

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 2619
L. inv.

Franzius

Der Wasserbau



AA 9

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297360

Handbuch der Baukunde.

Eine
systematische und vollständige Zusammenstellung
der
**Resultate der Bauwissenschaften mit den zugehörigen
Hilfswissenschaften.**

Veranstaltet
von
den Herausgebern der Deutschen Bauzeitung und des
Deutschen Baukalenders.

Abtheilung III.:
Baukunde des Ingenieurs.

2. Heft.
Der Wasserbau.

BERLIN,
Kommissions-Verlag von Ernst Toeche.

INŻ. I. STELLA-SAWICKI

Der Wasserbau.

Bearbeitet

von

L. Franzius

Ober-Baudirektor in Bremen.

Mit einem Anhang, betr.: Wildbach-Vorbaungen und Regulirungen von Gebirgsflüssen, sowie Ent- und Bewässerung von Ländereien;

bearbeitet von

W. Frauenholz

vorm. Professor an der technischen Hochschule in München.

Mit 656 Abbildungen im Text.

Stella-Sawicki

BERLIN,

Kommissions-Verlag von Ernst Toeche.

1890.



11-348556

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~11 2649~~

Akc. Nr.

~~1731/49~~

3PK-B-282/2017

Inhalts-Verzeichniss.

A. Allgemeines, insbesondere zur Physik des Meeres.	Seiten.
Seite 1—16.	
a. Meeres-Fläche und -Tiefe	1—3
b. Eigenschaften des Seewassers	3—5
α . Salzgehalt. — β . Temperatur. — γ . Schlickgehalt. — δ . Wirkungen des Seewassers auf Baumaterialien.	
c. Meeresströmungen	5—6
d. Wellen	6—10
e. Ebbe und Fluth	10—14
f. Wirkung des Windes auf die Höhe des Wasserspiegels	14—16
B. Einige Sonder-Arbeiten des Wasserbaues.	
Seite 16—48.	
I. Baggerarbeiten und Baggergeräte.	
Seite 16—35.	
a. Stielbagger; Löffelbagger	16—17
b. Schaufelbagger	17—23
c. Eimerketten-Bagger	23—30
d. Pumpenbagger	30—32
e. Fortschaffung des Baggergutes	32—35
II. Kratzen.	
Seite 35—36.	
III. Sprengungen.	
Seite 36—38.	
IV. Tauchen.	
Seite 38—47.	
a. Taucherglocke und Taucherschächte	39—44
b. Geräte usw. für Einzeltauchen	44—47
c. Einiges über Schiffshebungen	47—48

C. Uferbau.

Seite 48—79.

I. Allgemeines.

Seite 48—50.

II. Bauliche Ausführung.

Seite 50—78.

a. Böschungen	50—54
b. Bollwerke aus Stein und Eisen	54—63
c. Ufermauern	63—78
α. Allgemeines. — β. Konstruktions-Typen.	

D. Wehr- und Schleusenbau.

Seite 79—127.

I. Wehre.

Seite 79—98.

a. Zweck, Wirkung und Eintheilung	79—80
b. Allgemeine Beziehungen	80
c. Wirkung der Wehre	81—82
d. Uebersichtliche Eintheilung und Benennung	82—83
e. Besondere Anordnung und Konstruktion	83—98
α. Feste Wehre. — β. Bewegliche Wehre.	

II. Schleusen.

Seite 98—127.

a. Allgemeines	98—101
b. Bauart der Schleusen	101—122
c. Ungewöhnliche Verschluss-Vorrichtungen von Schiffsschleusen	122—127
d. Einrichtung zur Wasserersparniss bei Schleusen	127

E. Deich- und Sielbau.

Seite 128—147

I. Allgemeines.

Seite 128—129.

II. Vortheile und Nachtheile der Deichanlagen.

Seite 129—131.

III. Allgemeine Regeln und Rücksichten bei Anlegung neuer Deiche.

Seite 131.

IV. Besondere Regeln für die Herstellung der einzelnen Theile und ihrer Abmessungen.

Seite 131—133.

V. Deich-Aufsicht und Unterhaltung.

Seite 133—134.

VI. Deich-Gefahr, -Vertheidigung, -Bruch und Schliessung von Deichbrüchen.

Seite 134—137.

VII. Deichsiele oder Deichschleusen.

Seite 138—147.

a. Allgemeine Anordnung der Deiche	138—139
b. Lage der Siele	139—140
c. Hauptmaasse der Siele	140—147

F. Kanalbau.

Seite 147—156.

I. Allgemeines über Transport auf Kanälen.

Seite 147—148.

II. Linie und Längenprofil.

Seite 148—150.

III. Bauliche Einrichtung.

Seite 150—155.

IV. Wasserbedarf, Speisung und Entlastung.

Seite 156.

G. Flussbau.

Seite 157—201.

I. Allgemeine Eigenschaften der Flüsse, Bezeichnungen usw.

Seite 157—163.

II. Besondere Eigenschaften der obern, mittlern und untern**Flussstrecken.**

Seite 163—175.

a. Der Oberlauf	163—164
b. Der mittlere Lauf	164—166
c. Die Mündungsgebiete der Flüsse	166—175

III. Wirtschaftliche Bedeutung der Flüsse; Aufgaben der**Flussbau-Verwaltung.**

Seite 175—181.

IV. Flussregulierungs-Arbeiten.

Seite 181—201.

a. Regulirung der obersten Strecke	181
b. Regulirung der mittleren Strecken	181—190
α. Parallelwerke und Bahnen. — β. Grundswellen. — γ. Sperrdämme oder Kupirungen und Durchstiche. — δ. Kanalisirung der Flüsse.	
c. Regulirung der Mündungsgebiete	190—196

V. Ausführung, Unterhaltung, Konstruktion, Material und**Kosten.**

Seite 196—201.

H. Häfen.

Seite 201—284.

I. Allgemeines insbesondere über Anordnung der Häfen.

Seite 201—203.

II. Flusshäfen.

Seite 203—209.

III. Seehäfen.

Seite 209—233.

a. Einfahrten	209—222
b. Die Vorhäfen	222
c. Hafengebaken	223—225
d. Hafendämme	225—231
e. Erhaltung der Tiefe in Häfen	231—233

IV. Zubehör und Ausstattung der Häfen.

Seite 233—284.

a. Schiff-Bau- und -Reparatur-Anstalten	233—248
b. Kais- und Kai-Ausstattung	248—252
c. Einrichtungen zum Festlegen der Schiffe	252—255
d. Anlande-Vorrichtungen	255—263
e. Vorrichtungen zum Ent- und Beladen der Schiffe	263—284
α. Krähne. — β. Aufzüge. — γ. Elevatoren. — δ. Kohlensturz- Vorrichtungen.	

J. Schifffahrts-Betrieb.

Seite 284—320.

I. Binnenschifffahrt.

Seite 284—300.

a. Allgemeines	284—286
b. Fahrzeuge der Binnenschifffahrt	286—290
α. Flösse. — β. Lastfahrzeuge. — γ. Güter- und Personen- dampfer. — δ. Schleppdampfer.	
c. Tragfähigkeit der Fahrzeuge	290—293
d. Schiffswiderstand	293—294
e. Fortbewegung der Binnenschifffahrts-Fahrzeuge	294—299
f. Kosten der Binnenschifffahrt	299—300

II. Seeschifffahrt.

Seite 300—313.

a. Geschichtliche Entwicklung	300—301
b. Ladefähigkeit, Form, Tiefgang, Stabilität und Bewegung der Seeschiffe	301—303
c. Segelschiffe und Holzschiffe: Arten, Konstruktion, Ausrüstung	303—306
d. Das Eisenschiff	306—309
e. Vermessung der Seeschiffe	309—310
f. Grundbegriffe des Seeschifffahrts-Betriebes	310—313

III. Schifffahrts-Zeichen.

a. Regeln für die Stellung und Form der sichtbaren Zeichen	313—320
b. Hörbare Seezeichen	320

K. Wildbach-Vorbauungen und Regulierungen von Gebirgsflüssen.

Seite 321—338.

I. Wildbach-Vorbauungen.

Seite 321—331.

a. Allgemeines	321—322
b. Thalsperren	322—326
c. Wildbach-Schalen	326—328
d. Ablagerungs-Plätze	328
e. Flechtwerke	329—331
f. Ableitungs-Gerinne	331

II. Regulierung der Gebirgsflüsse.

Seite 332—338.

a. Allgemeines	332—333
b. Bauliche Ausführung	333—338

L. Ent- und Bewässerung von Ländereien.

Seite 338—376.

I. Entwässerung von Ländereien.

Seite 338—357.

a. Allgemeines	338—339
b. Vorarbeiten zur Plan-Verfassung	339—342
c. Senkung des Wasserspiegels	342—346
d. Die Abhaltung des fremden Wassers	346—347
e. Anlage offener Gräben	347—349
f. Anlage gedeckter Kanäle	349—355
g. Erhöhung des Geländes	355—357

II. Bewässerung von Ländereien.

Seite 357—376.

a. Zweck und Nutzen der Bewässerungen	357—359
b. Die Bodenverhältnisse	359
c. Güte des Wassers	359—360
d. Wassermenge	360—361
e. Wasserverluste	361
f. Entnahme, Zu- und Ableitung des Wassers	361—368
g. Preis des Wassers	368
h. Zeit der Bewässerungen	368—369
i. Vorarbeiten zur Planverfassung	369
k. Die verschiedenen Bewässerungs-Systeme	369—376
a. Die Einstauung. — β . Die Ueberstauung. — γ . Die Berieselung. — δ . Die Drain-Bewässerung.	
l. Kosten verschiedener Bewässerungs-Anlagen	376

K. Wübbach Vorlesungen und Redaktionen von
Gottlob Frege

1. Wübbach-Vorlesungen
Seite 22 - 23

II. Redaktionen der Gottlob Frege

1. Folie zur Darstellung von Frege

2. Redaktionen von Frege

III. Redaktionen von Frege

A. Allgemeines, insbesondere zur Physik des Meeres.

Litteratur.

Die gesammten Naturwissenschaften. 1. Bd. 3. Aufl. Essen 1877. — Unser Wissen von der Erde. Allgem. Erdkunde, 1. Bd. Prag und Leipzig 1886. — Petermann. Geographische Mittheilungen. Gotha. — Hansa. Zeitschr. f. Seewesen. Hamburg. — Nachrichten für Seefahrer. Mittheilungen des hydrograph. Büreaus der kaiserl. deutschen Admiralität. — Annalen der Hydrographie. Desgl. — Gezeiten-Tafeln. Desgl. — E. H. u. W. Weber. Wellenlehre. Leipzig 1823. — Emy. Bewegung der Wellen; aus dem Französischen von Wiesenfeld. Wien 1839. — Gerstner. Theorie der Wellen in Gilbert's Annalen, Bd. 32. — Hagen. Seeufer- u. Hafenanbau. 2. Aufl. Berlin 1878/80. — Derselbe. Ueber Wellen auf Gewässern von gleichmässiger Tiefe. Berlin 1862. — Whewell. *On the tides etc. Philosoph. Transactions* von 1833—1850. — Airy. Desgl. von 1831—1838. — Lubbock. Desgl. von 1843—1851. — H. Lentz. Fluth und Ebbe des Meeres. Hamburg 1879. — Derselbe. Desgl. und die Wirkungen des Windes auf den Meeresspiegel. Hamburg 1879. — Auerbach. Theoretische Hydrodynamik. Braunschweig 1881. — Löhmann. Die Fluthwelle der Tideströme in der Zeitschr. des Archit. u. Ingen.-Ver. zu Hannover 1880. — Handbuch der Ing.-Wissenschaften, Band III. Der Wasserbau. Leipzig 1884.

a. Meeres-Fläche und -Tiefen.

Das Meer bedeckt zur Zeit von der 505 950 714 qkm grossen Erdoberfläche 373 230 000 qkm, also etwa Dreiviertel, wovon rund bezw. 76, 158, 73 Millionen qkm auf Atlantischen, Stillen und Indischen Ozean und nur 547 623 bezw. 415 480 qkm auf Nord- und Ostsee kommen.

Die grössten, bis jetzt gemessenen Tiefen sind:

Im Atlant. Ozean	3875 Faden	oder	7086 m
„ Stillen „	4655 „	„	8513 „
„ Indischen „	3020 „	„	5523 „

Als mittlere Tiefen sind berechnet:

Für den Atlant. Ozean	2013 Faden	oder	3681 m
„ „ Stillen „	2126 „	„	3887 „
„ „ Indischen „	1829 „	„	3344 „
„ die Nordsee	48 „	„	89 „
„ „ Ostsee	36 „	„	67 „
„ das ganze Weltmeer	1880 „	„	3438 „

wogegen die mittlere Höhe der Kontinente über dem Meeresspiegel nur 240 Faden oder 440 m beträgt.

Die Tiefenmessungen werden an den flachen Küsten mit Hilfe eines aus freier Hand geworfenen Lothes (Bleigewicht) von etwa 5 kg und einer durch Knoten und farbige Lappen eingetheilten dünnen Leine ausgeführt. Um dabei auch Kenntniss von der Bodenart des Meeresgrundes zu erhalten, was u. a. in der praktischen Nautik für die Ortsbestimmung Wichtigkeit hat, ist das Lothstück an seiner Unterfläche mit einer Vertiefung versehen, welche mit Talg ausgefüllt wird; hieran haften die kleinsten Spuren des Bodens.

Bei grossen Tiefen genügt ein kleines Gewicht zum Hinabsinken nicht; ausserdem muss das Auftreffen des Gewichts auf den Grund deutlicher gemacht werden, als es bei einem kleinen festen Gewichte möglich ist. Diesen Zwecken dient das nach Fig. 1 gestaltete Tiefloth von Brooke, bei welchem nach dem Aufstossen des, unten mit einer Talggrube versehenen Stabes die etwa 30 kg schwere Kugel abfällt. Um das Aufholen zu erleichtern und zu sichern, wird die Kugel preisgegeben. Da das Sinken in grossen Tiefen äusserst langsam erfolgt, und zwar mit wachsender Tiefe sich verlangsamt (nach Maury

werden zum Sinken von 400 auf 500 Faden 2 Min. 21 Sek., von 1800 auf 1900 Faden 4 Min. 29 Sek. erfordert), so wird die Sinkungsdauer, insbesondere das Aufstossen des Loths mit der Sekunden-Uhr kontrollirt und bei plötzlicher starker Abnahme der Geschwindigkeit das Erreichen des Grundes angenommen. Zur Lothschnur dienen anstatt Leinen Klaviersaiten usw.

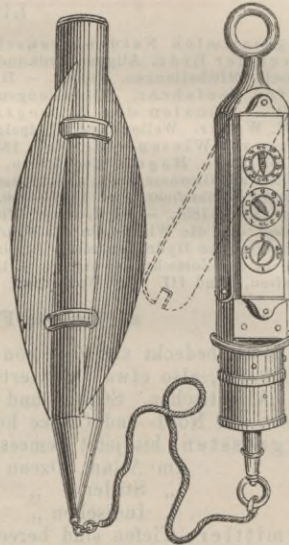
Ausser verschiedenen andern, insbesondere leichter als eine Kugel sinkenden Loth-Formen hat man auch das Patentloth, Fig. 2, zu Tiefenmessungen benutzt; mittels des Zählapparats giebt dasselbe die Tiefen unmittelbar an.

Für das Heraufholen von Bodenproben aus grossen Tiefen sind sehr verwickelte Vorrichtungen, Gänsekiele, Zangen erforderlich.

Fig. 1.



Fig. 2.



Die für die Hafen-Einfahrten und die Fahrt längs der Küste besonders wichtigen Tiefenmessungen werden in Karten und in die sogen. Segel-Anweisungen eingetragen. Die Linien, in denen „gepeilt“ wird, werden in der Regel mit Hülfe von Sextanten fest gelegt. Die Karten sind entweder Generalkarten in 1:1000000, oder Spezialkarten, in 1:300000 bis 1:50000 entworfen. Alle Seekarten sind rechtweisend geordnet und nach Mercator's Projektion gezeichnet; Längen und Breiten sind am Rande nach Graden und Minuten angegeben, wobei 1 Minute eines Meridians = 1 Seemeile ist. — Die wirkliche Entfernung zweier Punkte auf einem „Breiteparallel“ wird gefunden, indem die halbe Entfernung derselben aus der Karte von jenem Parallel nach oben und unten auf dem Meridian-Rande abgesetzt wird. Der Breitenunterschied der abgesetzten Punkte giebt die richtige Entfernung in Seemeilen an. Hiernach ist auch die Entfernung zweier beliebig zu einander liegenden Punkte zu bestimmen.

In Folge von Hebungen und Senkungen verschiedener Theile der Erdoberfläche, durch Ablagerung an den Flussmündungen, durch Abbruch oder Anlandung der Küsten, durch Meeresströmungen, wird die Oberflächen-Begrenzung der Erde fortwährend geändert¹⁾. Nach Schmick²⁾ werden jedoch Aenderungen, die aus diesen Ursachen hervor gegangen, weit übertroffen durch die säkuläre Schwankung des Meeresspiegels in Folge periodischer Verschiebungen, welche die Erdbahn erleidet. Doch wird von andern Forschern (z. B. dem Geologen E. Suess in dessen Buch: „Das Antlitz der Erde“) die Annahme säkularer Schwankungen der Meereshöhen zurück gewiesen.

¹⁾ Vergl. hierzu Karl Ritter. Erdkunde. — Ch. Lyell. Grundzüge der Geologie. — G. Bischoff. Die Gestalt der Erde und der Meeresboden. — O. Peschel. Erdkunde und Neuere Probleme der vergleichenden Erdkunde. — Dr. Hnhn. Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten.

²⁾ Schmick. Umsetzungen der Meere und die Eiszeiten der Halbkugeln der Erde sowie verschiedene spätere Schriften desselben Verfassers.

Der Meeresspiegel bildet nicht einfach eine der Kugelform der Erde und ihrer Abplattung an den Polen entsprechende Oberfläche; d. h. er ist nicht nach einem Rotations-Ellipsoid geformt, sondern seine allgemeine Form wird besonders durch die Ungleichheiten, die in den Anziehungskräften der einzelnen Erdgebiete stattfinden, beeinflusst. Da nämlich die mittlere Tiefe des Meeres etwa 8 mal so gross als die mittlere Erhebung des Festlandes ist und der Unterschied der Dichtigkeit beider zu etwa 1,5 bis 2 angeschlagen werden kann, so müssen hinsichtlich der Anziehung grosse Verschiedenheiten bestehen, z. B. für Punkte im offenen tiefen Meere und vor hohen und steilen Küsten, und es muss die Oberfläche überall genau senkrecht zur Richtung der Schwerkraft sein. Es muss also der Meeresspiegel nach den Küsten hin ansteigen und zwar im allgemeinen entsprechend der Meerestiefe und der Höhe der Küsten. Diese von Gauss im Jahre 1828 bereits bewiesene Thatsache ist später von Andern¹⁾ im einzelnen weiter ausgeführt und für die verschiedenen Kontinente und Küsten berechnet worden²⁾. Auch nach den nivellitischen Arbeiten der Europ. Gradmessung³⁾ sind für die verschiedenen Punkte der europäischen Küsten Verschiedenheiten des Meeresspiegels gefunden worden; doch ist dabei zu beachten, dass für geringe Unterschiede die Genauigkeit ausgedehnter Nivellements immer etwas unsicher ist.

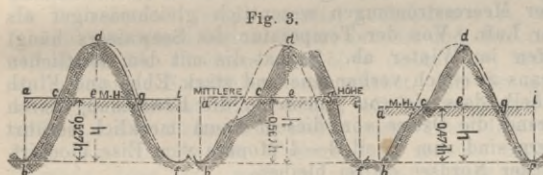


Fig. 3.

Bei fast ganz abgeschlossenen Meerestheilen wirken, ähnlich wie bei Binnenseen, Zufluss und Verdunstung auf die Spiegelhöhe ein und endlich kommt auch noch der Einfluss in Betracht, den die Temperatur - Unterschiede

für die verschiedenen Stellen der Erde auf die Form derselben ausüben⁴⁾.

Die mittlere Meereshöhe eines Ortes wird nach Fig. 3 durch Mittelung der Flächen der betr. Fluthkurve gefunden, d. h. Flächen $abc + gfi = cdge$. Aus den 3 Fluthkurven für Cuxhaven, Southampton und Ipswich geht hervor, dass die halbe Fluthhöhe, d. h. die Hälfte des Unterschiedes zwischen mittlerem Hoch- und Niedrigwasser, keineswegs die mittlere Meereshöhe bedeutet⁵⁾.

b. Eigenschaften des Seewassers.

a. Salzgehalt.

Seesalz werden alle diejenigen Stoffe genannt, welche im Seewasser chemisch aufgelöst sind. Unter ihnen nimmt das Chlornatrium oder Kochsalz die erste Stelle ein, indem es die Gewichtssumme der andern weitaus übersteigt. Von jenen sind zu nennen Chlorkalium, Chlormagnesium, schwefel- und kohlen-saure Magnesia, salz-, schwefel- und kohlen-saurer Kalk, Jod, Brom und zahlreiche Spuren andrer (zum Theil organischer) Stoffe.

Während im Meere im Durchschnitt etwa 3,43 (Gewichts-) Prozente Salz vorhanden sind, stellt sich dieser Antheil und damit auch das spezif. Gewicht des Seewassers in verschiedenen Meeren und zwar je nach der Grösse der Verdunstung, des Zufusses an süssem Wasser und sonstigen Einwirkungen verschieden heraus. So hat z. B. das Wasser:

¹⁾ Saigny. *Petite Physique du globe*. Paris 1842.

²⁾ Näheres hierzu vergl. in Fother. Untersuchungen über die Gestalt der Erde. Darmstadt 1868. — Ueber gewisse beträchtliche Unregelmässigkeiten des Meeresspiegels vergl. *Wochenschr. f. Astronomie, Meteorologie und Geographie* 1876.

³⁾ Vergl. Jahresberichte des Geodät. Instituts in Berlin.

⁴⁾ Vergl. hierzu: E. v. Drygalsky. Die Geoid-Deformationen der Eiszeit; *Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde* zu Berlin. Bd. 22, S. 3 u. 4, wo auch eine kurze Darstellung der Geschichte der Lehre von den Deformationen der Erdkugel, zusammen mit einer ausführlichen Angabe der bezügl. Litteratur sich findet.

⁵⁾ Ueber den Apparat von Reitz zur selbständigen Bestimmung der mittleren Meereshöhe (Mareograph) vergl. *Deutsche Bauzeitg.* 1878, S. 146.

des Atlantischen Ozeans	3,577 ‰ Salz	und	1,026	spezif. Gewicht
„ Stillen	3,473 „ „	„	1,026	„ „
„ Indischen	3,413 „ „	„	1,026	„ „
„ Mittelländ. Meeres	4,074 „ „	„	1,029	„ „
der Nordsee	3,187 „ „	„	1,026	„ „
„ Ostsee	1,709 „ „	„	1,008	„ „
des Rothen Meeres	4,500 „ „	„	1,028	„ „

Aber in diesen Meeren selbst sind nach den einzelnen Theilen und nach der Tiefe die Verschiedenheiten noch viel grösser. Z. B. nimmt in der Ostsee der Salzgehalt nach Osten hin bedeutend ab und schwankt in verschiedenen Theilen zwischen 1 ‰ und 3 ‰. Im Mittelländischen Meere nimmt derselbe nach der Tiefe bis auf 17 ‰ zu, usw.

Der Gefrierpunkt liegt bei Seewasser an $-2,3^{\circ}\text{C.}$, bei völliger Ruhe an $-3,7^{\circ}\text{C.}$, der Siedepunkt auf 104°C. Die grösste Dichte fällt nahe mit dem Gefrierpunkt zusammen. Die Verdunstung des Salzwassers beträgt nur 0,54 bis 0,56 ‰ von der Verdunstung des Süsswassers.

β. Temperatur.

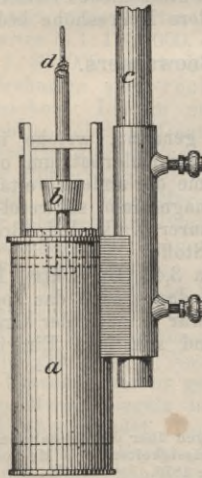
Dieselbe ist wegen der grössern spezif. Wärme des Wassers, im Vergleich zu der von festen Körpern, wegen des tiefen Eindringens der Sonnenstrahlen und der ausgleichenden Wirkung der Meeresströmungen wesentlich gleichmässiger als die des Festlandes und der Luft. Von der Temperatur des Seewassers hängt die Zugänglichkeit der Häfen im Winter ab. So hat die mit dem westlichen Theil des Atlantischen Ozeans zweifach verbundene und stark Ebbe und Fluth haltende Nordsee den Vortheil, dass sie von jenem her die Erwärmung durch den Golfstrom erhält, während die Ostsee von diesem kaum merklich berührt wird. Die Häfen der letztern sind zum Theil 3—4 Monate vom Eise blockirt, während die meisten Häfen der Nordsee eisfrei bleiben.

Mit der Tiefe nimmt die Temperatur des Wassers, dem Gesetz der Schwere entsprechend, ab. Während die Oberflächen-Temperatur in den tropischen Meeren $+32^{\circ}$ beträgt, sinkt die Temperatur in der Tiefe auf $\mp 0^{\circ}$ und zwar in Folge der Zuströmung kalten Wassers von den Polen her.

Fig. 4.



Fig. 5.



γ. Schlickgehalt.

Schlickgehalt des Seewassers ist nur an den Küsten und zwar namentlich in der Nähe von Flussmündungen von Bedeutung; der „Schlick“ besteht zum grössten Theile aus den durch die Flüsse vom Festlande herzu geführten Stoffen, und zwar zufolge einer in Bremerhaven angestellten (also nur für den dort fallenden Schlick geltenden) Analyse aus 46 Theilen Kieselsäure, 16 Th. Thonerde, 11 Th. kohlsaurem Kalk, 7 Th. Quarzsand und Glimmer, 5 Th. Eisenoxyd, 5 Th. Magnesia, 1 Th. Kali, 1 Th. Natron, Spuren von schwefel- und phosphorsaurem Kalk, Chlornatrium und aus etwa 7 ‰ organischen Stoffen. In diesen Stoffen sind auch die Reste der durch Vermischung des Süss- und Seewassers abgestorbenen Infusorien enthalten.

Der Schlickfall oder die Ablagerungsmenge des Schlicks schwankt an einzelnen Orten etwas nach den Zeiten und ist an den Küsten vorzugsweise von dem Vorhandensein einer Strömung abhängig. Geschützte Buchten, Flussmündungen usw. sind der Ablagerung besonders ausgesetzt.

Um den Schlick- oder auch Salzgehalt in beliebiger Tiefe des Meeres fest zu stellen, bedient man sich der in Fig. 4 und 5 dargestellten sogen. Hydro-

phoren. Dies sind Apparate, welche erst in bestimmter Tiefe, z. B. auch am Meeresgrunde, sich öffnen lassen und beim Aufsteigen selbstthätig wieder schliessen.

δ. Wirkungen des Seewassers auf Baumaterialien.

Auf das Verhalten der Baumaterialien im Seewasser haben sowohl die in demselben enthaltenen oben genannten Stoffe als auch die thierischen Organismen einen gewissen Einfluss.

Steine sind in Seewasser im allgemeinen ebenso dauerhaft wie auf dem Lande. Die den Stein angreifenden Muscheln haben geringe Bedeutung. Manche Mörtel sind dagegen im Seewasser nicht haltbar; und zwar sind dies namentlich diejenigen, welche sich ausdehnen, und auch solche, bei denen nachträglich eine Verbindung mit den Beimischungen des Wassers stattfindet. Besonders nachtheilig für die Mörtel sind Magnesiasalze und schwefelsaure Salze. Die grössere Wasserwärme erscheint günstig für die Erhärtung des Mörtels, wie ebenso der Antheil von Kochsalz. Die meisten rasch bindenden Zemente (unvollständig gebrannte) bewähren sich schlecht im Seewasser, desgl. die meisten Kalke; am besten hat sich langsam bindender Portland-Zement erwiesen.

Hölzer dauern im Seewasser im allgemeinen besser als im Süswasser aus und würden, wenn stets und ganz unter Wasser befindlich, beinahe unvergänglich sein, wenn nicht in fast allen Meeren der sogen. Bohrwurm (richtiger die Bohrmuschel, *teredo navalis*) vorhanden wäre, welcher das Holz von aussen (als mikroskopisch kleines Thier) anbohrt und, sich in demselben weiter arbeitend, allmählich bis zu einem etwa 50^{cm} (selbst 1^m) langen und 0,5—2,00^{cm} dicken wurmförmigen Schalthier heran wächst. Bei der grossen Häufigkeit des Bohrwurms wird selbst starkes Holz oft in der Zeit von nur 1/2 Jahre vollständig zerstört. Der Bohrwurm bleibt stets unter dem niedrigsten Fluthstande und über dem Grunde des Wassers; am meisten sagt ihm die im Fluthwechsel liegende Zone zu, weil er stetigen Zufluss von frischem Wasser bedarf. Als wirksames Schutzmittel dient Tränkung des Holzes mit Kreosot, sowie Benagelung mit breitköpfigen Nägeln (letzteres vorzugsweise in Frankreich üblich). Man will neuerdings gefunden haben, dass das (süd-)amerikanische Greenheart (Grünholz) nicht leicht von dem Bohrwurm angegriffen wird, wenigstens nicht dessen Kern¹⁾. Wo, wie im östlichen Theile der Ostsee, das Wasser wenig Salz, aber viel Schlick enthält, wie das auch in den meisten Flussmündungen der Nordsee stattfindet, kommt der Bohrwurm kaum vor.

Eisen wird je nach seiner Beschaffenheit von Seewasser angegriffen; doch sind die betr. Erfahrungen noch sehr ungenügend. Man hat z. B. altes Gusseisen von sehr geringer Härte (wie Graphit) gefunden, andererseits aber auch ein günstiges Verhalten ermittelt. Verzinken des Schmiede Eisens schützt; doch scheint das Eisen dabei spröder zu werden. Anstriche und Verzinkung schützen aber nur insoweit, als sie nicht durch Abreiben unvollständig deckend geworden sind.

Kupfer und namentlich Bronze dauern im Seewasser sehr lange; doch muss man ihre Berührung mit Eisen im Interesse des letztern vermeiden. Ursache der Zerstörung sind auftretende galvanische Ströme, deren Wirkung durch Isolirmittel nur schwer aufzuheben ist, weil die Feuchtigkeit als Leiter dient.

c. Meeres-Strömungen.

Die Meeresströmungen haben verschiedene Ursachen. Als sicher erkannt können gelten: das Ausmünden der Flüsse, insbesondere unter Mitwirkung der Ebbe und Fluth, sodann auch letztere Erscheinung allein. Ebenso sind einwirkend die Winde, die Ungleichheiten im specif. Gewicht in Folge des Salzgehalt- und Temperatur-Wechsels.

Hinsichtlich der Bezeichnung der Richtung ist zu beachten, dass hierunter diejenige verstanden wird, nach welcher die Strömung geht, also eine umgekehrte Bezeichnung üblich ist wie bei den Windrichtungen.

Die Geschwindigkeit der Strömungen ist theils kaum bemerkbar, theils der Festlands-Flüsse nicht nachstehend. Man drückt sie dem seemännischen Gebrauch entsprechend durch die Knotenzahl aus, wobei diese ebenso viele Seemeilen in 1 Stunde bedeutet als Knoten der Logleine, Fig. 6, in 1/4 oder

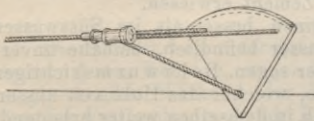
¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1887, S. 204.

$\frac{1}{2}$ Min., je nach der Entfernung der Knoten auf der Leine, abwickeln. Denn 1 Seemeile ist = der Bogenminute eines grössten Kreises der Erdoberfläche; folglich sind 60 Seem. = 1 Grad des Aequators (oder = 1852 m = 1000 Faden (rund) = 10 Kabellängen (1 Faden engl. = 6' engl. = 1,828 m; 1 Faden preuss. = 6' preuss. = 1,883 m). Man sagt also z. B. der Strom oder das Schiff läuft 6 Knoten, d. h. 6 Seem. in 1 Stunde.

Die Mächtigkeit mehrerer Meeresströme ist ungleich bedeutender als die der Ströme des Festlandes. Z. B. hat der Golfstrom stellenweise bis 600 Seem. Breite bei 80 Faden Tiefe und etwa 2 Knoten Geschwindigkeit.

In ihrem Verhalten zeigen die Meeresströmungen zwar gewisse Aehnlichkeiten mit denen des Festlandes, z. B. Zunahme der Geschwindigkeit von den seitlichen Grenzen her und ebenso von unten her, indem fast stets das seitliche und oft das untere Wasser die Stellen der Ufer bezw. des Bettes eines Festland-Flusses einnehmen, wenn nicht zuweilen ein Meeresstrom hart an der Küste entlang und über geringe Tiefe hinweg geht. Es kommt aber auch vor, dass zwei verschiedene Ströme sich so kreuzen, dass einer über den andern hinweg geht, wie z. B. der an der Westküste Amerikas als warmer Strom nordöstlich gehende Golfstrom von dem kalten, unten fliessenden Polarstrom gekreuzt wird, so dass die in letzteren mit ihrem Hauptkörper eintauchenden Eisberge dem Golfstrom scheinbar entgegen schwimmen.

Fig. 6.



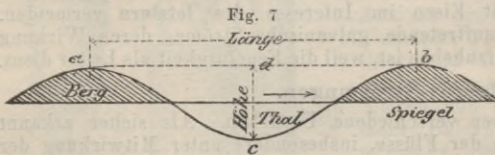
Eine besonders klar hervor tretende Eigenschaft ist die auch bei den Festlands-Strömen erkennbare Ablenkung durch die Erdumdrehung, wodurch z. B. alle auf der nördlichen Hälfte von Süd nach Nord gerichteten Ströme östlich und alle umgekehrt gehenden westlich abgelenkt werden, während auf der südlichen Hälfte das Entgegengesetzte stattfindet. Dabei steht die Grösse der Ablenkung im Verhältniss zum sinus der geogr. Breite.

Für den Hafenaufbau sind es vorzugsweise die durch Ebbe und Fluth verursachten Küsten-Strömungen, welche besondere Bedeutung haben.

Ueber Verschiedenheiten der Strömungen in verschiedenen Tiefen vergl. u. a. Lentz in der Zeitschr. f. Bauw. 1888, S. 82.

d. Wellen.

Unter Wellenbewegung versteht man in der Bewegungslehre (Hilfswissensch. I, S. 850) die regelmässigen Schwingungen der einzelnen materiellen Punkte einer Flüssigkeit. Ist letztere unelastisch, wie z. B. Wasser, so nimmt die Oberfläche die bekannte wellenförmige Gestalt an, in welcher, Fig. 7, die Entfernung l der Gipfel, oder auch der tiefsten Thalpunkte die Länge, die Summe aus grösster Erhebung und Erniedrigung gegen den ruhigen Spiegel die Höhe der Welle bedeuten, während die Breite der Welle rechtwinklig zur Länge gemessen wird.



Die gewöhnlichste Entstehung der Wellen im Wasser, insbesondere im Meere ist der Druck des Windes gegen die Spiegelfläche, wodurch zunächst eine Verschiebung einzelner Theilchen hervorgerufen und die Oberfläche rau, uneben wird. Die entstandenen Unebenheiten geben dem Winde wieder Angriffsflächen noch günstigerer Art, und so nehmen mit wachsendem Winde die Wellenhöhen zu, bis endlich die Stärke des erstern und die Höhe der letztern gleichbleibend werden.

Die Form der Wellen ist nur dann eine symmetrische, Fig. 8, wenn die Wellenschwingung von aussen nicht beeinflusst wird, wie z. B. in einer vor dem Winde geschützten Bucht, in welche die Wellen von aussen eindringen. Die unter der unmittelbaren Wirkung des Windes stehende, oder von unten her in ihrer Bewegung gehinderte Welle nimmt dagegen eine unsymmetrische

Form an und besonders wird die Länge der vordern, d. h. in der Richtung der Bewegung voran liegenden Hälfte verkürzt durch das Anlaufen der Wellen gegen ansteigenden Grund oder gegen heftige Strömung. Alsdann kann der vordere und obere Theil so steil werden, dass ein Ueberschlagen derselben oder ein Branden stattfindet, Fig. 9.

Ueber die Tiefe, bis zu welcher die Wellenbewegung stattfindet, Fig. 10, liegen nur unvollkommene Angaben vor. Es ist aber beobachtet worden, dass bei starkem Seegange über einer Erhebung des Grundes,

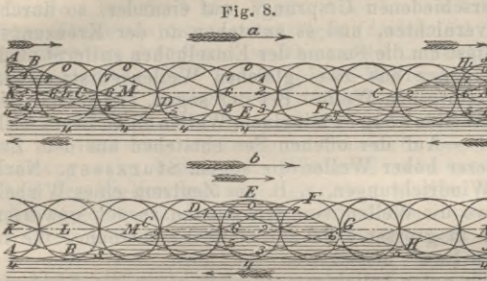


Fig. 8.

liegt, Wellen ihre Form verändern, und dass z. B. in der Nord- und Ostsee auf Stellen von 150 m Tiefe bei Sturm eine Trübung des Wassers eintritt. Nach Versuchen der Gebr. Weber¹⁾ soll die Tiefe der Bewegung das 350fache der Wellenhöhe betragen.

