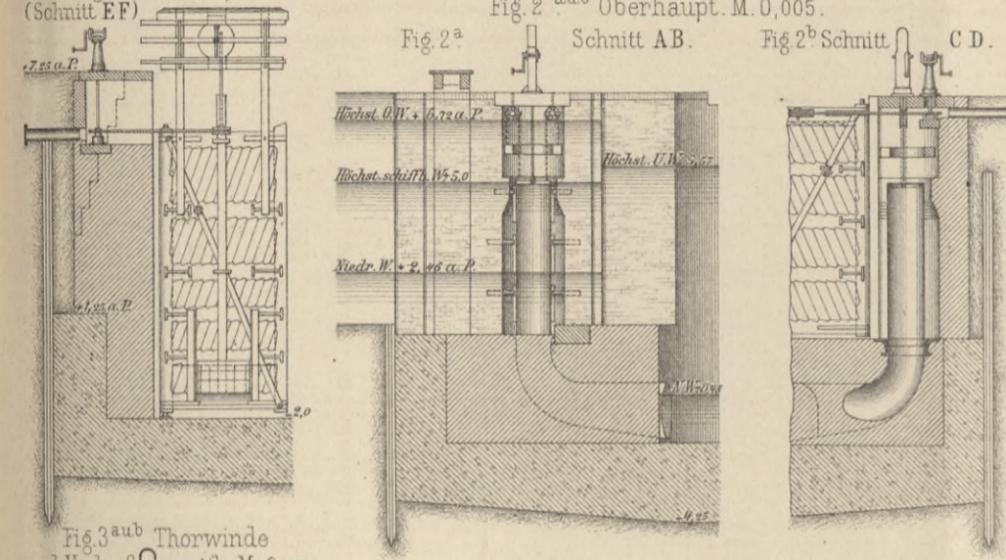


Fig. 3<sup>aub</sup> Thorwinde und Umlaufventil. M. 0,015. Fig. 3<sup>a</sup> Schnitt GH.

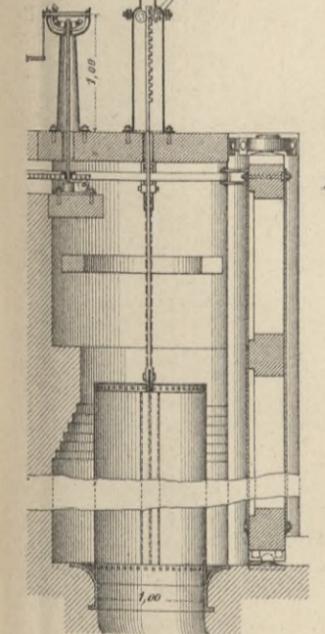
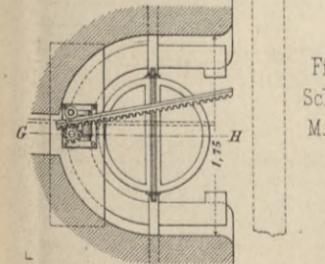


Fig. 3<sup>b</sup> Grundriss der Ventilnische.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Fig. 2<sup>aub</sup> Oberhaupt. M. 0,005. Schnitt AB.

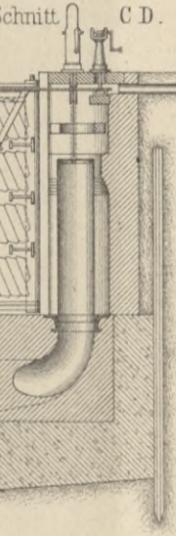
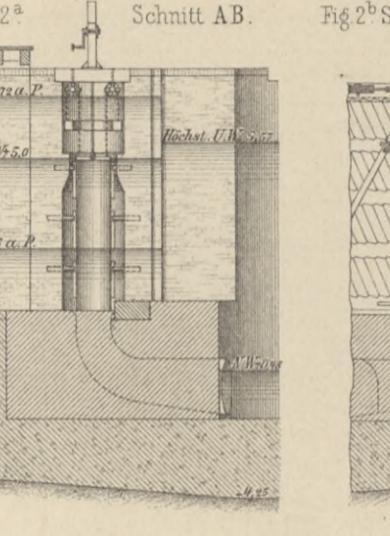


Fig. 4 Grundriss. M. 0,005.

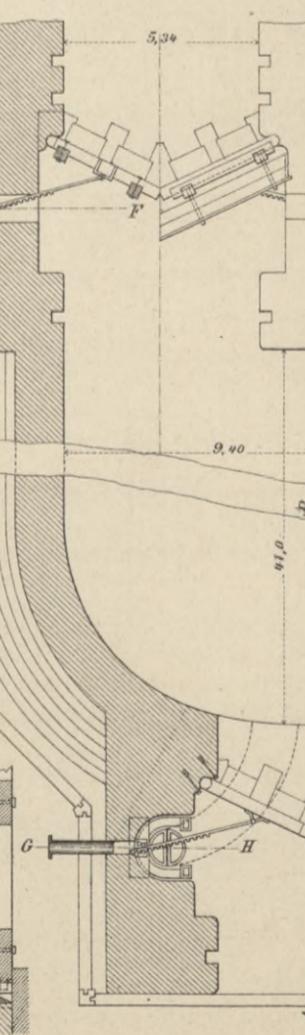


Fig. 5 Schützwinde M. 0,02.

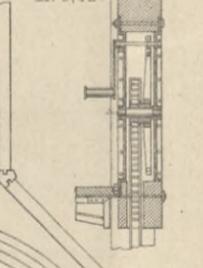


Fig. 7-9. Thorflügel der Canada-Docks zu Liverpool. M. 0,0094.

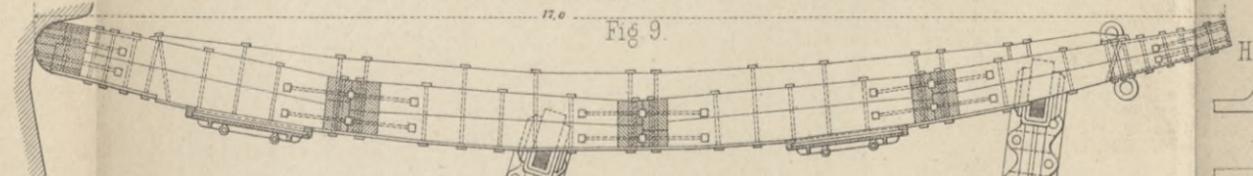
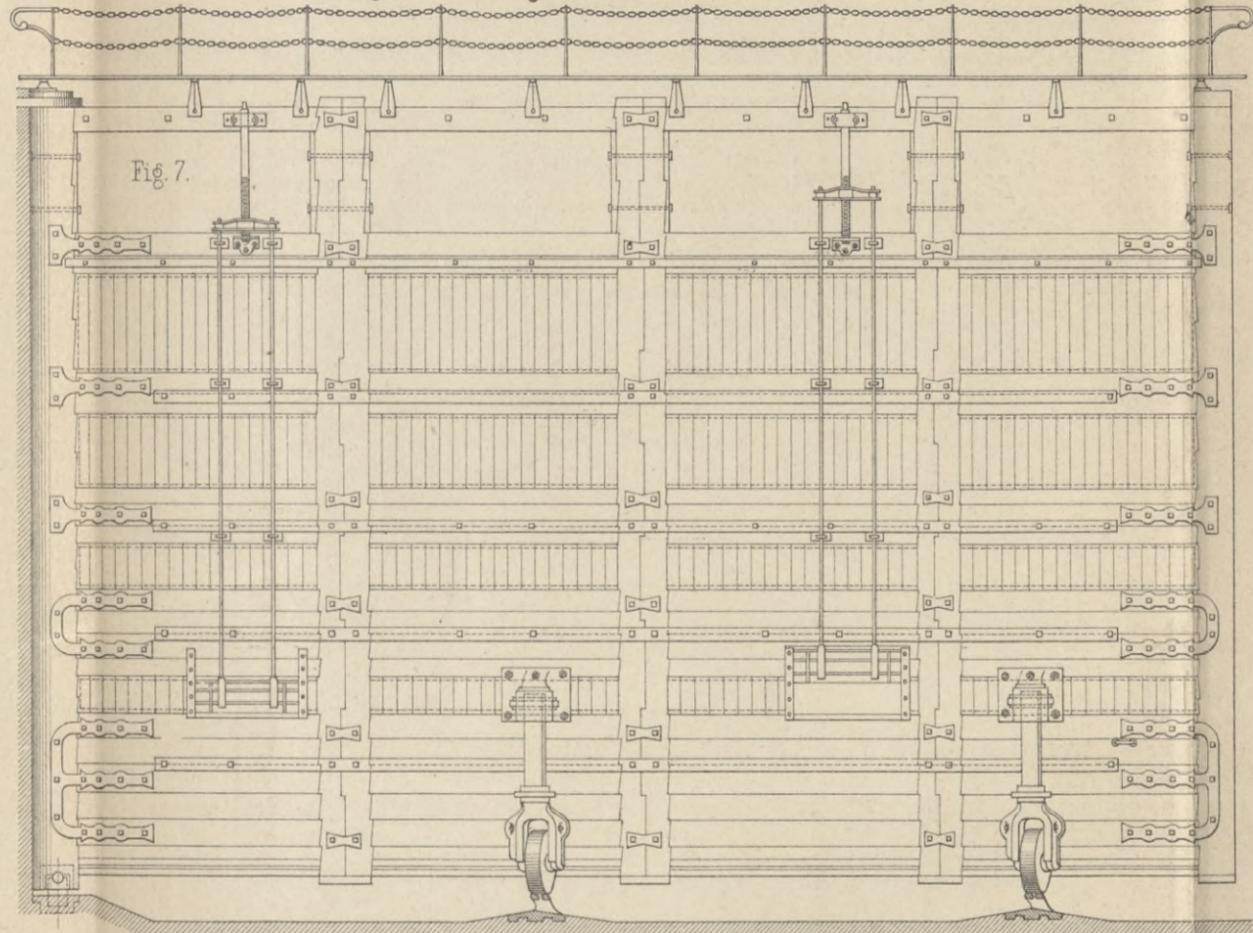


Fig. 10 u. 11. Thorflügel einer 24,4<sup>m</sup> weiten Schleuse zu Antwerpen. Fig. 10 Horizontalschnitt. M. 0,01.

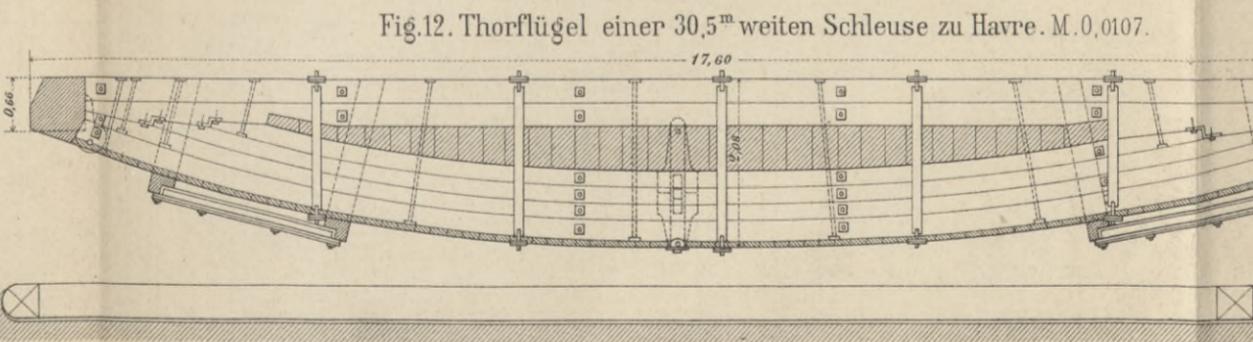


Fig. 12. Thorflügel einer 30,5<sup>m</sup> weiten Schleuse zu Havre. M. 0,0107.

Fig. 8.

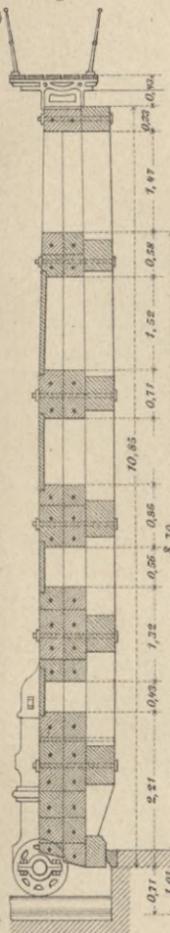


Fig. 11. Halsband. M. 0,02.

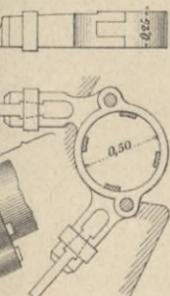


Fig. 13-15. Thorflügel der Schleuse zu Ablon. M. 0,0125.

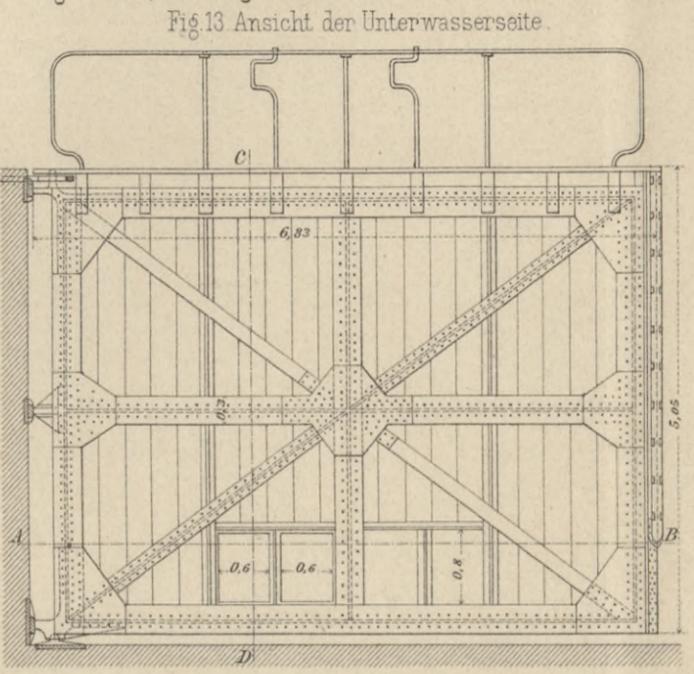
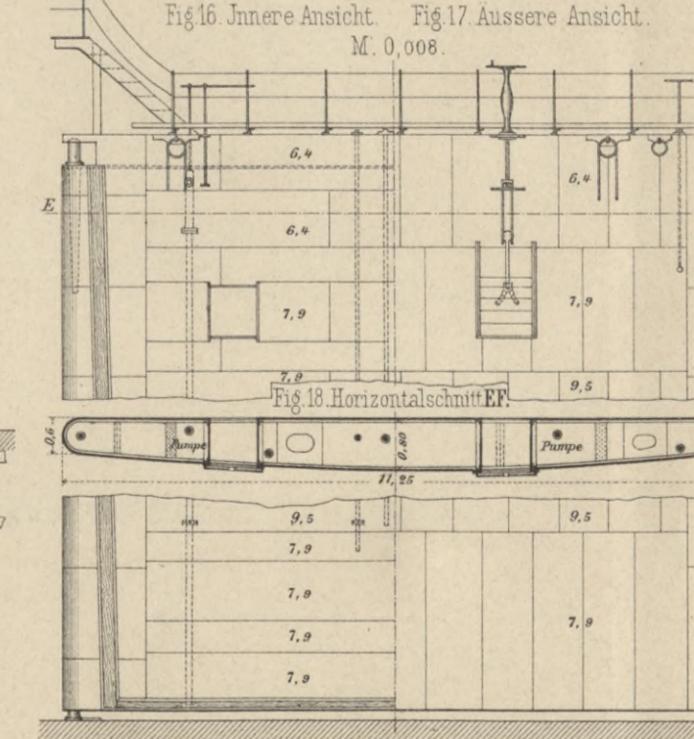


Fig. 13 Ansicht der Unterwasserseite. Fig. 14 Horizontalschnitt A B. Fig. 15 Vertikalschnitt C D.

Fig. 16-19. Thorflügel der Schleuse zu Willemsoord. Fig. 16 Innere Ansicht. Fig. 17 Aussere Ansicht. M. 0,008.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Fig 1 bis 6. Thorflügel der Weserschleuse bei Hameln.

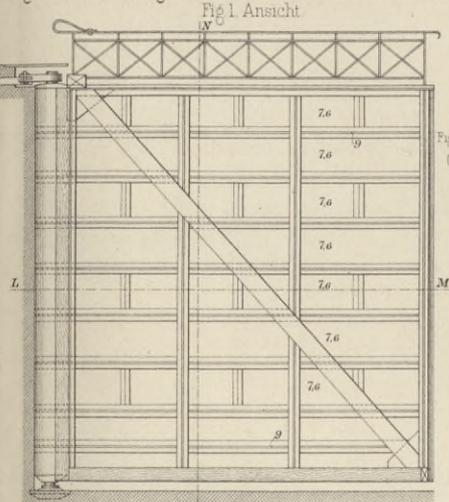


Fig 4 Schnitt N O. M 1:1 Fig 1 bis 5 0,0125.

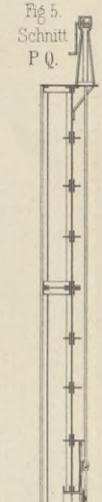


Fig 2 Thor des Oberhauptes Schnitt L M.

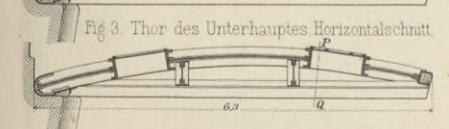
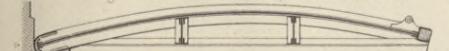


Fig 3 Thor des Unterhauptes Horizontalschnitt. M 0,04.

Fig 20 Schnitt A B.

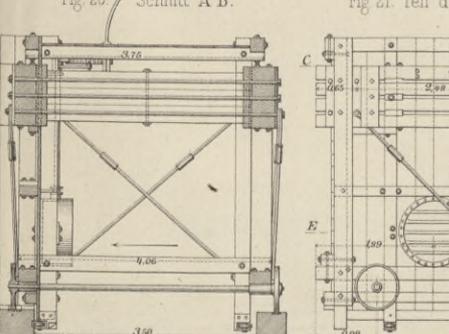


Fig 21 Teil der Ansicht (Unterwasserseite): Partial view of the gate mechanism from the underwater side.