Auch die grösste Wellenhöhe ist noch nicht sicher fest gestellt; sie soll in den grossen Ozeanen 12 m und die Länge daselbst das 20-

Fig. 9.

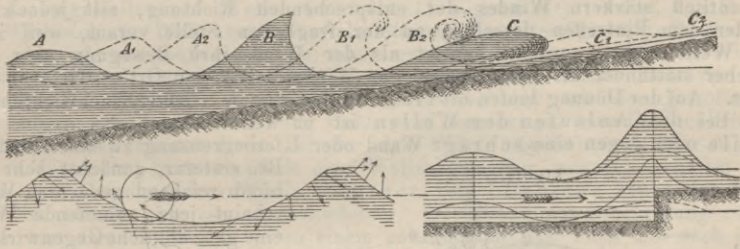
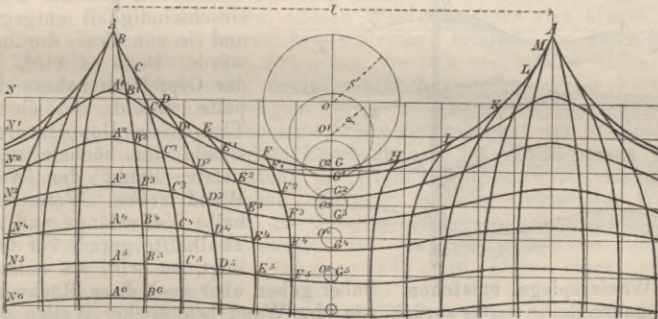


Fig. 10.



bis 30fache der Höhe betragen, wogegen in der Nord- und Ostsee bei 4,5 m grösster Höhe die Längen das 10- bis 12fache betragen sollen.

An der unter (hinter) dem Winde liegenden Seite (Lee) eines Ufers sind die Wellen niedriger, weil das Ufer, entsprechend seiner Höhe, vor dem Winde schützt und weil ausserdem die einander in der Richtung des Windes vom Ufer aus folgenden Wellen gewissermaassen eine Beschleunigung erfahren.

¹⁾ Wellenlehre, auf Experimente begründet. Leipzig 1823.

Th. Stevenson¹⁾ stellt die Regel auf, dass die Höhe der Wellen proportional der Quadratwurzel der Entfernung von der windwärts liegenden Küste sei.

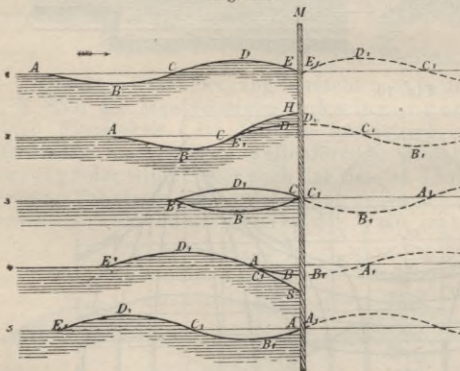
Die Fortschritts-Geschwindigkeit der Wellen ist stets kleiner als die des sie erzeugenden Windes und wächst mit der Länge und Höhe, so dass z. B. grössere Wellen kleinere überholen. Bei sehr grossen Wellen sind Geschwindigkeiten von 16^m und sogar von 30^m in 1 Sek. beobachtet worden.

Die Bewegungs-Richtung einer Welle bleibt so lange beibehalten, als dieselbe nicht durch Ufer, Strömungen usw. abgelenkt wird. Treffen Wellen verschiedener Richtung, also verschiedenen Ursprungs, auf einander, so durchdringen sie sich, ohne sich zu vernichten, und es entstehen an der Kreuzungsstelle Gipfel und Thäler, welche fast um die Summe der Einzelhöhen entfernt sind. Nach Weber beträgt die Höhe einer aus zwei gleichen Wellen entstandenen Doppelwelle 1,79 der Höhe der einfachen Welle. Bei der sogen. Interferenz, oder dem Zusammentreffen eines Wellenberges mit einem Wellenthal heben sich Berg und Thal gegenseitig auf. — Auf der offenen See entstehen aus dem Zusammentreffen zweier oder mehrerer hoher Wellen die sogen. Sturzseen. Nach rasch folgendem Wechsel der Windrichtungen, z. B. am Zentrum eines Wirbelsturms oder in engen Meeren, wo die Wellen von den Küsten zurück geworfen werden, treten solche Sturzseen in grosser Zahl auf, eine Erscheinung, die in der Schifffahrt „kabelige See“ heisst.

Die im offenen Meere häufig unter beliebigem Winkel gegen die Richtung eines mässigen Windes und dessen Wellen anlaufende grössere Wellenbewegung von besonderer Regelmässigkeit nennt man Dünung. Sie ist die Folge eines wesentlich stärkern Windes der entsprechenden Richtung, eilt jedoch zuweilen dem Eintreffen desselben an der fraglichen Stelle voraus, weil zwar die Welle sich langsamer bewegt als der Wind, ihre Bewegung aber viel rascher stattfindet als der Wechsel der Windrichtung von Ort zu Ort vor sich geht. Auf der Dünung laufen oft viele Wellenarten in verschiedenen Richtungen.

Bei dem Anlaufen der Wellen ist im wesentlichsten das gegen eine steile oder gegen eine schräge Wand oder Uferbegrenzung zu unterscheiden.

Fig. 11.



Bei ersterer, zunächst sehr tief hinab reichend gedachten Wand scheidet jede anlaufende Welle eine ganz ähnliche Gegenwirkung zu erfahren, als ob ihr eine Welle von gleicher Form und Geschwindigkeit entgegen liefe und sie von dieser durchdrungen würde. Denn es wird, Fig. 11, der Gipfel um nahezu das Doppelte erhöht und ebenso das Thal auf das Doppelte erniedrigt, sobald der höchste und bezw. tiefste Punkt der Welle die Wand treffen. Wenn ferner die halbe Wellenlänge und zwar die Thalhälfte gerade vor der Mauer liegt, so wird ein nahezu hor-

izontaler Wasserspiegel entstehen. Dabei gehen aber auch diese Rückwirkungen auf eine ganze Reihe weiter zurück von der Wand befindlicher Wellen über und verschwinden erst in grösserer Entfernung.

Es entstehen also vor einer steilen Wand bei gleich bleibender Länge eine Anzahl höherer und tieferer Wellen; und zwar liegt die grösste Abweichung von der normalen Welle unmittelbar an der Wand. Diese erleidet dabei keinen Stoss in wagrechter Richtung, und es gilt dies erfahrungsmässig auch dann noch, wenn die steile Wand wenigstens bis zur Tiefe der normalen Welle hinab reicht, unterhalb welcher Tiefe die innere Bewegung der Welle nur noch sehr unbedeutend ist, (vergl. auch Fig. 10).

¹⁾ The design and construction of harbours, Kap. III.

Das Auflaufen auf eine schräge Fläche ist schon auf S. 7 als Ursache einer unsymmetrischen Gestalt der Welle und des Brandens angeführt. Die einzelnen Wassertheile werden in der Einhaltung der wagrechten Richtung, in der sie sich zu bewegen streben, zunächst von unten her gehindert und bekommen dadurch oben eine grössere Schwingungslänge. Die so gehobene Welle erleidet aber jenes Hinderniss vorzugsweise nur in ihrem vorderen Theile, der sich dadurch im Vergleich zum hintern Theile verkürzen muss, was endlich ein Ueberschlagen von hinten nach vorn, oder das, unter Schaumbildung vor sich gehende „Branden“ der Welle bewirkt. Hierbei wird vorzugsweise in dem obern Theile aus der regelmässigen (drehenden) Bewegung der Wassertheilchen eine vorwärts drängende, welche auf die im Wege befindlichen Körper einen lebhaften Stoss ausübt. Indem so jede Welle einen Theil ihres Wassers nach dem Ufer hinwirft, entsteht von demselben zurück nach dem offenen Wasser hin ein Rückfluss, welcher ebenfalls auf den untern Theil der Wellen hindernd und die Brandung begünstigend einwirkt; bei heftigem Sturm ist diese Rückströmung sehr bedeutend. Während schwimmende Körper mit dem oberen Theil der Wellen landwärts getrieben werden, nimmt die Rückströmung selbst schwere Gegenstände und namentlich Sand eine Strecke wasserwärts mit sich.

Das Auflaufen der Welle auf steilen und schrägen Grund kann nun auch über einer weit vom Ufer entfernten, im offenen Wasser liegenden Untiefe geschehen. Dabei entsteht je nach der Tiefe und der Stärke der Wellen entweder eine wirkliche und sichtbare Brandung oder nur eine Erhebung, verbunden mit einer Verkürzung der Welle; in letzterem Falle werden die — noch für eine lange Strecke umgestalteten — Wellen Grundwellen genannt¹⁾. Vergl. Fig. 9.

Weil sich die Wellenbewegung als Störung des Gleichgewichts-Zustandes, auch wenn sie von nur einem, in einer gewissen Richtung wehenden Winde verursacht ist, derjenigen Wasserfläche mittheilen muss, welche zwar vor der unmittelbaren Wirkung jenes Windes geschützt, aber mit der getroffenen Wasserfläche in offener Verbindung steht, wird man bei gewissen Oertlichkeiten, z. B. bei einer kleinen Insel auf der dem Winde abgekehrten (unter Wind, in Lee, liegenden) Seite ebenfalls eine Wellenbewegung wahrnehmen, bei der sogar eine Brandung dem Winde entgegen zum Ufer laufen kann; der Vorgang ist jedoch hier ein abgeschwächter. Die Brandungs-Erscheinung rührt davon her, dass die Wellen neben einem gekrümmten Ufer nach und nach eine Schwenkung vollziehen, doch ohne dass eine Vergrösserung ihrer Länge stattfindet, also nur durch Vermehrung ihrer Zahl.

Wenn die Wellen aus einem offenen Wasser in eine sich allmählich verengende Bucht oder einen engern Arm eintreten, erfahren sie durch die Einwirkung der Ufer ebenfalls eine Erhöhung, die sich erst wieder verliert, wenn eine entsprechende Erweiterung der Wasserfläche erfolgt. Diese Erscheinung ist sehr wichtig für Hafeneinfahrten.

Die durch schräges Anlaufen entwickelte Stosskraft der Wellen, welche sich, je nach der augenblicklichen Beschaffenheit der Welle, sowie in Folge der Ablenkung durch die Gestaltung des Ufers sowohl aufwärts, als auch vorwärts äussert, ist im wesentlichen abhängig von der Grösse der Wellen im freien Wasser. Ausser durch die zufällig an verschiedenen Punkten beobachteten Wirkungen der Stosskraft, ist jene versuchsweise unmittelbar gemessen worden durch Th. Stevenson²⁾ mit Hilfe eines an festen Gegenständen anzubringenden Apparats, bei welchem sich eine der Wellenbewegung entgegen gestellte Scheibe auf Führungsstangen gegen den Druck mehrerer Spiralfedern um ein gewisses Maass verschiebt. Mit diesem Apparat fand Stevenson den grössten Stoss der Wellen auf der Insel Tyree vor der westlichen Küste von Schottland im Sommer und Winter entsprechend einen Druck von 611 und 2086 Pfd. auf 1 □F. engl. und ausnahmsweise sogar von 6083 Pfd. Wenn man die, meistens mit einer nur 12,5^{cm} im Durchmesser grossen Scheibe gewonnenen Ergebnisse im einfachen Verhältnisse auf grössere

¹⁾ Vergl. hierzu besonders in Emy, a. a. O.

²⁾ Th. Stevenson. *The design and construction of harbours*, Kap. IV.

Flächen übertragen darf, was jedoch nur bis zu einer gewissen Grösse erlaubt sein kann, so würden jene Drücke auf 1^{qm} rund 3000, 10 000 und 30 000 kg betragen. Auf derselben Grundlage berechnet können für die Nordsee 15 000 kg und für die Ostsee 10 000 kg Stosskraft auf 1^{qm} gelten.

Eine alte Meinung, dass Oel, auf Wellen geschüttet, eine abstillende Wirkung ausübe, ist neuerdings durch vielfache Versuche, insbesondere auch solche der englischen Admiralität bestätigt worden. Schweres und dickflüssiges Oel soll am wirksamsten sein, die Zuführung am besten mittels fein durchlöcherter Säcke aus dickem Leinen geschehen, welche mit ölgetränktem Werg gefüllt sind. Die Wirkung ist wohl ausreichend dadurch zu erklären, dass das Öl eine feine Haut auf der Wasseroberfläche bildet, welche sowohl gegen den Angriff des Windes weniger nachgiebig, als auch gegen das Uebereinanderschieben der Wassertheilchen wirksam ist. Der Oelverbrauch ist sehr gering: 1 Theelöffel voll soll für 1000—1200^{qm} Wasserfläche genügen.

e. Ebbe und Fluth.

Das periodische, täglich nahezu 2 mal oder in je 12 Stunden 25 Min. 14,16 Sek. Zeit erfolgende, durch die wechselnde Anziehungskraft von Mond und Sonne auf die einzelnen Punkte der Erdoberfläche verursachte Fallen und Steigen des Meeresspiegels bezeichnet man als „die Gezeiten“, „Tiden“ oder auch als Ebbe bezw. Fluth. Der jedesmalige niedrigste und höchste Stand heisst das Niedrigwasser bezw. Hochwasser und den Höhenunterschied zwischen beiden nennt man die Fluthgrösse oder den Fluthwechsel. Die um die Zeit von Neumond und Vollmond auftretenden höhern Tiden heissen Springfluthen, die zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels stattfindenden niedrigeren dagegen taube oder Nippfluthen. Beide Arten gehen allmählig in einander über; die höchste und niedrigste Fluth fällt aber in der Regel etwas nach dem Eintritt jener Mondphasen. Die Zeit (von Mittag ab gerechnet), zu welcher durchschnittlich am Tage des Vollmondes oder Neumondes das Hochwasser an einem bestimmten Punkte des Meeres, z. B. vor einem Hafen, eintritt, heisst die Hafenzzeit des betr. Ortes. Sie trifft nur ausnahmsweise mit der Kulminationszeit des Mondes für denselben Ort zusammen. Das Umsetzen der Fluth in Ebbeströmung und umgekehrt heisst das Kentern dieser Strömungen.

Als Ursachen der einfachen Ebbe- und Fluth-Erscheinungen wurden schon von Strabo und Plinius die Sonne und der Mond vermuthet; doch haben erst Kepler, Newton, Dan. Bernoulli und Laplace in immer vollkommenerer Weise die Thatsache nachgewiesen. An die theoretischen Studien dieser Forscher reihen sich die der englischen Forscher und Beobachter¹⁾: W. Whewell, Lubbock, G. B. Airy und F. W. Beechley. Für Sonderstudien sind die Schriften von H. Lentz (a. a. O.) zu empfehlen.

Die Einwirkungen der Sonne und des Mondes sind ziffermässig wie folgt darzustellen: Die Masse der Sonne ist 319 500 mal grösser als die der Erde; ihre mittlere Entfernung vom Erdmittelpunkt ist = 11 567 Erd-Aequator-Durchmesser (von 1719 geogr. Meilen). Die Masse des Mondes ist 0,0125 mal kleiner als die der Erde; die Mittelpunkte sind i. M. 30,13 Erddurchm. entfernt. Die Anziehungskräfte, welche Sonne und Mond auf die Erde ausüben, verhalten sich also nach dem Newton'schen Gesetze zu einander wie:

$$\frac{319500 \cdot 0,0125}{11567^2} : \frac{1}{30,13^2} = 173,43 : 1$$

Trotzdem ist die Fluth erzeugende Kraft des Mondes viel stärker als die der Sonne, weil wegen der grösseren Nähe der Unterschied in der Anziehung auf die einzelnen Punkte der Erde bedeutender ist. Die Anziehung der Sonne verhält sich für die ihr nächsten und fernsten Punkte der Erde zur Anziehung auf den Mittelpunkt wie:

¹⁾ Vergl. *Philosophical transactions* von 1833—1850, sowie: Lubbock. *An elementary treatise of the tides*. London 1832.

$$\frac{1}{(11567 \pm 1/2)^2} : \frac{1}{11567^2}$$

dieselbe ist also bei Vernachlässigung des verhältnissmässig sehr kleinen Werthes $\pm 1/2^2$, für die äussersten Punkte nur um $\frac{1}{11567}$ von derjenigen am Mittelpunkte verschieden. Aehnlich unterscheiden sich die Anziehungen des Mondes auf die betr. Punkte um $\frac{1}{30,13^2}$. Folglich verhalten sich die Fluth erzeugenden Kräfte von Sonne und Mond wie:

$$\frac{173,43}{11567} : \frac{1}{30,13} = 1 : 2,214.$$

Unter Annahme einer Stellung von Mond und Sonne in der Aequator-Ebene nimmt die Fluth erzeugende Kraft beider nach den Polen im Verhältniss der Durchmesser der höhern Breitengrade ab; es ist also die Kraft unter einem beliebigen Breitengrade = der Kraft am Aequator \times cos. des Breitenwinkels.

Aehnlich findet sich die Kraftwirkung für einen beliebigen Punkt der Erdoberfläche, wenn die bekannte Erhebung unter demjenigen Meridian, in welchem sich Sonne und Mond befinden, mit dem cos. des doppelten Winkels der Länge, von jenem Meridian ab gerechnet multipliziert wird. Wenn lS den Längengrad von demjenigen Meridian ab, in dem zur Zeit die Sonne steht, und CS = den Breitengrad, über dem sie z. Z. senkrecht steht, bezeichnet und ähnlich lM und bM die entsprechenden Winkel vom Orte des Mondes ab gezählt, bedeuten, so ist allgemein die Erhebung oder Senkung an diesem einen Punkte:

$$M \cos b \ M \cos 2lM + S \cos b \ S \cos 2lS.$$

Durch den fortwährenden Wechsel der Stellung von M . und S . zu einander entsteht ein beständiger Wechsel in den Hebungen und Senkungen. Indem sich die Erde in etwa 23 Stund. 56 Min. um ihre Axe dreht und zugleich in ihrer Bahn um die Sonne weiter bewegt, tritt nach durchschnittlich 24 St. letztere wieder in denselben Meridian. Der Mond bleibt täglich etwa $48\frac{3}{4}$ Min. hinter der Sonne zurück und tritt erst nach 26 Stund. 50 Min. 28,32 Sek. wieder in denselben Meridian ein. Diese, sich während der Hälfte eines synodischen Monats vollziehenden Aenderungen in Zeit und Höhe der Fluthen nennt man halbmonatliche Ungleichheit.

Ausserdem ändern sich die Fluthen nach Jahreszeiten und nach ganzen Jahren oder nach der Deklination von S . und M . gegen die Aequator-Ebene der Erde. Die der Sonne ist am grössten zur Winter- und Sommer-Sonnenwende, und zwar je $23\frac{1}{2}^{\circ}$, am kleinsten zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, wo sie zu Null wird. Die des Mondes wechselt zunächst in Perioden von $27\frac{1}{4}$ Tagen, wobei der Mond in dem Syzygien zwei mal die Aequator-Ebene passirt. Seine grössten Abweichungen schwanken ausserdem während 18,6 Jahren zwischen $18\frac{1}{2}^{\circ}$ und $28\frac{2}{3}^{\circ}$ hin und her. Daher sind die Aequinoctial-Springfluthen gross, die Solstitial-Springfluthen klein.

Aus der täglich zwei mal durch die wechselnde Deklination von S . und M . geänderten Wirkung auf die unter demselben Breitengrade liegenden Punkte oder auf die dort erzeugten Fluthwellen entsteht die sogen. tägliche Ungleichheit, welche sowohl nach Zeit als nach Höhe eintritt. Die tägliche Ungleichheit ist um so grösser, je grösser die Deklination beider Gestirne, namentlich die des Mondes ist. Sie ist in Fig. 12 deutlich erkennbar.

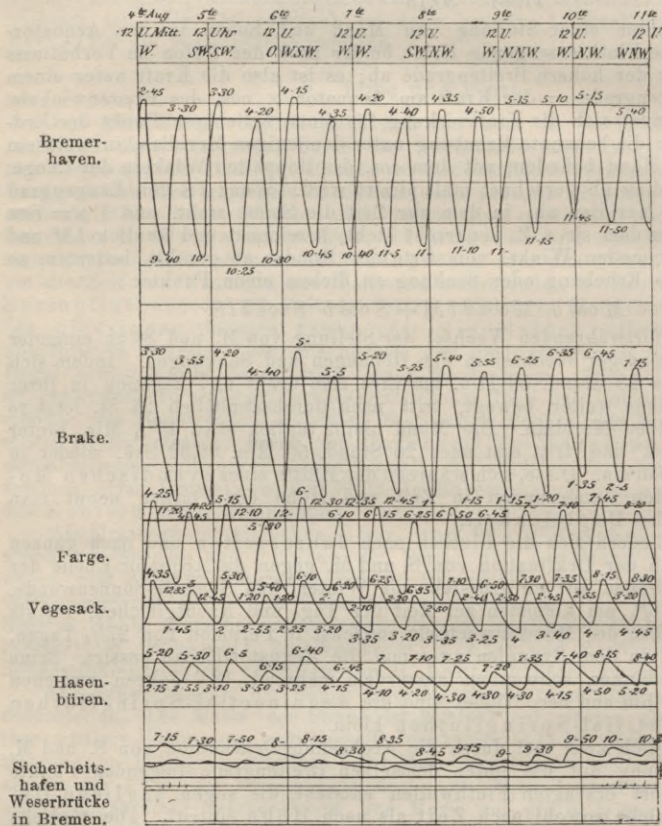
Endlich werden die Fluthhöhen beeinflusst durch die wechselnde Erdnähe von Sonne und Mond, insbesondere des letztern, welcher in $27\frac{1}{2}$ Tagen seinen Wechsel zwischen Erdnähe u. -Ferne durchläuft. Indem nun für mittlere Entfernungen nach Obigem sich die Fluthen von S . u. M . verhalten wie 1:2,214, so schwankt wegen der verschiedenen Mondentfernung dies Verhältniss zwischen 1:1,88 und 1:2,62. Indem also für mittlere Entfernungen die Taubfluth sich zur Springfluth wie 1,214:3,214, oder wie 1:2,65 verhält, verhalten jene sich für die Grenzen der Mondentfernungen wie 1:3,27 und bezw. 1:2,23.

Ausser den Höhen erleiden auch die Zeiten einen periodischen Wechsel, namentlich durch die veränderliche Dauer des Mondtages.

Nach dem Vorigen sind, mit Ausnahme der Springfluth-Perioden, bei denen die je 2 Fluthwellen von S. und M. zusammen fallen, theoretisch stets vier Fluthwellen auf der Erde vorhanden, von denen aber die 2 Wellen der Sonne nicht als wirkliche Gipfel erscheinen, vielmehr nur mehr oder weniger umgestaltend auf die 2 Mond-Fluthwellen einwirken.

Diese theoretischen Fluthen werden nun durch verschiedene Umstände, und zwar namentlich durch die Gestaltung der Ozeane derartig gestört oder verändert, dass nur noch an einzelnen Punkten der Erde eine annähernde

Fig. 12. Fluthkurven einer Anzahl Orte an der Unterweser.



Uebereinstimmung zwischen wirklichen und theoretischen Fluthen stattfindet. Letztere müssten stets die halbe Erdoberfläche umfassen. Da hierzu aber thatsächlich fast nirgends Raum vorhanden ist, so entsteht durch das Anlaufen an die entgegen gesetzten liegenden Küsten ein Aufstauen, d. h. eine Hebung des Wellenscheitels und ein seitliches Ablenken. Die abgelenkten Wellen treffen sich zu verschiedenen Zeiten an gewissen Stellen, aus verschiedener Richtung kommend,

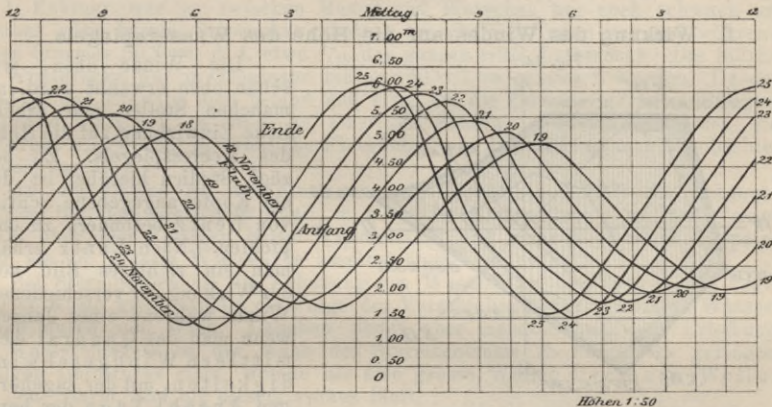
durchdringen sich und laufen so lange weiter, als die ihnen inwohnende lebendige Kraft ausreicht, also nicht durch Anlaufen an Küsten, Widerstand durch Winde und Strömungen erschöpft ist. Durch diese Ursachen ist insbesondere auch die Formveränderung bedingt, welche Fluthwellen beim Eindringen in enge Meeresbuchten, sowie auch im Unterlaufe von Strömen erleiden. Regelmässig findet dabei eine Verkürzung des vorderen Abhangs der Fluthwelle, und damit eine Verkürzung der Fluth-, eine Verlängerung der Ebbezeit statt. Wenn eine Fluthwelle in Buchten oder Stromläufen auf steile Erhebung des Grundes oder auf plötzliche Einschnürungen der Ufer, d. h. in unvermittelter Weise auf wesentliche Profilbeschränkungen trifft, tritt eine Erscheinung ein, welche ihrem Wesen nach durchaus mit der Brandung

von an den Strand auflaufenden Wellen (S. 7) überein stimmt. Besonders ausgeprägt zeigt sich diese Erscheinung in der unteren Seine zwischen Havre und Rouen, wo sie den Namen Mascaret führt; doch kommt sie auch in andern Gewässern, wie z. B. am englischen Flusse Severn, unter dem Namen Bore, vor.

Durch die Wirkung der Winde erleiden die gewöhnlichen Fluthen an einzelnen Küsten eine derartig grosse Veränderung, dass in ihnen kaum noch eine Regelmässigkeit erkennbar ist. Es ist dies namentlich an den Enden sich allmählig verengender Buchten und bei sonst geringer Fluthhöhe, z. B. an der deutschen Nordseeküste der Fall, während bei grosser Fluthhöhe und der Nähe des offenen Meeres, wie z. B. an der englischen und nordfranzösischen Küste der Wind nur eine verhältnissmässig geringe Wirkung übt. Jede Küste und jeder Ort derselben hat demnach besondere thatsächliche Fluthverhältnisse, welche zum Theil nach der Fluththeorie aus der Länge und Breite des Ortes, zum grösseren Theil aber durch die besondere Lage zu den benachbarten Meeresgebieten bedingt sind. (Vergl. hierzu auch Fig. 12, in der die Fluthkurven für eine Anzahl an der Unterweser liegender Orte und für eine Reihe auf einander folgender Tage dargestellt sind.)

Die Fluthverhältnisse in den offenen Ozeanen sind bis auf die an wenigen Inseln ermöglichten Beobachtungen noch sehr wenig bekannt. Die Fluthhöhen daselbst scheinen überall geringer als an den festländischen Küsten zu sein. So steigen die Springfluthen im Atlantischen Ozean bei den Bermudas um etwa 1,3^m, bei St. Helena 1,0^m, bei Ascension nur 0,6^m; im Indischen

Fig. 13.



Ozean bei den Kerguelen 0,2^m, bei Mauritius 1^m; im Stillen Ozean bei den Fidji bis 2^m, bei Honolulu 0,6^m, dagegen an der deutschen Nordseeküste etwa 3^m, an manchen Punkten der englischen Küste über 6^m und an einzelnen Punkten des „Kanals“, namentlich an der französischen Küste bis über 12^m (Bai von St. Malo). — An der Ostküste von Nordamerika vor der Fundybai zeigt sich nur eine Fluthgrösse von etwa 2,7^m, während diese oben am Ende derselben bis auf 15^m wächst. Sehr verwickelte Erscheinungen ergeben sich im „Kanal“, in welchem sich am östlichen Ende die aus dem Atlantischen Ozean unmittelbar kommende Fluthwelle mit der um Schottland herum durch die Nordsee laufenden, freilich um 1 Tidendauer älteren Welle begegnet.

Je ungehinderter die Entwicklung der Fluthwelle sich vollzieht, desto grösser ist die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Welle. Man findet dieselbe als Quotient aus dem Unterschiede der Hochwasser-Zeiten zweier auf einander folgender Orte, getheilt durch die Entfernung der beiden Orte.

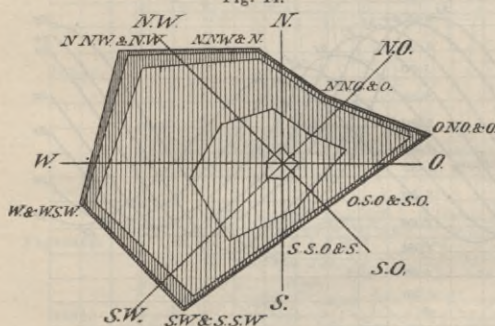
Für den praktischen Gebrauch sehr werthvoll sind die in verschiedenen Ländern jährlich erscheinenden Zusammenstellungen der wichtigsten Tide-Er-

scheinungen, wie Hafenzzeit, Springfluth und Nippfluthhöhe usw. der verschiedenen Orte. Hier sind die von dem hydrographischen Amte der kaiserl. deutschen Admiralität heraus gegebenen sog. Gezeitentafeln, die in England erscheinenden *Tide-tables* und das französische *Annuaire des marées* anzuführen. Um an einem bestimmten Ort eine genaue Erkenntniss aller thatsächlichen Flutherscheinungen zu gewinnen, ist die fortwährende Darstellung der Fluthkurve durch selbstregistrirende Pegel als das geeignetste Mittel anzusehen. Ueber die Einrichtung selbstregistrierender Pegel vergl. Hilfswissenschaft. I S. 747 und weiterhin unter Flussbau.

Die Fluthkurven zeigen vermöge ihrer Abszissen als Zeitabschnitte und ihrer Ordinaten als Höhenschwankungen das Gesetz des Steigens und Fallens an einzelnen Küsten-Punkten. Je nach dem vorwaltenden Zweck empfiehlt es sich, entweder die Zeitmaass-Angabe klein zu wählen und eine grosse Anzahl der einzelnen Fluthen hinter einander erscheinen zu lassen, wie das in Fig. 12 geschehen ist, oder den Zeitmaassstab gross zu nehmen, dafür aber die Fluthkurven mehrerer Tage, z. B. 1 Woche so in einander zu zeichnen, dass die analoge Fluth jedes folgenden Tages um die thatsächliche Zeitverschiebung entfernt auf die des vorher gehenden Tages folgt, Fig. 13. Bei der ersteren Darstellung lässt sich eine Reihe hinter einander aufgestellter Pegel, z. B. an derselben Küste oder in einem Flussgebiet am besten mit einander vergleichen und namentlich zur Darstellung der sogen. Fluthwellen-Linie (s. Flussbau) benutzen. Ueber die Wassermengen-Bestimmung in Tideströmen vergl. Hilfswissenschaften Bd. I. S. 785 und Löhmann a. a. O.

f. Wirkung des Windes auf die Höhe des Wasserspiegels.

Fig. 14.



Die Winde üben, wie schon oben erwähnt ward, an manchen Stellen eine erhebliche Einwirkung auf die Höhe des Meeresspiegels. Zu bezügl. Studien hierüber ist die am Kopfe angegebene Schrift von Lentz besonders zu empfehlen. Nach Lentz erhält man ein richtiges Bild von der Wirkung der verschiedenen Winde während eines Jahres, wenn man das Quadrat der mittlern Windgeschwindigkeiten, mit der zugehörigen Anzahl Tage der betr.

Windrichtungen multipliziert, auf eine sogen. Windrose aufträgt, da die Wirkung mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Lentz hat mit Hilfe nachstehender, von ihm für Cuxhaven zusammen gestellten Tabelle, welche 1 Jahr

Schnelligkeit in m für 1 Sek.	Still, flau 0 bis 4,9 2,45 i. M.	Mässig, lebh. 4,9 bis 7,6 6,10 i. M.	Frisch, stark 7,6 bis 12,2 9,75 i. M.	Stürmisch 12,2 bis 15,2 13,70 i. M.	Sturm 15,2 u. mehr 16,45 i. M.	Zusammen Tage
NNW à N . . .	24	11	5,50	0,42	0,08	41
NNO à NO . . .	15	8	3,50	0,50	—	27
ONO à O . . .	26	14	7,10	0,82	0,08	48
OSO à SO . . .	19	8	2,90	0,10	—	30
SSO à S . . .	28	9	1,93	0,07	—	39
SSW à SW . . .	40	21	7,40	0,30	0,10	69
WSW à W . . .	30	21	10,00	0,90	0,10	62
WNW à NW . . .	20	17	10,40	1,38	0,22	49
Summa	202	109	48,73	4,69	0,58	365

umfasst, und ähnlicher Tabellen für die übrigen Jahre für den Zeitraum von 1843 bis 1866 in Fig. 14 graphisch die während dieses Zeitraums in Cuxhaven stattgehabten Wind-Verhältnisse dargestellt, wobei die 5 Verschiedenheiten in den schraffirten Flächen den 5 Zahlen in den 5 senkrechten Spalten der Tabelle entsprechen.

Ein bestimmtes allgemein gültiges Verhältniss zwischen Windstärke und der Erhebung des Wasserspiegels an der dem Winde ausgesetzten Küste kann offenbar nicht vorhanden sein, weil die örtlichen Verhältnisse überall ungleich sind. Die Tiefen des Wassers vor der Küste haben auf die Höhe und Geschwindigkeit der Wellen (s. oben) bedeutenden Einfluss; hiervon hängt aber ab, in welchem Umfange die Wellen branden und dadurch den Wasserspiegel an der Küste erhöhen. Es kann nur durch sorgfältige Aufzeichnungen thatsächlicher Erhebungen des Spiegels bei Winden gewisser Richtung, Stärke und Dauer an bestimmten Orten eine Grundlage für spätere Vorherbestimmung unter ähnlichen Umständen gewonnen werden. Eine werthvolle Zusammenstellung über die Sturmfluthen an der deutschen Nordseeküste hat Eilker¹⁾ gegeben. Nach ihm fallen in den Monat November etwa $\frac{1}{4}$ aller Sturmfluthen, darnach die meisten in die Monate Januar, Dezember, Oktober, März und in den letzten nahezu so viel, wie in die folgenden 5 Monate zusammen.

Als ein interessantes Beispiel ist nach Eilker die Sturmfluth in der Nordsee vom 30./31. Januar 1877 anzusehen. Am 30. Morgens zeigte sich an der schottischen Ostseeküste ein barom. Minimum von 728 mm; am Abend lag dies schon östlich von Helgoland, am 31. morgens südlich von der Odermündung; am 1. Februar war es zwischen Memel und Warschau nur noch schwach erkennbar. Die barom. Schwankung betrug innerhalb 8 Tagen vor und während dieses Sturmes 50,3 mm, d. i. etwa $\frac{1}{15}$ des ganzen mittl. Luftdrucks. Die Stärke des Winddrucks war in Groningen bis zu 150 kg/1^{qm} gemessen worden. Da der Mond in der Erdnähe sich befand und etwa um die Zeit des stärksten Sturmes Vollmond stattfand, so stieg an einzelnen Stellen, z. B. im Emsgebiet, die Fluth auf 4,11 m über gewöhnliche Fluthhöhe, was dort bislang nicht beobachtet worden war.

An der Ostsee ist die Fluth vom 13. November 1872²⁾ die bekannte höchste für den westlichen Theil, z. B. in der Kieler Bucht, wo das Wasser 3,19 m über dem dortigen Mittel-Wasserstand, und zwar 5—6 Stunden später stieg, als die grösste Windstärke daselbst stattgefunden hatte.

Bei Sturmfluthen ist die Erhebung des Wassers an der dem Winde zugekehrten Küste grossentheils die Folge der Verschiebung einer gewissen Wassermenge durch den Wind. Daneben findet aber meistens auch eine Erhebung des Wasserspiegels in der Nähe des Sturmzentrums in Folge des geringen dortigen Luftdrucks statt, welche als eine grosse Welle, Cyclonen-Welle, mit dem Sturm, und oft diesem voraus läuft.

Weil das specif. Gewicht des Quecksilbers 13,6 ist, so muss bei dem Fallen des Barometers um 58 mm der Meeresspiegel sich um rund 680 mm heben. Bei dem raschen Lauf einer solchen Welle ist ein heftiger Anprall und Aufstau namentlich in Buchten erklärlich.

Die grösste Erhebung und Geschwindigkeit zeigen endlich die Seebeben-Wellen. An den Erdbeben zu Lissabon i. J. 1755 wurde eine solche von 16 m Höhe beobachtet. Bei dem im Jahre 1854 unter heftiger Wellenerscheinung eingetretenen Erdbeben in Japan wurde 12 Stunden später in St. Franzisko die ersten Wellen beobachtet. Dies ergiebt eine Geschwindigkeit der Wellen von 355 Seemeilen = 657 km in 1 Stunde. Bei einigen anderen Seebeben sind noch grössere Geschwindigkeiten, bis 396 Seem. = 733 km beobachtet worden.

¹⁾ Eilker. Sturmfluthen der Nordsee. Emden 1877.

²⁾ Baensch; Zeitschr. f. Bauw., 1875. — Pralle; Zeitschr. d. Archit. u. Ingen. Ver. zu Hannover, 1875. — Lentz. A. a. O. — Colding; Abhandl. d. dänischen Akademie Bd. I, 1881. — Annalen d. Hydrographie; 1882.

B. Einige Sonder-Arbeiten des Wasserbaues.

I. Baggerarbeiten und Baggergeräte.

Litteratur:

Neuere Bagger- und Erdgrabe-Maschinen. Eine Reihe von mit ausführlichen Zeichnungen ausgestatteter Aufsätze von B. Salomon in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886 und 1887. — Ferner Forchheimer. Ueber Trockenbagger, das. 1887. — Webster. *On Dredging Operations and Appliances in Exc. Min. of Proceed of the Inst. of Civ. Engin. Sess. 1886/87.*

Baggerungen sind zwar vergleichsweise als ein neueres Arbeits-Verfahren anzusehen, aber doch für manche Zweige des Wasserbaues nicht mehr zu entbehren, nicht durch andere Arbeiten zu ersetzen. Die gesteigerten Ansprüche an Fluss-Verbesserungen, sowie die Herstellung und Unterhaltung von Seekanälen und Seehäfen setzen oft in erster Linie umfangreiche und kräftig betriebene Baggerungen voraus. Fernerweit sind besondere Baggermaschinen, wenn auch in wesentlich geringerem Umfange, anzuwenden, aber ebenfalls unentbehrlich für gewisse Gründungsweisen, so z. B. bei Beton- und Senkbrunnen-Gründungen¹⁾.

Manche Bagger können vermöge ihrer Bauweise zu fast allen Arten von Arbeiten, wenn auch mit ungleicher Zweckmässigkeit, verwendet werden, während andere nur einem einzigen, ganz bestimmten Zwecke dienen. Entsprechend der Vielheit der Zwecke und der Mannigfaltigkeit der Umstände, unter denen die Anwendung von Baggern geschieht, sowie nicht wenig auch durch das Bestreben, neue Verfahrensweisen zu ersinnen, und durch Patentschutz sich nutzbar zu machen, ist jetzt eine grosse Zahl sehr verschiedener Bau- und Betriebsweisen neben einander in Gebrauch, deren Uebersicht noch durch nebensächliche Dinge erschwert wird.

Wenn für die Eintheilung zunächst die Art der besonderen Werkzeuge, mit denen die Erde gefasst wird, maassgebend sein soll, so sind im wesentlichen zu unterscheiden:

a) Löffelartig oder auch zangenartig den Boden lösende und hebende Werkzeuge, welche in der Regel durch einen Stab, seltener durch eine oder mehrere Ketten bewegt werden: Stielbagger, Löffelbagger usw.

b) Schaufelartig nach einer Richtung sich bewegend und die Erde vor sich herschiebende Werkzeuge: Schaufelbagger.

c) Eimerartig in den Boden eingreifende und zur Füllung sich drehende Gefässe, welche an einer endlosen Kette befestigt, mit dieser auf- und niedersteigen: Eimer-Kettenbagger.

d) Pumpenartig den Boden aufsaugende Apparate: Pumpenbagger.

Neben der vorstehenden Unterscheidung kann man nach der Art, wie der Betrieb der Zeit nach erfolgt, Bagger mit stetiger und solche mit unterbrochener Förderung unterscheiden; ferner nach der Art der Betriebskraft: Menschen-, Pferde- und Dampfbagger, endlich noch danach: ob der ganze Bagger-Apparat schwimmt, oder auf dem Trocknen steht: Schwimmbagger und Trockenbagger.

a. Stielbagger; Löffelbagger.

Stielbagger werden meist unmittelbar mit der Hand, nur selten noch mit einer Winde vom Schiff aus bewegt. Sie sind brauchbar bei kleinen Arbeiten, bis zur Tiefe von 2^m und in dem Falle, dass Maschinen nicht anwendbar sind. Der eiserne Bügel, an welchem das Netz oder der Beutel befestigt wird, ist etwa 40^{cm} weit, Fig. 15, mit verstärkter, 10^{cm} breiter Schneide; der Stiel ist 7^{cm} dick und doppelt so lang, als die Wassertiefe. Bei gut eingerichteten

¹⁾ Vergl. über die bei Gründungen gebräuchlichen Baggergeräte im „Grundbau“.

Betriebe stehen die Baggerer in einer Reihe an der Vorderkante eines Flosses (nicht Schiffs), dahinter Schiebkarren zur Aufnahme des Bodens; andere Arbeiter schieben die vollen Karren ans Ufer und bringen die leeren zum Flosse zurück. Grössere Stielbagger werden wohl — wie die Schiebkarren — mittels Laufrolle ans Ufer gezogen.

Dem beschriebenen Handstielbagger nahe verwandt ist der Sackbohrer, Fig. 16, bei welchem der Stiel nahe zu senkrecht geführt und in nahezu senkrechter Stellung umgedreht wird, wobei eine am Stiele befestigte (halb- oder viertelkreisförmige) Schneide einen Bodenkörper von etwa zylindrischer oder kegelförmiger Gestalt fortnimmt und in den mit der Schneide verbundenen Sack fallen lässt. Der Stiel wird am besten mittels eines Querstabes gedreht; die Hebung geschieht bei grösseren Sackbohrern mit einer Winde. Bei dem Diak'schen Sackbohrer sind zwei Schneiden in symmetrischer Stellung angebracht, wobei der untere Theil derselben mit schräg abwärts gerichteten Spitzen zum Lösen von Steinen usw. versehen ist. Besonders oft dient der Sackbohrer zum Ausheben des Bodens beim Bau von Brunnen, bezw. bei Brunnen-Gründungen.

Fig. 15.

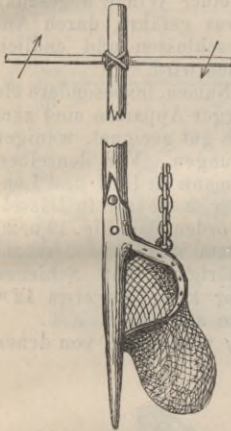


Fig. 16.

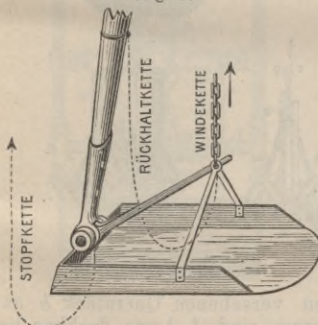


Unter sehr verschiedenen Namen sind zahlreiche Schaufeln als Bagger in Gebrauch. Die einfachste Form hat eine feste, etwa 0,3^m lange und breite, vorn etwas gekrümmt zugespitzte, mit niedrigen Seitenrändern und unter einem Winkel von etwa 80^o gegen den Stiel aufwärts gekehrte Schaufel, welche bei geringer Wassertiefe zur Reinigung von Gräben, sowie auch zur Gewinnung von Sand aus Flüssen usw. gebraucht wird. Beim Gebrauch zum letztern Zweck hebt der Arbeiter den Stiel mit der leicht gefüllten Schaufel und lässt den Inhalt, über die Hinterbank der Schaufel fort, in das zu füllende Boot gleiten.

b. Schaufelbagger.

Vollkommener sind die mit Hilfe von Winden zu hebenden grössern, etwa 0,6 bis 0,8^m langen und breiten und um ein Scharnier am unteren Ende des Stieles drehbaren Schaufeln, z. B. die in Fig. 17 dargestellte sogen. Indische Schaufel. Um eine derartige Schaufel zu füllen, wird dieselbe in senkrechter Stellung auf den Grund fallend hinab gelassen, so dass sie in den Boden eindringt. Alsdann wird die über dem vorderen Stiele der Schaufel befestigte Kette langsam angewunden, wodurch die Schaufel sich im Grunde dreht und mit Boden füllt. Durch weiteres Drehen der Winde wird die Schaufel gehoben, wobei der Stiel zur Führung und schliesslichen Entleerung durch Kippen dient.

Fig. 17.



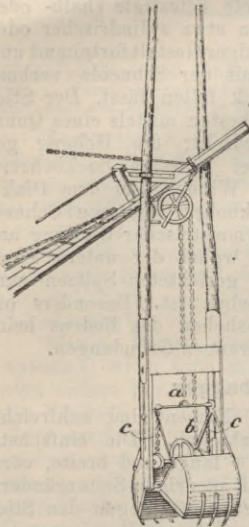
Eine noch weitere Vervollkommnung dieser Baggerschaufel besteht darin, dass die Schaufelfläche nach einem Kreisbogen vom Halbmesser des mit der Windenkette verbundenen Bügels gekrümmt ist, sich im Boden leichter dreht; beim Eindringen in den Boden wird durch einen Sperrhaken die senkrechte Stellung gesichert, sonach durch ein besonderes Seil jener ausgelöst.

Diese Arten von Baggerschaufeln sind ausser bei Ausführung von Senkbrunnen, auch beim Gewinnen von Ballast usw. in Gebrauch.

Aus den beschriebenen einfachen Formen sind mehrere verwickelter

Bauart hervor gegangen. Für senkrechte Hebung und Senkung werden 2 oder mehre Schaufeln mit ihren Schneiden einander zugekehrt, um sich in der Lösung und Hebung des Bodens gegenseitig zu unterstützen. Oder es erweitert die Schaufel sich zu einem kübelartigen Gefäß, welches sich mit seinem Stiele um einen hoch liegenden festen Punkt dreht, bis es über Wasser gebracht ist und entleert wird.

Fig. 18.

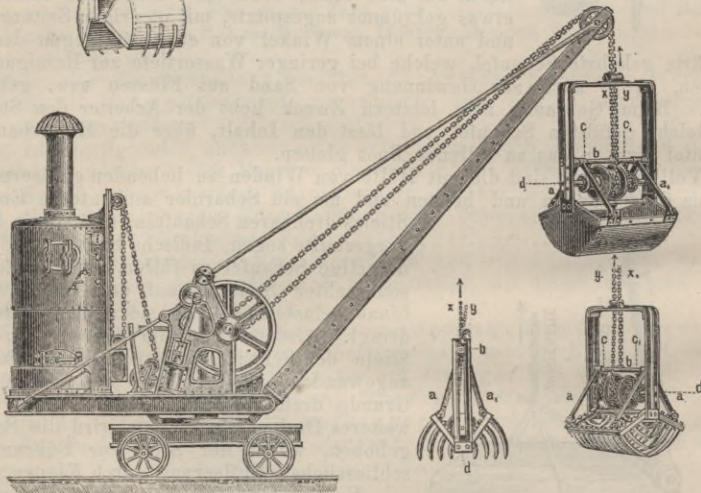


Erstere Anordnung findet sich zunächst bei dem, in ihrer Eigenart übrigens mehrfach wechselnden zweitheiligen Bagger, Fig. 18, der vom Schiff aus mittels eines langen Auslegers über die betr. Stelle des Grundes gebracht, dann mit einer Winde abgesenkt und durch lange Stangen etwas geführt, durch Anziehen besonderer Ketten geschlossen und endlich wieder von einer Winde gehoben wird.

Diese unter verschiedenen Namen, insbesondere als *Krahnbagger* gehenden Bagger-Apparate sind zum Vertiefen kleiner Flächen noch gut geeignet, weniger aber für ausgedehnte Baggerungen. Von denselben ist namentlich der von Priestmann in Hull und London, in Deutschland von Büniger & Leyrer in Düsseldorf gebaute, sehr bekannt geworden. Die Fig. 19 u. 20 zeigen den Greifer in geöffnetem und geschlossenem Zustande, nebst dem zugehörigen, auf Schienen laufenden Krahn. Der Greifer kann bis etwa 12^m Tiefe unter Schienengleis-Höhe arbeiten.

Es sind 2 Ketten *x* und *y* vorhanden, von denen

Fig. 19



x an einem zu beiden Enden mit Gleitklötzen versehenen Querstück *b* angreift, das in einem Rahmen gleitet. Auf diesem sind 4 Arme drehbar befestigt, welche zum Öffnen und Schliessen der Sektoren dienen, wenn *b* seine höchste Stellung einnimmt. Und zwar ist beim freien Hängen des Kübels derselbe geöffnet und wird erst geschlossen, nachdem er sich gefüllt hat. Dies geschieht durch Nachlassen der Kette *x* und Anziehen der Kette *y*, welche um eine Scheibe geschlagen ist, die mitten auf einer Achse *d* sitzt, welche ausserdem 2 kleinere Kettenrollen trägt. Wird *y* angezogen, so führt die Achse *d* eine

Drehung aus und es werden dabei beide Kettenenden aufgewickelt, welche über die erwähnten beiden kleinern Rollen geschlagen sind; dies Aufwickeln bewirkt den Schluss des Kübels, der sich nach vollzogener Hebung wieder öffnet, wenn die Kette y nachgelassen und x wieder in Spannung versetzt wird.

Die Umständlichkeit der Bedienung von zwei Ketten und die Anforderungen an die Geschicklichkeit des Maschinisten, wenn der Bagger eine gute Leistung liefern soll, haben Wild zu einer Konstruktion geführt, bei welcher die zweite

Fig. 20.

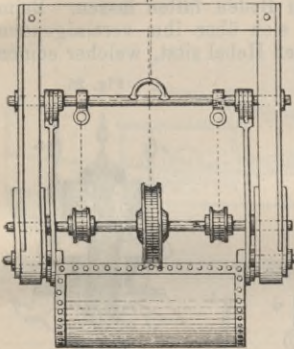


Fig. 21.

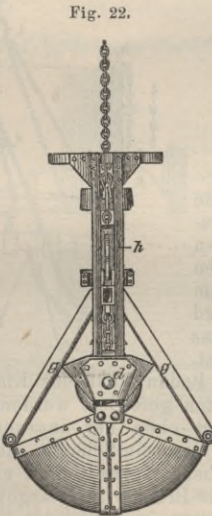
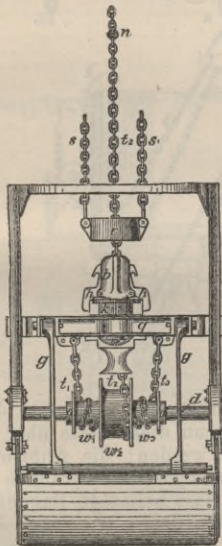


Fig. 22.

Fig. 23.

Kette in Fortfall gekommen, dafür jedoch ein Querhaupt verwickelter Konstruktion eingeführt ist. Fig. 21 und 22 stellen den gefüllten, im Aufsteigen begriffenen Kübel dar, an dem insbesondere die entgegen gesetzte Bewegung der Hauptkette t_2 , im Vergleich zu der der Ketten t_1 und t_3 zu beachten ist. Beim Aufwärtsgehen von t_2 wird der Kreuzkopf nach unten gezogen und nimmt seine tiefste Stellung ein; dieser Zustand ist in Fig. 24 im Schnitt dargestellt. Man ersieht aus dieser Figur, wie desgl. aus Fig. 25, die für denjenigen Augenblick gilt, in welchem der Kübel nahezu ganz geöffnet ist, endlich aus Fig. 26, welche die Lage der verschiedenen Theile des Kreuzkopfes für den Zustand der vollen Öffnung veranschaulicht, wie sehr verwickelt das mechanische Spiel ist, welches beim Betriebe durchgeführt werden muss, und welch grosse Anforderungen an die Genauigkeit der Bearbeitung der verschiedenen Hebel usw. zu stellen sind¹⁾.

Durch Auflösung der Kübelwände in eine Anzahl fingerartiger Stangen entstehen sehr wirksame Steinzangen, mit denen grosse bis 15^t schwere Steine aus dem Wasser gehoben worden sind (vergl. weiterhin).

Die Anwendung mehrerer Schaufeln, welche, geschlossen, in ihrer Gesamtheit eine Pyramide, oder ein Kugelsegment bilden, führt schliesslich zu dem als

¹⁾ Eine eingehende Beschreibung findet sich im Zentralbl. d. Bauverwaltg. Jahrg. 1885, S. 190.

„Exkavator“ bezeichneten Bagger von Milroy, Fig. 27. 8 Schaufeln hängen an einem unteren Kranze an Scharnieren, dringen senkrecht in den Grund ein und werden darnach mittels Ketten, die in der Nähe der Schneiden angreifen und an einem Kegel befestigt sind, angehoben. Der von den Schaufeln gemeinsam erfasste Erdkörper wird zunächst allein durch diese Ketten aufgewunden, so lange bis sich der Kegel in einen Ring legt, von welchem 8 Ketten nach dem unteren Kranze gehen; alsdann sind diese Ketten ebenfalls zum Tragen veranlasst. Sobald der ganze Apparat aufgewunden und seitwärts bewegt ist, wird er anderweit unterstützt, wonach durch Nachlassen der Hauptkette die 8 Schaufeln gleichzeitig ausgelöst werden und den Boden fallen lassen. Beim Hinablassen des Apparats wird der Ring, mit den sich über ihm vereinigenden Ketten in einen Haken gehängt, der an einem kurzen Hebel sitzt, welcher seinen

Fig. 24.

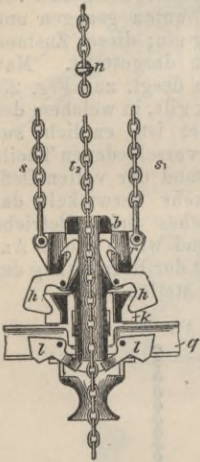


Fig. 25.

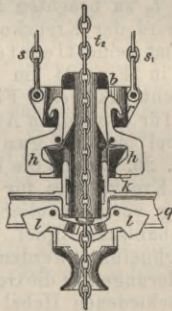


Fig. 26.

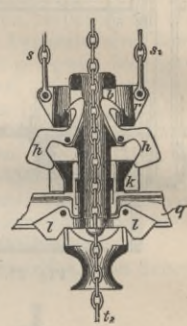
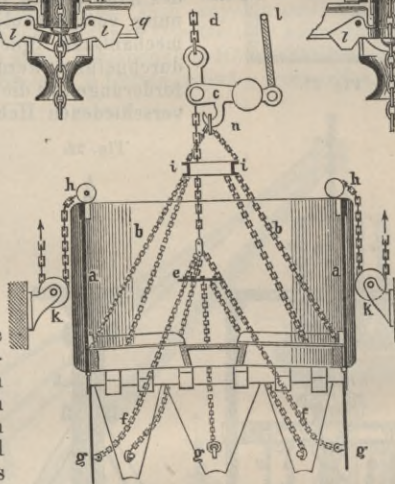


Fig. 27.



Drehpunkt an der Hauptkette findet. So lange der Ring gehoben ist, tragen diese Ketten den Apparat und sind die Ketten der Schaufeln schlaff. Nach dem Niederfallen des Apparats wird der Hebel angehoben, so dass der Haken den Ring frei lässt.

Beim Arbeiten in festem Boden kann das Eindringen der Schaufeln durch zwei seitlich angebrachte Ketten gefördert werden, wenn diese Kette über zwei feste Rollen geführt und von oben her angezogen werden; die Anbringung der Rollen setzt aber voraus, dass ein Schacht oder anderweite Führungen vorhanden sind. — Der beschriebene Apparat lässt eine fast beliebige Baggertiefe zu. Bei dem Bau der Clyde-Brücke in Glasgow ist damit ein gusseiserner Zylinder von 2,55 m Durchmesser in 7 Stunden mit 120 Hüben von etwa 20 m Höhe um 7,6 m gesenkt worden. —

Von den Baggern, welche mit einem löffelfartigen, an einem langen drehbaren Stiel sitzenden Kübel grosse Erdmassen auf ein mal heben, sei der Fig. 28, 29 dargestellte als Beispiel angeführt. Im Hafen von Triest¹⁾ ist derselbe mit Vortheil angewendet, um gleichzeitig Schlamm und grosse Steine zu baggern. Der Kübel hat 0,9 cbm Inhalt und entleert sich dadurch, dass der Stiel nach

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1876 u. Handb. d. Ingen.-Wissensch. Bd. III, Taf. LX

seiner Drehung und Hebung an einem Haken in der Nähe des Kübels exzentrisch zu seiner Längsaxe aufgehängt wird, so dass um letztere eine Drehung erfolgt und der Inhalt in einen Prahm fällt. Der durch Dampf betriebene Bagger hebt bei 10 m Tiefe noch 3 cbm steinigen und etwa 10 cbm weichen Boden in 1 Stunde, und bedarf 8 Arbeiter zur Bedienung.

Derselben Baggerart gehört der in Fig. 30 skizzirte Bagger an, welcher im Hafen von Drontheim, sowie bei einer Kanalanlage in Schweden¹⁾ gebraucht ward. Auf dem Vorderrande eines grossen Prahms steht ein krahnartiger Ausleger mit Gegengewicht, der sich um 150° drehen kann. Nicht weit

Fig. 28.

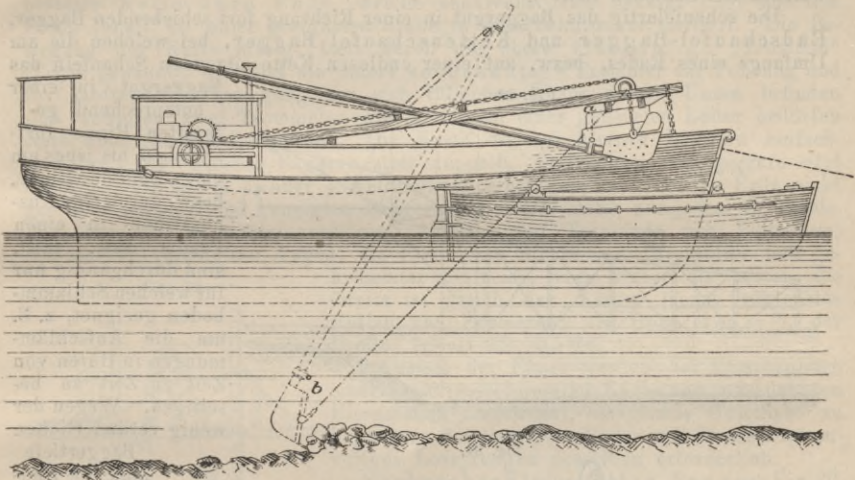
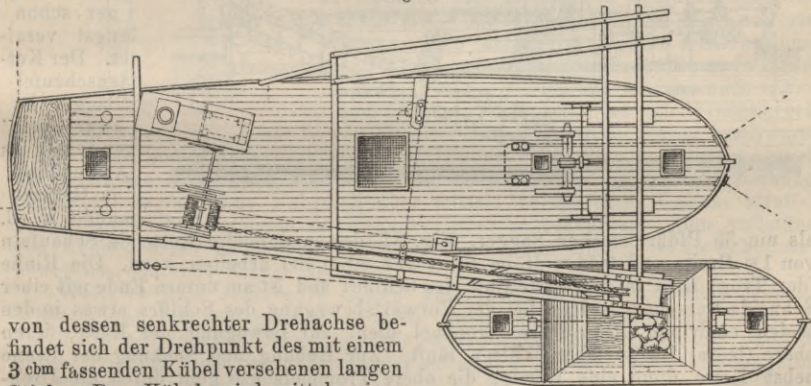


Fig. 29.



von dessen senkrechter Drehachse befindet sich der Drehpunkt des mit einem 3 cbm fassenden Kübel versehenen langen Stiels. Der Kübel wird mittels eines Flaschenzugs durch den zu fördernden Boden geführt und gehoben. Nachdem der Ausleger in die entsprechende Lage gedreht ist, wird eine am Kübel befindliche Klappe durch eine Kette geöffnet. Die zu dem Bagger gehörende Maschine hat 40 Pfdkr. Es sind mit diesem Bagger Steine bis zu 6 $\frac{1}{2}$ t Gewicht gehoben worden. — Der Prahm muss während der Baggerung fest verankert werden. —

Bei den ältern Stiel-Löffelbaggern, so wie bei den eben vorgeführten Baggern

¹⁾ Wochenbl. f. Bauk. 1884, S. 453.

wurde das gehobene Gut regelmässig mittels einer im Kübel oder Löffel angebrachten Klappe entfernt. Bei andern Baggern neuerer Bauweise dreht sich der ganze Kübel nach seiner Hebung um ein Scharnier. Es sind derartige, bis zu 3^{cbm} Inhalt des Kübels gebaute Bagger namentlich in Amerika auf Kanälen und in Häfen in Gebrauch.

Zu Baggerungen in Flüssen, um z. B. eine gleichmässige Vertiefung der Sohle herzustellen, sind sie nicht geeignet, obgleich ihr Wirkungsgrad im allgemeinen ein günstiger ist. Dagegen findet das System — ausser bei schwimmenden — auch bei Trockenbaggern, z. B. den von Proktor & Ruston ausgeführten, Anwendung. — Der ganze Apparat ruht auf einem Wagengestell, welches auf Schienen läuft¹⁾.

Die schaufelartig das Baggergut in einer Richtung fort schiebenden Bagger, Radschaufel-Bagger und Kettenschaufel-Bagger, bei welchen die am Umfange eines Rades, bezw. auf einer endlosen Kette sitzenden Schaufeln das

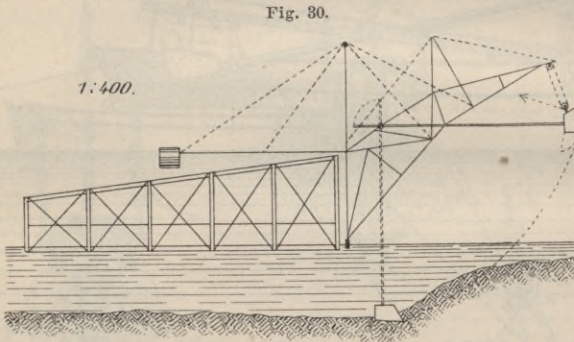


Fig. 30.

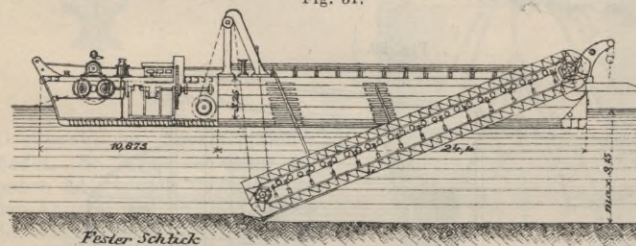


Fig. 31.

Baggergut in einer entsprechend geformten Rinne fortschieben, bis jenes am obern Ende der Rinne, bezw. durch eine Ausgussrinne in einen Prahl usw. fällt, sind durchgängig nur für weichen Schlamm- boden geeignet, z. B. um die Aufschlammungen in Häfen von Zeit zu Zeit zu beseitigen. Wegen der wenig veränderlichen

Baggertiefe sind die Radschaufel-Bagger schon längst veraltet. Der Kettenschaufel-Bagger ist zwar noch vereinzelt in Anwendung, in Geestemünde z. B.

als ein 35 Pfdkr. starker Bagger, Fig. 31, dessen doppelte Kette 64 Schaufeln von 1^m Breite und 0,44^m Höhe führt und 8,8^m tief arbeiten kann. Die Rinne (der Trog) liegt in der Mittellinie des Schiffes; und ist am untern Ende mit einer Schneide versehen, welche bei der Vorwärtsbewegung des Schiffes etwas in den Boden eindringt. Die obere Trommel dient zur Bewegung der Kette, deren obere (leere) Hälfte über Walzen läuft. Zur Hebung und Senkung der Rinne nebst Kette dient eine Winde; die obere Trommelachse geht durch die Drehachse frei hindurch. 4 sogen. Spille dienen zum beliebigen Hin- und Herbewegen des Schiffes, um eine gewisse Fläche gleichmässig zu vertiefen. Die Förderung ist etwa 100^{cbm} in 1 Stunde und die Anschaffungskosten betragen 120 000 *M.* Obwohl dieser etwa 1860 gebaute Bagger für die Baggerung von Schlick günstiger wirkt als Eimerketten-Bagger, so ist er für denselben Zweck in neuerer Zeit doch durch die sogen. Pumpen-Bagger weit übertroffen worden.

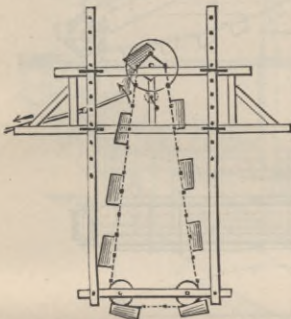
¹⁾ Ueber sonstige Arten dieses Systems vergl. Handb. d. Ingen.-Wissensch. Bd. IV.

c. Eimerketten-Bagger.

Die Eimerketten-Bagger sind bis jetzt die gebräuchlichsten Bagger; sie gestatten die grösste und auch vielseitigste Anwendung. Es sind entweder schwimmende Bagger, welche in dieser Form für den Kanal-, Fluss-, See- und Hafenbau unentbehrlich sind, oder auch Bagger, welche mittels Wagenstell auf Gleisen laufen und alsdann als sogen. Trockenbagger besonders zum Fördern der Erde aus Einschnitten aller Art dienen¹⁾. In seltenen Fällen, z. B. bei Senkbrunnen ist das Baggergestell unbeweglich.

Den wesentlichsten Theil dieser Bagger bildet die mit eisernen Eimern besetzte Kette ohne Ende, welche senkrecht oder geneigt liegt und den Eimer-Inhalt an einer geeigneten Stelle in eine Schüttrinne entleert. Die Bewegung der Kette erfolgt stets durch die obere vierkantige „Trommel“ (Turas genannt), während die untere sechskantige Trommel zur Führung und zur sanftern Fortbewegung der sich füllenden Eimer dient. Unten befinden sich zuweilen zwei Trommeln; die Ketten an einer geneigten Leiter bedürfen stets eine Anzahl Leitrollen. Die Kette ist bei kleinen Baggern einfach, aber breit, bei grossen Baggern stets doppelt. Bei senkrechten Baggern sitzt meist nur auf jedem 3. oder 4. Kettengliede ein Eimer (da sonst die Erde nicht gut aufzufangen), bei geneigten Baggern ein Eimer meist auf jedem 2. Gliede. Die Glieder sind unten gradling (Auflager auf Trommeln und Leitrollen) mit starken verstärhten Augen, die Eimer von Blech, mit verstärhter und gekrümmter Schneide, vorn weiter als hinten; die Breite ist gleich der Länge (sonst schlechtes Füllen und Entleeren), die Höhe etwa = $\frac{3}{4}$ der Breite; Inhalt 0,2—0,5 cbm.

Fig. 32.



Anstatt der Eimer werden bei Flussbaggern einzeln oder ausschliesslich Körbe aus angespannten Eisenstäben eingesetzt, um grobes Geschiebe zu baggern. Bei thonigem Boden mit Steinen ist zu- voriges Lossprengen desselben erforderlich.

Senkrechte Eimerketten-Bagger, Fig. 32, auf Schiffen oder zwischen 2 Schiffen angeordnet, werden meist nur für Gründungen, z. B. in Mörtelgruben, sowie auch für kleinere Unterhaltungsarbeiten in Kanälen usw., dabei auch nur in kleinen Abmessungen verwendet und alsdann noch mit der Hand betrieben: 4 Arbeiter an den Windekurbeln, 1 für die Schüttrinne, 1 zur Bewegung des Schiffes. Letzteres ist zu beschweren, wenn fester Boden gebaggert werden soll, sonst hebt sich das Gatter und die Eimer bleiben leer. Diese sind klein; die Kette ist des geringeren Reibungsverlustes wegen ohne Führung, aber mittels verstellbaren Gatters straff zu halten und nach Umständen zu verlängern oder zu verkürzen. Zum vollständigen Auffangen der Erde beim Umkippen des obersten Eimers ist die Schüttrinne beweglich oder mit Klappe versehen.

Weiteres über senkrechte Bagger unter „Grundbau“; doch mag dem dort Mitgetheilten hier nachgetragen werden, dass man die senkrechten Bagger dadurch für sehr verschiedene Baggertiefen brauchbar eingerichtet hat, dass das untere Trieb an einer Schraubenspindel befestigt ward, welche eine Verlängerung der Baggerleiter ermöglicht.

Von Gebrüder Schultz in Mainz werden senkrechte Bagger gebaut, deren Leiter wie vor angegeben verlängert und ausserdem nach Belieben, senkrecht oder geneigt gestellt werden kann. Mit Schiff und 10pferdiger Dampfmaschine kosten dieselben 36 000 M.

Eimer-Ketten-Bagger mit geneigter Kette, für Fluss- und Hafenbau, werden stets vom Schiffe aus, und meist mit Dampf betrieben. Die Eimer

¹⁾ Z. B. auch zum Ausheben künstlicher Flussbetten, wie bei den Donauregulierungs-Arbeiten in Wien; vergl. D. Bauzeitg. 1873.

sind gross, die obere Kettenhälfte wird durch die sog. Leiter geführt, welche zugleich die obere und untere Trommel trägt. Die Leiter, deren Achse ideell mit der hindurch gehenden Achse der obren Trommel zusammen fällt (um ein Ausrücken der Zahnräder zu verhüten), und dazu hohl gemacht ist, ist oben in festen Lagern drehbar, unten durch eine Winde (hoch über dem Deck) beliebig zu heben und zu senken, und zwar bei grossen Baggern möglichst rasch durch Einrücken eines Zahnrades mittels Dampfkraft.

Zuweilen erhält ein Bagger zwei Leitern und Ketten; man erreicht dadurch aber nur ungleichmässiges Arbeiten, schwierigeren Betrieb und geringere Leistung; besser ist es, eine Leiter in der Mittellinie des Schiffes anzurorden. Für Kanal- und Hafengebaggerung wird die Leiter mit dem unteren Ende unter dem

Fig. 33.

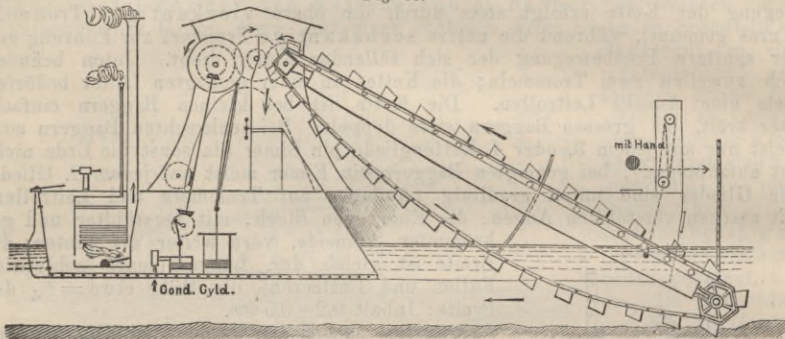


Fig. 34.

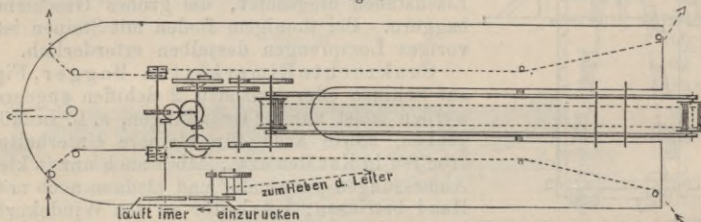
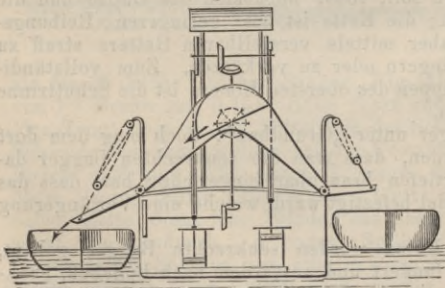


Fig. 35.



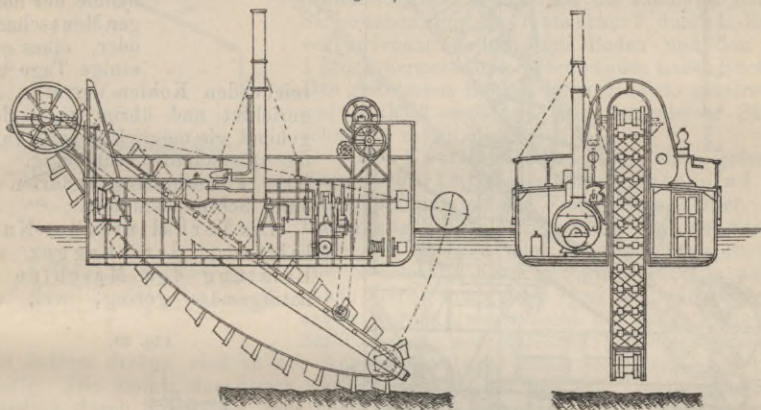
Schiff und die Ausschüttung am hintern Ende des letztern angeordnet; der Betrieb wird dadurch im ganzen einfacher und billiger, es ist aber mindestens eine Wassertiefe = dem Tiefgange des Schiffes nöthig. Für Flussbagger ist es zweckmässiger, die Leiter mit dem untern Ende vorn vor das Schiff vortreten zu lassen (Fig. 33 bis 35) und die Ausschüttung etwa in der Mitte des Schiffes durch eine quer gelegte Schüttrinne abwechselnd nach der einen oder andern Seite zu bewirken. Die Schüttrinne erhält oben eine Drehklappe, unten Gelenke zum Unterfahren der Prähme. Sie muss bei festem Boden um $40-50^{\circ}$ geneigt sein (event. ist bei geringerer Neigung Wasser zuzuführen), daher ist eine hohe Lage der oberen Trommel und eine lange Leiter erforderlich. Man kann mit solchen Baggern aber selbst über Wasser arbeiten, also z. B. auch Sandbänke usw. durchgraben.