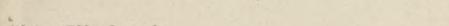


Fig 22 Schnitt C D. M 0,0125 (1:80).

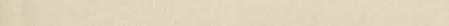


Fig 23 Schnitt E F.



Fig 7 bis 9. Schleuse des Amsterdamer Nordsee-Kanals. (18,0 weit).

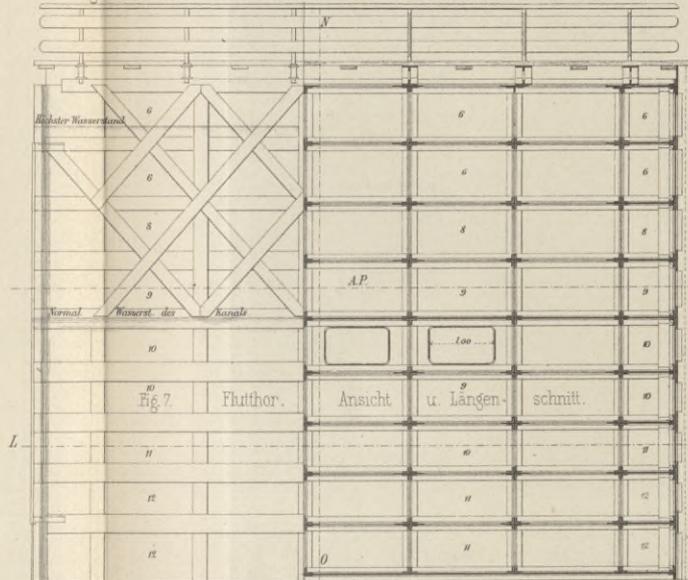


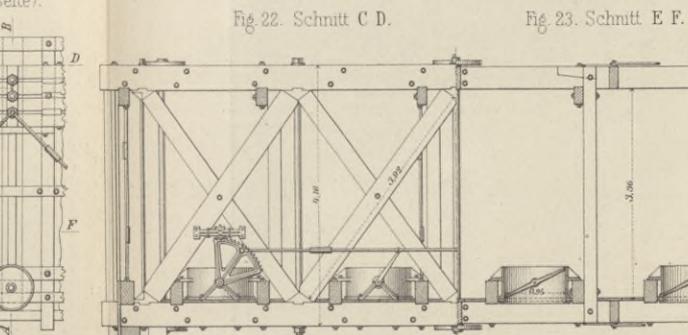
Fig 8 Schnitt L M.



Fig 20 bis 23. Schiebethor der Schleuse von Davis Island am Ohio. M 0,0125.

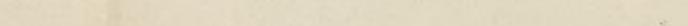
Fig 22. Schnitt C D.

Fig 23. Schnitt E F.



M 0,0125 (1:80).

Fig 9 Schnitt N O.



Maisstab zu Fig 7 bis 9 0,0125.

Fig 10 bis 19. Schleuse des Hafenbassins zu Geestmünde. (23,94 weit).

Fig 10. Ebbethor. Längenschnitt und Ansicht. (ausgestreckt).

Fig 11 Schnitt R S.

Fig 12. Schnitt P Q.

Maisstab zu Fig 10 bis 14: 0,01.

Fig 13 Fluthor. Horizontalschnitt in der Höhe der Schlagschwelle.

Fig 14 Fluthor. Horizontalschnitt in 3,35 Höhe über gew. Niederwasser.

Fig 15. Oberes Zapfenlager.

Fig 16. Wendesaule.

Fig 17. Schlagsleiten.

Fig 18. Bodenplatte.

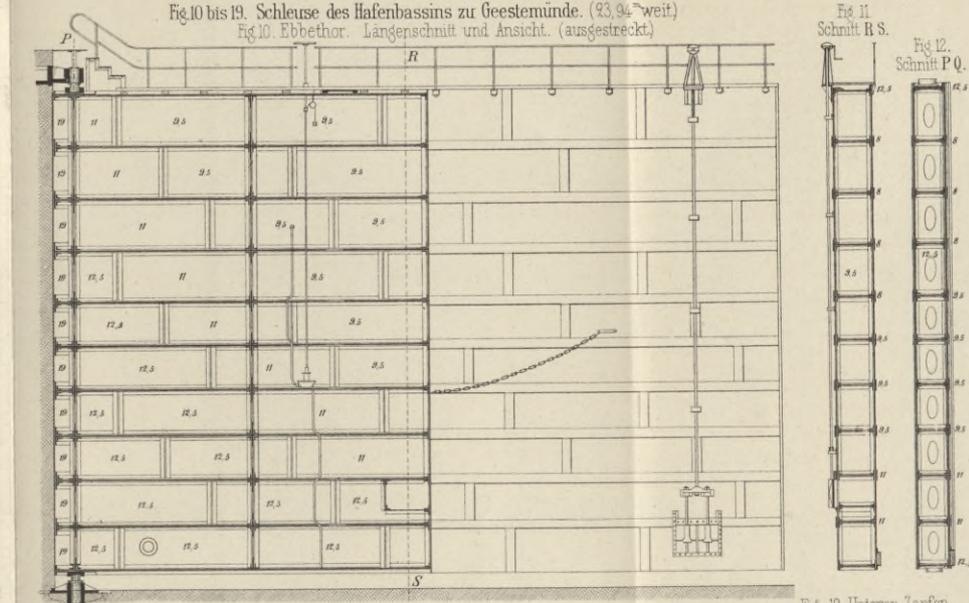
Fig 19. Unterer Zapfen. Schnitt T U.

Maisstab zu Fig 15 bis 18: 0,04.

Grundriss.

Maisstab 0,02.

Verlag v. W. Engelmann, Leipzig.



Maisstab zu Fig 10 bis 14: 0,01.

Fig 13 Fluthor. Horizontalschnitt in der Höhe der Schlagschwelle.

Fig 14 Fluthor. Horizontalschnitt in 3,35 Höhe über gew. Niederwasser.

Fig 15. Oberes Zapfenlager.

Fig 16. Wendesaule.

Fig 17. Schlagsleiten.

Fig 18. Bodenplatte.

Fig 19. Unterer Zapfen. Schnitt T U.

Maisstab zu Fig 15 bis 18: 0,04.

Grundriss.

Maisstab 0,02.

Verlag v. W. Engelmann, Leipzig.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