Die Leiter wird durch Gleitschienen seitlich geführt und erhält entweder am unteren Ende einen bis über Wasser reichenden Maassstab; oder es ist die Tiefe ihres untersten Punktes anderweitig durch die grössere oder geringere Neigung erkennbar zu machen. Die untere Kettenhälfte hängt lose (bei sehr kleinen Baggern wegen Mangel an Gewicht straff), so dass etwa 2—3 Eimer den Boden gleichzeitig berühren. Hängt die Kette zu schlaff, so geschieht die Bewegung ruck- und sprungweise; hängt sie zu straff, so werden die Eimer nicht gut gefüllt.

Die beste Geschwindigkeit der Kette ist $0,20-0,25 \text{ m}/1 \text{ Sek.}$ — Die Uebertragung der Bewegung muss so geschehen, dass nicht zu starke Stösse auf das Triebwerk kommen; deshalb schaltet man entweder Friktionsseiben oder ein Zahnrad mit Holzkämmen ein, welche bei einem gewissen, zu grossen Widerstande zerstört werden.

Um mit solchen Eimer-Ketten-Baggern eine gewisse Fahrrinne, z. B. in Flüssen, vor Häfen usw. gleichmässig tief zu baggern, ist erforderlich, dass das Baggerschiff sich der Quere nach über diese Rinne hin und her bewegt, so dass schmale Querstreifen des Bodens hinter einander ausgehoben werden. Längsstreifen lassen sich erfahrungsmässig nicht gleichmässig und nicht dicht genug neben einander baggern. Nur in ganz engen Fahrwassern, wo die Querbewegung nicht ausführbar, findet Längsbaggerung statt. Auf Flüssen ist ferner das Fort-

Fig. 36, 37.



schreiten der Baggerung von unten nach oben unbedingt nothwendig, und zwar weil alsdann durch den Zug des flussaufwärts liegenden Hauptankers die Baggerleiter gegen den Baggergrund gedrückt wird und weil ferner, wegen der nach unten hin steil abfallenden Sandbänke die Baggererimer sich besser füllen als beim umgekehrten Fortschreiten der Baggerung.

Es ist daher jedes Baggerschiff zunächst nach oben hin mit einem Hauptanker zu versehen, dessen lange, durch kleine Flösse oder dergl. unterstützte Kette mit der Hand oder durch Dampfkraft jedes mal erst um ein geringes Maass (20—30 cm) angewunden wird, wenn der Bagger den Weg der Quere nach völlig zurück gelegt hat. Die Querbewegung wird mittels je 2 zu jeder Seite des Baggerschiffs ausgebrachter Queranker-Ketten, von denen fortwährend die zur einen Seite gehörenden aufgewickelt und gleichzeitig die der anderen Seite abgewickelt werden, bewirkt. Diese Bewegung geschieht auf allen grösseren Dampfbaggen von der Dampfmaschine aus und beträgt etwa $3-4 \text{ cm}$ in 1 Sek. In Fig. 34 sind die Queranker-Ketten punktirt angegeben; die Querbewegung geschieht von einer einzigen Stelle aus, an welcher 4 Winden aufgestellt sind.

Bagger, die im Fluthgebiet zu arbeiten haben, erhalten auch noch am

Hintertheil des Schiffes einen Anker, welcher während der Fluthzeit das Schiff hält, während der vordere Anker unwirksam ist. Dabei drückt der Fluthstrom die Baggerleiter gegen den Baggergrund; das Drehen (Schwojen) des Schiffes würde zu unständiglich sein.

Die Bagger-schiffe werden jetzt fast nur noch aus Eisen hergestellt, da erfahrungsmässig hölzerne wegen der mit dem Dampfmaschinen-Betriebe verbundenen Wärmeeinwirkung sehr bald faulen und grossen Reparaturen unterworfen sind. Sie sind meistens noch zur Aufnahme der nöthigen Mannschaften oder eines für einige Tage aus-

reichenden Kohlen-Vorraths eingerichtet und übrigens so flach gehend wie möglich gebaut, daher im Querschnitt rechteckig. Zu ihrer Fortschaffung bedürfen sie eines Schleppdampfers.

Das Verhältniss der Nutzleistung der Bagger zur Leistung der Maschine ist naturgemäss gering, weil ein-

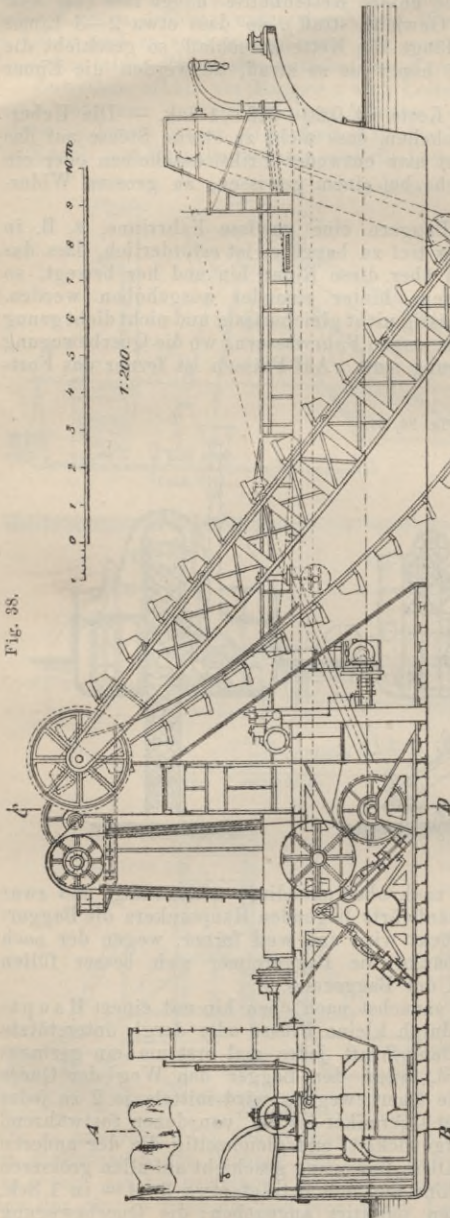


Fig. 38.

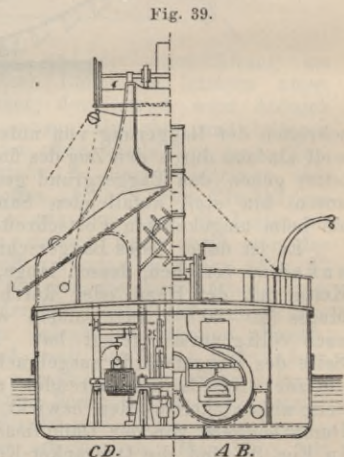


Fig. 39.

mal der Mechanismus des Baggers schwer ist, grosse Bewegungs-Widerstände stattfinden und sodann, weil beträchtliche Wassermengen gleichzeitig mit dem

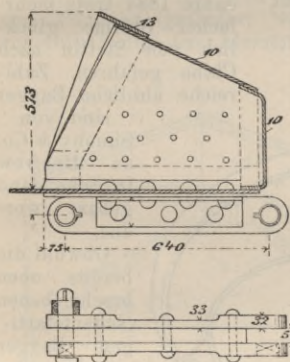
Baggergut gehoben werden müssen. Ungünstig ist es ferner, dass das Baggergut, um bequem ausschüttbar zu sein, auf eine grössere als die sonst genügende Höhe gefördert werden muss; dieses Mehrerforderniss an Hubhöhe fällt namentlich bei geringen Baggertiefen erheblich, bei grossen etwas weniger ins Gewicht. Ein grosser Theil der Maschinenarbeit wird übrigens auch auf Lösung des Baggerbodens verwendet; nach der Beschaffenheit des Bodens ist dieser Theil in hohem Grade wechselnd. Angenähert soll man auf die Ueberwindung der Reibungs-Widerstände 33% der Maschinenleistung rechnen und von den verbleibenden 67% je die Hälfte auf Lösung, bezw. Heben des Baggergutes. Diese Zahlen haben jedoch nur für mittlere Baggertiefen (etwa 5 m) und mässig festen Boden einige Geltung, bei andern nicht.

Aehnlich verhält es sich mit Angaben über Förderungen der Bagger, bezogen auf die Einheit der Maschinenkraft; mehrfach ist die Leistung für 1 Pfdkr. und Stunde auf 3–5 cbm Bodenförderung angegeben worden; bei 10 m Hubhöhe kann man aber als gute Leistung nur 1,5–2 cbm rechnen.

Darstellungen einiger Bagger geben die Fig. 33–39. —

Hinsichtlich der Eimer und Kettenglieder, welche sehr abnutzungs-fähige, bezw. zerbrechliche Theile der Baggermaschinen bilden, und von deren zweckmässiger Ausführungsweise die dauernde Leistungsfähigkeit der Bagger daher sehr beeinflusst wird, sei hier noch Folgendes mitgetheilt:

Fig. 40, 41.



Die Eimer sind für klebige Bodenarten nach hinten enger zu formen als für sandigen Boden. Sie bestehen, Fig. 40, 41, meist aus 3, durch L-Eisen verbundenen Theilen: dem Boden und den aus 1 Stück hergestellten Seitenwänden nebst Rücken. Der gekrümmte Rücken ist vorn etwas geschweift und enthält meistens eine angenietete Stahlschneide, selten Zinken.

Die Kettenglieder (bei den grössten Baggern bis 1 m lang) sind abwechselnd für die Verbindung mit den Eimern eingerichtet. Die Entfernung der Gelenke muss genau der Seitenlänge der Prismen oder Trommeln entsprechen, über welche die Kette geführt wird; die aufliegende Fläche muss ganz eben sein. Die Gelenk- augen werden (wenn nicht die ganze Kette aus Stahl besteht) mit stählernen Büchsen versehen.

Die Bolzen drehen sich in den Augen nicht, sind daher an einem Ende vierkantig. Die Böden der Eimer werden meistens mit den betr., breit geformten Gliedern durch Schrauben oder auch Nieten verbunden. Trotz aller Vorsicht dabei lockern sich jedoch die Schrauben; sie greifen die Festigkeit des Bodens sehr an und erschweren auch das Ausschütten des Baggergutes.

An den neuern Baggern in Bremen und Hamburg sind deshalb Boden und Kettenglieder aus einem einzigen Gussstahlstück hergestellt, Fig. 42–45; doch ist man auch wieder zu mehrtheiliger Ausführungsweise übergegangen, wie in Fig. 46, 47 angegeben, die im übrigen hinsichtlich der Form des Eimers wesentliche Verbesserungen gegen die Eimerformen Fig. 40–45 zeigt.

Die grösseren Baggereimer neuerer Bagger fassen reichlich 0,5 cbm, die allergrössten, z. B. jetzt bei dem Panama-Kanal in Verwendung stehenden, 1 cbm¹⁾. Man kann aber wegen unvollkommener Füllung, Wasserantheil und wegen sonstiger Verluste nur etwa 0,4–0,6 des Eimerraumes als das wirkliche Durchschnitts-Maass der Füllung rechnen.

Um auch noch bei mässigem Wellenschlage, wobei ein kurzes Schiff zu heftige Bewegungen machen würde, baggern zu können, z. B. vor Hafeneinfahrten, in Flussmündungen usw., sind seit 1857 (und zuerst für Havre) Bagger in Form gewöhnlicher Seeschiffe gebaut, welche bei einer Länge von

1) *Scientif. American*, 1885.

Fig. 42—45.

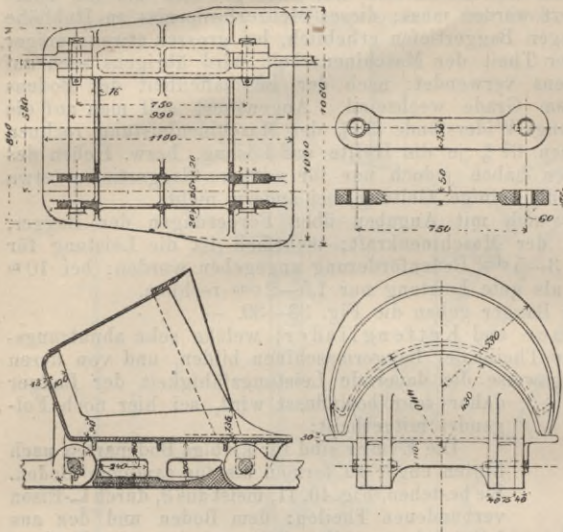
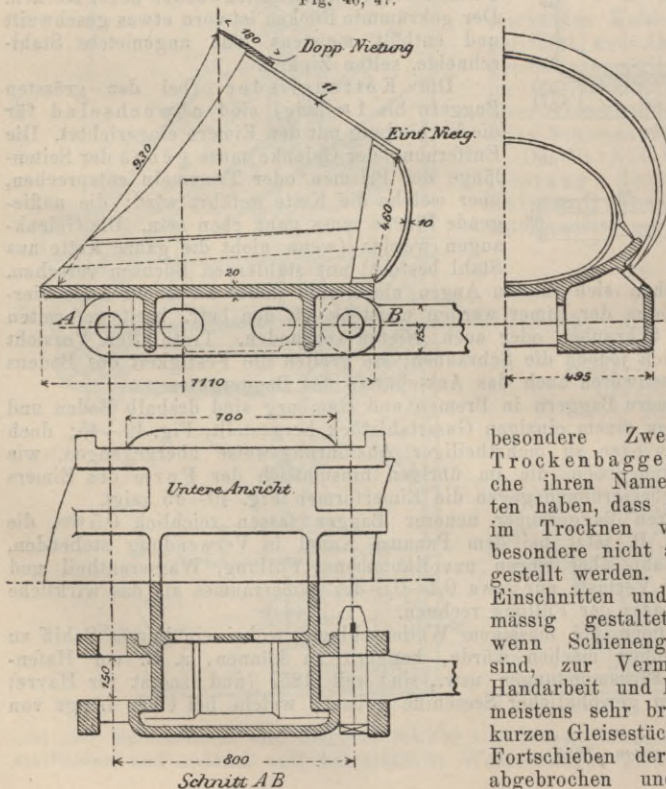


Fig. 46, 47.



60 m und darüber die zur Bewegung erforderlichen Einrichtungen, also Segel, Takelage sowie Schraube, Steuer usw. besitzen, auch selbst das Baggergut aufnehmen und letzteres, gleichwie die, weiter unten zu beschreibenden Baggerprähme, durch Bodenklappen an geeigneten Stellen im Wasser versinken lassen. Ein solcher von der Fabrik „Vulkan“ in Stettin gebauter Dampfbagger von 1336 t Displacement und 400 Pfdkr. der Maschine ist im Jahre 1884 trotz mehrfacher Stürme glücklich von Stettin nach China gefahren. Zahlreiche ähnliche Bagger

sind von Simons & Co. zu Renfrew in Schottland gebaut worden. —

Obwohl die bereits oben beschriebenen schaufelartigen Bagger sowohl unter Wasser als auch über Wasser oder im Trocknen arbeiten können, werden doch für

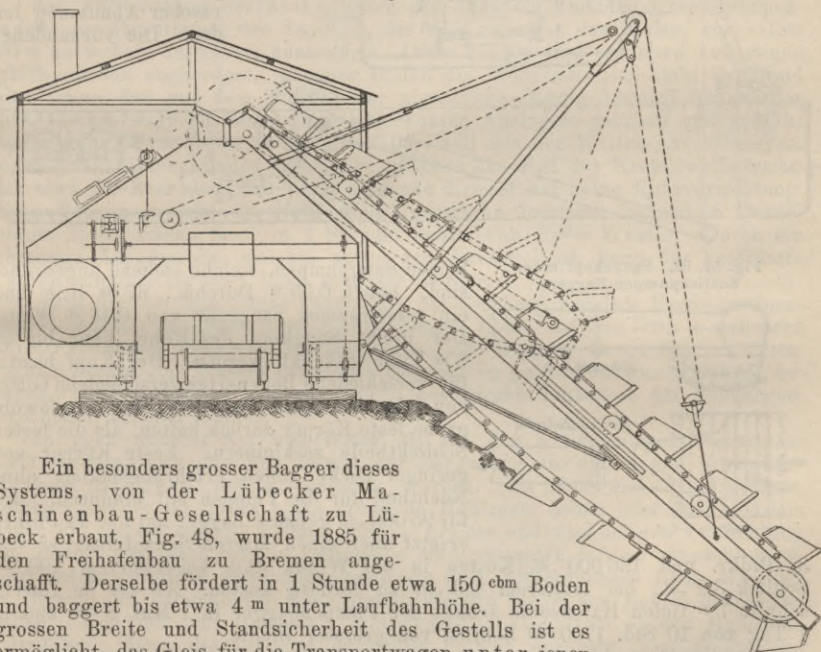
besondere Zwecke besondere Trockenbagger erbaut, welche ihren Namen davon erhalten haben, dass sie vorzugsweise im Trocknen verwendet, insbesondere nicht auf Schiffen aufgestellt werden. Sie dienen in Einschnitten und anderen regelmäßig gestalteten Baugruben, wenn Schienengleise verlegbar sind, zur Vermeidung theurer Handarbeit und laufen auf einem meistens sehr breiten, aber nur kurzen Gleisstück, welches beim Fortschieben der Arbeit hinten abgebrochen und vorn weiter

geführt wird. Eigentliche Transportgleise laufen alsdann nebenher oder auch in dem breitspurigen Gleise selbst, wozu der Bagger entsprechend gebaut sein muss.

Eine in England besonders gebräuchliche Art ist der Bagger von Ruston, Proctor & Co., bei welchem ein Kübel an langem Stiel (ähnlich wie in Fig. 28) von einem krahnartigen Gestell von unten nach oben behufs der Füllung bewegt, sodann über den Transportwagen gedreht und endlich mittels einer Bodenklappe in diesen entleert wird. Der Kübel fasst meistens $0,6 \text{ cbm}$; der Bagger hebt bei 10 Pfdkr. etwa 50 cbm schweren Boden in 1 Stunde und kostet etwa 24 000 *M.*

Die Eimerkette ist auch bei den Trockenbaggern bis jetzt diejenige Ausführungsweise, welche die grössten Leistungen gestattet und in neuester Zeit auch die häufigste Anwendung findet. Derartige Bagger, von Couvreux konstruirt, fanden schon in den Jahren 1866—1869 beim Bau des Suezkanals erfolgreiche Anwendung, später in den 70er Jahren auch wieder bei Ausführung des grossen Donau-Durchstichs bei Wien. Der Exkavator nach System Couvreux lief hier frei auf einem Gleis aus 3 Schienen und neben demselben bewegten sich auf besonderm Gleis die Transportwagen. Auf dem Wagenstell sind 2 Maschinen von je 3 und 25 Pfdkr. angebracht, wovon die kleinere zum Fortbewegen des Wagens dient. Bei einer Hubhöhe des Bodens von durchschnittlich 5 m sind nach mehrjährigem Durchschnitt $4,7 \text{ cbm}$ pro Stunde und Pferdekr. gefördert worden, wobei zu bemerken ist, dass das Baggergut vollständig aus kleinen Geschieben von grosser spezif. Schwere bestand.

Fig. 48.



Ein besonders grosser Bagger dieses Systems, von der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft zu Lübeck erbaut, Fig. 48, wurde 1885 für den Freihafenbau zu Bremen angeschafft. Derselbe fördert in 1 Stunde etwa 150 cbm Boden und baggert bis etwa 4 m unter Laufbahnhöhe. Bei der grossen Breite und Standsicherheit des Gestells ist es ermöglicht, das Gleis für die Transportwagen unter jenen durchzuführen, wodurch das Ausschütten der Eimer im Vergleich zu der bei der Anordnung von Couvreux erleichtert ist. An demjenigen Eimer, der in der Skizze die unterste Stellung einnimmt, ist zu ersehen, wie die Eimer mit der Kette verbunden sind. Sobald der oberste, oder aufsteigende Eimer in die

Lage des einzigen senkrecht stehenden Kettengliedes neben der oberen Trommel gekommen ist, rutscht die Füllung desselben rückwärts aus dem gekrümmten Ende des Eimers und fällt durch die Schüttrinne in den Wagen. Um durch die selbstthätige Fortbewegung des ganzen Gestells und die Arbeit der Eimer keine schädlichen Spannungen in den Tragketten der Eimerleiter zu erzeugen, ist jene mit 4 Federn versehen. Weiteres über Trockenbagger wird im Abschnitt über Erdarbeiten mitgetheilt werden.

d. Pumpenbagger.

Dieselben entstammen der neueren Zeit und sind zuerst im Jahre 1859 im Hafen von St. Nazaire als Kolbenpumpen-Bagger zur Anwendung gekommen. Ihrer Einführung liegt das Bestreben zugrunde, die bewegten Theile der Maschine möglichst leicht zu halten, um dadurch sowohl die schädlichen Widerstände als auch die Abnutzung einzuschränken.

Aehnlich wie jener Bagger von St. Nazaire ist im Jahre 1876 für Bremerhaven der in Fig. 49, 50 dargestellte Kolbenpumpen-Bagger ausgeführt worden, welcher sich vorzüglich bewährt hat. Er dient zwar nur zur Beseitigung von

Fig. 49, 50.

weichem Schlick, kann jedoch auch ziemlich festen Thonboden baggern. In Sandboden dagegen würde er, wie wohl alle Kolbenpumpen-Bagger, an zu rascher Abnutzung leiden. Die vorhandenen

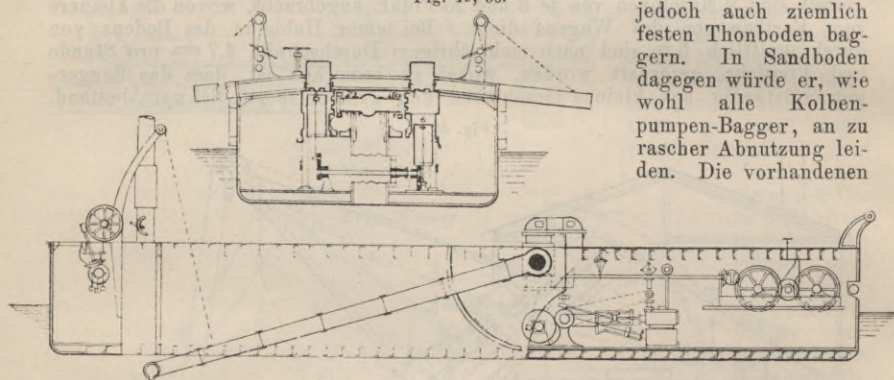
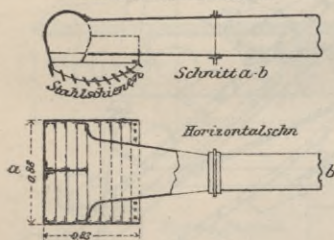


Fig. 51, 52. Saugkopf eines Schlickpumpen-Baggers.



beiden Saugpumpen, welche stehend angeordnet sind, haben 0,55 m Durchm., 67 cm Hub und ein gemeinsames Saugrohr von 0,46 m Weite. Der breite Saugkopf des Rohrs kann bis zu 8 m Tiefe gesenkt werden. Der Kopf besitzt für verschiedene Bodenarten verschiedene Gitter von jalousieartiger Ausführung, welche sowohl grobe feste Körper zurück halten, als die festen Schlicktheile zerkleinern. Feste Körper von geringer Dicke gehen erfahrungsmässig ohne Nachtheil für die Pumpen mit hindurch. Der für 95 000 M. gebaute Bagger hat nur 24 Pfdkr., ersetzt aber einen älteren Schaufelbagger von

35 Pfdkr. und 136 000 M. Kosten in der Weise, dass bei ersterem 100 cbm Schlick 3,2 M., bei letzterem 8,3 M. zu fördern kosten. An der im Durchschnitt 7 m tiefen Hafensohle schafft der Pumpenbagger in 1 Min. 8 cbm und in 1 Tag von 10 Std. 1700 cbm Schlick von grösster Dichte.

Der in Deutschland zuerst im Jahre 1872 auf der Oder probirte und von Seydel in Berlin konstruirte Kreisel pumpen-Bagger ist im Gegensatze zum oben beschriebenen sowohl für weichen Boden als auch für groben Sand anwendbar, und hat ebenfalls gegenüber dem Eimerketten-Bagger eine wesentlich höhere Nutzleistung. Anfangs wurde der Kreisel nahe am untersten Ende eines, wie bei dem Kolbenpumpen-Bagger zu bewegendes Rohres angebracht, welches also nur auf kurze Länge Saugrohr und in grösserer Länge Druck-

oder Steigrohr war, wogegen bei neuern Baggern der Kreisel meistens eine höhere Lage erhält, und zwar entweder noch in einem beweglichen Rohre oder auch auf einem festen Gestell; in letzterm Falle ist bei etwaigen Beschädigungen oder Störungen am leichtesten Abhilfe zu schaffen. Das Saugrohr ist dann seitlich von dem Kreiselgehäuse angebracht und um einen Kreuzkopf drehbar, auf welchem auch das Betriebs-Zahnrad steckt. Für Bremen ist im Jahre 1881 ein solcher Bagger gebaut worden, der vorzugsweise zur Aufräumung kleiner Binnengewässer benutzt wird. Er fördert sowohl Sand als auch Thon, Moor und Schlamm und zwar vermöge seines beweglichen Ausgussrohres unmittelbar aufs Ufer. Ein grösserer Bagger ist für die Unterweser angeschafft worden.

Bei festen Bodenarten bedarf jeder Kreiselpumpen-Bagger — der überhaupt nur aufsaugend wirken kann — eines Schneide-Apparats, um den Boden zu lösen. Bei den älteren Baggern befand sich meist ein schrauben- oder sichelförmiger, dabei mehrflügeliger Apparat am äussersten Ende der Kreisel-Achse. Damit die Bewegungen von Kreisel und Rührer oder Vorschneider unabhängig von einander seien, trennte man sie für einen 1878 von Schichau in Elbing gebauten 40 Pfdkr. grossen Bagger so, dass die Vorschneide-Welle die Kreiselwelle lose umgiebt und erstere nur 100 Umdrehungen in 1 Min macht, wogegen jene etwa 550mal umläuft. Endlich hat man die Vorschneider paarweise neben der Mündung des Saugrohres angeordnet, wie dies bei dem oben erwähnten Bremer Bagger der Fall ist, welcher ohne die ihn treibende Lokomobile nur 9500 *M.* gekostet hat. Dabei leistet derselbe in 1 Stunde die Förderung von 15 ^{cbm} festem Boden bei 4^m Hubhöhe.

Am Amsterdamer Seekanal arbeiten seit 1875 bei Ymuiden Kreiselpumpen-Bagger zur Beseitigung des Sandes, der sich zwischen den Molen, und selbst 200^m ausserhalb derselben, ansammelt. Diese Bagger sind auf alten kuffartigen Schiffsgefässen angeordnet, in denen hinten die Dampfmaschine steht, während vorn, ganz frei vor dem Schiffe, der eigentliche Bagger-Apparat hängt, der mittels eines wagrecht angeordneten drehbaren Auslegers gehoben und gesenkt werden kann. Sein oberer Drehpunkt fällt ideell mit der Wellen-Axe eines fest liegenden konischen Rades zusammen, welches das Rad der Kreiselwelle treibt. Der etwa 5^m über dem Saugkopfe liegende Kreisel hat keine Rührvorrichtung. Diese Bagger, welche 32 Pfdkr. Maschinenstärke besitzen, liefern im Durchschnitt 75 ^{cbm} reinen Sand in 1 Stunde, nebst etwa 25 ^{cbm} Wasser. Durch ein biegsames Ausgussrohr, welches neben dem Kreisel liegt, kann das geförderte Material unmittelbar aufs Land geschafft werden.

Auch der bei dem Swine-Durchstich bei Caseburg benutzte Kreiselpumpen-Bagger schüttet den Sand mittels eines langen Rohrs auf dem Ufer in mehreren 100^m Entfernung aus, wie überhaupt diese Art Bagger, da sie das mit einem starken Zusatz von Wasser gemischte Material in geschlossenen Röhren bewegen, unter manchen Umständen einen besonderen Transport des Baggerguts entbehrlich machen können.

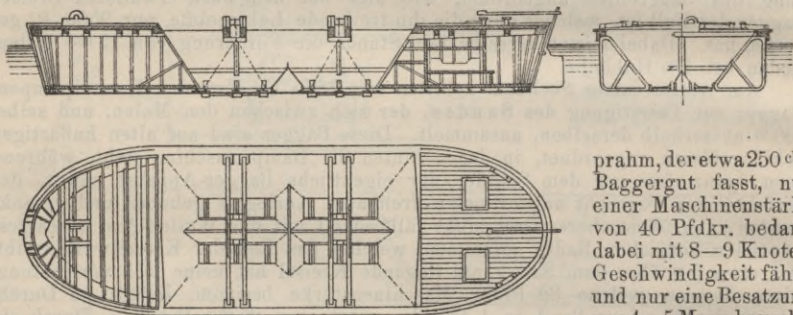
In noch anderer Art und Weise als bei den Kreiselpumpen-Baggern ist Luftverdünnung für den Zweck der Baggerung in den sogen. pneumatischen Baggern nutzbar gemacht worden. Es sind dies Schiffsgefässe, welche entweder im Boden einen grösseren Hohlraum haben oder auch auf dem Boden ein Gefäss tragen, welches mittels Einlass und nachheriger Verdichtung von Dampf oder auch mittels Luftpumpe einigermaassen luftleer gemacht wird. Beim raschen Oeffnen eines Bodenventils in dem luftverdünnten Raum wird der im Bereich des Saugkopfes eines anschliessenden biegsamen Rohres befindliche Boden durch den mit Heftigkeit eintretenden Wasserstrom in den Hohlraum mitgeführt. Dass die Leistung derartiger Bagger nur eine beschränkte sein kann, hat ihrer Anwendung in Amerika, wo dieselben vor etwa 10 Jahren mehrfach verwendet wurden, anscheinend wieder ein Ziel gesetzt.

e. Fortschaffung des Baggergutes.

Abgesehen von dem Falle, wo Pumpenbagger zur Anwendung kommen, wird man zur Fortschaffung des Baggerguts selten die Hülfe von Prähmen entbehren können, sei es, dass diese das Baggergut unmittelbar zu einer geeigneten Ablagerungsstelle führen, sei es, dass sie bei der Aufstellung von Hülfeinrichtungen dienen, mittels deren das Baggergut ans Land gebracht wird. Unvorthellhaft ist die Benutzung von Prähmen dann meist, wenn die Erde von Hand wieder ausgeworfen werden muss, weil die Kosten dieser Leistung etwa eben so gross sind, als die der Baggerung selbst.

Prähme zur unmittelbaren Fortschaffung des Baggerguts haben entweder Seiten- oder Bodenklappen, werden meist aus Eisen flachgängig und sehr breit gebaut und je nach der Grösse mit 2—4 Mann zum Fortbewegen besetzt. Günstiger ist jedoch die Vereinigung zu ganzen Schleppzügen, an deren Spitze sich ein Dampfer setzt. Bei Massen-Baggerungen werden die Prähme wohl mit eigener Maschine ausgestattet, um selbständig in ihrer Bewegung zu sein; dies ist dann von besonderm Nutzen, wenn das Baggergut durch gefährliche Fahrwasser oder weit hinaus in See geschafft werden muss. Der Transport mit selbstthätigen Prähmen ist auch ökonomisch vorthellhaft, weil ein Dampf-

Fig. 53, 54, 55. Prahm mit Bodenklappen.



prahm, der etwa 250 cbm Baggergut fasst, nur einer Maschinenstärke von 40 Pfdkr. bedarf, dabei mit 8—9 Knoten Geschwindigkeit fährt und nur eine Besatzung von 4—5 Mann braucht.

Prähme dieser Art sind auf der Clyde und Tyne sowie bei der Unterweser-Korrektion zahlreich in Anwendung.

Während bei Prähmen ohne selbständige Bewegung das Oeffnen und Schliessen der Klappen mittels einfacher, aber kräftig zu bauender Handwinden erfolgt, Fig. 53, 54, 55, wird bei Prähmen, die für Eigenbewegung eingerichtet sind, zu jenem Zwecke die Dampfmaschine mit benutzt. Fig. 56 u. 57 zeigen einen Prahm, über dessen Laderaum ein in Bogenform hergestellter eiserner Kastenträger gestreckt ist, in welchem Rollen gelagert sind, über diese fort gehen die von den Klappen kommenden Kettenenden zu andern Rollen, mittels deren von Hand zu bewirkender Drehung das Oeffnen und Schliessen der Klappen erfolgt; wie die Figur ergiebt, kann die Bewegung jeder einzelnen Bodenklappe für sich erfolgen. — Fig. 58, 59 stellen einen Dampfprahm mit Seitenklappen dar, bei welchem die Bewegung der Klappen durch die Maschine mit geschieht. Es ist dazu in der Schiffsmittle eine Welle gestreckt, die für jede Klappe eine Kettenrolle und eine damit verbundene Zahnkuppelung trägt. Durch Einrücken letzterer wird das Kettenende angezogen, also die Klappe durch Ausrücken geschlossen.

Um das kostspielige Ausladen mit Hand zu vermeiden da, wo der Baggerboden ans Land zu schaffen war, hat man verschiedene Vorrichtungen in Anwendung gebracht. Beim Ausheben des Wiener Donau-Durchstichs z. B. bewegliche, aus kurzen Stücken zusammen gesetzte Rinnen aus Stahlblech, die mit einer laufenden Kette ohne Ende verbunden waren, sodann Hubräder: breite, auf einem Prahm montirte Zellenräder, in welche die Bagger-Eimer — gleich wie vor in die Rinnen — ihren Inhalt unmittelbar entleerten

Fig. 56. Dampfprahm mit Bodenklappen.

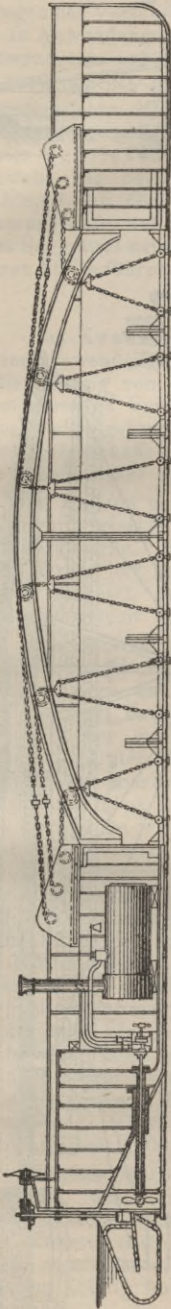
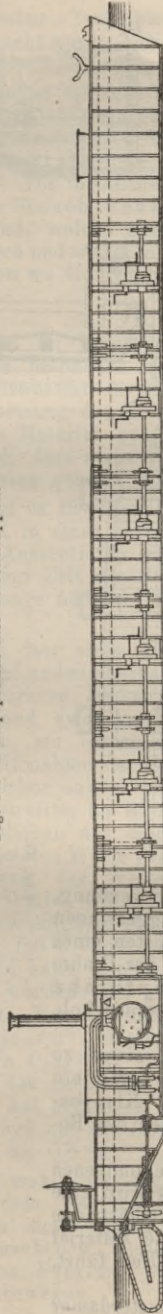


Fig. 58. Dampfprahm mit Seitenklappen.



III.

Fig. 57.



Fig. 59.



Fig. 60.

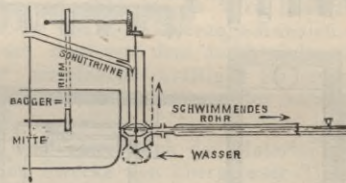
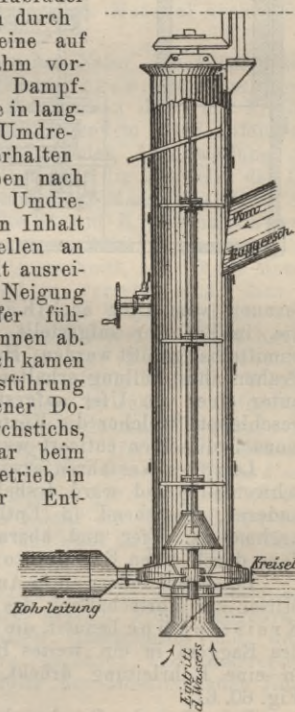


Fig. 61.

Die Hubräder wurden durch eine kleine auf dem Prahm vorhandene Dampfmaschine in langsamer Umdrehung erhalten und gaben nach etwa $\frac{2}{3}$ Umdrehung den Inhalt ihrer Zellen an feste, mit ausreichender Neigung aufs Ufer führende Rinnen ab.

Endlich kamen bei Ausführung des Wiener Donau-Durchstichs, und zwar beim Baggerbetrieb in grösserer Ent-



3

Fig. 64, 65.

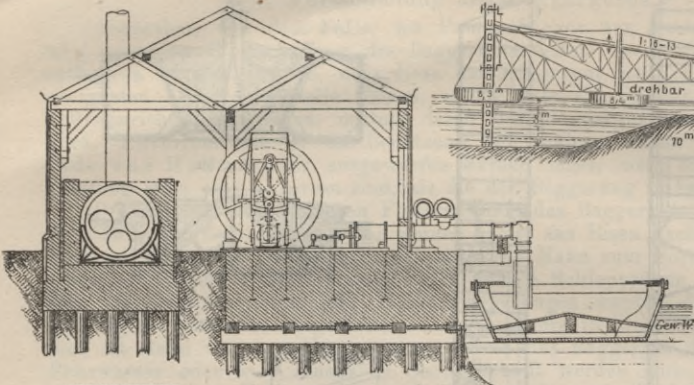


Fig. 62.

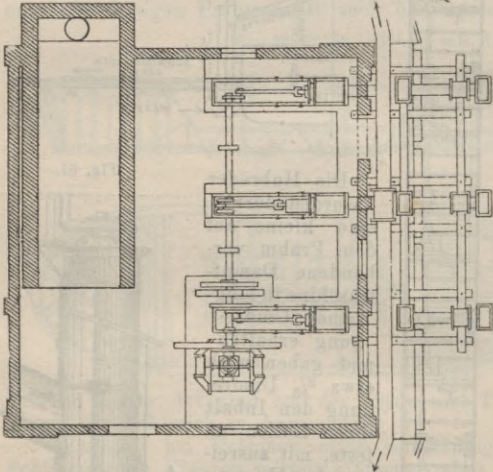
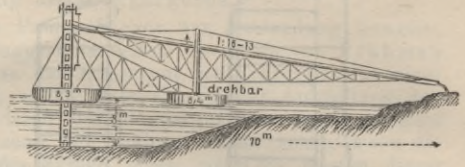
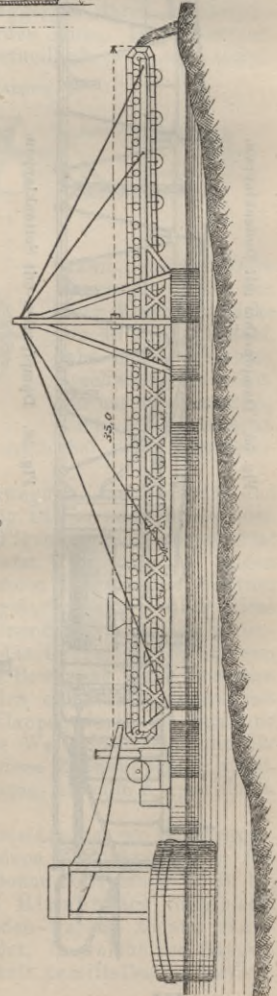


Fig. 63.



fernung vom Ufer auch Kästen zur Anwendung, die, in Prähmen aufgestellt, aus den Baggerrinnen unmittelbar gefüllt wurden. Hatten alle Kästen eines Prahms ihre Füllung erhalten, so wurde der Pralm unter einen am Ufer aufgestellten Dampfkrahn geschleppt, welcher die Kästen einzeln heraus hob, wonach dieselben entleert wurden.

Letzteres Verfahren erwies sich als etwas zu schwerfällig und ward deshalb vielfach durch ein anderes, bestehend in Entleerung der Klappenprähme am Ufer und abermaliges Heben des Bodens durch einen Exkavator ersetzt.

Bei einem anderweit in Anwendung gekommenen Mittel zur Fortschaffung des Baggerguts wird eine Kreiselpumpe benutzt, die das aus der Schüttrinne des Baggers in ein weites Rohr fallende Material in eine Rohrleitung drückt, die aufs Ufer führt, Fig. 60, 61.

Beim Bau des Suezkanals und des Amsterdamer Seekanals ist mittels sehr durchgebildeter Vorrich-

tungen das Verfahren mittels Tragrinnen — welches bereits oben kurz erwähnt ward — in Anwendung gebracht worden. Die Fig. 62 und 63 veranschaulichen die dort angewendeten, auf grosse Ablagerungen an einer Stelle berechneten Einrichtungen.

Da wo das Baggergut so beschaffen ist, um eine landwirthschaftliche oder sonstige Verwerthung als nutzbringend erscheinen zu lassen, und wo es möglich ist, für diesen Zweck dauernde Einrichtungen zu schaffen, kann die Anlage einer Schlickförder-Station in Frage kommen, wie solche in Bremerhafen besteht, Fig. 64, 65. Die beladenen Prähme werden zu einer Uferstelle geschleppt, an der ein Maschinenhaus errichtet ist, in welchem 3 Kolbenpumpen aufgestellt sind, welche mittels in die Prähme hinab reichender Rohre das Baggergut aufsaugen und weiter mittels einer Druckrohrleitung zu einer entfernten Stelle führen, von wo die Abfuhr mehr oder weniger regelmässig geschieht.

II. Kratzen.

Das Kratzen ist im Flussbau nur von untergeordneter Bedeutung, da seine Anwendung von besondern Verhältnissen abhängt; es wird benutzt bei Offenhaltung von Fahrwassern für Häfen oder von Entwässerungs-Kanälen usw. Nothwendige Voraussetzung des Erfolgs ist, dass von dem durch zinkenartige Geräte losgekratzten Material von einer hinreichend kräftigen Strömung so viel fortgeschafft wird, dass nicht durch erneute Ablagerungen der Nutzen des Kratzens wieder verloren gehe.

In Flüssen genügt es zuweilen, dass von einer Bank das Material nur in Bewegung gesetzt und in einer anstossenden Strecke von übergrosser Tiefe abgelagert werde. Bei Aussentiefen, namentlich in Gegenden mit Ebbe und Fluth, wird ferner oft nur zur Zeit des stärksten Ebbestromes während kurzer Zeiträume gekratzt, so lange nämlich, als das aufgelockerte Material noch sicher fortgeschwemmt wird.

Die Geräte sind fast stets einfacher und roher Natur. In Flüssen sind es zunächst die in der Landwirthschaft gebräuchlichen Eggen, die für schweren Kies grössere und stärkere Zinken erhalten. Sie werden dann mit Pferden auf der betr. Bank, und zwar von deren stromab liegendem Ende anfangend, hin und her gezogen, am besten bei einer beginnenden Anschwellung des Flusses. Unter Zuhilfenahme der Strömung selbst fällt die Bauweise der Geräte etwas umständlicher aus. Eine der vollkommensten Maschinen dieser Art ist die von Hipp konstruirte, am Rhein angewandte Strom-Kratzmaschine¹⁾ Sie besteht im wesentlichen aus einer etwa 3^m langen, 2000^{kg} schweren, mit löslichen Messern besetzten Welle von 4seitigem Querschnitt, auf der die Messer in der Längenrichtung der Welle abwechselnd so versetzt sind, dass in der Queransicht der Welle 8 Messer erscheinen. Diese Welle wird bei etwa 1,0—2,5^m Stromgeschwindigkeit von der Welle eines Stromrades durch Ketten ohne Ende mit etwa 0,3^m Umfangsgeschwindigkeit oder 2—3 Umdrehungen in 1 Min. gedreht, und kann je nach der Wassertiefe mittels einfacher Winden gehoben und gesenkt werden; der ganze Apparat liegt zwischen 2 kleinen gekuppelten Fahrzeugen. Vor dem stromaufwärts angeordneten Wasserrade befindet sich ein Schütz zur Abstellung der Bewegung. Durch Ankerwinden wird das Ganze etwa 0,33^m in 1 Min. stromaufwärts bewegt. Nach dieser Längsbewegung über das ganze Kiesfeld erfolgt mittels Querketten die nöthige Querbewegung. Man hat mit dieser Maschine in 1 Jahr ein Kiesfeld von 80^m Breite und 1000^m Länge um 1^m Höhe ermässigt und zwar an geeigneten Tagen (Hochwasser) 1000^{qm} um 0,3^m.

Sieltiefe werden wohl mit sogen. Modderponten in der Weise aufgeräumt, dass an dem Fahrzeuge verstellbare seitlich Flügel angebracht sind, welche nahezu den Umriss des normalen Querschnitts mit ihren mit Zacken usw. versehenen äusseren Rändern berühren und andererseits auch dazu dienen, das Fahrzeug selbst mit Hilfe des ausströmenden Ebbewassers kräftig fortzubewegen.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. Bd. XV.

III. Sprengungen.

Das Sprengen unter Wasser geschieht entweder, um zusammen hängende Sohlenflächen zu vertiefen oder um nur einzelne aus derselben hervortretende Felskörper usw. zu beseitigen.

Im letztern Falle erfolgt die Sprengung durch grosse, gewöhnlich mit Blech umhüllte Patronen aus Pulver oder Dynamit, und es ist, wenn irgend thunlich, dabei die Hilfe von Tauchern zu benutzen, um die Patronen an die geeigneten Stellen zu bringen. In stark bewegtem Wasser, wo kein Taucher arbeiten kann, muss man suchen, ohne seine Hülfe die Patronen durch beschwerte Tonnen möglichst tief und dicht an den Körper heran zu bringen¹⁾.

Wo es sich um Vertiefung grösserer Sohlenflächen handelt, müssen zunächst Bohrungen zum Einsetzen der Patronen ausgeführt werden.

Bei mässiger Wasser- und Bohrtiefe geschieht das Bohren von oben her, entweder mit gewöhnlichen Handbohrern oder, bei grossem Betriebe, mit Bohrmaschinen. Hierbei arbeiten meistens mehrere Bohrer gleichzeitig neben einander mittels Dampftrieb.

Bei grosser Mächtigkeit des zu beseitigenden Felsens geschieht die Sprengung dadurch, dass förmliche Galerien oder Gänge in den Felsen bergmännisch vorgetrieben werden, in welchen schliesslich alle Pfeiler sowie die Decke mittels zahlreicher, grossentheils von unten nach oben gerichteter Bohrlöcher versehen und deren Patronen mit Hilfe elektrischer Zündung alle gleichzeitig entzündet werden.

Zu dem ersten Verfahren, dem Anbohren von oben, bilden die Felsensprengungen im Rhein zwischen Bingen und St. Goar²⁾ ein besonders lehrreiches Beispiel. Bei dem planmässig betriebenen Sprengen grosser Felsbänke im Rhein wurden zunächst Handbohr-Maschinen, später, seit 1860, aber Dampfbohrer, nach Art der Nasmyth'schen Dampfrahmen gebaut, verwendet, wodurch die Kosten des Bohrens etwa auf $\frac{1}{10}$ der frühern ermässigt worden sind. Die Leistung einer Maschine betrug täglich fast 2^m Bohrlochtiefe und die Löcher wurden in Entfernungen von 1,5–2^m gesetzt, bei etwa 1,5^{cm} Weite; sie reichten 60^{cm} unter die Durchschnitts-Höhe der Felsoberfläche und wurden mit 1,0–2,5^{kg} Pulver geladen. An dem, meist aus quarzhaltigem Thonschiefer bestehenden Fels zeigte sich, dass die Wirkung der Schüsse am vortheilhaftesten war, wenn die Lochtiefe das 15–20fache des Loch-Durchmessers betrug. Bei Bingen werden die Sprengungen noch gegenwärtig fortgesetzt.

Um grössere Flächen abzusprengen, ist es erforderlich, dass die Bohrlöcher zu grösserer als der beabsichtigten Sohlentiefe hinab reichen, weil zwischen den einzelnen Vertiefungen Ränder stehen bleiben. Das losgesprengte Gestein wird am besten mit Hülfe von Taucherschächten entfernt. Ein interessantes Beispiel dieser Art Sprengung ist diejenige im Hafen von Toulon³⁾, wo ein Fels, der etwa 5,5^m tief unter NW. lag, um noch etwa 1,5^m tiefer gelegt ward. Das Eigenthümliche dabei war ein tischartiges aus 2 Etagen gebildetes Bohrgestell, in dessen 2 Platten der Bohrer seine Führung fand. Wegen Seeganges bestand die Verbindung zwischen ihr und dem Fahrzeuge in einer losen Kette.

Zu dem Verfahren, ausgedehnte Felsen von grösserer Mächtigkeit zu beseitigen, bieten die Sprengungen der Felsen im Hellgate bei New-York im Jahre 1876 und 1885 die hervor ragendsten Beispiele⁴⁾. Die Ausdehnung der i. J. 1869 begonnenen Sprengung des Flood-Rock betrug 37 000^{qm}, die Länge der Tunnel und Galerien fast 6,4^{km}, die über den Galerien stehen bleibende Decke hatte eine Stärke von 3 bis 7^m und wurde durch 467 Pfeiler von etwa 1,4^{qm} Querschnitt getragen. Die tiefsten Stellen der Gänge reichten etwa 22^m unter Hochwasser hinab; die durchschnittliche Tiefe war etwa 17^m. In die Decke und die Pfeiler wurden 13 286 Löcher von 75^{mm} Durchm. und 2,8^m mittlerer Tiefe gebohrt. Die ganze zu beseitigende Felsmasse war 39 000^{cbm}

¹⁾ Einiges Nähere über Sprengen von Baumstämmen usw. findet sich in „Grundbau“ S. 26 ff.

²⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1868.

³⁾ Zeitschr. f. Bauw. Bd. XVIII.

⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1876; Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1885 S. 452 u. 515; *Engineering* 1885.

und sie erforderte 150 000 kg Dynamit. Die einzelnen mit dünnem Kupferblech umhüllten Patronen enthielten 3 kg Ladung.

Die Kosten für 1 cbm durch Stollenbetrieb gewonnenen Ausbruchs haben 55 M. betragen, wovon 34,8 M. auf Bohren und 8,8 M. auf Sprengung entfallen. 11,4 M. Kosten sind für Anlage eines Fangedammes sowie durch die Wasserhaltung usw. verursacht worden.

Das Sprengen von Eisdecken auf Flüssen bildet eine Sonder-Aufgabe, welche jedoch nur unter bestimmten Verhältnissen größere Bedeutung hat. Der Zweck ist entweder, eine sehr starke, oft durch Zusammenschieben einer grossen Anzahl von Schollen verdickte Eisdecke zum Abtreiben zu bringen und dadurch Ueberschwemmung bei wachsendem Oberwasser zu verhüten, oder er besteht auch darin, Häfen für die Schifffahrt zugänglich zu machen. Weil aber das losgesprengte Eis leicht wieder mit der festen Eisdecke zusammen

friert, so ist das Sprengen meist nur im Frühjahr von Werth; doch muss dasselbe oft mehrere Wochen vor Eintritt des Thauwetters begonnen werden, damit eine genügend lange und breite Rinne in der Eisdecke hergestellt wird. Das Sprengen selbst

Fig. 66.

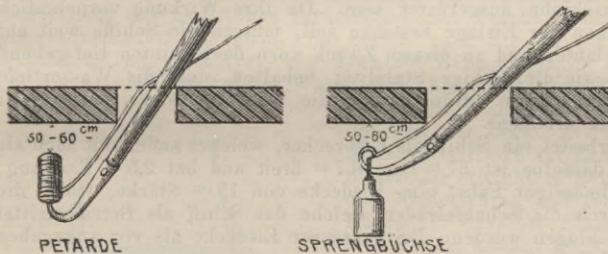
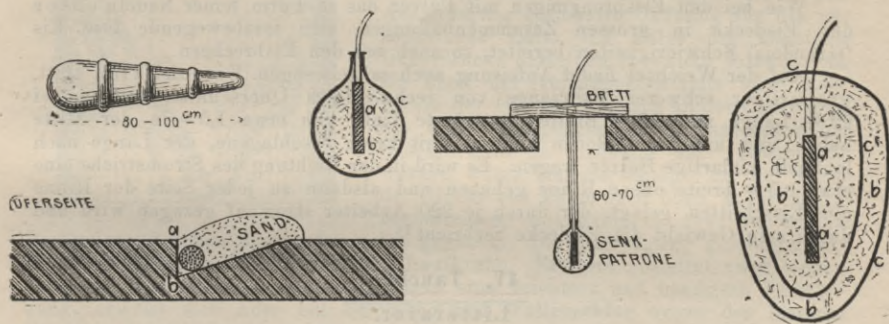


Fig. 67—69.

Fig. 70.

Fig. 71.



geschieht so, dass unter der eigentlichen Eisdecke mittels eingeschlagener Löcher (Schwierigkeiten wegen zutreibenden Eises) Patronen in Kapseln oder Beuteln eingebracht und mittels Zündschnur oder — um mehrere gleichzeitig zu entzünden — mit elektrischer Leitung entzündet werden. Die Wirkung der Patronen soll nur im Zerbersten der festen Decke bestehen, welche dazu nur wenig gehoben zu werden braucht. Pulver besitzt für Eissprengungen die besonders schätzenswerthe Eigenschaft, gegen Kälte indifferent zu sein, während Dynamit bei Temperaturen von -7° gefriert. Letzterer bedarf daher eines Frostschutzes, den man durch einen Beutel aus Wachstuch, welcher mit Sägemehl gefüllt wird, herstellt.

Bei Versuchen an Flüssen in Baden¹⁾ erzielte man bei Eisdicken von 25—30 cm und Pulverladungen von 400—600 g die günstigsten Resultate, wenn

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1881, S. 189.

die Sprengbüchsen oder auch Petarden in etwa 50—60 cm Tiefe unter die Unterseite der Eisdecke gebracht wurden, Fig. 66. Bei grössern Eisstärken vermehrte man das Gewicht der Sprengladung, ohne an der Tiefe wesentlich zu ändern; mit ersterer ging man bei Eisstärken von 70 cm bis auf 1500 g. Die Wirkung der Schüsse erstreckte sich nach allen Seiten bis 50—60 m vom Centrum entfernt, also auf eine Fläche von etwa 600 qm.

Bei Dynamit-Sprengungen werden bei Sprengungen auf der Rhone theils sogen. Wurstopatronen, theils Senkpatronen benutzt. Erstere legte man in Rinnen besonderer Form, welche parallel dem Ufer in die Eisfläche gehauen wurden, und bedeckte sie, um grössere Wirkungen zu erzielen, mit Sand. Letztere wurden mit Schnüren und Holzstäben in Tiefen von 60—70 cm unter die Eisdecke gebracht. Die erzielten Erfolge wurden als erheblich grössere als bei Gebrauch von Schiesspulver gefunden. Beide Formen, in denen das Dynamit an der Rhone zur Anwendung kam, sind in Fig. 67—71 dargestellt.

Mehrfach sind in jüngerer Zeit zum Eisbrechen auf Flüssen besondere Schiffe erbaut worden. Diese müssen eine sehr kräftige Bauweise erhalten und mit starken Maschinen ausgerüstet sein. Da ihre Wirkung vornehmlich in einem Niederdrücken der Eislage bestehen soll, müssen die Schiffe weit auf die Eisdecke hinauf laufen und zu diesem Zweck vorn flach, hinten tiefgehend gebaut sein. Damit sie die nöthige Stabilität behalten, darf die Wassertiefe etwa 3 m nicht unterschreiten. Günstig für die Wirkung ist es, wenn zwei Schiffe neben einander arbeiten.

Auf der Düna arbeitet ein Schiff als Eisbrecher, welches anderweit auch als Schleppboot dient; dasselbe ist 37 m lang 6,7 m breit und hat 2,5 m Tiefgang; es zerbricht in regelmässiger Fahrt eine Eisdecke von 15 cm Stärke, wobei die grossen Schollen durch die Schaufelräder, welche das Schiff als Betriebsmittel hat, in kleinere zerschlagen werden. Bei grösserer Eisdecke als vor angegeben muss das Schiff „mit Zulauf“ arbeiten.

Eisbrecher, welche auf der Unterelbe arbeiten, haben 40 m Länge bei 10 m Breite und 4 m Tiefgang am hinteren Ende. Die Maschinen haben 240 Pfdkr.

Wie bei den Eissprengungen mit Pulver das in Form feiner Nadeln unter der Eisdecke in grossen Zusammenballungen sich fortbewegende lose Eis (Grundeis) Schwierigkeiten bereitet, so auch bei den Eisbrechern.

Auf der Weichsel findet Aufeisung auch mittels sogen. Eisschlitten statt, grossartiger schwerer Fahrzeuge von rechteckigem Querschnitt, welche bei 22 m Länge und 2,5 m Breite die grösste Tiefe von etwa 1,5 m in der Mitte haben und unter dem Boden mehrere mit Eisen beschlagene, der Länge nach laufende kielartige Hölzer tragen. Es wird in der Richtung des Stromstrichs eine etwa 0,5 m breite offene Rinne gehauen und alsdann zu jeder Seite der Rinne ein Eisschlitten gelegt, der durch je 220 Arbeiter stromauf gezogen wird und durch sein Gewicht die Eisdecke zerbricht¹⁾.

IV. Tauchen.

Litteratur.

L. v. Bremen & Comp. Taucher-Apparate. Kiel 1880. — Instruktion für Taucher für die Kaiserl. deutsche Kriegsmarine. Berlin 1881, E. S. Mittler & Sohn. — Unterricht über den Taucherdienst in der k. k. österr. Kriegsmarine. 2. Th. Wien 1880; k. k. Hof- und Staatsdruckerei. — Siebe & Gormann's *Manual for Divers*. London 1880. — Polytechn. Journal v. Dingler, 1873. S. 241. — Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preuss. Staate. XXII. Bd. 1874. — Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Archit.-Ver. 1876.

Das Tauchen gewinnt in neuerer Zeit fortwährend an Bedeutung, weil sowohl die Aufgaben gesteigert, als auch die Tauch-Apparate erheblich vervollkommnet worden sind, letzteres namentlich durch Verwendung von Gummi.

Fast alle Taucherapparate gewähren dem Menschen die Möglichkeit, unter Wasser zu arbeiten dadurch, dass ihm eine, dem jeweiligen äusseren Wasserdruck entsprechend gepresste Luft zugeführt wird, und zwar meistens sowohl zum Abhalten des Wassers vom Körper, als auch zum Athmen. Bei einzelnen

¹⁾ Deutsche Bauztg. 1880, S. 352.

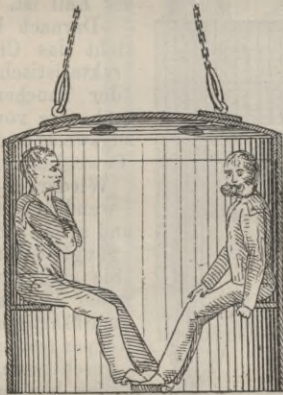
Apparaten wird freilich nur der letztere Zweck erfüllt, was jedoch entweder ein verhältnissmässig warmes Wasser oder kürzere Arbeitsdauer voraus setzt.

Um das Entweichen der ausgeathmeten und sonst verbrauchten Luft zu ermöglichen, muss die zugeführte Luft einen mässigen Ueberdruck über den jeweiligen Wasserdruck besitzen. Der menschliche Organismus gestattet es, von Ausnahmen abgesehen, gesunden Personen, unter gewöhnlichen Umständen und unter Verwendung von Pressluft auf etwa 30–35^m tief zu tauchen und mit Sicherheit eine Zeit lang einfache Arbeiten in jener Tiefe zu verrichten. Einzelne Personen bringen es zu grösseren Leistungen; so hat z. B. im Jahre 1875 der englische Taucher Lampert aus dem bei den Canarischen Inseln gesunkenen Dampfer Alphonso XII. aus 46^m Tiefe eine Goldkiste heraufgeholt, wobei er durch Sprengen zweier Decks sich erst den Zugang zu dem betr. Raum schaffen musste.

a. Taucherglocken und Taucherschächte.

Die von Halley i. J. 1700 erfundene und von Smeaton i. J. 1779 durch Hinzufügung der Luftpumpe vervollkommnete Taucherglocke ist in der Hauptsache unverändert geblieben. Sie besteht nach Fig. 72 aus einem gusseisernen pyramidenförmigen Körper von etwa 2^m Höhe und 1,3^m Basisbreite bei etwa 4^{cm} oberer und 7^{cm} unterer Wanddicke. Sie wiegt etwa 5000^{kg}, während das

Fig. 72.



verdrängte Wasser nur etwa 4000^{kg} Gewicht hat. In der Decke besitzt die Glocke eine Anzahl Glaslinsen zur Erhellung. Bewegliche Sitzbretter erleichtern den Arbeitern das Auf- und Niederfahren und ferner sind im Innern Haken für Geräthe, Flaschenzüge usw. angebracht. Es können 3–4 Mann darunter arbeiten. An der Decke befindet sich die durch einen biegsamen Schlauch mit der Luftpumpe verbundene und durch ein Klappenventil gegen Ausströmung gesicherte Oeffnung für die zuzuführende Luft. In Folge des mässigen Ueberdrucks derselben entweicht fortwährend ein Theil der verbrauchten Luft unter dem Rande der Glocke, wodurch an der Oberfläche des Wassers angegeben wird, dass unter der Glocke alles in Ordnung sei. Ausserdem werden durch Hammerschläge an die Wand der Glocke von unten nach oben, sowie durch Signalleinen, mit Klingeln usw. in beiden

Richtungen Zeichen verabredeter Art gegeben. Die Aufhängung geschieht entweder unter einem Schiff oder einem Laufkahn. Ersteres gestattet zwar wegen grösserer Einfachheit und Beweglichkeit eine leichtere und häufigere Verwendung, erweist sich aber bei Strömung und Wellenschlag wegen des lästigen Pendelns der Glocke besonders ungünstig.

Letzterer Umstand, die Enge des Arbeitsraums und die Unmöglichkeit, ganz im Trocknen zu arbeiten, haben den Gebrauch der gewöhnlichen Glocke im Vergleich zu dem von „Taucherschächten“ und dem „Einzeltauchen“ sehr eingeschränkt. Dagegen sind in neuerer Zeit mehrfache, anscheinend gelungene Versuche angestellt worden, die Glocken selbstbeweglich zu machen. Hierhin gehören der sogen. Nautilus und der von Toselli¹⁾ erfundene sogen. Seemaulwurf. Die Bauart beider Apparate ermöglicht es, in der, einen ringförmigen Hohlraum bildenden Glockenwand von der Glocke aus nach Belieben entweder in solchem Maasse mit Pressluft oder, nach deren Auslass, mit Wasser zu füllen, dass dadurch ein entsprechendes Heben und Senken der Glocke von den, in ihr befindlichen Arbeitern bewirkt wird. Der „Seemaulwurf“ besitzt ferner einen Deckel zum Einsteigen von oben her, inwendig

¹⁾ *Les engins sous-marins de J. B. Toselli.* Paris 1878 u. Handbch. d. Ingen.-Wissensch. Bd. IV.

eine elektrische Lampe, sodann einen festen Boden, in welchem zahlreiche Glasfenster wie auch Stopfbüchsen angebracht sind, in denen verschiedene Arbeitsgeräthe, Zangen, Meissel usw. ihre Führung erhalten, um auf dem Meeresboden angreifen zu können. Eine wagrecht liegende Schiffsschraube und ein Steuerruder dienen zur Bewegung und Lenkung im wagrechten Sinne. Die Zuführung der Luft geschieht von oben her durch einen langen Schlauch. Der untere Rand der Glocke ist stark mit Blei belastet. —

Die als Taucherschächte oder auch wohl als Taucherschiffe bezeichneten Apparate haben grosse Aehnlichkeit mit den Senkkästen, welche bei Gründungen im Gebrauch sind; sie unterscheiden sich von letztern oft nur dadurch, dass ihr Arbeitsraum zur Herstellung eines Fundaments auf dem natürlichen Boden dient und der ganze Schacht nachher wieder entfernt wird, während der Senkkasten zum Tragen des Fundaments oder als unterster Theil des letzteren selbst benutzt wird. Oft sind der Arbeitsraum, der Einsteigeschacht, die Förderschächte und die Luftschleusen gleich oder ähnlich wie bei den Senkkästen ausgeführt; mit Bezug auf diese Theile darf daher auf den betr. Abschnitt im „Grundbau“ verwiesen werden. Von den Taucherglocken unterscheiden die Taucherschächte sich dadurch, dass sie stets mittels eines Schachtes von oben her zugänglich bleiben,

Fig. 73.

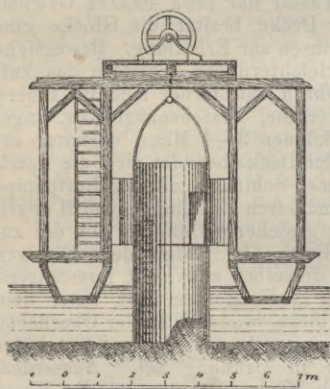
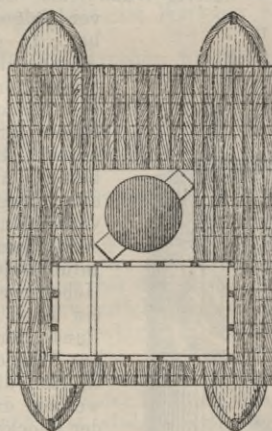


Fig. 74.



während dies bei der Glocke nur ausnahmsweise der Fall ist.

Darnach besteht das Charakteristische der Taucherschächte vorzugsweise in der Beweglichkeit, Wiederverwendbarkeit und steten Zugänglichkeit. Sie sind entweder in einen schiffsartigen Körper fest eingeschlossen, oder hängen

zwischen 2 Schiffen und zwar oft nur während des Transports, indem sie während des Gebrauches frei auf der Sohle des Gewässers stehen und selbst oft etwas in den Boden eingesenkt werden. Endlich werden Taucherschächte entweder dauernd als einheitliche Körper erbaut, oder sie lassen sich aus einzelnen Theilen zum Ganzen zusammen setzen. Letzteres erhöht nicht allein die leichtere Beweglichkeit von einer Baustelle zur andern, sondern es dient auch bei manchen Schächten dazu, die Arbeit je nach Umständen und Belieben mit Hilfe von Pressluft zu beginnen, später aber, z. B. nach Beseitigung der Decke usw., an freier Luft fortzusetzen, wobei dann die Seitenwände nur noch als Fangdämme dienen.

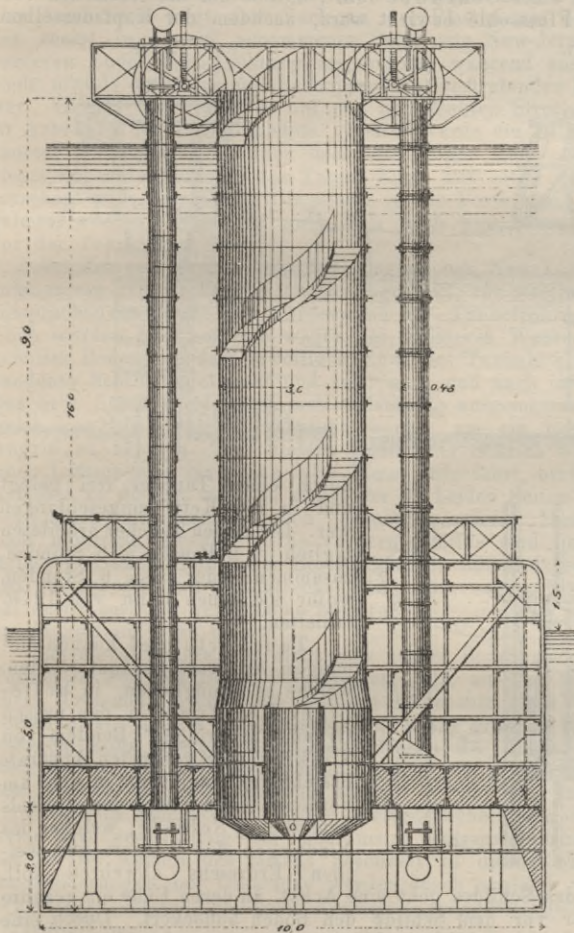
Die auf dem Rhein und der Mosel versuchsweise zur Beseitigung losgesprengter Felsmassen angewandten Taucherschächte¹⁾ hingen, Fig. 73, 74, zwischen 2 Fahrzeugen. Der eigentliche Schacht war 5,5 m hoch, bis 3,6 m weit, zylindrisch und aus Eisenblech gebildet. Er konnte nach Bedürfniss um einige Meter gehoben und gesenkt werden und war mittels zweier Luftschleusen zugänglich. Letztere dienten, gleichwie der obere Theil des Schachtes, auch zum Ausschleusen der Felsstücke. Diese Schächte wurden anfangs, ehe es

¹⁾ Hagen. Handb. d. Wasserbauk. 1874, II. 3. S. 75. — Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1864, S. 291. — Ann. d. ponts et chauss. 1848, I. S. 261. — Allgem. Bauzeitg. 1858. usw.

eigentliche Bohrmaschinen gab, auch bei Herstellung von Bohrlöchern unter Wasser benutzt.

Der i. J. 1879 für Brest von Hersent ausgeführte Taucherschacht, Fig. 75, unterscheidet sich von den oben erwähnten besonders dadurch, dass der Schacht selbst schwimmfähig gemacht ist. Daher kann — wegen der einheitlichen Bewegung — eine grössere Tauchungstiefe, hier etwa 12 m, erreicht werden. Ueber der Arbeitskammer, welche bis 25 Arbeiter aufzunehmen vermag, liegt der Schwimmkasten, durch welchen sowohl der Einsteigeschacht mit Treppe und

Fig. 75.



2 untern Luftschleusen, als auch 4 Förderschächte reichen. Oben befindet sich eine stets über Wasser liegende Plattform. Die Kammer wird durch ein elektr. Licht, zwischen beiden Luftschleusen angebracht, erleuchtet. Die Förderung des Bodens geschieht durch Paternoster-Werke, indem in je einem Schacht eine Kette mit ihren, durch Gummiringe ziemlich luftdicht an schliessenden Gefässen aufsteigt und im andern absteigt. Die Pressluft wird zunächst in die Arbeitskammer geleitet und kann von dort nach Belieben auch an den Schwimmkasten abgegeben werden, so dass das in demselben enthaltene Wasser hinausgedrängt wird und der Apparat sich hebt. Gegen unzeitige Hebung ist ein Sicherheits-Ventil in der Decke des Schwimmkastens angebracht, welches während der Arbeit in der Regel offen steht. Auch dient die Pressluft zum Ausblasen des Schlammes aus der Kammer.

Die dritte Hauptart der Taucherschächte besteht, aus grossen Kästen, unter welchen ausgedehntere Gründungsarbeiten ausgeführt werden können. Da dieselben namentlich zur Gründung von Brückenpfeilern Anwendung finden, so kann hier auf ihre ausführliche Behandlung im „Grundbau“, S. 194 ff. verwiesen werden.

Wenn es sich um Ausführung von grössern Arbeiten am Flussgrunde in nur geringen Tiefen handelt, verwendet man vereinfachte Taucherschächte, d. i. Hohlzylinder, welche auf den Grund gestellt werden und über den Wasserspiegel hinauf reichen. Da dieselben nicht trocken zu legen sind, er-

füllen sie einzig den Zweck, dem im Schacht arbeitenden Taucher Schutz gegen die Strömung zu gewähren.

Ein derartiger Schacht ist zur Aufräumung der Rheinsohle bei Mainz von alten Pfahlstumpfen benutzt worden. Derselbe bestand, Fig. 76—78, aus einem 2,5 m weiten Blechzylinder, welcher aus 1 m hohen Trommeln mittels Flansche und Schrauben zusammen gesetzt war; jede Trommel war zum Einhängen in Ketten mit 2 Bügeln versehen. Die — stückweise — Versenkung des Schachts geschah mittels eines Windengerüstes, welches auf 2 Pontons aufgestellt war. Die Figuren zeigen aussen die 2 Windketten für den Schacht nebst einer 3. Kette, welche oben von einer Schraube führt, mittels der das Ausziehen von Pfahlstumpfen aus der Flusssohle bewirkt ward, nachdem der Kopf derselben

Fig. 76, 77.

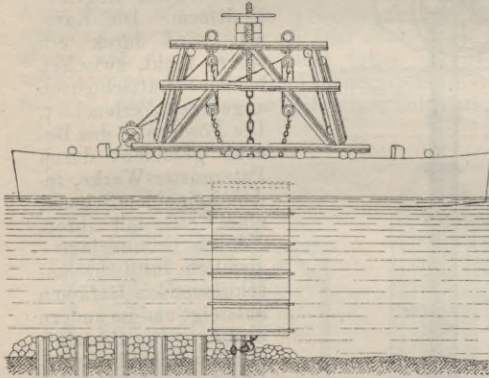
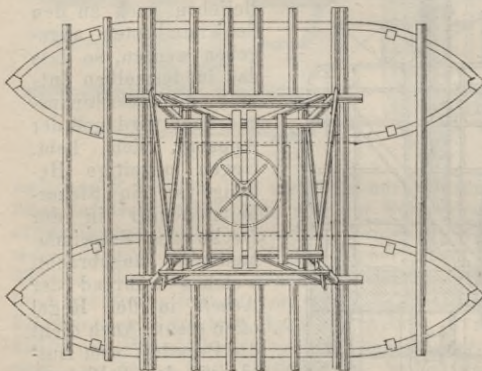
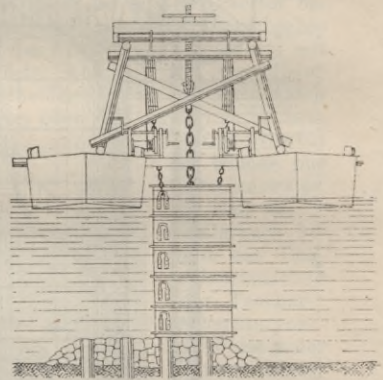


Fig. 78.



Durch den Mittelpunkt des Schildes geht eine Achse, an deren Ende ein gezahnter Flügel sitzt, welcher vor dem Schilde den Boden auflockert. Durch eine Oeffnung am untern Rande des Schildes geht ein schräg liegender Eimerbagger, welcher die gelöste Erde in Transportwagen fördert. Alle genannten Theile befinden sich in einem zylindrischen Rohr, welches mit Pressluft gefüllt ist und mit stopfbüchsenartiger Dichtung sich auf einen etwas engeren, mit der freien Luft in Verbindung stehenden Zylinder vorschieben lässt.