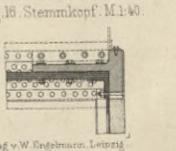
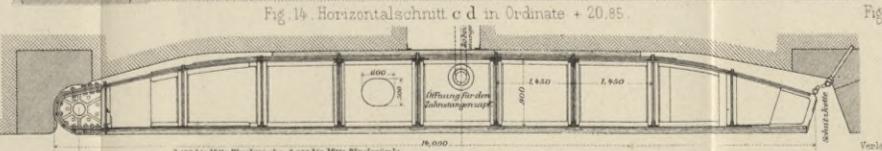
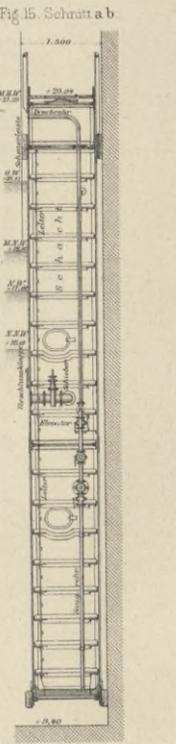
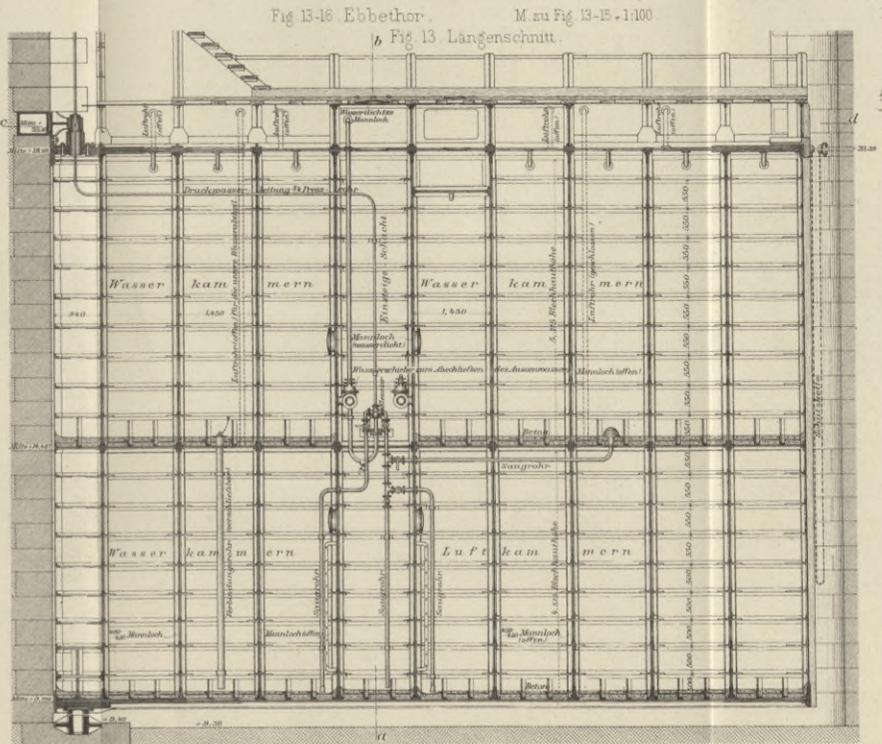
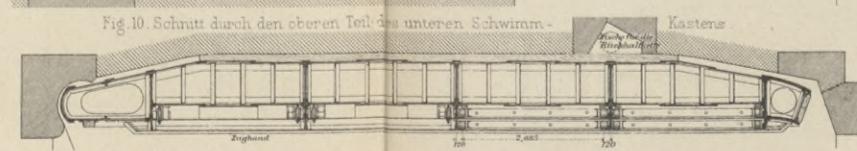
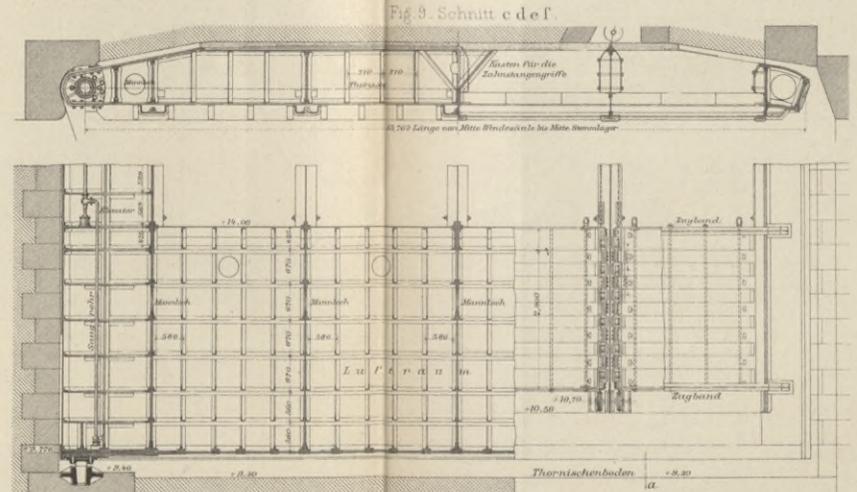
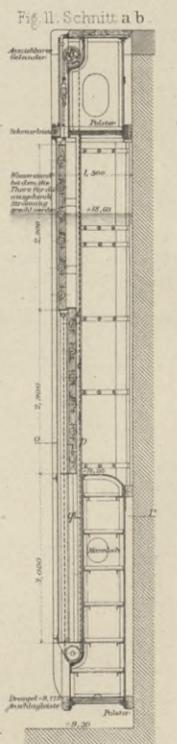
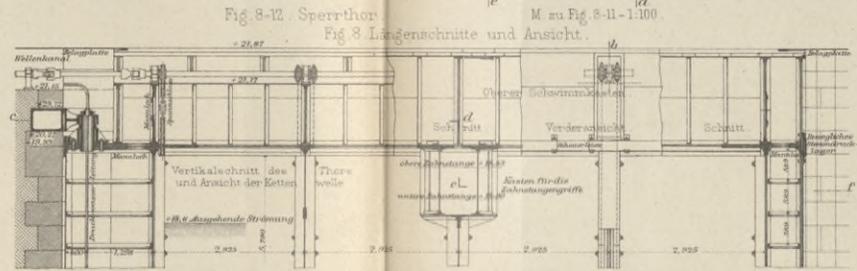
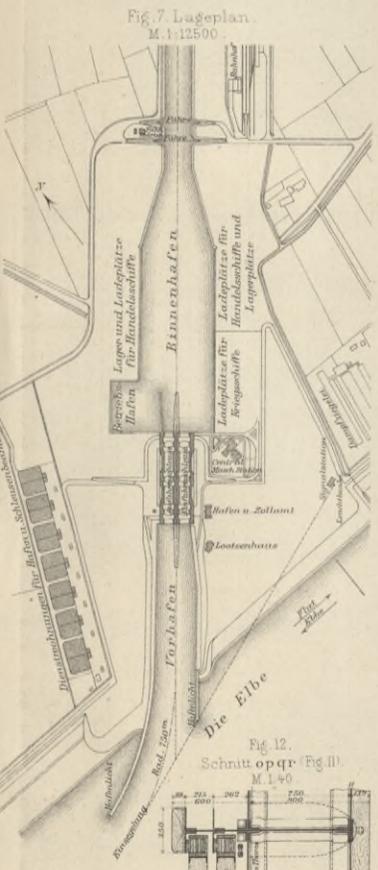
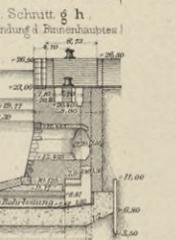
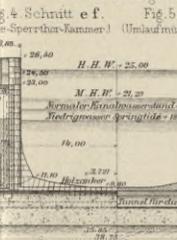
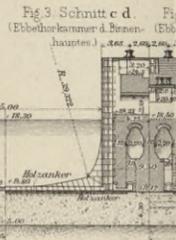
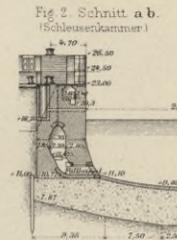
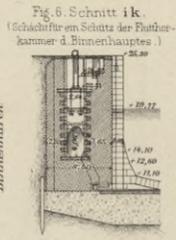
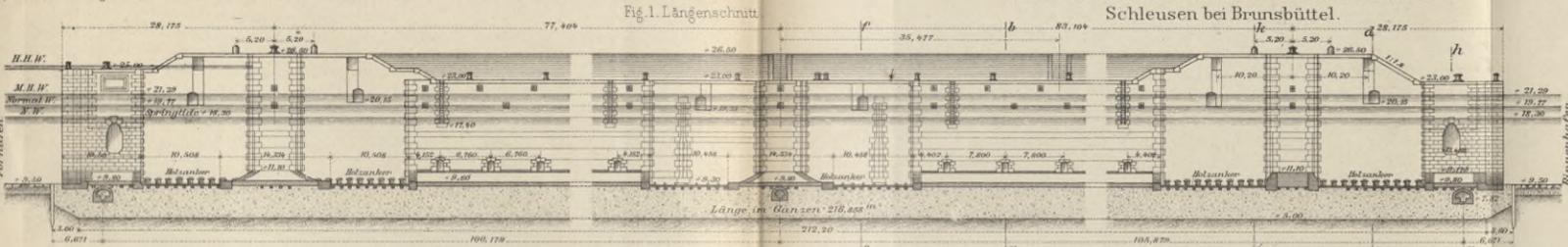


BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals. Schleusen bei Brunsbüttel.









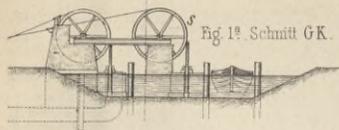
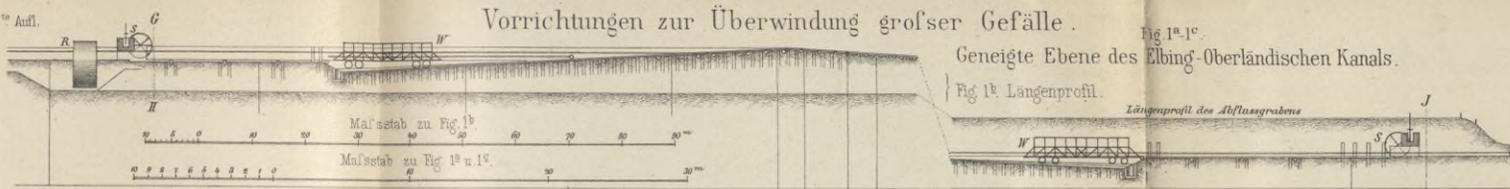


Fig. 1<sup>a</sup> Schnitt GK.



Geneigte Ebene des Elbing-Oberländischen Kanals.

Fig. 1<sup>b</sup> Längenprofil.

Längenprofil des Abflussgrabens

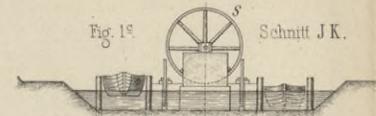


Fig. 1<sup>c</sup> Schnitt JK.

Fig. 2<sup>a</sup> Ansicht vom Unterwasser aus.

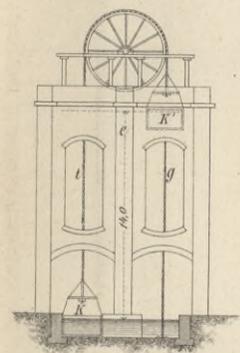


Fig. 2<sup>b</sup> Grundriss

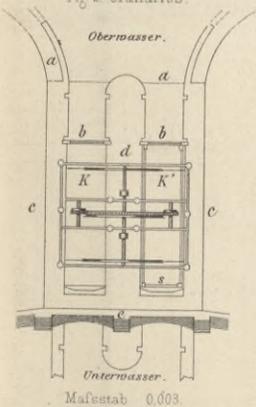


Fig. 2<sup>a</sup> u. 2<sup>b</sup>.

Schleuse mit beweglichen Kammern des Grand Western Kanals.

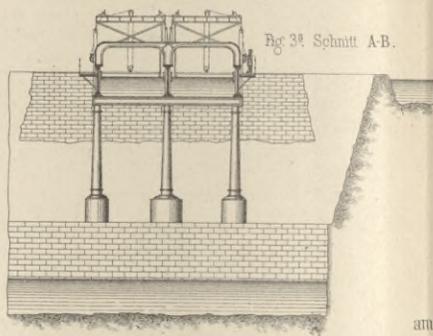


Fig. 3<sup>a</sup> Schnitt A-B.