In grossartigem Maasse ist bei dem seit 1880 im Bau begriffenen Tunnel unter dem Hudson zwischen Newyork und New-Jersey von dem Taucher-

durch einen Taucher frei gelegt und in die Kette eingeschlungen war. Die beiden Taucher arbeiteten täglich in 2 Pausen je 3 Stunden, zusammen jeder also 6 Stunden, wofür sie einen Lohn von 12 *M.* erhielten. —

Tauchertunnel können diejenigen Apparate genannt werden, welche es ermöglichen, in beliebiger Richtung in den nassen Grund einzudringen. Bei dem von Taskin¹⁾ 1878 gebaueten Apparate besteht der Haupttheil in dem am vorderen Ende (Ort) des Tunnels befindlichen Schilde, welcher das Eindringen des Wassers und weichen Erdreichs abwehren soll.

¹⁾ *Revue universelle* 1880, T. VIII, 2. s. S. 264.

Tunnel Gebrauch gemacht worden, ohne dessen Anwendung hier bei dem weichen und wasserhaltigen Boden ein Tunnel schwerlich ausführbar gewesen wäre. Unter dem Flusse selbst ist der Tunnel 1700 m lang und bleibt bei 18,3 m grösster Wassertiefe nur 9 m mit seinem Scheitel unter dieser Tiefe in Sand und Gerölle. Sein Querschnitt zeigt 2 gleiche, im Lichten 4,88 m breite und 5,49 m hohe Röhren aus 0,61 m Ziegelmauerwerk und 76 mm dicker, äusserer Blechhaut. Die Blechplatten werden mit ihren 62 mm breiten aufstehenden Rändern unter einander zusammen geschraubt, nachdem sie gegen den sorgfältig abgeglichenen Erdboden verlegt worden sind. Hierbei wird immer vom Scheitel aus begonnen, indem die Erde in 3 Absätzen an der Stirn abgegraben wird. Das Ausmauern folgt dem Verlegen der Platten auf dem Fusse nach¹⁾. An der zuerst in Angriff genommenen Seite von New-Jersey wurde anfangs am vorderen Ende keine Dichtung angebracht, während ausserdem das landseitige Ende mittels der aus einem Brunnenschacht vortretenden Luftschleuse zugänglich war. Gerade hier entstand auf der ungedeckten Strecke ein Durchbruch, der 20 Arbeitern das Leben kostete. Später wurde ein vollständiger, aus Holz erbauter Taucherschacht über dem landseitigen Ende abgesenkt. Im Schutze dieses Schachtes konnte das Tunnel-Ende mit einer einheitlichen Stirnmauer versehen und aus der Zwillingenform in die Form eines einzigen Rohres überleitet werden. Nunmehr ging man auch hier zum Gebrauch eines Schildes vor der Tunnelbrust über.

Auf der erst gegen Ende 1881 begonnenen New-Yorker Seite wurde gleich anfangs ein grosser Taucherschacht abgesenkt, von welchem aus nach Wegnahme entsprechender Theile der Vorderwand die Tunnelrohre vorgetrieben wurden. Auch wurden hier sogleich wegen der grösseren Wassertiefe und Durchlässigkeit des Bodens an dem jeweiligen Ende des Tunnels ein mit den Blechen verbundener Schild angebracht und zwar nach und nach in Abständen von 4,57 m. Das betr. Stück wurde auch erst vollständig ausgemauert, ehe der Schild stückweise von oben her vorgebracht wurde, um ein folgendes Schildstück in Angriff zu nehmen. Am hintern Ende jeder Sektion wurde dagegen eine, mit einer Luftschleuse versehene feste Wand aufgeführt, bestimmt, zur Rettung der Arbeiter zu dienen, wenn in einem der zu beiden Seiten der Schleuse liegenden Schildstücke etwa ein Einbruch vorkommen würde. Diese Maassregel hat sich auch mehrfach bewährt. Die vordern Schilde sind im weiteren Verlauf der Arbeit und nach mehrfachen Beschädigungen mit Holzgerüsten ausgesteift worden. Ausserdem hat man streckenweis enge, sogen. Firststollen vorgetrieben, auf deren äusserer Wandfläche hölzerne Spreitzen sich stützten, um die Bleche des Haupttunnels zu tragen.

Bei einem andern, für nicht sehr nassen Boden geeigneten Verfahren einen Tunnel in weichem Boden vorzutreiben, tritt an die Stelle des Schildes eine kurze Trommel, welche am vordern Ende mit einer scharfen Stahlschneide versehen ist. Dieses Trommelstück hat etwas grössere Weite als der mit gusseisernem Rohr ausgebaute Tunnel. Gegen das Ende des fertigen Ausbaues stützen sich Wasserdruck-Pressen, welche die oben erwähnte Trommel mit Stahlschneide in die Tunnelbrust so weit vorschieben, dass der für das Anfügen eines weitem Stückes des Ausbaues erforderliche Raum frei wird. Diese Bauweise wird gegenwärtig bei einer neuen Untergrundbahn in London angewendet²⁾. Der Aushub des Bodens geschieht in diesem Falle von Hand. Richtungsänderungen der Tunnelaxe werden durch ungleich weites Vorschieben der Wasserdruck-Pressen und damit des voraus gehenden Theils der Trommelschneide hergestellt.

Zu den Taucherschächten oder Tauchertunneln ist im weitern Sinne auch das im Jahre 1883 von Poetsch erfundene Verfahren der Durchsinking usw. schwimmender Gebirge, nachdem dieselben künstlich zum Gefrieren gebracht sind, zu rechnen. Genaueres über das Poetsch'sche Verfahren und seine Anwendbarkeit ist im „Grundbau“ S. 307 ff. nachzulesen.

¹⁾ Genaueres über den Bauvorgang s. Deutsche Bauzeitg. 1886. S. 111.

²⁾ Ann. f. Gew. u. Bauw. 1888, S. 77.

b. Geräte usw. für das Einzeltauchen.

Hier sollen nur die von den Tauchern selbst unmittelbar gehandhabten oder benutzten Geräte, nicht auch die zum Taucherbetrieb erforderlichen Maschinen, insbesondere nicht die Luftpressen beschrieben werden, über welche Näheres im „Grundbau“ S. 261 ff. mitgeteilt ist.

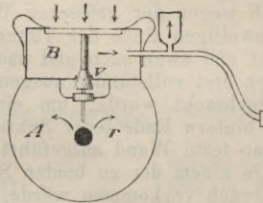
Zweck der Einzel-Tauchapparate ist, dass mit ihrer Hilfe einzelne Arbeiter unter Wasser sich selbständig und nach Belieben frei bewegen, namentlich auch in engen Räumen gehen und dabei einen ziemlich ungehinderten Gebrauch von Augen und Händen machen können.

Im Jahre 1850 lieferte Cabiroi in Paris einen Apparat, Skaphander genannt, welcher zum Theil unvollkommenen früheren Apparaten glich, aber sich dadurch jenen überlegen erweist, dass er durch einen beliebig langen Gummischlauch mit einer über Wasser befindlichen Luftpumpe verbunden werden kann und dem Taucher dauernd die nöthige Luft zuführt. Dieser Apparat hat sich bis auf die neueste Zeit und namentlich in England im Gebrauch erhalten. Er besteht, Fig. 79, im wesentlichen aus dem zum Schutz des Kopfes usw. dienenden geräumigen kupfernen Helm mit mehreren Glasfenstern, welcher wasserdicht mit dem, den ganzen übrigen Körper, mit Ausnahme der Hände, umgebenden Gummianzug verschraubt wird. Da der Anzug eine bedeutende Luftmenge fasst, so bedarf der Taucher, um sicher gehen zu können, Bleigewichte an verschiedenen Theilen des Körpers und namentlich schwerer Bleisohlen. Er ist durch Signal-

Fig. 79.



Fig. 80.



leinen usw. mit der über Wasser befindlichen Bedienungs-Mannschaft verbunden und zwar zu seiner eignen Sicherheit usw., als auch wegen Ausführung der ihm übertragenen Arbeiten.

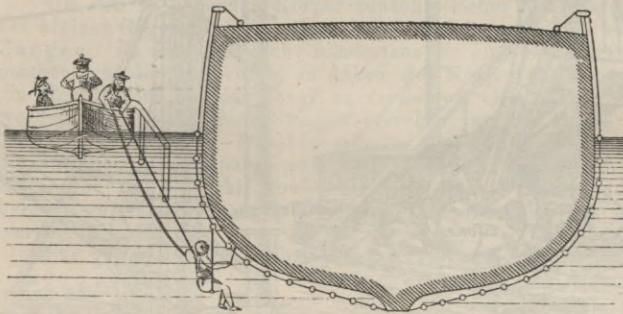
Der Scaphander leidet an dem Mangel, dass selbst bei Einschaltung eines kleinen Zwischenbehälters zwischen Pumpe und Taucher-Anzug der Taucher die Stösse der Pumpe etwas empfindet und ferner derselbe bei einer Beschädigung des Schlauchs nur sehr geringe Zeit hat, sich an die Oberfläche zu retten.

Das von Rouquayroul im Jahre 1867 erfundene Regulator-Reservoir, Fig. 80, welches der, übrigen mit dem oben beschriebenen Anzug nebst Helm bekleidete Taucher bequem auf dem Rücken trägt, wird in seinem unteren zylindrischen, etwa 8 l grossen Theil A von der Luftpumpe aus mit nur 1 Atm. über den Druck der jeweiligen Wassertiefe gepresster Luft gefüllt und giebt von dieser Pressluft mittels eines Ventils an den oberen Raum B, welcher unmittelbar mit dem Munde des Tauchers verbunden ist, genau so viel Luft ab, als der Athmungsvorgang des Tauchers erfordert. Ausserdem bewirkt der obere Theil des Apparats, der eigentliche Regulator, dass die Pressung der in ihm enthaltenen Luft genau der in der Kopfhöhe des Tauchers zeitweilig vorhandenen Wassertiefe entspricht. Es geschieht dies dadurch, dass der Deckel des Regulators mittels eines Gummirandes beweglich auf dem senkrechten Seitenrand desselben liegt und sich sofort abwärts bewegt, und zugleich jenes Ventil öffnet, sobald die Luftpressung durch Einathmen des Tauchers etwas unter jenen Wasserdruck hinab geht. In demselben Augenblick strömt die stärker gepresste Luft aus dem Reservoir in den Regulator nach, bis wieder durch die Hebung des Deckels jenes Ventil geschlossen wird. Das in seinen Einzelheiten äusserst verwickelte

Ventil ist so geregelt, dass die leiseste Athmungsbewegung des Tauchers zur entsprechenden Thätigkeit genügt.

Von dem Regulator gelangt die Luft durch ein Rohr und einen biegsamen Schlauch zum Helme des Tauchers und kann dort den Kopf des Tauchers frei umspielen, auch in den übrigen Theil des Anzugs gelangen. Sie wird aber in der Regel unmittelbar in den Mund geleitet, indem jener Schlauch sich im Innern des Helmes fortsetzt und bequem vor dem Munde mit einem nach Belieben des Tauchers von ihm zu fassenden oder los zu lassenden Mundstück endigt. Dies Mundstück besteht aus Gummi und legt sich mit seinen Rändern zwischen Lippen und Zahnfleisch, wodurch ein von der im Helm und Anzug befindlichen Luft völlig unabhängiges Ein- und Ausathmen erreicht wird. Dem Ausathmen dient nämlich ein, an dem vom Regulator nach dem Helme geführten Rohre sitzender senkrechter Ansatz, welcher mit einem sogen. Lippenventil geschlossen ist. Sobald der Taucher kräftig ausathmet, kann die Luft nicht ebenso leicht rückwärts in den Regulator gehen (weil sich in diesem der Druck erhöhen und der grosse Deckel heben müsste), als sie zwischen den beiden Plättchen des Lippenventils in's Wasser entweicht. Der Taucher erhält also, wenn er will, nur frische, nicht verunreinigte Luft. Will er seinen Anzug aufblasen, um den Auftrieb zu vergrössern, so athmet er in den Helm aus. Um das etwaige gleichzeitige Ein- und Ausathmen durch die Nase zu verhindern, setzt er vor dem Aufstülpen des Helms einen Nasenklemmer auf. Mit Hilfe

Fig. 81.



dieses Klemmers können geübte Taucher ganz ohne Helm und Anzug, jedoch mit Hilfe des vom Regulator nach dem Mund führenden Rohres tauchen, wozu übrigens eine entsprechende Wasserwärme erforderlich ist.

Als unwesentliche Abänderung des Taucher-Anzugs ist

noch anzuführen, dass bei Arbeiten, welche vorzugsweise ein Beobachten des Meeresgrundes erfordern, wie z. B. beim Bernsteinfischen usw. statt des Helmes eine sogen. Maske getragen wird, die ein nach unten gerichtetes Fenster enthält; dieselbe ist billiger als der Helm. Am Anzuge befindet sich meistens ein Auslassbahn für Luft, um die durch die vorerwähnte Ausathmungsweise darin angehäufte Luft entweichen lassen zu können.

Ferner wird in manchen Helmen ein sogen. Sprach- und Hörrohr angebracht, welches vorzugsweise aus einem oben mit dem Helm verbundenen, über Wasser ruhenden Schlauch mit Mundstück besteht, durch welches der Taucher mittels einer im Innern des Helms angebrachten dünnen Blechmembran spricht und hört.

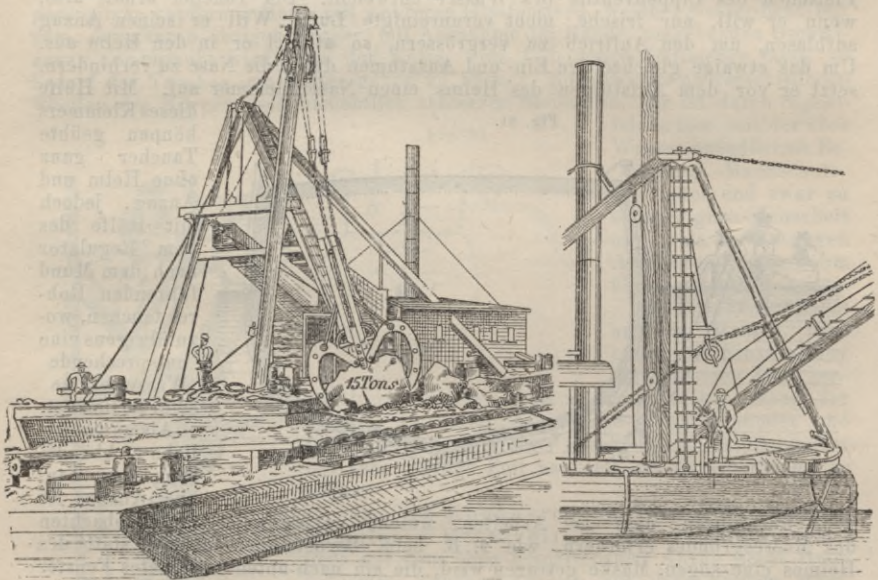
Noch unabhängiger als durch das Rouquayroul'sche Reservoir wird der Taucher durch den sogen. Hochdruck-Apparat, in welchem er die für eine bestimmte Zeit erforderliche Luftmenge in einem tragbaren leichten Behälter aus Stahlblech mit sich führt. Die Luft wird in demselben bis auf etwa 30 Atm. gepresst und gelangt durch einen auf demselben befestigten, der Wassertiefe entsprechend, doch mit einem gewissen Ueberdruck zu justirenden Regulator mittels Schlauch zunächst in das Tornister-Reservoir und von dort erst mittels des an demselben befindlichen Regulators zum Taucher. Erhält der Taucher einen für Hochdruck ausreichenden Anzug, bei welchem die so hoch gepresste Luft nach Belieben in den Hohlraum zwischen den beiden luft-

dichten Schichten des Anzuges geführt werden kann, so gewinnt er dadurch die Fähigkeit, mit dem Kopfe sich bis über Wasserspiegel zu erheben. Ein Hochdruck-Taucher, der sich selbstständig bewegt, muss jedoch als Führer einen Kompass mit sich nehmen. Ein solcher Taucher kann u. a. benutzt werden, um Schiffen einen bestimmten Weg zu zeigen, indem er, voraus gehend, von Zeit zu Zeit unter Wasser zu entzündende Signalfener aufsteigen lässt.

Die vor besprochenen Apparate sammt allem Zubehör werden vorzugsweise von der Firma L. v. Bremen in Kiel hergestellt.

Es sind in neuester Zeit vielfache Versuche gemacht worden, die Apparate zu vervollkommen bzw. dieselben für besondere Zwecke geeigneter zu machen. So giebt es einen Anzug von Tasker aus dünnem Stahlblech mit faltigen Gelenken, bei dessen Anlegen der Taucher fast unverwundbar ist und auch mit Hülfe eines Systems von Drahtseilen sich an beliebigen Stellen im Wasser Festpunkte schaffen kann; ferner sind von Schwann und von Fleuss zwei unter einander sehr ähnliche Apparate erfunden, welche den Taucher aus

Fig. 82.



einem von ihm im Tornister mitgeführten Kasten mit, sich fortwährend erneuerndem Sauerstoff versehen und ihn dadurch unabhängig von einer Luftpumpe machen. Derartige den Taucher selbständig machende Apparate gewähren besondern Nutzen, z. B. im Bergbaubetrieb, um in vollgelaufenen Schächten und Stollen die ersten Herstellungs-Arbeiten vornehmen, oder um im Innern gesunkener Schiffe sich nach Belieben bewegen zu können usw.

Die wichtigsten Hilfsapparate des Einzeltauchers sind das Grundtau, die Strickleiter und die eiserne Leiter. Ersteres ist ein starkes Hanftau, durch Knoten zur Markirung der Tiefe und bessern Handhabung eingetheilt und am untern Ende mit einem flachen Ballast-Eisen versehen. Der Gebrauch von Strickleitern ist für Taucher mit Bleisohlen unbequem und thunlichst durch eiserne und etwa mit Scharnieren versehene feste Leitern zu ersetzen. Diese sind namentlich zum ersten Hinabsteigen vom Boot aus sehr zu empfehlen. Strickleitern können dagegen unter einem Schiff fortgezogen werden und alsdann dem mit Hängeseilen ausgerüsteten Taucher die Arbeit an jeder Stelle des Schiffsbodens ermöglichen; vergl. Fig. 81.

Zur Kontrolle sowohl als auch zur Hilfe des Tauchers dienen die verschiedenen Unterwasser-Seehohre (mit sehr verschiedenen Namen, die jedoch meistens nur bei einigen Metern Tiefe brauchbar sind, wenn nicht besondere Beleuchtungs-Apparate hinzu treten. Diese sind neuerdings durch die sogen. unterseeischen Lampen, sowie durch die elektrischen Lampen ausreichend gegeben. Näheres darüber ist im Grundbau, S. 295 zu finden.

Endlich sei noch hinsichtlich des Einzeltauchens erwähnt, dass hierzu eine gründliche Einübung und zwar stets mit Hilfe der von dem Fabrikanten der betr. Taucher-Apparate gegebenen Instruktion unerlässlich ist, um nicht das Leben des Tauchers in Gefahr zu bringen. Ungeübte Taucher dürfen bei grosser Tiefe nur kurze Zeit unter Wasser bleiben, während geübte noch bei 30^m 3—4 Stunden unter Wasser verweilen und arbeiten können. (Grundbau S. 300 ff.)

c. Einiges über Schiffshebungen.

Da das Heben schwerer Gegenstände aus dem Wasser, insbesondere gesunkener Schiffe, in vielen Fällen nur mit Hilfe von Einzeltauchern geschehen kann, mögen hierüber einige Bemerkungen angeschlossen werden.

Bei gesunkenen Schiffen ist zunächst meist von Wichtigkeit, dass die Hebung überhaupt rasch erfolge, damit nicht etwa durch Einsinken des Schiffes in den weichen oder losen Boden, sowie durch Zusandung usw. die Hebung noch weiter erschwert und auch Beschädigungen durch das bewegte Wasser vermieden werden. Der Hebung wird oft die Beseitigung durch Sprengen gegenüber stehen, wenn es gilt, ein versperrtes Fahrwasser rasch wieder frei zu machen.

Um den zu hebenden Körper zunächst sicher zu fassen, bedient man sich bei kleinen Gegenständen, selbst auch bei kleinen Schiffen, entsprechend grosser Zangen. Es empfiehlt sich, mindestens die eine Seite der Zange 2theilig zu machen, um die Möglichkeit zu haben, den Körper an 3 Punkten zu fassen und ein Herausfallen aus der Zange zu vermeiden. Die oberen Schenkel der Zangen werden oft mit hölzernen Stangen versehen, um die Zange unten zum sichern Anfassern zu bringen. Daneben erhalten dieselben fast stets Augen für Ketten, die zu einem Flaschenzuge usw. führen. Mit mehrzinkigen Zangen sind schon Steine von 15^t Gewicht, sowie kleine gesunkene Fahrzeuge (z. B. im Neuenburger See eine 10^m lange, 2^m breite Dampfbarkasse aus 75^m Tiefe) gehoben worden, Fig. 82.

Für gewisse Zwecke sind die von Toselli erfundenen automatischen Zangen vortheilhaft, bei denen sich entweder nur beim Aufkommen die bis dahin fest gestellten Greifarme senken und bei der alsdann beginnenden Hebung den betr. Gegenstand umklammern, oder wobei sogar die Arme selbstthätig sich bei der Senkung des Apparats öffnen und bei der Hebung schliessen.

Zum Heben von Steinen oder dergl. werden auch Schlingen oder netzartige Einrichtungen verwandt, welche man thunlichst weit unter jene Körper zu ziehen und alsdann zu schliessen sucht¹⁾.

Zum Heben von grösseren Schiffen sind fast stets Taue, Ketten oder Drahtkabel quer unter das Schiff zu bringen, wobei die Hilfe von Tauchern unbedingt erforderlich ist. Beim eigentlichen Heben werden seitlich angebrachte Schiffe oder sonstige Körper von grosser Tragfähigkeit oder auch Winden benutzt.

An der deutschen Ostseeküste ist für Hebung von Schiffen nicht bedeutender Grösse ein Verfahren im Gebrauch, welches darin besteht, dass über das gesunkene Fahrzeug eine Anzahl von hölzernen Walzen (gewöhnlichen Rundhölzern von möglichst gradem Wuchs) gebracht wird, deren beide Enden in offenen Lagern ruhen, welche auf Fahrzeugen oder festen Gerüsten aufgestellt sind. Jedes Walzenende nimmt das Ende einer Kette auf, welche unter dem gesunkenen Schiffe durchgezogen sind. Ist dasselbe eingesandet, so leistet dem Taucher der Wasserstrahl einer Druckpumpe, der auf die betr. Stelle unter dem Schiff gerichtet wird, gute Dienste. Die Hebung erfolgt durch Drehen der Walzen mittels langer Speichen, welche in entsprechender Anzahl in die

¹⁾ Näheres über Zangen, Schlingen usw. s. im „Grundbau“ S. 27 ff.

Walzen gesteckt sind. — Dass man mit Hilfe von Tauchern die möglichste Entladung des gesunkenen Schiffes anstreben und ausserdem versuchen wird, durch Schaffung wasserleerer Räume auch den Auftrieb für die Hebung nutzbar zu machen, ist selbstverständlich.

Das beschriebene Verfahren ist bei grösseren Schiffen ausser wegen deren Schwere auch deswegen unanwendbar, weil bei diesen die Deck-Aufbauten, Masten und Takelage beim Heben alsbald in Kollision mit den über das Schiff gestreckten Walzen kommen würden. Für derartige Schiffe müssen daher Vorrichtungen angewendet werden, welche den Raum über demselben frei lassen und welche auch eine entsprechend grössere Kraftentwicklung gestatten.

Kräfte von unbegrenzter Stärke stehen in der offenen See oder in Tidenströmen im Fluthwechsel zu Gebote. Wo dies nicht der Fall, wird man sich durch Anwendung von Prähmen, die zur Wasserfüllung eingerichtet sind, oder durch Ballons, die mit Luft aufgeblasen werden, die erforderliche Kraft durch Auftrieb schaffen müssen¹⁾.

In interessanter Weise ist im Swinemüder Hafen von Dresel im Jahre 1875 die Hebung eines grossen Kohlendampfers ausgeführt worden²⁾, der in 14^m Wassertiefe lag und dessen Gewicht — nach Bergung eines Theils der Ladung und Ausrüstung — zu 14 000 Z. geschätzt ward. Es wurden dazu 16 Prähme von je 50^{cbm} Displacement bei 3,25^m Höhe benutzt, von denen je 8 längs einer Seite des gesunkenen Schiffes gelegt wurden. Je 2 gegenüber liegende Prähme bildeten ein durch Kette verbundenen Paar. Weil bei der angegebenen Wassertiefe und der Prahmhöhe die Hebung des Schiffes nicht auf ein mal, sondern nur in mehren Höhenabsätzen stattfinden konnte, hatte man statt der, für das zu hebende Gewicht ausreichenden Anzahl von 14 Prähmen, oder 7 Paaren 16 solcher = 8 Paare, beschafft; man gewann damit die Möglichkeit, je 1 Paar ganz zu entlasten und, indem man, weiter gehend, zu dieser Entlastung abwechselnd alle 8 Prahmpaare heran zog, die Hebung des Schiffes ohne Absätze in kontinuierlicher, d. h. auch in mehr gesicherter Weise auszuführen. Dieselbe erforderte an Prähmen, Pumpen, Ketten, Winden usw., die grösstentheils für den Zweck neu beschafft werden mussten, einen Kostenaufwand von 165 000 *M.*, wovon durch Wiederverkauf der Geräthe und Verkauf eines Theils der Ladung etwa 50 000 *M.* zurückgewonnen wurden; der Werth des geborgenen Schiffes ward auf 184 000 *M.* abgeschätzt.

Man erkennt aus letzteren Zahlen die Bedeutung, welche bei Schiffshebungen die ökonomische Seite der Sache besitzt.

C. Uferbau.

I. Allgemeines.

Unter Ufer ist im Nachstehenden im weitern Sinne jede gemeinsame Begrenzung zweier in verschiedener Höhe liegenden Bodenflächen verstanden, so dass auch die zeitweilig oder dauernd trocken liegenden Ufer mit einbegriffen sind, während im engern Sinne meistens nur von solchen Ufern die Rede sein wird, die am Wasser liegen. Unter Uferbau ist sodann die künstliche Befestigung oder völlige Verkleidung des natürlichen, aber oft umzugestaltenden Ufers verstanden.

Um aber unter den mannigfaltigen Mitteln des Uferbaues in jedem einzelnen Falle die richtigste zweckmässigste Wahl zu treffen, sind nachstehende Bedingungen und Umstände zu beachten:

¹⁾ Bei einem von Dr. Raydt angegebenen Hebeverfahren (welches aber bisher noch keine Anwendung im grossen gefunden hat) wird die durch Ueberführung von Kohlensäure aus dem festen in den luftförmigen Zustand geschaffene grosse Volumenänderung zur Schaffung von Auftrieb benutzt.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1878 S. 52 ff.

Nach dem Zwecke ist insbesondere zu unterscheiden, ob das betr. Ufer nur gegen äussere natürliche Angriffe (gewaltsame, durch Kriegszwecke begründete Angriffe kommen hier nicht in Betracht) zu schützen ist, oder ob etwa daneben auch das Ufer für eine bestimmte Benutzung, namentlich für den Verkehr von Personen und Waaren (Hafenkais usw.) anzulegen ist. In dieser Hinsicht kann man unterscheiden zwischen Schutz-Ufer und Nutz-Ufer.

Die Wahl der konstruktiven Mittel richtet sich zunächst nach der Belegenheit. Hiernach ist namentlich zu unterscheiden, ob das Ufer dauernd oder zeitweilig am Wasser oder stets im Trocknen liegt, und wenn ersteres der Fall, ob das Wasser ein stillstehendes oder fliessendes, in der Oberfläche ruhiges oder von starken Wellen bewegtes ist. Bei stillstehendem Wasser ist nur die Durchnässung des Ufers und Wirkung des Frostes und etwa die Höhengschwankung des Wasserstandes zu beachten, bei fliessendem Wasser vorzugsweise die Gefahr der Unterwaschung und der Auswaschung in's Auge zu fassen, also die Natur des Gewässers selbst, sowie die Widerstandsfähigkeit des natürlichen Bodens und der Baumaterialien ganz besonders. Bei den Meeresufern kommt endlich ausser den vorgenannten Angriffen und Gefahren noch die Stosswirkung der Wellen als Zerstörungs-Mittel in Betracht.

Eine weitere Rücksicht auf die Belegenheit ist begründet in der Beschaffenheit des Bodens hinsichtlich der Tragfähigkeit und des Erddrucks. Weicher Untergrund und schwere aber kohäsionslose Hinterfüllungserde zwingen zu ausserordentlichen Vorsichtsmassregeln in Bezug auf die Standfestigkeit, wogegen fester und zusammen hängender Boden, wie Fels und trockner Thon, die Bildung eines künstlichen Ufers in hohem Maasse begünstigen.

Von näher liegendem und leichter erkennbarem Einfluss, jedoch nicht immer maassgebend ist der Anspruch auf das Aussehen. Ufermauern an vornehmer Lage in grossen Städten erfordern oft eine bessere Ausbildung, im Gegensatz zu solchen in einsamer Gegend und in Häfen von untergeordneter Bedeutung, die nur mit Rücksicht auf Haltbarkeit herzustellen sind.

Zu allen bereits betrachteten Rücksichten kommt endlich diejenige auf die örtliche Zweckmässigkeit des zu verwendenden Baumaterials. Stein, Holz und Eisen sind jedes für sich, an einem Orte billig und gut, am andern theuer oder von mangelhafter Beschaffenheit. Es können daher zu gleichen Zwecken steinerne, hölzerne oder eiserne Konstruktionen an verschiedenen Orten mit gleichem Nutzen angewandt werden, während das eine oder das andere Material (abgesehen von Hilfskonstruktionstheilen) an andern Orten gänzlich auszuschliessen ist.

Die schon nach dem Vorigen sehr verwickelte Kostenfrage wird endlich noch schwieriger, wenn nicht allein die Anlagekosten, sondern auch die Unterhaltungs- und Neubaulast in Betracht zu ziehen sind. Letzteres ist der Fall, wenn zwar für denselben Zweck zwei oder mehrere Konstruktionsarten von verschiedener Dauerhaftigkeit zulässig sind, der zur dauernden Erhaltung des Ufers Verpflichtete aber den wirtschaftlichen Vortheil der einen oder andern Bauweise möglichst genau ermitteln will.

Es ist zwar ohne weiteres klar, dass die solidere Bauweise meistens in der Anlage theurer, in der Unterhaltung und der Häufigkeit der notwendigen Erneuerung aber verhältnissmässig billiger wird. Dieses Verhältniss ist aber nur mit Berücksichtigung der Verzinsbarkeit des Geldes zu finden. Nähere Anleitung hierzu ist in Hilfswissenschaften I. S. 71 u. ff. mitgetheilt.

Etwas weniger genau als dort angegeben, aber doch mit hinreichender Annäherung, lässt sich die Frage für ein schon bestehendes Bauwerk und unendliche lange Zeitdauer unter Benutzung der allgemeinen Formel lösen:

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

In dieser bezeichnen: x den Gesamtbetrag der Neubau- und Unterhaltungskosten, K das Neubaukapital, z den Zinsfuss, β die durchschnittlichen jährlichen

Unterhaltungskosten in Prozenten von K ausgedrückt, m und n die Zahl von Jahren, welche das Bauwerk von seinem Neubau bezw. vom gegenwärtigen Zeitpunkte an gerechnet noch stehen kann. Für $n = 0$ gilt die Formel für neu zu errichtende Bauwerke. Für gemischte Konstruktionen sind die einzelnen Theile zu trennen. Für Holz kann m zu 10–30 Jahre, β zu 2–4, für Stein m zu 75–200 Jahren und β zu $\frac{1}{4}$ – $1\frac{1}{2}$ gerechnet werden; n folgt aus m , z ist = 4 zu nehmen. Danach belasten Holzbauten den Verpflichteten etwa um den vollen Betrag, Steinbauten nur etwa um $\frac{1}{8}$ des Betrages vom Neubaukapital höher als dies allein.

Nach diesen allgemeinen, bei jedem grösseren neuen Uferbau anzustellenden Betrachtungen lassen sich in übersichtlichster Weise alle verschiedenen Arten von Uferbauten am besten nach dem wesentlichen Merkmal ihrer Bauweise einteilen: in Böschungen, bei denen die Wirkung des Erddrucks ganz oder fast ganz ausscheidet; in hölzerne und eiserne Bollwerke, bei denen der Erddruck von einzelnen Pfählen oder Ständern aufgenommen wird und endlich in Nutz- und Futtermauern, bei denen der Erddruck von einer gegen Gleiten und Drehen genügend gesicherten Mauerwerksmasse aufgenommen wird¹⁾.

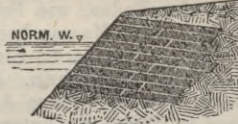
II. Bauliche Ausführung.

a. Böschungen.

Fig. 83.



Fig. 84.



Böschungen gewähren fast stets die billigste Art der Uferbefestigung und sind überall da anzuwenden, wo der nöthige Raum vorhanden oder mit nicht hohen Grunderwerbskosten zu beschaffen ist und das Ufer nicht in besonderer Weise benutzt werden soll.

Die etwa künstlich zu gebende Steile der Böschung richtet sich nach der Erdart, dem Angriff des Wassers und der Bekleidung. Unbefestigte Böschungen, die etwa nur besamt oder mit Flachrasen belegt werden, erhalten, wenn kein Wasserangriff zu befürchten, bei Felsboden $\frac{1}{4}$ – $\frac{3}{4}$, bei gebundenem Boden 1 – $1\frac{1}{2}$, bei sandigem Boden $1\frac{1}{2}$ – 3 fache Anlage.

Wenn unbefestigte Böschungen, z. B. bei Hochufern von Flüssen, bei Einschnitten von Kanälen (nicht von Dämmen) grosse Höhe haben, viel Regen- oder Quellwasser bekommen und der Boden locker ist, dann ist es zweckmässig, in 2 – 3 m senkrechtem Abstand Bankette (in der Länge horizontal oder wenig geneigt, in der Breite horizontal) $0,5$ – 1 m breit anzulegen, auf ihnen das Wasser zu sammeln und an bestimmten Stellen in Mulden an der Böschung hinab zu leiten. Bepflanzen mit Gestrüch ist zur besseren Erhaltung immer gut. Regen- und Quellwasser ist oben thunlichst abzufangen und abzuleiten.

Eine Befestigung der Böschungen ist am Wasser fast stets und namentlich in der Höhe des gewöhnlichen Wasserspiegels erforderlich; dieselbe geschieht bei Schiffsahrts- und Entwässerungs-Kanälen durch Bepflanzung mit Schilf (auch das etwa in Wasserspiegel-Höhe liegende Bankett wird mit bepflanzt), Fig. 83, ferner mit Kopfrasen, die in einer, oder besser in zwei Schichten hinter einander zu legen sind, Fig. 84.

Bei Flussufern kommt ausser dem Wellenschlag die Strömung in Betracht. Haben die Ufer auch eine flachere Böschung, so ist thunlichst zwischen Niedrig- und Hochwasser eine Bepflanzung mit Weiden anzubringen. Es ist überall durch Versuche zu ermitteln, welche Art von Weiden am besten gedeiht. Weidenbusch gewährt nicht allein gegen Wellenschlag, Strömung und Eisangriff einen wirksamen Schutz, sondern auch, durch zeitweiliges Schneiden, einen werthvollen Ertrag. Es hängt von örtlichen Umständen ab, ob 1-, 2-, oder selbst

¹⁾ Die, mit den für Verkehrszwecke dienenden Uferbauten meistens in enger Verbindung stehenden Anlagen, wie Hebe- und Sturz-Vorrichtungen, Anlande-Vorrichtungen usw. werden weiterhin unter „Schiffsahrtsbetrieb“ besprochen.

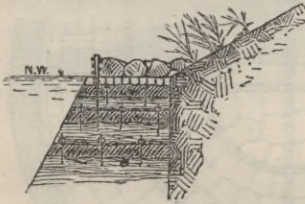
3jähriges Schneiden am lohnendsten ist. Einjährige Zweige geben die Bindeweiden und Korbweiden; zweijährige Schüsse liefern Flechtweiden zu Zäunen.

Wo die Flussufer zu steil sind, steiler als 1:1, oder aus besondern Ursachen, z. B. zu heftiger Strömung usw., die Weidenpflanzungen gar nicht gedeihen, müssen künstliche Befestigungen durch Spreutlagen, Rauwehren, Packwerke oder Senkstücke eintreten. Ueber deren Herstellung ist unter Flussbau zu vergleichen.

Die Spreutlagen und Rauwehren können aus sog. lebendigen Weidenbusch hergestellt werden und alsdann durch Ausschlagen neuer Schüsse ein grünes Ufer geben, wobei die künstliche Befestigung in der ersten Zeit die Wirkung der Wurzeln der Pflanzen ersetzt. Die Wipfelenden des Busches werden etwas nach oben, übrigens stromabwärts gelegt.