Fig. 3<sup>a</sup> Anschluss der Schleusenammer an den Aquadukt.

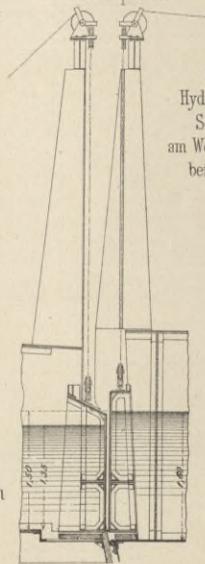


Fig. 3<sup>b</sup> Regulierungs-Heber.

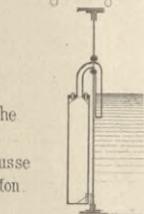


Fig. 3<sup>c</sup> f Hydrauliche Schleuse am Weaverflusse bei Anderton.

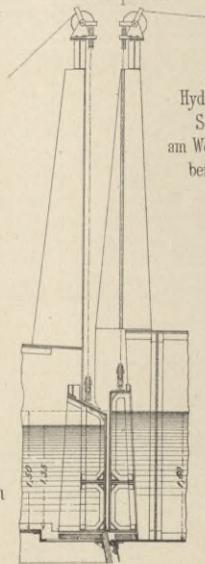
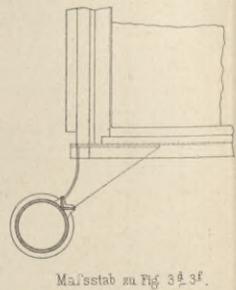


Fig. 3<sup>f</sup> Führung der Schleusenammern.



Maßstab zu Fig. 3<sup>b</sup> 3<sup>c</sup> f.

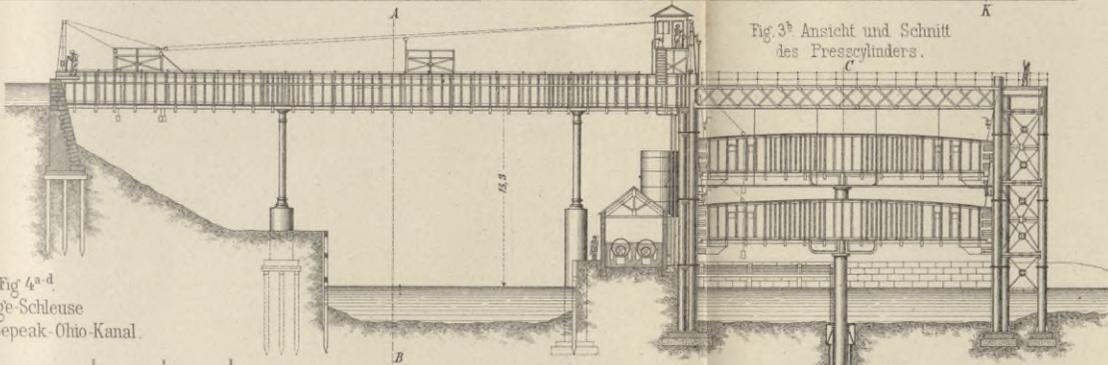


Fig. 3<sup>b</sup> Ansicht und Schnitt des Presszylinders.

Fig. 4<sup>a</sup> d Dodge-Schleuse am Cheasepeak-Ohio-Kanal.

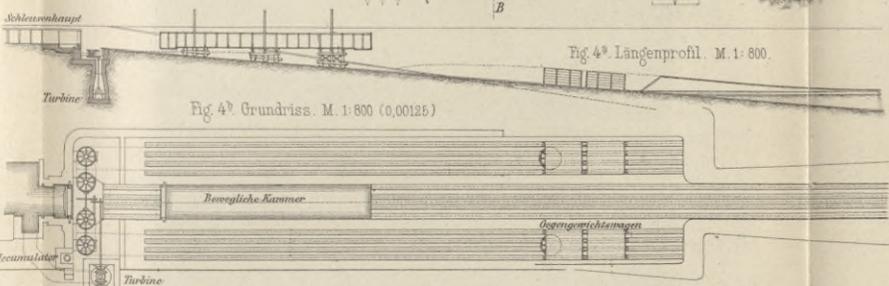


Fig. 4<sup>b</sup> Grundriss. M. 1:800 (0,00125)

Fig. 4<sup>c</sup> Längenprofil. M. 1:800.

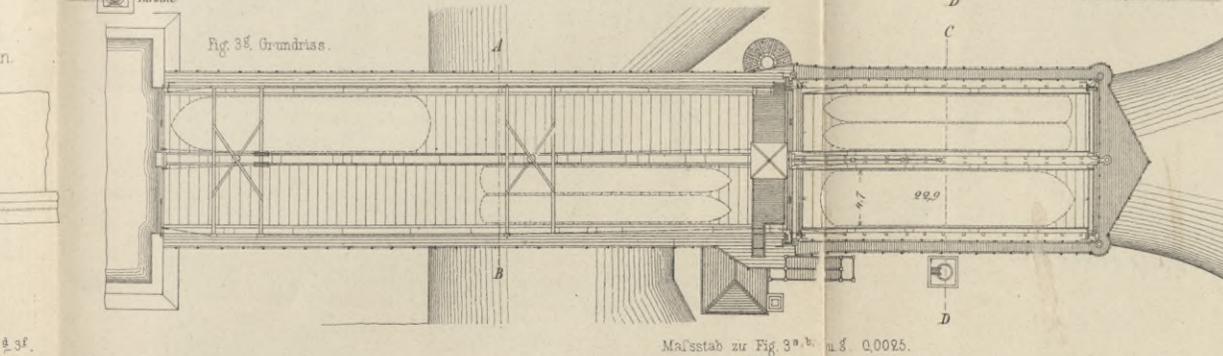


Fig. 4<sup>e</sup> Grundriss.

Maßstab zu Fig. 3<sup>a</sup> b. u. s. 0,0025.

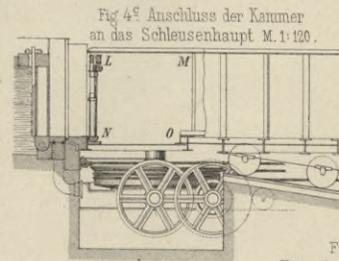


Fig. 4<sup>f</sup> Anschluss der Kammer an das Schleusenaupt M. 1:120.