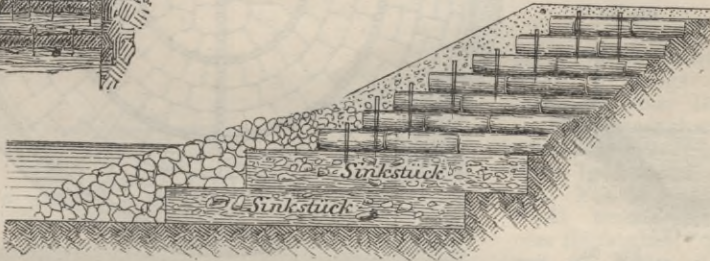
Von dem aus Packwerk hergestellten Uferdeckwerk giebt Fig. 85 eine Darstellung. Die wagrechte Oberfläche ist vorn durch einen Flechtzaun geschützt, hinter welchen Steine gepackt sind. Statt deren würden bei mässiger Strömung auch gute Rasen mit Weidenstecklingen anzubringen sein, während bei heftigerer Strömung die Steinschüttung noch höher an der oberen Böschung hinauf geführt werden müsste. Die obere flachere, etwa künstlich und gleichmässig abgeschrägte Böschung ist übrigens zunächst mit Busch zu bepflanzen, da die blosse Grasnarbe nicht haltbar genug ist.

Fig. 85.



Wo der Platz nicht beschränkt ist, empfiehlt es sich, die Böschung des Packwerkes flacher, bis etwa 1:2, zu nehmen, so dass die einzelnen Lagen treppenartig nach unten hin vorspringen. Die Vorsprünge sind dabei

Fig. 86.



am besten mit Steinbewurf zu bedecken, wodurch die ganze Böschung wesentlich vor Zerstörung geschützt wird. Wenn eine grössere Wassertiefe, namentlich in starker Strömung, vor dem Ufer besteht, so wird etwa bis zum gewöhnlichen Niedrigwasser zunächst eine Böschung von Senkstücken (vergl. Flussbau) hergestellt, welche ebenfalls mit den einzelnen Schichten nach unten hin treppenartig vorspringt und mit schwererem Steinbewurf gedeckt wird, Fig. 86.

Sogen. Steinböschungen sind, abgesehen von den Kosten, in allen Fällen anwendbar und gewähren die grösste Dauer bei starkem Angriff; sie erhalten an Flüssen gegen Strömung mit Eisgang 1—2fache Anlage. Unter Wasser geschieht die Ausführung als blosse Schüttung unter Verwendung von möglichst grossen Steinen für die Aussenfläche; im Innern können kleine Steine, selbst Kies verwandt werden. In N.W.-Höhe wird ein 0,5—1 m breites Bankett angelegt und, gleich dem obern Theile der Böschung, mit regelmässiger Abpflasterung aus grossen, oben glatten Steinen mit engen Fugen, auf einer Unterlage von groben Kies- oder Steinbrocken versehen, Fig. 87. Das Pflaster kann auch gegen eine event. verankerte Spundwand gestützt werden und darf dann zuweilen die Schüttung davor fort bleiben, Fig. 88.

Bei Flusshäfen, Kanälen usw. giebt man den Böschungen bei Anlage von 3:4 oder auch 1:1 eine mauerartige Bekleidung aus behauenen Steinen

oder Ziegeln, welche als Läufer oder Binder mit normal gegen die Böschungsfäche gerichteten Längenfugen versetzt werden, Fig. 89.

Am wichtigsten sind die Steinböschungen an den Seeufern, wo Pflanzen nicht fortkommen (mit Ausnahme von Hochufern und Dünen, s. w. u.) und wo Buschwerk nur als Hilfsmaterial, zur Unterlage für Steine, und zwar unter Wasser zu gebrauchen ist.

Auch das Holz ist an den meisten Seeufern des Bohrwurms wegen nicht zu verwenden. Ausserdem ist Holz sowie Buschwerk wegen des wechselnden

Fig. 87.

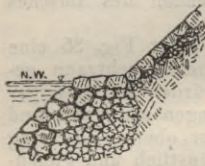


Fig. 88.



Fig. 89.

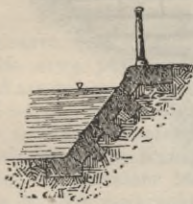


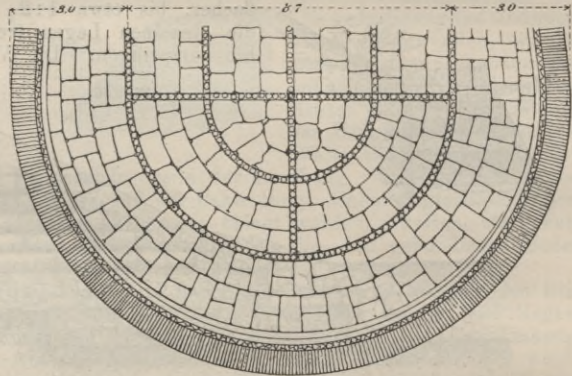
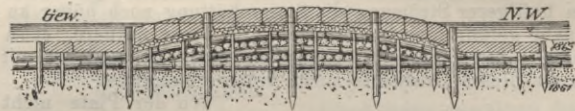
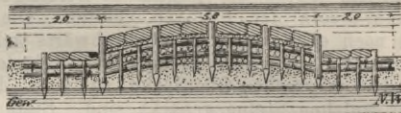
Fig. 90.



Fig. 91.



Fig. 92, 93, 94.



Wasserstandes mancher Seeufer der Fäulnis ausgesetzt, also nur noch unterhalb des niedrigen Wasserstandes liegend von Dauer.

Lose, geschüttete oder regelrecht versenkte Steine sind an der Seeküste nur in ganz abgeschlossenen Buchten, wo keine Wellenbewegung stattfindet, oder auf festem, felsigem oder wenigstens thonigem Boden verwendbar, weil die Wellen den sandigen Boden (z. B. an der ganzen deutschen Nordseeküste) so tief in Bewegung setzen, dass einzelne Steine sehr rasch einsinken. Grosse gestrandete Schiffe z. B. versinken in der Regel in 1 Jahr völlig im Sande.

Erst über dem gewöhnlichen H.-W. hört diese Beweglichkeit des Sandgrundes auf. Wo der Sand aber trocken ist, fängt das Verwehen desselben an, so dass z. B. die bis zu 30^m hohen Sanddünen oft in wenigen Jahren verwehen, wenn sie nicht mit den geeigneten Dünenpflanzen (insbesondere Sandhafer und Sandweizen) bewachsen sind. Diese Pflanzen können in Büscheln, mit etwas Wurzel, im Frühjahr und Herbst gepflanzt werden; am besten geschieht dies auf frischem Sande. Sie bilden vor der seeseitig durch Wellen und Wind angegriffenen alten Dünenkette eine neue sogen. Vordüne zum

Schutz der alten, indem sie den vom Vorstrande heran wehenden Sand aufsaugen und in demselben kräftig aufwachsen. Wo aber nicht genügend Sand heranweht, müssen die wichtigeren Dünen, von denen oft der Bestand der ganzen Küste oder Insel abhängt, durch künstliche Uferwerke geschützt werden. Der Strand oder die sanft geneigte Fläche zwischen dem Hochufer oder den Dünen und der See wird durch die mässige Bewegung der stets gegen das Ufer gerichteten Wellen erhöht, durch heftigen Wellenschlag jedoch wieder aufgewühlt und durch die bei jedem Sturm entstehende besondere Küstenströmung wieder abgetrieben. Hiergegen können nur die sogen. Strandbühnen einigen Schutz bieten. Dieselben dürfen die Strandhöhe nur wenig überragen, weil sonst daneben zu heftiger Angriff der Wellen hervorgerufen wird und sie erhalten daher eine dem durchschnittlichen Gefälle des Strandes entsprechende Neigung dem Kopfe zu. Sie bestehen an der Ostsee oft nur aus neben einander eingeschlagenen dünnen Pfählen oder aus 2 Reihen derselben mit zwischengepackten Steinen, Fig. 90, an der Nordsee (wegen des Bohrwurms und der grösseren Beweglichkeit des Sandes und häufigerer, sowie hefti-

Fig. 95.

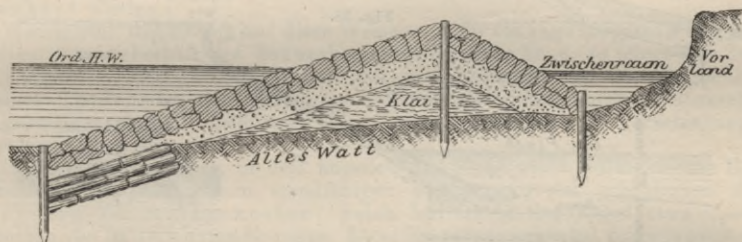
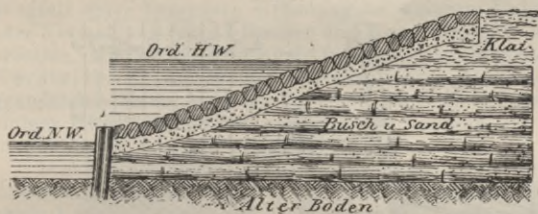


Fig. 96.



gerer Wellen) meist aus einer Unterlage von Busch mit einer Decke aus breiten und schweren Steinen, die durch Flechtzäune festgehalten werden. Fig. 91 giebt das Profil einer leichteren oder Hilfsbühne, Fig. 92 und 93 stellen 2, zu einer schweren Bühne

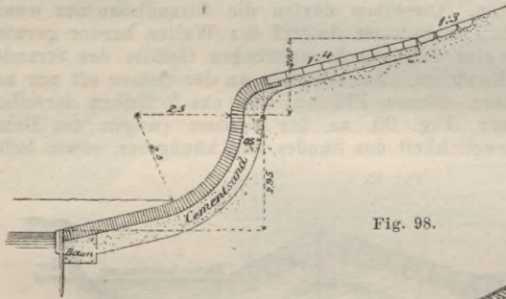
gehörige Profile am oberen bzw. unteren Ende dar.

Bei breiten Bühnen wird der Kopf nach Fig. 94 abgerundet und muss ganz flach verlaufen. Die Bühnen-Richtung ist senkrecht zum Ufer, weil die Strömung fast stets wechselt.

Da die eigentlichen Seeufer-Deckwerke fast nie am tiefen Wasser liegen und daher den auf schrägem Grund anlaufenden, und namentlich in wogender Richtung stossenden Wellen ausgesetzt sind, wirkliche Futtermauern wegen Fundament und Erddruck zu theuer sein würden, so muss die aus Steinen herzustellende Oberfläche geböschet werden. Solche Böschungen müssen zunächst gegen Versinken geschützt sein, also von einer einheitlichen oder elastischen Unterlage getragen werden, unten gegen Unterwaschung mit einer Art Spundwand geschützt und ebenso sehr oben gegen Auswaschung des Bodens durch überschlagende Wellen in geeigneter Weise gesichert werden. Endlich muss ihre Oberfläche durch glatte Mauerung oder durch besonders grosse Steine vor der Zertrümmerung geschützt sein. Der gefährliche Uebersturz der Wellen wird bei Werken, die nur ein niedriges Ufer zu schützen haben, nach Fig. 95, wo dies angeht, durch einen Zwischenraum zwischen Deckwerk und Ufer, der sich mit ruhigem Wasser füllt, vermieden, andernfalls durch Bedeckung des Ufers mit guter Klaierde und Rasen, wie in Fig. 96, oder end-

lich, wie Fig. 97 zeigt, durch Abpflasterung. Wo die Oberfläche aus regelrecht gesetzten, oder gar mit hydraulischem Mörtel versetzten Steinen besteht, wird sie am besten nach einem derartig gekrümmten Profil (Fig. 97) hergestellt, dass die Wellen nach oben abgelenkt werden und thunlichst in sich selbst zusammen fallen. Es entsteht dadurch freilich für den unteren Theil der Böschung oft ein heftiger, senkrechter Stoss, der um so heftiger wirkt, je weniger jener Theil mit ruhigerem Wasser bedeckt ist¹⁾. Bei glatter und gradlinig geböschter

Fig. 97.



Fläche laufen die Wellen besonders hoch auf, so dass entweder die Oberkante der Böschung sehr hoch liegen, oder nebst dem anschliessenden Theil des obren Ufers gegen den Wellenstoss sorgfältig geschützt sein muss. In dieser Weise sind, Fig.

Fig. 98.

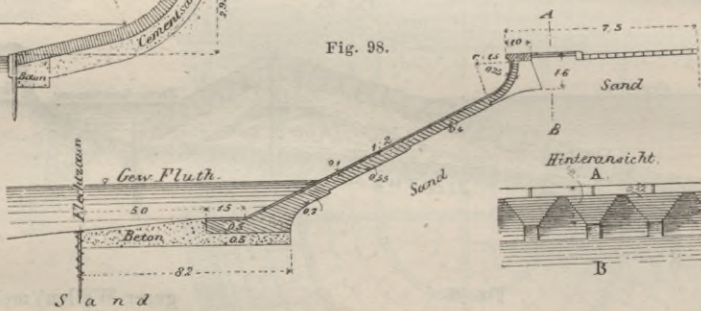
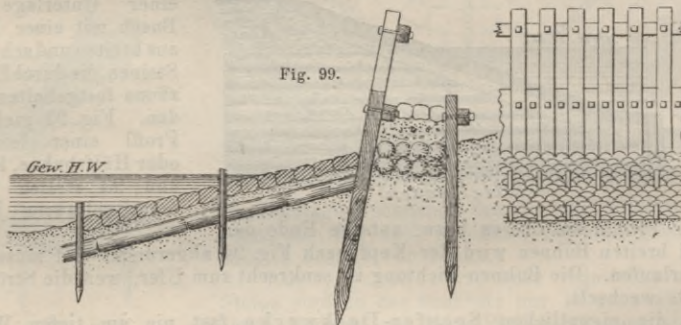


Fig. 99.



98, mit glatter Abpflasterung der Oberfläche grosse Strecken des belgischen Nordseeuferes in der Nähe von Ostende geschützt²⁾.

Ausnahmsweise, und zwar bei sehr niedrigem Ufer, dessen Durchbruch zu befürchten ist, und wo das Wasser viel Sand absetzt, der sich hinter dem Deckwerk lagern soll, ist ein aus Busch, Stein und Holz erbautes Deckwerk nach Fig. 99 anzuwenden.

b. Bollwerke aus Holz und Eisen.

Der Name **Bollwerk** ist zwar in vielen Gegenden noch allgemein für jede feste und steile Bekleidung eines dem Wasser zugekehrten Ufers gebräuchlich.

¹⁾ Ein ähnliches Strand-Schutzwerk wie das dargestellte ist auf Borkum ausgeführt; vergl. Deutsche Bauzeitg. 1877, S. 217.

²⁾ Wochenbl. f. Archit. u. Ingen. 1879, S. 246.

Im engeren Sinne beschränkt man jedoch in Deutschland jetzt die Bedeutung des Wortes auf eine im wesentlichen aus Pfählen hergestellte Uferbekleidung.

Das gebräuchlichste Material der Bollwerke ist das Holz; erst in neuerer Zeit beginnt das Eisen — und zwar sowohl Walzeisen als auch Gusseisen — der grösseren Haltbarkeit wegen für wichtige Bollwerke mit dem Holz in Wettbewerb zu treten. Die Grundlagen der Bauweise sind in beiden Fällen die nämlichen. Der Druck der Hinterfüllungserde, welcher durch geeignete Wahl derselben, durch Entwässerung, festes Stampfen, event. durch Einlegen von Faschinenwerk oder gar von Betonmassen nach Umständen thunlichst gering zu machen ist, wird zunächst von eingerammten Pfählen oder von gut befestigten Ständern aufgenommen, indem die die Zwischenräume derselben verdeckende Hinterkleidung (Bohlen, Bleche, Gewölbe usw.) von jenen mit getragen wird. Bei geringer Höhe und festem Untergrund können die eingerammten Pfähle allein den Erddruck unschädlich, d. h. ohne überzuweichen, aufnehmen. Bei grösserer Höhe, weichem Untergrund, Anwendung von Ständern muss zur Vermeidung des Ueberweichens, welches nach und nach zum Einsturz des Bollwerks führt, der Erddruck von der vordern Wand auf einzelne hinter derselben anzubringende feste Punkte übertragen, d. h. das Bollwerk verankert werden.

Wenngleich theoretisch auf diese Weise auch für die ungünstigsten Fälle vollständige Standsicherheit des Bauwerks erreicht werden kann, so pflegt man doch zur Vermeidung zu grosser Kosten und in Anbetracht der Vergänglichkeit einzelner Theile von der Erzielung vollständiger Standfähigkeit abzusehen und geringe, nach den Umständen zu beurtheilende nachträgliche Verschiebungen für zulässig zu halten.

Die Vorzüge solcher, in dem angedeuteten Sinne nicht vollkommenen Bollwerke vor den vollkommen standfähigen bestehen in der erheblichen Abminderung der Anlagekosten, welche letztere in der Regel etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ derjenigen von Futtermauern betragen. Diese Ersparung erwächst vorzugsweise aus der Einschränkung des Bedarfs an nicht immer billigem Material, sodann aus dem Wegfall einer besondern Gründung bei weichem Untergrund, der Einschränkung oder Vermeidung von Abdämmen und Wassers schöpfen oder sonstiger lästiger Hilfsarbeiten. Mit der Ersparung geht fast stets zusammen die Möglichkeit der raschen Herstellung. Für grössere Strecken einer hohen, im Wasser zu bauenden und zu gründenden Mauer sind mindestens 2 Jahre zu rechnen, weil im Winter während einiger Monate nicht zu arbeiten ist, wogegen ein gleich belegenes Bollwerk in nur einem Sommer hergestellt werden kann.

Die Nachtheile dagegen sind die grössere Vergänglichkeit und häufigere Ausbesserungs-Bedürftigkeit, die nach Umständen leichter oder schwerer wiegende Unthunlichkeit, auf der vordern Uferkante schwere Gebäude zu errichten, oder das Ufer überhaupt rücksichtslos benutzen zu können.

Eiserne Bollwerke sind bei sorgfältiger Herstellung in manchen Fällen geeignet, neben Gewährung der Vortheile hölzerner Bollwerke deren Nachtheile ganz oder nahezu fern zu halten.

Im Nachstehenden mögen zunächst Angaben über die Erfordernisse guter Konstruktionen und sodann Beschreibung einiger lehrreichen Fälle sowohl von allgemeiner als Sonderart folgen.

Das Holz muss möglichst gesund, dauerhaft und gradfaserig sein. In Ermangelung guter schlanker Eichen sind in Deutschland nur harzige Kiefern zu verwenden.

Die Pfähle dürfen nicht ohne Noth senkrecht gestellt werden, sondern müssen zur grösseren Standfähigkeit und weil kleine Verschiebungen nicht ausgeschlossen sind, eine Neigung von etwa $\frac{1}{10}$ erhalten. Sie müssen, wenn sie nicht besonders fest verankert werden, bei weichem Boden etwa ebenso tief in den Boden hinab reichen, als sie über demselben frei stehen, bei festem Boden etwa halb so tief¹⁾. Eine genauere Berechnung von Stärken usw. der Pfähle ist unnütz, weil dieselbe ausser Stande ist, den grossen Einfluss der

¹⁾ Vergl. hierzu übrigens die ausführliche Behandlung S. 137 ff im „Grundbau“.

Fäulniss zu berücksichtigen. Für mittelmässige Verhältnisse kann folgende Tabelle dienen:

Freie Höhe in m	2—2,5	3	3,5	3,5—4	4—4,5	5	6	7
Mittlere Stärke für \bigcirc Holz	0,30	0,33	0,35	0,35	0,35	0,36	0,37	0,38
Mittlere Stärke für \square Holz	0,20	0,22	0,25	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28
	0,25	0,27	0,30	0,30	0,30	0,31	0,32	0,33
Entfernung von m zu m	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
Anker für jeden	keins	keins	4ten Pfahl	4ten Pfahl	3ten Pfahl	2ten Pfahl	2ten Pfahl und	2 A. übereinand.

Kantige Pfähle zu verwenden, ist theuer und nicht zweckmässig, weil sich dieselben beim Rammen meistens etwas drehen. Besser ist es, grade gewachsenes Rundholz zu nehmen und nach dem Rammen die Pfähle zur bequemeren Anbringung des Bohlenbelags hinten einigermassen fluchtrecht zu beschlagen.

Die Pfahlköpfe werden in einen Holm verzapft, der oben abgerundet, mit kurzem Blatt auf dem Pfahl gestossen und mit eisernem Bügel über den Stössen und ausserdem etwa über jedem 4. oder 3. Pfahl mit diesem verbunden wird, Fig. 100; der Bügel soll die einzelnen Pfähle in einheitlicher Fluchtlinie erhalten. Die Hinterkleidungsbohlen sind vorzugsweise aus Eichenholz und nicht zu schwach zu nehmen, weil sonst die Fäulniss zu rasch vorschreitet. Mindestens müssen sie 5—7 cm und in der Höhe des häufigern Wasserwechsels bis 10 cm stark sein. Die Fugen werden gut behobelt, aber nicht gefalzt und nicht gemessert, auch nicht mit Leisten überdeckt, weil durch diese Mittel das Holz in den Fugen rascher abgängig wird. Unter Niedrigwasser ist fast stets eine Spundwand erforderlich, welche sich oben gegen ein Gurtholz stützt und

Fig. 100.

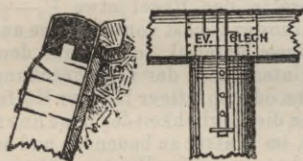


Fig. 101.

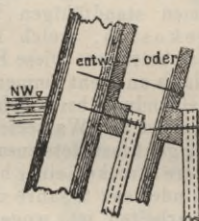
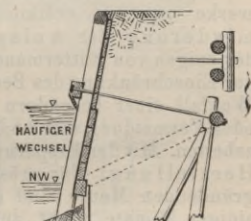


Fig. 102.



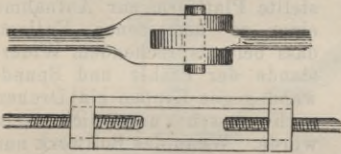
am besten ebenfalls schräg gestellt wird, Fig. 101. Die Tiefe derselben richtet sich insbesondere nach der Strömung; sie braucht aber nicht derjenigen der Pfähle gleich zu sein.

Die Hinterfüllungs-Erde muss ausser den oben erwähnten Eigenschaften bei hölzernen Bollwerken noch diejenige besitzen, dass sie die Fäulniss des Holzes möglichst wenig begünstigt. Darnach ist Boden mit organischen Beimengungen wie z. B. Gartenerde usw. unbedingt zu vermeiden. Bei häufig wechselndem Wasserstande ist sodann wegen der unvermeidlichen Fugen der hölzernen Hinterkleidung es sehr nützlich, dass die Erde möglichst dicht sei, weil sonst häufige Sackungen der Hinterfüllung unausbleiblich sind. Eine Hinterfüllung von reinem Thon oder von unfruchtbarem Lehm ist demnach stets zu empfehlen. Wo diese Erdarten nicht zu haben sind, wie z. B. in Mooregegenden, bringt man zweckmässig zunächst hinter die Bekleidung eine sorgfältige Packung aus Torf und hinterfüllt diese wiederum mit reinem Sand. Letzterer wird durch den nassen Torf vor dem Hinausspülen durch die Bohlenfugen geschützt. Unter Umständen kann auch das Eingiessen von dünnem Mörtel in den unmittelbar an den Bohlen liegenden Theil der Hinterfüllung zur Befestigung des reinen Sandes nützlich sein. Bei wichtigeren Bollwerken wird ein sehr magerer Beton hinter die Behohlung gebracht.

Die Verankerung der Bollwerke besteht aus verschiedenen Theilen. Der feste Endpunkt muss thunlichst so weit von der Vorder-Seite der Wand entfernt liegen, dass er sich noch in unbeweglichem Boden befinde, Fig. 102. Wo dies wegen

zu grosser Entfernung oder wegen anderer Schwierigkeit nicht zu erreichen ist, muss auf sonstige Weise die Unverrückbarkeit des Endpunktes angestrebt werden. Der Endpunkt ist in der Regel durch Ankerpfähle gebildet, die zur Vermehrung ihrer Wirkung schräg geschlagen und oft noch mit schrägeren Pfählen zu einem Bock vereinigt werden. Da die Anbringung des Ankers immer gewisse Schwierigkeiten hat und besondere Hilfs-Konstruktionen erfordert, so muss ein einzelner Anker für eine grössere Bollwerkslänge oder für mehrere Pfähle dienen (s. Tabelle S. 56) und eine dem entsprechende Stärke besitzen. Es sind deshalb zu den Ankerpfählen stets Doppelpfähle zu verwenden, zwischen denen die den Zug zunächst aufnehmende Anker-Stange befestigt wird und zwar mit Hilfe des Anker-Riegels. Dieser darf zu grösserer Dauer nicht viel über dem Niedrigwasser liegen und darf auch nicht tief mit den Ankerpfählen verkämmt sein. Die einfache Zugstange erhält fast stets zweckmässiger Weise eine nach hinten geneigte Lage, weil bei gleichem Materialaufwand dadurch eine grössere Wirkung erwächst als bei wagrechter Lage¹⁾. Bei doppelter Verankerung, d. h. der Anbringung zweier Anker über einander erscheint es in den meisten Fällen zweckmässiger, die Ankerstangen in einem Punkte zusammen zu führen, als die Endpunkte getrennt und in verschiedene Höhen zu legen. Bei letzterer Anordnung ist leicht der eine Punkt, und namentlich der höhere, schwächer in seinem Widerstand gegen den Zug des Ankers, so dass alsdann die gleichmässige Wirkung der Anker fraglich wird. Es ist ferner meistens billiger, den gemeinsamen Festpunkt für 2 Anker genügend stark zu machen, als den Einzel-Punkten dieselbe Gesamtstärke zu geben. Wo der untere Theil des Bollwerks sehr fest steht, und ferner bei jedem besonders hohen Bollwerk, ist eine schräge Spreize zwischen dem Ankerriegel und dem untern Theile des Bollwerks von grossem Nutzen, weil dadurch eine in sich geschlossene Konstruktion entsteht. Statt der erwähnten Ankerstange wurden früher — bei hohen Eisen- und niedrigen Holzpreisen — meistens

Fig. 103 a. u. b.



Ankerbalken genommen, welche hinten mit dem Riegel überkämmt und vorn mit den Pfählen entweder ebenfalls verkämmt oder durch eiserne Bügel verbunden wurden. Um lange Ankerbalken vor dem Durchbiegen oder gar Brechen in Folge der von oben kommenden Belastung (z. B. unter Strassen usw.) zu schützen, müssen sie mit besondern Pfählen unterstützt werden. Bei gleicher Anspannung stellen sich eiserne Ankerstangen billiger als Ankerbalken mit den zugehörigen Eisentheilen. Jene sind ferner ungleich dauerhafter; sie gestatten grössere Entfernungen zwischen Bollwerk und Ankerpfählen und eine beliebige Lage zum Grundwasser. Die Stangen sind in Stärken zwischen 25 u. 50 mm aus Rundeisen zu nehmen, vorn mit Schraube und Mutter zu versehen und neben einem Pfahl in dem vordern Gurtholz zu befestigen. Bei grossen Längen, z. B. über 6 m ist zur bequemen Anbringung entweder ein Gelenk oder, um das Anziehen zu erleichtern und gar ein späteres Nachziehen zu ermöglichen, ein Schloss anzubringen, Fig. 103a u. b. Bei kurzen Stangen sind die Gewinde einfach einzuschneiden, bei langen jedoch ist das betreffende Ende durch Aufstauchung zu verdicken und erst dann mit dem Gewinde zu versehen, damit noch in dem letzteren der kleinste Querschnitt mindestens eben so gross bleibt, als in der eigentlichen Stange.

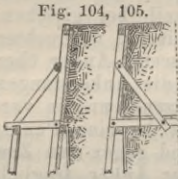
In einzelnen Fällen, wo entweder eine grade Stange nicht anzubringen ist oder wo starke Durchbiegungen derselben unvermeidlich sind, werden statt der Stangen Ketten zur Verankerung benutzt. Dieselben sind jedoch erheblich theurer als Stangen.

Da die Verankerung nur ausnahmsweise für jeden Bollwerkspfahl anzuwenden ist (s. Tab. S. 56), so muss die Wirkung des Ankers auf mehrere Pfähle gleichmässig übertragen werden. Hierzu dient das bereits erwähnte Gurt-

¹⁾ Vergl. „Grundbau“, S. 140 ff.

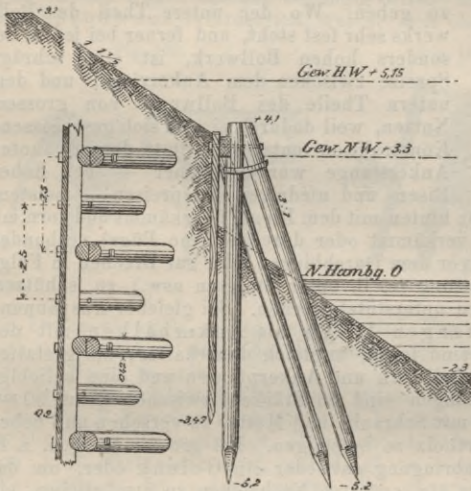
holz, welches wagrecht an den Pfählen entlang läuft, zur Ausgleichung der kleinen Ungenauigkeiten an jeder Kreuzung etwas ausgeklinkt ist (nicht aber auch der Pfahl) und in der Regel durch Knaggen unterstützt wird. Wo das Unterhaken von kleinern Schiffen unter die Gurthölzer zu befürchten ist (die Schiffe können dabei voll Wasser laufen), wird statt der Knaggen wohl eine schräg gestellte Bohle angebracht, an welcher der Schiffsbord zwanglos auf- und abgleiten kann.

Der feste Endpunkt des Ankers kann übrigens anstatt durch Pfähle auch durch hinreichend grosse Scheiben von Holz oder Eisen, sowie durch Mauerkörper, auch Schraubenpfähle, gebildet werden. Es kommt darauf an, dass demjenigen Theil des Erddrucks, der von dem Bollwerk dem einzelnen Anker zugewiesen wird, mindestens ein gleich grosser passiver Erddruck entgegen gesetzt werde. Verfasser hat mehrfach alte Eisenbahnschwellen, zu je dreien oder viere gekreuzt, in senkrechter Stellung angewandt, die einen Zug von mindestens 40^t ertragen. Sie sind besonders am Platze, wo nicht Pfähle gerammt werden können, in Gebäuden usw.



Wo überhaupt keine Verankerung anwendbar ist, kann dem Bollwerk u. a. durch die in den Fig. 104 und 105 angedeuteten Hilfsmittel die nöthige Standfähigkeit gegeben werden. Im erstern Falle wird der Erddruck grossentheils auf eine

Fig. 106.



Die 0,42 m starken und in starker Neigung gestellten Pfähle stützen abwechselnd die Gurtung und die davor geschlagenen, senkrecht gestellten Pfähle.

Wenn es sich um die Erneuerung eines alten Bollwerks handelt, so zeigt sich, dass der untere beständig unter Wasser gebliebene Theil noch hinreichend gesund ist und füglich beibehalten werden kann. In solchem Falle wird nur der obere Theil erneuert, d. h. das Bollwerk wird aufgeständert. In der Regel wird dabei in der Höhe des gewöhnlichen N.-W. auf die abgeschnittenen Pfähle eine Schwelle gezapft, in welche wiederum die Ständer mit kurzen kräftigen Zapfen eingreifen. Die Ständer werden fast stets aus Eichen-Schnittholz genommen, oben mit einem Holm versehen und hinten mit Bohlen verkleidet. Sie bedürfen der Verankerung, weil ihr Fuss nur wenig fest steht. Daher empfiehlt sich hier noch mehr als bei Pfählen die Anbringung einer

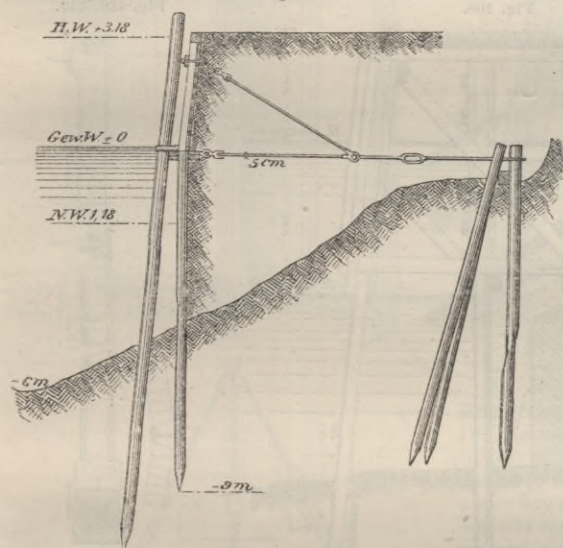
1) Deutsche Bauzeitg. 1884 S. 394.

doppelten Verankerung, von denen die untere recht nahe der Schwelle, die obere etwa in $\frac{3}{4}$ der Ständerhöhe liegt, Fig. 107.

In seltenen Fällen, z. B. wenn Rammpfähle, welche für die ganze Länge ausreichen, zu schwer zu beschaffen oder einzurammen sein würden, wendet man auch schon bei einem neuen Bollwerk eine Aufständering an. Bei manchen besondern Bauwerken, z. B. hölzernen Schleusen, Docks usw., sind nur aufgeständerte Wände, ohne untern Bollwerkstheil, als Unterbekleidung vorhanden.

Wenn bei einem neuen Bollwerk eine Aufständering vorgenommen wird, so können zweckmässiger Weise die untern Pfahlenden auch durch die Spundwand ersetzt werden, wie dies z. B. bei dem in Fig. 107 dargestellten provisorischen Bollwerke im Kieler Hafen geschehen ist. Es können in solchem Falle die Ständer ungeschwächt zwischen die Gurten der Spundwand gesetzt werden. Wenn die Schwierigkeiten des Rammens nicht zu gross sind (in vorstehendem Beispiele geschah das Rammen von schwimmenden Rüstungen aus),

Fig. 107.



so ist auch für die Spundwand eine schräge Stellung der Bohlen zu empfehlen.

Von ungewöhnlichen Bauweisen sind noch diejenigen zu erwähnen, in denen man bei grosser Höhe den Erddruck ganz oder theilweise ausschliesst, bezw. denselben nur auf einen untern Theil des Bollwerks wirken lässt, während man den oberen und namentlich den vordern Theil vom Erddruck frei hält. Diese, übrigens sehr mannigfaltigen Konstruktionen sind zwar oft in der Anlage theurer als ein den bisher gemachten Angaben entsprechendes Bollwerk; sie haben aber die Vorzüge, dass ihre wichtig-

sten Hölzer von der Berührung mit der Erde frei sind und dass sie denselben eine Erneuerung gestatten, ohne dass dabei in gleicher Weise wie bei gewöhnlichen Bollwerken die ganze Konstruktion gefährdet wird.

Derartige Ausführungen finden sich besonders häufig in englischen Häfen, wovon das in Greenock an der Clyde hergestellte, namentlich zum Anlegen von Personendampfern dienende Bollwerk, Fig. 108, ein interessantes Beispiel bietet. Dasselbe besteht im wesentlichen aus 3 Pfahlreihen, welche in $1,4$ m Abstand stehen. Die vordere Reihe aus 21 m langen Pfählen hat eine Neigung von $1:10$ und ist sowohl durch starke wagrechte und schräge Hölzer nach hinten gegen den Anstoss der Schiffe gesichert, als auch über N.W. durch Kreuzverbindungen und Reibhölzer gegen Längerverschiebung und äussere Beschädigung. Die mittlere und hintere Reihe stehen senkrecht und nehmen — jede zum Theil — den Erddruck auf, letztere durch wagrechte Bohlen, erstere durch eine die Zwischenräume der Pfähle ausfüllende Spundwand, deren Gurten zugleich die Pfahlreihe umfassen. Zwischen beiden Pfahlreihen befindet sich eine abgeplattete Böschung. Der Erddruck wird ferner durch eine Hinterfüllung aus Beton gemindert und endlich noch durch eine doppelte Verankerung mit eisernen, etwa 30 m langen Zugstangen. Die Fläche über den 3 Pfahlreihen ist

mit Bohlen bedeckt und abgepflastert. Bei der Ausführung dieser Konstruktion wurden je 3 zu einer Querreihe gehörende Pfähle nebst einer Spundbohlen-Tafel von einer zugehörenden, auf den bereits gerammten Pfählen stehenden, um 1 Gebinde frei schwebenden beweglichen Plattform aus mittels 4 von einem gemeinsamen Dampfkessel gespeisten Dampfrahmen eingeschlagen.

Die Verwendung eiserner Pfähle oder Ständer anstatt der hölzernen kommt bei dem Sinken der Eisenpreise immer mehr in Aufnahme, zumal bei Herstellung von gemauerten Kappen oder, bei Verwendung von eisernen Tafeln statt der Hinterkleidung mit Bohlen, das ganze Bollwerk eine ungleich grössere Dauerhaftigkeit als das Bollwerk aus Holzbau gewinnt. Solche Bollwerke sind in England schon seit Jahrzehnten und zwar wesentlich wegen der geänderten Preisverhältnisse angewandt worden und haben sich gut bewährt¹⁾.