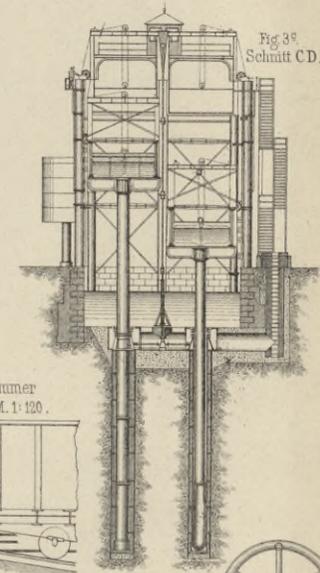
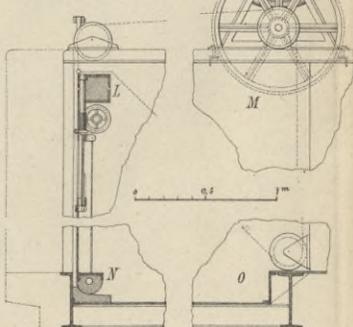
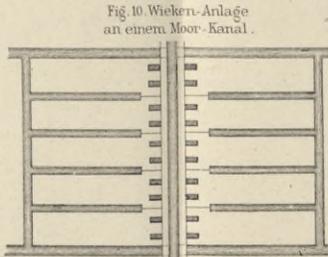
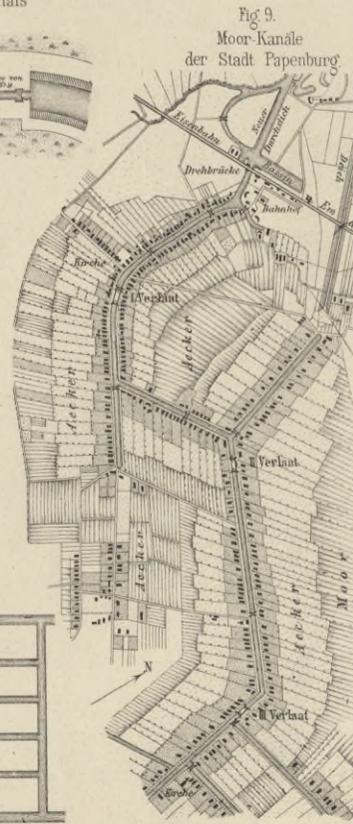
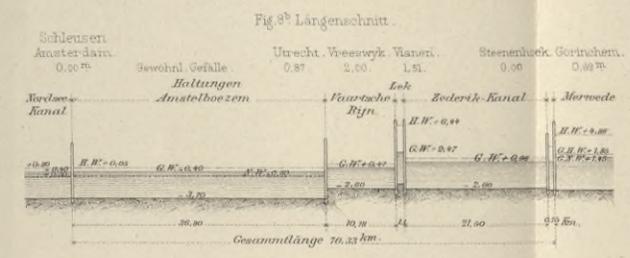
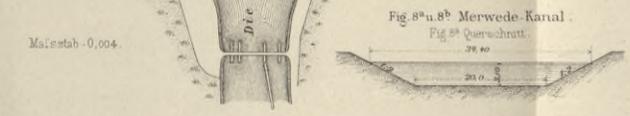
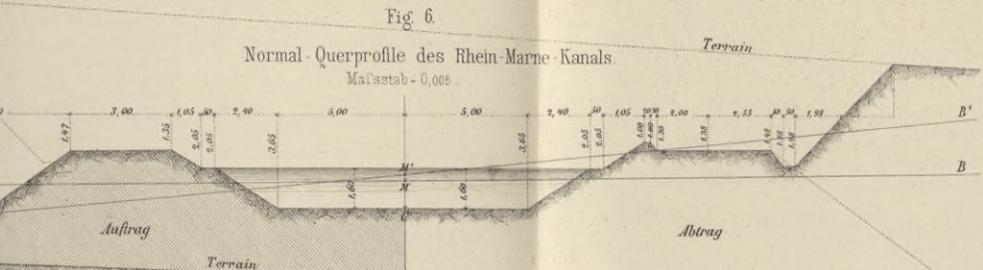
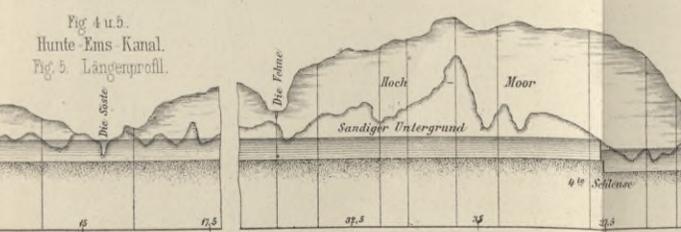
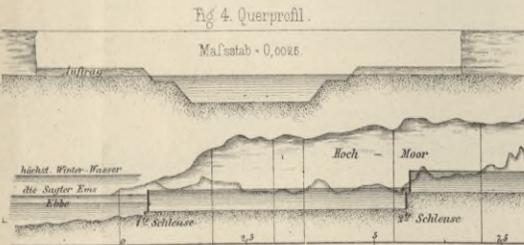
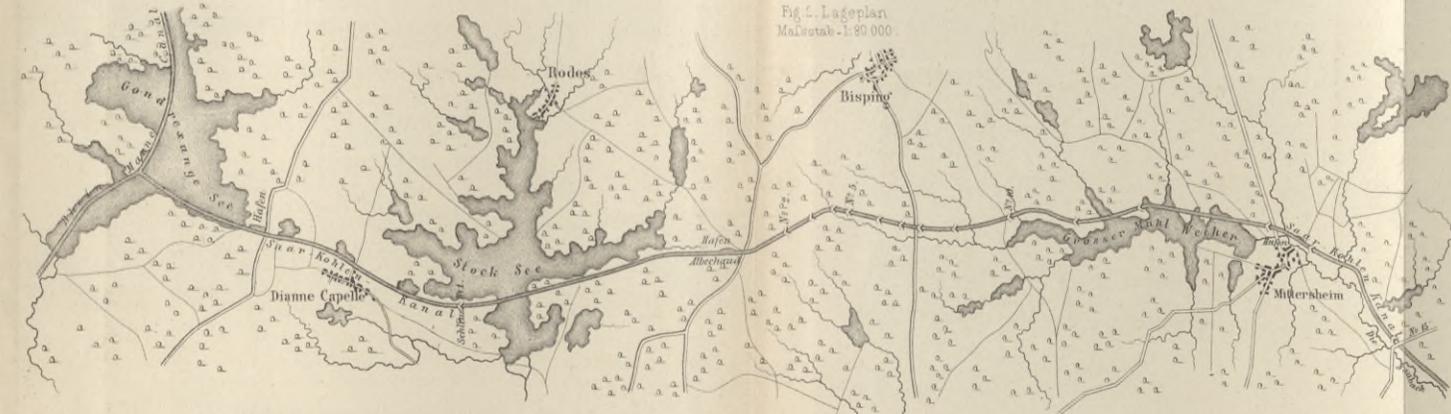
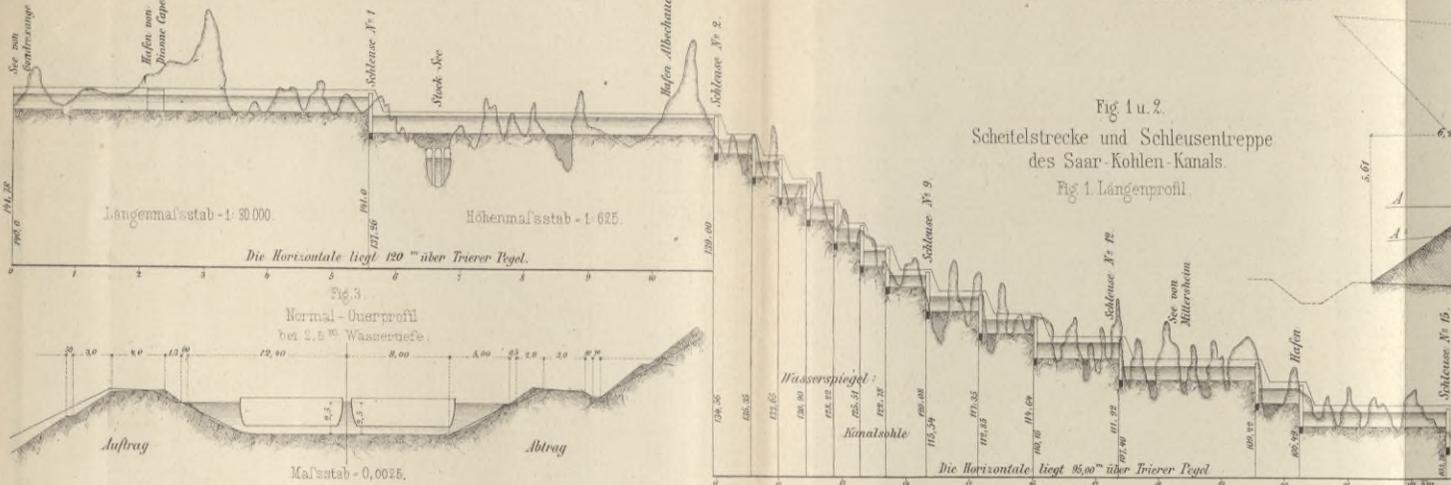


Fig. 3<sup>e</sup> Schnitt CD.

Fig. 4<sup>d</sup> Einzelheiten. M. 1:36.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

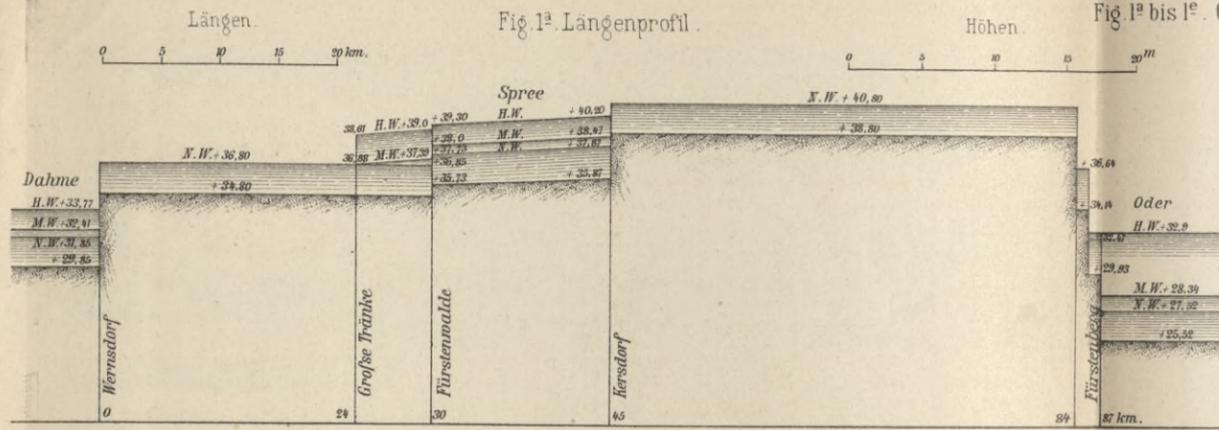


Fig. 1<sup>a</sup> bis 1<sup>c</sup>. Oder-Spree-Kanal.

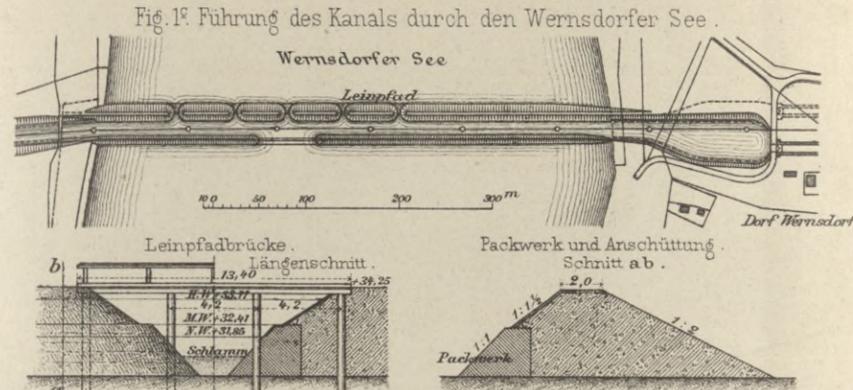


Fig. 1<sup>d</sup> Querschnitt der gegrabenen Strecke.

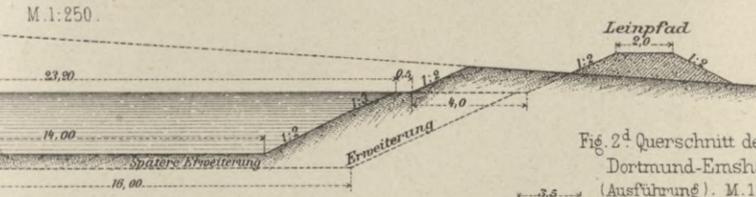


Fig. 2<sup>a</sup> bis 2<sup>c</sup>. Kanal-Dortmund-Emshäfen.

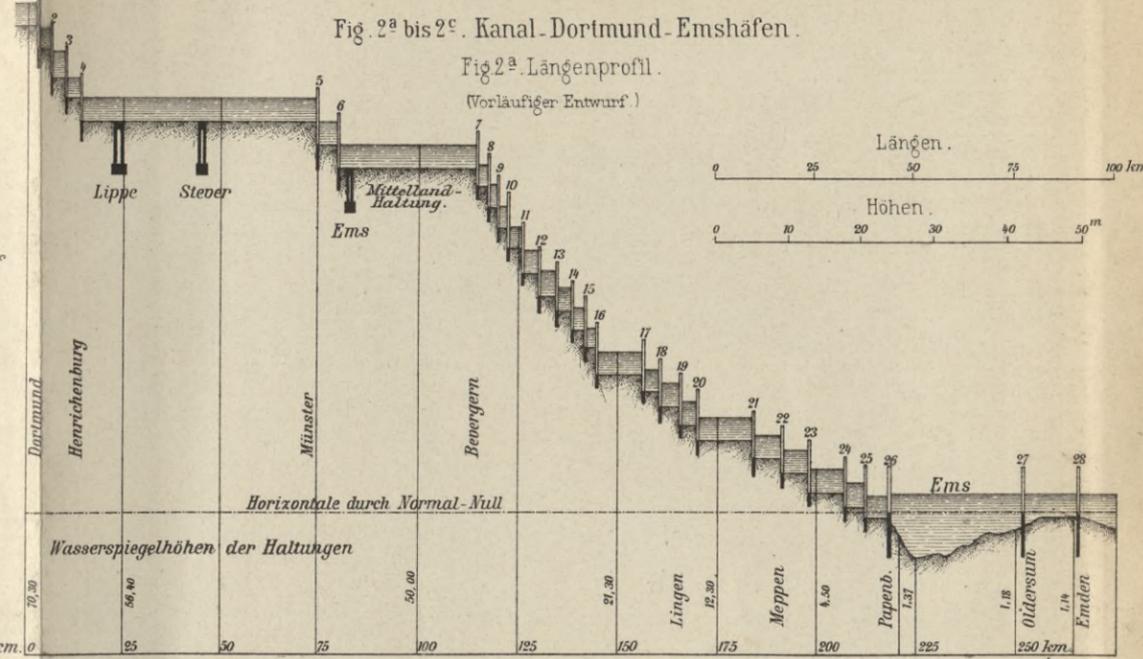


Fig. 2<sup>d</sup> Querschnitt des Kanals Dortmund-Emshäfen.

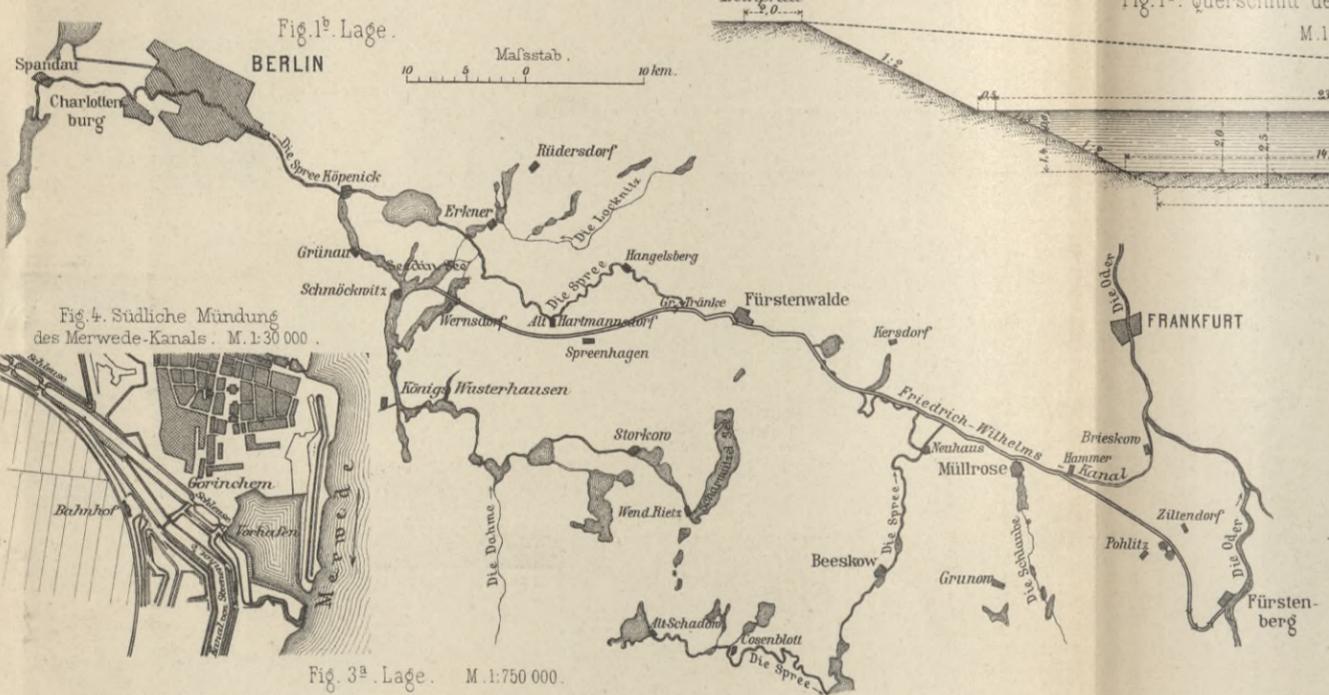
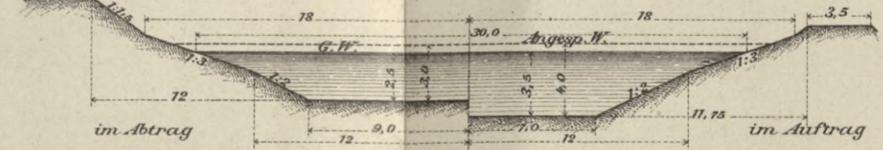


Fig. 1<sup>e</sup> Einmündung des Kanals in den Seddin See.

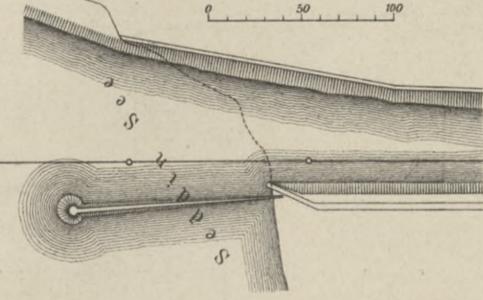


Fig. 3<sup>a</sup> bis 3<sup>c</sup>. Ems-Jade-Kanal.

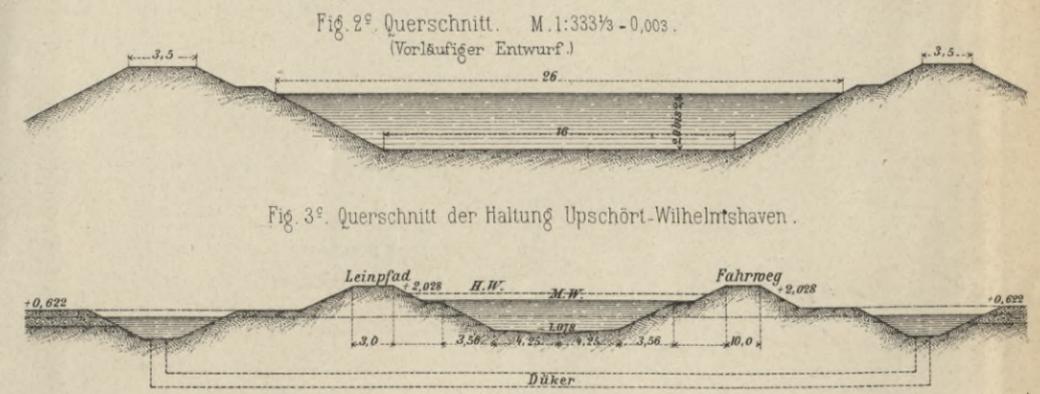
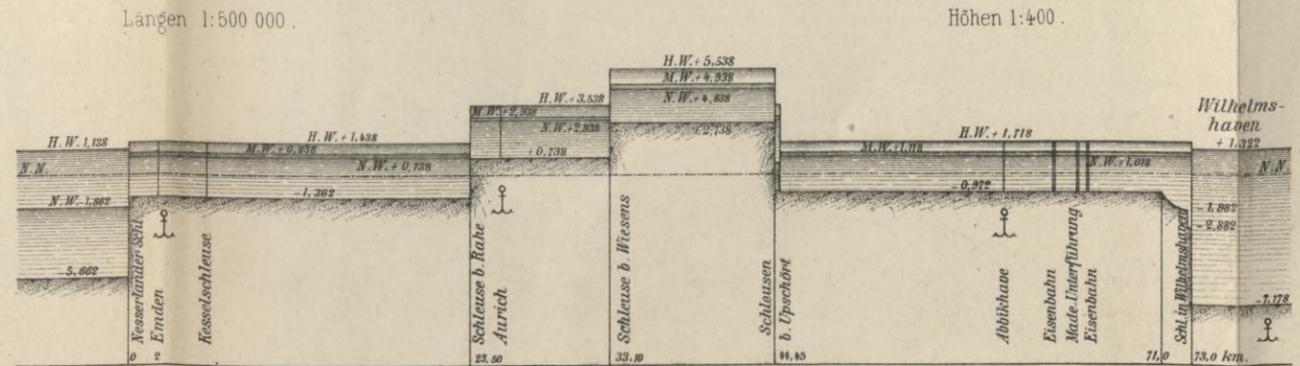




Fig. 1<sup>a-c</sup> Speisung des Rhein-Marne-Kanals aus dem Reservoir von Paroy.  
Einführungs- und Ablass-Schleuse. M. 0,004.

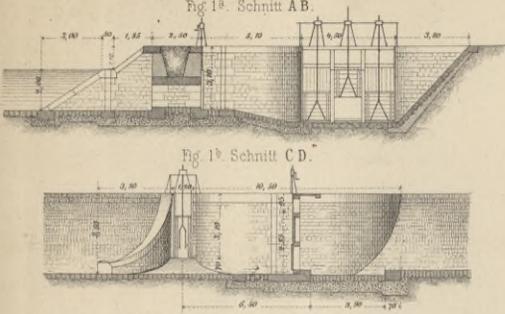


Fig. 2<sup>a-d</sup> Ablasswehr und Schleuse.  
(Reservoir von Cundersingen) M. 0,006.  
Fig. 2<sup>a</sup> Längenschnitt.

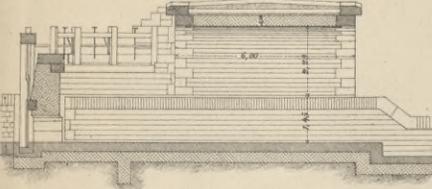
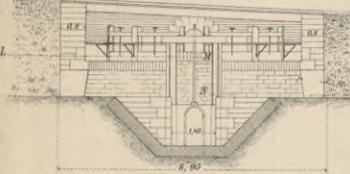


Fig. 2<sup>b</sup> Ansicht.



Grundrisse.

Fig. 2<sup>c</sup> Schnitt L.M.

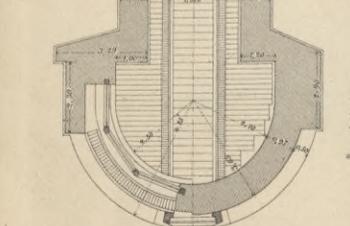


Fig. 2<sup>d</sup> Schnitt N.O.

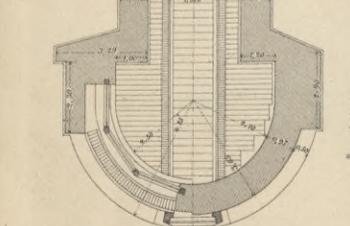


Fig. 1<sup>c</sup> Lageplan. M. 0,0005.

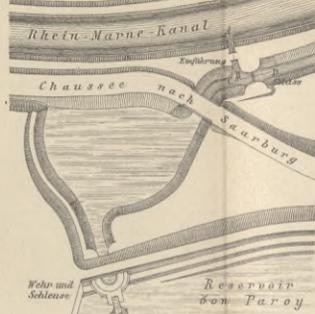


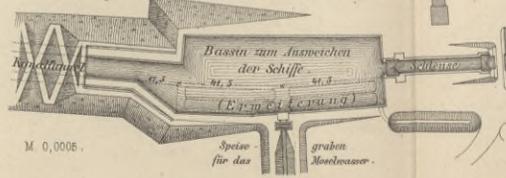
Fig. 3. Speiseanlagen für den Rhein-Marne-Kanal und den Kanal de l'Est.



Fig. 4 Speisegraben von Sorcy

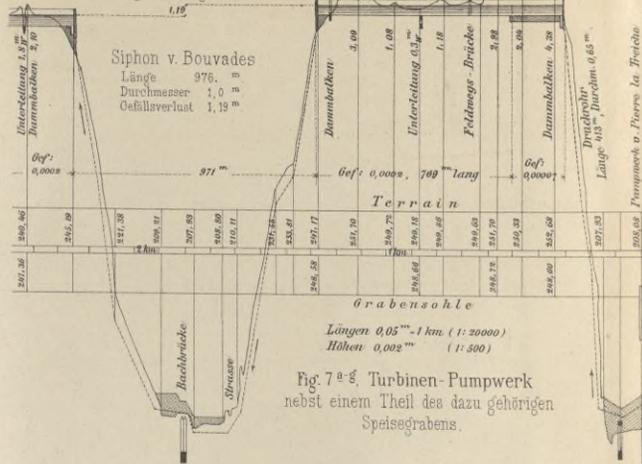


Fig. 5. Bassin vor dem Kanaltunnel von Foug



Schiffahrtskanäle.

Fig. 7<sup>a</sup> Längensprofil.



Siphon v. Bouvades  
Länge 976.  
Durchmesser 1,0 m.  
Gefälleverlust 1,19 m.

Grabensohle  
Längen 0,05<sup>m</sup> - 1 km (1:20000)  
Höhe 0,005<sup>m</sup> (1:300)

Fig. 7<sup>e-f</sup> Turbinen-Pumpwerk  
nebst einem Teil des dazu gehörigen  
Speisegrabens.

Fig. 7<sup>b</sup> Lageplan. M. 0,06<sup>m</sup> = 1 km.

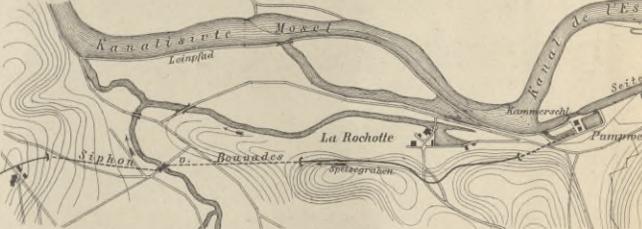


Fig. 6. Kanalhafen  
bei Zabern.



Maasstab = 0,00015.

Fig. 7<sup>c</sup> Lageplan des Pumpwerks.

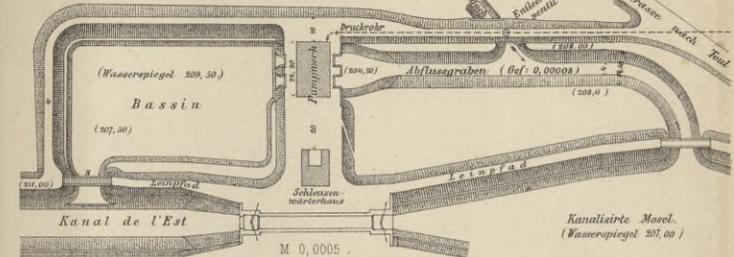


Fig. 8<sup>a-b</sup> Durchlass mit Entleerungsschleuse. M. 0,005.  
Fig. 8<sup>a</sup> Schnitt G.H.

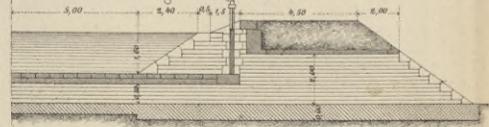


Fig. 7<sup>d</sup> Querprofil E.F.  
(s. Fig. 7<sup>c</sup>.)



Fig. 9<sup>a</sup> Schnitt J.K. M. 0,006.



Fig. 7<sup>g</sup>: Anschluss  
des Druckrohrs  
an den  
Speisegraben.

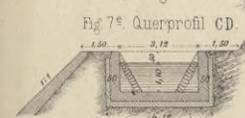
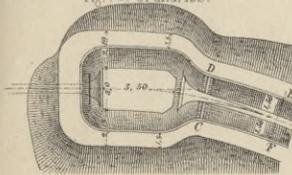


Fig. 7<sup>f</sup> Längensprofil.

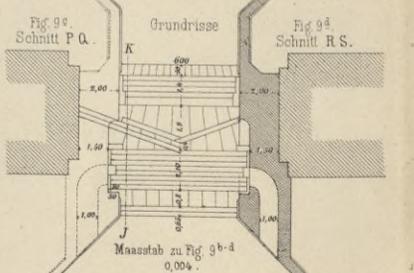


Fig. 7<sup>h</sup> Grundriss.



M. zu Fig. 7<sup>e</sup> u. 7<sup>f</sup> 0,0025.

Fig. 9<sup>a-d</sup> Sicherheitsthor. (Rhein-Marne Kanal)



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



307

S. 61







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306544

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298717