Die Ausführungs-Regeln sind im allgemeinen die nämlichen wie sie für Holz bereits angeführt wurden. Es ist nur in jedem Falle zunächst die Wahl zwischen Gusseisen und Walzeisen für die Pfähle zu treffen und sind hiervon die Einzelgestaltungen abhängig.

Fig. 108.

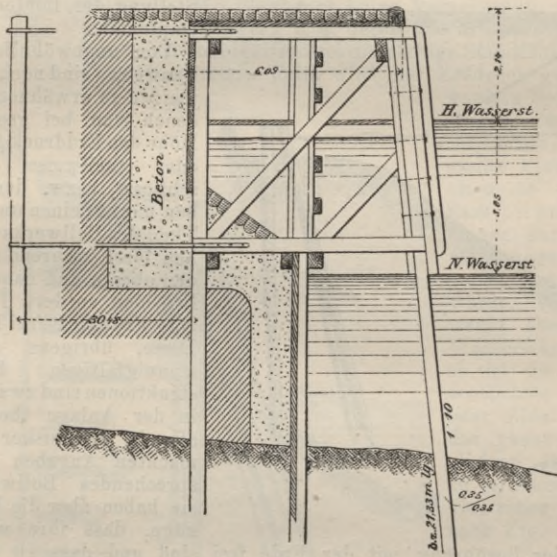
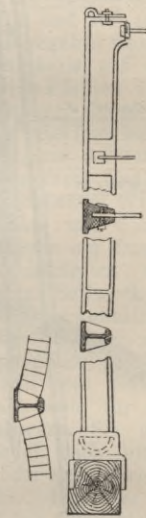


Fig. 109, 110.



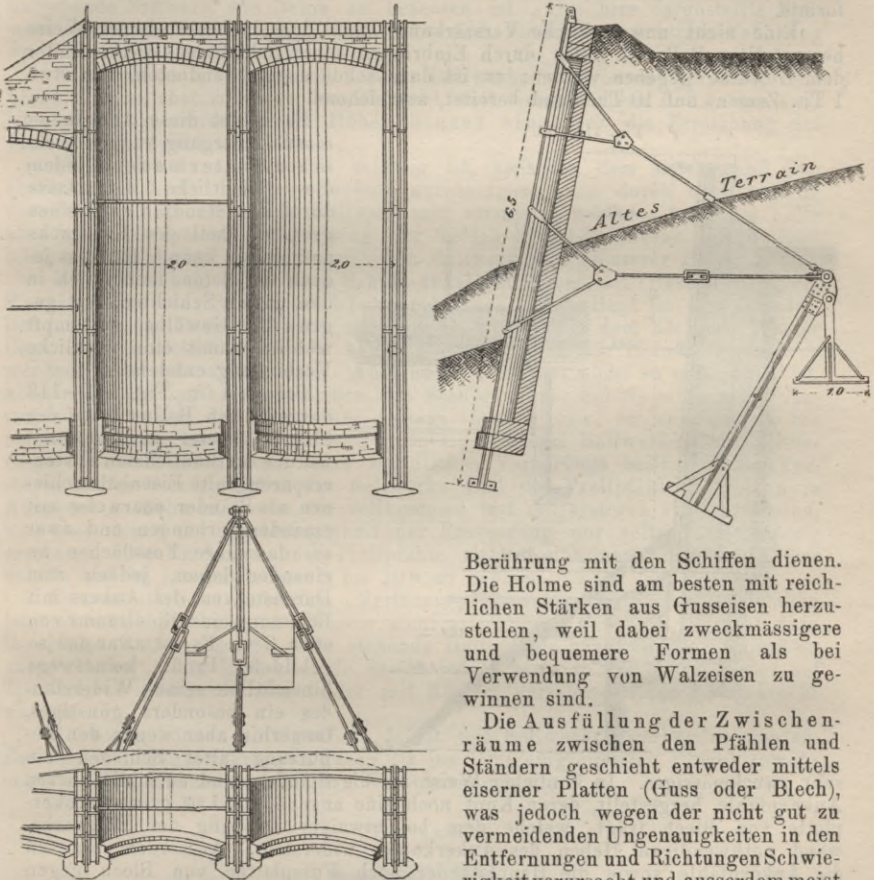
Die gusseisernen Pfähle können in Länge von 6—7 m noch ohne Schwierigkeit gegossen und ohne Nachtheil angewandt werden. Sind grössere Längen erforderlich, so ist es zweckmässig, die Pfähle zweitheilig zu machen und zwar den untern Theil möglichst günstig für das Rammen zu formen und den obern Theil als Ständer auszubilden, welcher mit dem untern durch geeignete Formgebung leicht und sicher verbunden werden kann. Die Anbringung von Zugankern geschieht in einfachster Weise so, dass an passenden Stellen ein Lappen zur Aufnahme der Zugstange angegossen wird, welcher daneben auch den Zweck einer Verstärkung erfüllen kann. Ferner ist der Querschnitt des obern Theils, so weit etwa die Ausmauerung reicht, bei gusseisernen Pfählen bequem so zu gestalten, dass die Gewölbkappe zu beiden Seiten ein geeignetes Widerlager findet. Endlich ist das obere Ende leicht mit einem eisernen Holm zu versehen. Durch diese aus den Fig. 109 und 110 ersichtlichen Formen haben die gusseisernen Pfähle den aus Walzeisen herzustellenden gegenüber manche Vorzüge,

¹⁾ Vergl. Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. f. Hannover Bd. V.

besonders hinsichtlich des Einrammens. Wo dagegen grosse Biegungsfestigkeit in Frage kommt, das Gegenstossen von Schiffen oder Eisschollen zu befürchten ist, und namentlich wo nur Ständer gebraucht werden, sind Walzeisen-Ständer vorzuziehen. Es lassen sich auch für den untern Theil Guss-Pfähle und für den obern walzeiserne Ständer mit einander verbinden.

Die etwa aussen anzubringenden Gurten sind, wenn sie den Zug der Anker auf mehrere Pfähle vertheilen sollen, stets aus Walzeisen zu nehmen. Ausserdem können noch hölzerne Gurten als Reibhölzer gegen nachtheilige

Fig. 111, 112, 113.



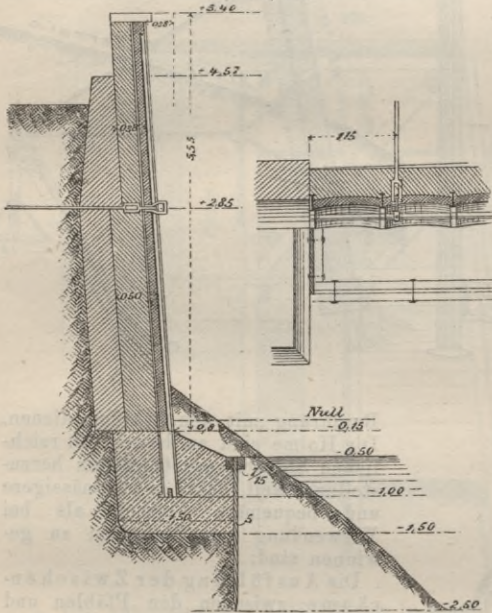
Berührung mit den Schiffen dienen. Die Holme sind am besten mit reichlichen Stärken aus Gusseisen herzustellen, weil dabei zweckmässigere und bequemere Formen als bei Verwendung von Walzeisen zu gewinnen sind.

Die Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Pfählen und Ständern geschieht entweder mittels eiserner Platten (Guss oder Blech), was jedoch wegen der nicht gut zu vermeidenden Ungenauigkeiten in den Entfernungen und Richtungen Schwierigkeit verursacht und ausserdem meist auch kostspielig sein wird. Eine Ausmauerung mit flach gewölbten Kappen, und zwar am besten aus Klinkern in Zementmörtel ist frei von fast allen Schwierigkeiten und meistens auch billiger. Je nach der Bodenart und der Höhe des Bollwerks ist die Stärke der Gewölbe entweder $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{1}$ Stein zu nehmen; es kann auch die Stärke oben geringer sein als unten. Dabei ist die Entfernung der Pfähle mit Rücksicht auf die Wirkung der Ausfüllung als Gewölbe zu bestimmen; dieselbe wird indess nicht unter $1,5^m$ und nicht über $2,5^m$ zu nehmen sein, weil sonst entweder das Eisen nicht genügend ausgenutzt oder im andern Falle die nöthige Pfeilhöhe des Gewölbes zu gross werden würde. Letztere muss nämlich $\frac{1}{10}$ der Weite sein und bedingt daher, wenn nicht etwa

ein fester Boden, Mauerwerk, Beton oder dergl. das Gewicht des Gewölbes aufnimmt (worauf zur Sicherheit, trotz des Reibungs-Widerstandes in Folge des Erddrucks und der Gewölbspännung, voll zu rechnen ist) eine hinter den Pfählen genügend ausgedehnte Unterstützung. Dieselbe wird bei vorhandener Spundwand (s. Fig. 109) am einfachsten durch deren Gurte gewährt. Bei genügend tiefer Lage der Spundwand unter dem gewöhnlichen Wasserstande kann diese nebst ihrer Gurtung aus Holz bestehen, während andernfalls eine eiserne Spundwand zweckmässiger ist. Ausser dieser Unterstützung lassen sich aber leicht zwischen je 2 Pfählen wagrechte eiserne Verbindungs-Riegel anbringen und zwar auch genau der Querschnitts-Form der Gewölbe entsprechend geformte.

Eine nicht unwesentliche Verstärkung kann dem in besprochener Weise hergestellten Bollwerk noch durch Einbringen einer Schicht aus Beton hinter dem Gewölbe gegeben werden; es ist dazu schon sogen. Sandbeton, aus etwa 1 Th. Zement auf 10 Th. Sand bereitet, ausreichend.

Fig. 114, 115.



Es bildet diese Anordnung einen Uebergang zu den wirklichen Futtermauern, indem die einheitliche Betonmasse durch ihre Standfähigkeit einen grossen Theil des Erddrucks aufnehmen kann. Es muss jedoch der Beton, namentlich in den untern Schichten, fest gegen das Gewölbe gestampft werden, damit eine wirkliche Verbindung entstehe.

Bei dem in Fig. 111—113 dargestellten Bollwerk an der kleinen Weser zu Bremen¹⁾ wurden zur thünlichsten Kostenersparung alte Eisenbahnschienen als Ständer paarweise mit einander verbunden und zwar so, dass ihre Fussflächen an einander lagen, jedoch zum Durchstecken des Ankers mit Belassung eines Spielraums von etwa 3 cm. Es ist zwar das so gebildete Profil keineswegs hinsichtlich seines Widerstandes ein besonders günstiges, immerhin aber wegen der Benutzung alter Schienen ein

sehr zweckmässiges. In ähnlicher Weise als die Ständer sind auch die kurzen Ankerpfähle hergestellt, deren Kopf noch eine angehängte 1^{cm} grosse Ankerplatte von Blech trägt, welche dem bei etwaiger Drehung der Bollwerkswand nothwendigen Heben des Ankerkopfes widersteht. Ausserdem besitzen die Ankerpfähle sowie die Hauptständer noch Fussplatten von Blech gegen Einsinken in den übrigens mässig festen Boden. Die Ankerstangen sind mit Hülfe von Gelenken so getheilt, dass 4 Angriffspunkte entstehen, in welchen Quersplinte durch die Augen der Anker vor den Ständern liegen. Die Hauptstangen der Anker haben je ein Schloss zum Nachziehen, was nach Aufstellung der ganzen Eisenkonstruktion ausgeführt ward. Je 3 Ständer haben eine gemeinsame Verankerung. Die oben $\frac{1}{2}$, unten 1 Stein starken, aus Klinkern hergestellten Gewölbkappen finden ihre Widerlager an der Hinterseite der Ständer und unten eine Unterstützung durch einige wagrechte

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1883, S. 96.

Ziegelschichten. Der obere Theil der Kappen ist durch Stichbögen und wagrechte Abdeckung geschlossen. Die Ständer enthalten oben kurze Lappen zur Anbringung eines Geländers. An den beiden Enden fällt das Bollwerk schräg ab und ist dort in der Oberkante mit einer Winkelschiene gegen Eisschub geschützt. Die Hinzufügung einer Spundwand erschien wegen der flachen Erdböschung vor dem Bollwerk nicht erforderlich. 1^m dieses Bollwerks hat nur etwa 183 *M.* gekostet.

Fig. 114, 115 zeigt ein ebenfalls in Bremen mehrfach angewandtes Bollwerk aus walzeisernen Ständern und Gurten, wobei namentlich die zweckmässige Aufstellung der einzelnen Ständer in einem H-Träger und in eine denselben umgebende Schwelle von Beton zu beachten ist. Das hier dargestellte Bollwerk diente als Verblendung einer alten und für die beabsichtigte Erhöhung des Ufers ungenügend starken Mauer.

Zum Schluss sei hinsichtlich aller Bollwerke von besonderer Höhe empfohlen, thunlichst zu versuchen, ob nicht statt eines einzigen Bollwerkes zwei oder mehre in verschiedenen Höhen hinter einander die Erreichung des vorliegenden Zweckes gestatten.

Namentlich dann, wenn es zulässig ist, zwischen dem untern und dem obern Bollwerk ein breiteres Bankett anzubringen, kann durch die Theilung der Erddruck für das untere Bollwerk sehr ermässigt werden. In jedem Falle aber wird die spätere Unterhaltung der beiden Einzel-Bollwerke leichter und billiger sein, als bei einem einheitlichen Bollwerk von grösserer Höhe.

Bei Bollwerken, an welchen Schiffe anzulegen haben, sind fast stets sogen. Prellpfähle oder Sturmpfähle anzubringen. Unbedingt ist dies erforderlich, wenn das Bollwerk unter oder nur so wenig über dem höchsten Wasser liegt, dass die Schiffe in Gefahr kommen, stark gegen die Holme gedrängt zu werden, oder gar aufzusitzen. Aber auch wenn dies nicht zu befürchten ist, können die Prellpfähle dazu dienen, die Berührung der Schiffe mit einzeln vortretenden Theilen des Bollwerks, Ankern, Gurten usw. zu verhindern. Sie müssen dann aussen glatt sein und wenn sie mit dem Bollwerke durch Eisenringe usw. verbunden sind, keine schädlichen Vorsprünge besitzen. Zur Verstärkung der Standfestigkeit des Bollwerks sind die Prellpfähle nur dann in Anspruch zu nehmen, wenn sie vollkommen fest mit ersteren verbunden sind, was aber wegen der Unabhängigkeit der Erneuerung nur selten zweckmässig erscheint. Die Entfernung der Prellpfähle richtet sich nach der Grösse der Schiffe und ist etwa zwischen 5 bis 10^m zu nehmen.

Das unmittelbare Anbinden, „Vertauen“, grösserer Schiffe an Bollwerken ist namentlich bei bewegtem Wasser nicht zweckmässig; es sind vielmehr dazu in einiger Entfernung vom Ufer stehende Haltepfähle anzubringen; s. hierüber unter „Häfen“. Für kleine Schiffe dürfen jedoch etwa an den Ankern oder auf den Holmen geeignete Ringe oder mit Köpfen versehene Bolzen angebracht werden.

Treppen können nöthigenfalls leicht mit Bollwerken verbunden werden. Bei zurück liegenden Treppen geben die ins Ufer eingreifenden Flügel sowohl bequeme Wangen als auch sichere Verankerungen ab.

c. Ufermauern.

a. Allgemeines.

Hierunter sind diejenigen Uferbekleidungen verstanden, bei denen der Erddruck von einer gegen Gleiten, Drehen und Zerdrücken sichern Mauerwerksmasse aufgenommen wird. Letztere ist so standfähig, dass sie den ganzen, auf sie kommenden Druck ohne Veränderung ihrer Form und Lage erträgt. Unter Stützmauer soll eine solche Ufermauer verstanden sein, die noch eine ihre Oberkante überragende Böschung zu stützen vermag, wogegen bei der Futtermauer das Ufer seiner vollen Höhe nach bekleidet ist. Begrenzt letztere dabei eine Wasserfläche (insbesondere in Häfen) so heisst sie Kaimauer oder Kai, französ. quai, engl. quay, niederländ. Kaje usw. Im Vergleich zu den Bollwerken werden Mauern zur Uferbekleidung überall da angelegt, wo es vorzugsweise

auf grosse Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen zufällige und zeitweilige Angriffe ankommt. Ihre Kosten sind in der Anlage hoch, wogegen sie in der Unterhaltung sich oft billig stellen.

Wegen der sehr bedeutenden Kosten (in Antwerpen kostet 1^m des Scheldekais etwa 8000 *M.*) und hervor ragenden Wichtigkeit ist bei grössern Mauern eine eingehende statische Untersuchung nothwendig, einerseits um die Stand-Sicherheit im Einzelnen wie im ganzen festzustellen, andererseits um durch Anwendung möglichst zweckmässiger Formen nicht mehr Kosten zu opfern, als zu ersterem Zwecke durchaus erforderlich sind. Durch geschickte Anordnung der Formen sind oft sehr bedeutende Ersparungen an den Baukosten erzielbar.

So wichtig aber auch die klare Einsicht in die statischen Verhältnisse und Bedingungen ist, insbesondere um grobe Fehler zu vermeiden, so wenig gelingt es in den meisten Fällen, ohne Hinzuziehung ziemlich willkürlicher und dennoch entscheidender Annahmen eine Berechnung durchzuführen. So bleibt z. B. in vielen Fällen der dauernde Zustand der Hinterfüllungserde ungewiss, während doch grade hiervon die Grösse des Erddrucks abhängt. Es wird zwar meistens die Hinterfüllungserde nach und nach dichter, trockener und daher weniger schiebend; doch kommt auch das Umgekehrte vor und zwar trotz Anwendung der weiter unten zu besprechenden Vorsichtsmaassregeln. Ferner ist das Verhalten der Mauermaterialien, insbesondere des Mörtels, nicht sicher zu bestimmen. Guter Zementmörtel erreicht 10–15, selbst 25 *kg* Zugfestigkeit, so dass eine Zugspannung von 1 *kg*/1 *qcm* noch eine grosse Sicherheit zu bieten scheint. Dennoch kann durch ungünstige Umstände, Erschütterung des Mauerwerks während der Ausführung, Verunreinigung der Materialien, ganz abgesehen von der Verarbeitungsweise des Mörtels, auch jene geringe Zugfestigkeit verloren gehen, so dass aus diesem Grunde manche Konstrukteure die Zugfestigkeit des Mörtels ganz vernachlässigen und ungünstigere Berechnungsweisen empfehlen.

Die statischen Berechnungen der Stütz- und Futtermauern beschränken sich vorzugsweise darauf, nachzuweisen, dass die Mauern sich nicht um die Vorderkante drehen, ferner nicht auf einer Lagerfuge gleiten können und dass die Normalpressungen (event. auch die Normalspannung) für die Flächeneinheit die Grenze der Festigkeit des betr. Materials nicht überschreiten. Es sind aber dabei unbedingt alle diejenigen ungünstigen Umstände zu berücksichtigen, welche die Mauer im Laufe der Zeit treffen können und welche eine Gefahr nicht herbei führen dürfen. So ist z. B. bei Kaimauern eine gewisse Nutzlast und selbst eine missbräuchlich aufgebrachte, zeitweilige Belastung der Hinterfüllung anzunehmen, während bei Stützmauern namentlich die Feuchtigkeit der Hinterfüllung und der Druck der Erde nicht zu gering angenommen werden dürfen.

Auf der andern Seite ist z. B. der der Standfähigkeit günstige Gegendruck des vor der Mauer stehenden Wassers nicht in höherem Maasse in Rechnung zu ziehen als er auch bei tiefsten Wasserständen noch eintreten wird, und muss sogar in allen solchen Fällen ganz unberücksichtigt bleiben, wo eine zeitweilige künstliche Trockenlegung der Mauer erwartet werden darf, z. B. bei Schleusen oder Trockendocks. Bei Mauern, vor denen das Wasser zeitweilig hoch ansteigt, ist ausserdem die Standfähigkeit gegen Drehen in der Richtung nach hinten nicht ausseracht zu lassen, namentlich dann, wenn die Mauer an der Rückseite schon mit Ueberneigung ausgeführt werden soll.

Sind nun auch diese Rechnungen unter Annahme ungünstiger Werthe für den Erddruck sowie mässiger Koeffizienten für die Festigkeit der Materialien zu einem gewissen Ergebniss durchzuführen, so ist doch immer eine der wichtigsten Fragen unbeantwortet geblieben, nämlich ob auch der Untergrund die Pressung namentlich unter dem vordern Theil der Mauer ertragen kann? Die geringste Zusammenpressung des Grundes an dieser Stelle bewirkt eine Drehung der Mauer nach vorn und verringert deren Standsicherheit. Die etwa anfangs dabei eintretende Verdichtung des Untergrundes und die damit verbundene Vergrösserung seines Widerstandes werden meistens nach einiger Zeit

wieder verschwinden und einer neuen Zusammendrückung Platz machen. Die Berechnungen der Mauer haben also nur dann vollen Werth, wenn sie auch auf die Standsicherheit des Fundaments ausgedehnt werden. Die meisten Einstürze von Mauern, und namentlich von Kaimauern, rühren von mangelhafter Gründung her, und besonders von der Nichtbeachtung der Aenderungen des sogen. Vorgrundes in Folge von Strömung. So sind z. B. im Jahre 1881 während eines Hochwassers der Weser von bis dahin unbekannter Höhe am Weserbahnhof zu Bremen an 3 verschiedenen Stellen Kaimauern von im ganzen etwa 300^m Länge eingestürzt bezw. unbrauchbar geworden, weil sich die Sohle der Weser vor diesen Mauern um etwa 3^m gegen ihre gewöhnliche Lage vertieft hatte. Bei der im Jahre 1882—1884 geschehenen Wiederherstellung dieser Mauern (mit etwa 2000 M. für 1^m) wurde die grösste beobachtete Vertiefung für das Fundament als maassgebend angesehen. Aehnliche Einstürze sind in Glasgow, Hull¹⁾ usw. vorgekommen, wo ebenfalls, wie in Bremen, nur die gewöhnliche Tiefe des Wassers bei der ersten Erbauung der Mauern in Rechnung gezogen worden zu sein scheint.

Da bei einer und derselben Mauerform die Masse des Mauerwerks etwa im quadratischen Verhältniss mit der Höhe wächst, so ist bei allen Kaimauern, bei denen im wesentlichen nur der obere Theil unmittelbar benutzt wird, wogegen der untere Theil nur zur Erhaltung der nöthigen Wassertiefe vor der Mauer dient, vor allen Dingen zu überlegen, wie tief die Mauer hinab zu führen sei? Namentlich bei Anwendung von Pfahlrosten kann unter besonderen Umständen (mässiger Wasserwechsel, billiges Holz zu langen Pfählen usw.) trotz grosser Wassertiefe eine nur sehr niedrige Mauer auf hohem Pfahlrost mit starker Spundwand gebaut werden, im Vergleich zu welcher eine nahezu bis zur Sohle des Wassers hinab reichende Mauer etwa das 3—4fache kosten würde.

Es ist daher das Fundament der Mauern, insbesondere bei Kais, in zweifacher Weise von Bedeutung. Zunächst bedingt das Fundament in hohem Grade die Standsicherheit der Mauer und sodann kann durch dasselbe die eigentliche Mauer zum Theil ersetzt werden. Ausser dem als Beispiel erwähnten Pfahlrost kann auch die Anwendung anderer Gründungs-Körper zum Ersatz des untern Theils der Mauer dienen und es ist daher genaue Kenntniss des Grundbaues die nothwendige Voraussetzung zum Entwerfen und Bauen von Ufermauern. Dies ist um so mehr nothwendig, als bei den am offenen Wasser zu erbauenden Kaimauern die mehr oder weniger geschickte Art der Wasser-Bekämpfung für die Kosten von der höchsten Wichtigkeit ist, da in der Regel der grössere Theil einer solchen Mauer unter Wasser hinab reicht. Indem in dieser Hinsicht auf den „Grundbau“ verwiesen werden kann, sollen im Folgenden nur die an jener Stelle unbehandelt gebliebenen Sonder-Bauweisen ganzer Mauern, bezw. ihrer Fundamente angegeben werden.

Ausnahmsweise, und namentlich bei schlechtem Untergrunde, wird auch den Mauern nur ein so schwaches Profil gegeben, dass sie für sich allein nicht die nöthige Standfähigkeit besitzen, sondern dazu noch einer Verankerung bedürfen. Solche Mauern bilden etwa ein Mittelglied zwischen Bollwerken und Ufermauern.

Bei der grossen Verschiedenheit der angewandten und je nach dem Zweck, den örtlichen Umständen, den bereit stehenden Geldmitteln usw. sehr verschiedenen Formen und Herstellungsarten erscheint es für die leichtere Uebersicht und Beurtheilung geboten, gewisse einzelne Typen der Ufermauern zu unterscheiden und nach einander zu beschreiben, wobei aber zu bemerken bleibt, dass zwischen den Typen zahlreiche Uebergangs-Formen gedacht werden müssen.

Hinsichtlich der Querschnittsform der Mauer kann man zunächst 3 Haupttypen unterscheiden, nämlich Mauern:

1. mit möglichst kleinem, einheitlichem Querschnitt aus möglichst gutem Material;
2. mit grösserm, aber noch geschlossenem Querschnitt aus gemischtem (vorn besserem, hinten geringerm) Material;

) Zeitschrift d. Hann. Archit. u. Ingen.-Ver. B. IX.

3. mit einem in mehrere Theile von verschiedener Zweckbestimmung aufgelösten Querschnitt, wobei meistens zwischen einzelnen Pfeilern gewölbte Füllungen den Erddruck aufnehmen.

Ferner kann man die Mauern und namentlich die Kaimauern darnach unterscheiden, ob sie die ganze Höhe des zu bekleidenden Ufers in einheitlicher Weise bedecken, also bis auf die Sohle des Gewässers hinab gehen, oder ob nur der obere Theil des Ufers mit der eigentlichen Mauer, der untere Theil dagegen durch das Fundament gedeckt wird. Letztere Unterscheidung fällt fast stets zusammen mit derjenigen, ob die ganze Mauer im Trocknen, etwa mit Hilfe von Abdämmung und Wasserschöpfung, oder ob sie zum Theil, und zwar im Fundament unter Wasser ausgeführt wird.

Die in Frage kommenden Fundamente sind: hoher Pfahlrost mit Spundwand, Beton, Senkbrunnen und endlich versenkte Blöcke.

Um trotz der Gleichartigkeit der Leistung zwischen der eigentlichen Mauer und dem Fundament eine möglichst scharfe Grenze zu ziehen, soll letztere dort angenommen werden, wo die eigentliche Mauerung aufhört und eine anderweite Konstruktion, wenngleich unter Verwendung derselben Materialien, beginnt. Darnach werden die aus Beton oder auch Mauerwerk hergestellten künstlichen Blöcke, wie auch grosse natürliche Steine, welche unter sich unverbunden die obere Mauer tragen, als Fundament der letzteren gelten.

Für die ganze grosse Zahl der Formen und Herstellungsarten, welche möglich, sind zunächst nachstehende gemeinsame Regeln aufzustellen, die sich sowohl auf einzelne Abmessungen als auch auf die Ausführung beziehen:

Die Höhe der Oberkante jeder Mauer sucht man stets möglichst zu beschränken, weil die Kosten im grössern als im einfachen Verhältniss mit der Höhe wachsen. Für Kaimauern ist die Höhe der Wasserstände und sodann die Grösse der in Frage kommenden Schiffe maassgebend. Für kleinere Schiffe genügen etwa 2 m, für grössere Schiffe etwa 3,5 m über dem gewöhnlichen Wasserspiegel, wenn nicht gefordert wird, dass auch bei hohem Wasser noch eine bequeme Verbindung zwischen Schiffsdeck und Mauer möglich sein soll.

Um an Kosten erheblich zu sparen, verzichtet man nicht selten auf hochwasserfreie Lage, muss aber alsdann die Schiffe durch sogen. Sturmpfähle oder Prellpfähle gegen das Aufsetzen auf die Uferkante schützen.

Wo in andern Fällen auch die Höhe der eigentlichen Ufermauer eine beschränkte ist, wird zuweilen eine Brustmauer, oder auch die Mauer eines Gebäudes (Speichers oder Schuppens) auf jene gesetzt. Eine solche Belastung kommt im allgemeinen der Standfähigkeit der Mauer zugute.

Die obere Breite kann bei Mauern, die nicht zum Anlegen von Schiffen dienen, vom statischen Gesichtspunkte aus beliebig sein; jedenfalls muss dieselbe aber durch wetterbeständige und feste Platten abgedeckt sein. Wo grössere Schiffe anlegen, schwere Gegenstände über die Mauer hin und her bewegt werden usw., müssen die Deckplatten die Breite von 1—1,5 m und Stärke von 0,3—0,4 m besitzen.

Die äussere Mauerfläche müsste, allein nach statischer Rücksicht betrachtet, Böschung erhalten und zwar entsprechend der Drucklinie in der Mauer nach unten hin zunehmend, also nach einer gekrümmten Linie. Aber die hiernach zweckmässige Böschung findet einmal ihre Begrenzung sowohl durch die Widerstandsfähigkeit des verwendeten Steinmaterials gegen Verwitterung als auch bei Kaimauern insbesondere durch die Schiffsformen und die Rücksicht auf Bequemlichkeit der Verbindung zwischen Schiffsdeck und Ufer. Für gute Backsteine (braungare Klinker) ist noch eine Neigung von $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{10}$, für Quader $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{7}$ zulässig, wobei jedoch diejenigen Mauertheile, welche stets unter Wasser liegen, nicht in Betracht kommen. Aber grade das aus statischen Rücksichten zweckmässige Vortreten des Mauerfusses ist für das Anlegen der Schiffe am unbequemsten und bei scharfen Kanten am gefährlichsten. Wenn daher aus statischen Gründen einer Kaimauer ein vortretender Fuss gegeben werden muss, so ist im Interesse des sichern und bequemen Anlegens meistens eine

Hilfskonstruktion wie Prell- oder Sturmpfähle, Reibhölzer, Gurtungen usw. nothwendig. (S. Bollwerke, S. 58 u. 59.)

Das Steinmaterial zu Ufermauern ist im allgemeinen ein um so besseres, je härter und schwerer die Steine sind. In einzelnen Fällen, wo Bausteine nur schwierig, dagegen guter Beton leicht zu haben ist, werden die Mauern in ganzer Höhe aus Beton hergestellt. Quader in gutem Verband gewähren die grösste Solidität, sind aber wegen der hohen Kosten nur ausnahmsweise zu verwenden. Werden die Quader nur zur Verblendung gebraucht, so ist bei der Hintermauerung mit Bruchsteinen auf besondere Lagerhaftigkeit und dichte Mauerung, und bei der Hintermauerung mit Backsteinen auch noch darauf zu sehen, dass die Quadern nicht zu stark seien und dass die Hintermauerung während der Ausführung Zeit zum Erhärten erhalte. Es empfiehlt sich dann langsame Ausführung und rasch bindender Mörtel. Andernfalls ist ein ungleiches Setzen und eine Trennung zu befürchten. Es ist daher im allgemeinen zu empfehlen, die Mauern aus gleichmässig geformten Steinen aufzuführen, wobei jedoch das härtere und wetterbeständigere Material nach aussen zu bringen ist.

Als Mörtel ist bei allen unter Wasser liegenden Mauern nur hydraulischer zulässig, den man bei dem stärker beanspruchten Mauertheil von etwas besserer Beschaffenheit nimmt als bei dem übrigen. Je besser das Steinmaterial, desto besser muss auch der Mörtel sein, weil sonst die Vorzüge des guten Steins nicht ausgenutzt werden; insbesondere gilt dies auch für Ausführungen in Beton.

Die Lagerfugen der geböschten Ufermauern sind am zweckmässigsten rechtwinklig zur Aussenfläche anzuordnen. Es wird dadurch zunächst erreicht, dass die Druckrichtung möglichst normal die einzelnen Schichten trifft, und sodann eine ungünstige Steinform bei Quadern oder eine unebene Aussenfläche bei Backsteinbau vermieden. Der etwa befürchtete Nachtheil, dass das Wasser leichter in die Fugen dringe, ist ohne jede Bedeutung für Mauerwerk unter Wasser und bei dem Vergleich zu jenen übrigen Vortheilen auch bei frei liegenden Flächen unwesentlich.

Beton für den untern Theil der Mauern muss mit grösster Sorgfalt gemischt und so verarbeitet werden, dass keine Höhlungen oder Schlammschichten eingeschlossen werden, welche namentlich nahe der Vorderseite der Mauer grosse Gefahr hervor rufen können. Etwa sich zeigender Betonschlamm ist, wenn noch unter Wasser befindlich, durch Saugepumpen zu entfernen, dabei aber sorgfältig zu vermeiden, bindefähige Mörteltheile mit aufzusaugen. Als gutes Mischungsverhältniss für Beton zu Mauerfundamenten kann empfohlen werden:

1 (Raum) Th. Portlandzement, 3 Th. Sand, 5 Th. Steinschlag bezw.

1 Th. Kalk, 1 Th. Trass, 1 Th. Sand und 5 Th. Steinschlag.

Wo indessen auf die Mörtelbereitung und Mörtelverarbeitung besondere Sorgfalt verwendet wird, sind auch magerere Mischungen als die angegebenen zulässig. Hierüber, wie auch über anderweite Betonmischungen ist in den Hilfswissenschaften I, S. 16 zu vergleichen, in Bezug auf Mörtelmengen (Ausgiebigkeit usw.) im Grundbau, S. 122.

Die Hinterseiten der Mauern sind, wo das Eindringen von Nässe zu befürchten ist, entweder mit einer dünnen Schicht aus gutem Mörtel (Rapp-Putz) zu bewerfen oder wenigstens gut auszufugen. Absätze sind mit schrägen Backsteinschichten abzudecken; ausserdem sind scharfe Absätze überall da zu verwenden, wo die Ausbildung von Wasseradern hinter der Mauer zu befürchten ist, wie dies z. B. bei allen mit Schleusen, Wehren, Docks usw. in Verbindung stehenden Ufermauern der Fall ist. Da die Hinterfüllungserde sich nicht leicht in rechtwinklige Ecken des Mauerwerks hinein legt, so dass Hohlräume verbleiben, ist bei stark geböschten, sowie bei allen aus Bruchstein aufgeführten Mauern die Hinterfläche meistens auch am bequemsten ohne Absätze herzustellen.

Die Hinterfüllung der Mauern ist stets mit möglichst gut zusammenhängendem Boden zu bewirken. Loser, auch leichter Boden, würde noch nach langer Zeit Zusammensinkungen erleiden, was z. B. bei Kaimauern für den Verkehr lästig, für jede Mauer durch Verstärkung des Erddrucks nachtheilig ist. Zwar ist fast bei jeder Hinterfüllung auf ein gewisses Zusammensinken während

der ersten Jahre zu rechnen; später muss aber ein Stillstand eintreten. Reiner Sand ist weniger gut als ein mit etwas Thon gebundener Sand, aber viel besser als Gartenerde usw. Reiner, schwerer Thon ist nicht leicht dicht zu bekommen; je thonhaltiger also der Boden, desto fester muss derselbe gestampft werden und zwar am besten in schräg nach hinten (nie nach vorn) abfallenden Schichten von mässiger Höhe: 20–30 cm.

Es ist zwar für die Ausführung, Materialtransport usw. oft bequem, die Hinterfüllung gleichzeitig mit dem Mauerwerk aufzunehmen; doch ist es besser, das letztere eine Zeit lang der Luft auszusetzen. Plötzliches Hinterfüllen hoher Mauern kann für diese gefährlich werden.

Eine Ansammlung von Wasser hinter der Mauer oder auch nur eine Durchnässung der dahinter liegenden Erde (Hinterfüllung und natürlicher Boden) muss thunlichst vermieden werden. Es sind wegen Nichtbeachtung dieser Regel schon öfter Mauern, die Jahre lang gut gestanden hatten, übergewichen oder eingestürzt¹⁾. Bei Stützmauern vor natürlichen Abhängen sind ausgedehnte Entwässerungs-Anlagen hinter den Mauern auszuführen, damit das aus dem Erdreich kommende Wasser ohne Hinderniss nach aussen gelangen könne. Es wird am besten in Drainröhren, die in Steinschlag eingebettet und parallel zur Mauer liegen, aufgefangen. Die Drains von etwa 8–15 cm Weite sind in nicht zu grossen Abständen (etwa 5–10 m) quer durch die Mauer zu leiten. Auch bei Kaimauern, wo in Folge zeitweiliger Ueberschwemmung oder mangelhafter Entwässerung der Oberfläche eine Wasseransammlung stattfinden kann, ist schon bei ihrer Erbauung auf unschädliche Ableitung Bedacht zu nehmen. Um das Eindringen des Wassers von der Vorderseite aus zu verhindern, müssen die Röhren eine selbstschliessende Klappe oder dergleichen erhalten, am besten aus Gusseisen.

Spundwände haben bei Ufermauern sehr verschiedene Bedeutungen. Sie sollen entweder, wo bei losem Boden eine merkliche Strömung stattfindet, die Unterspülung des Fundaments, oder, wie in ruhigem Wasser, oft nur das Versinken der Hinterfüllung verhindern. In letzterm Falle genügt es und ist fast stets auch am leichtesten auszuführen, dass die Spundwand hinter die Mauer gestellt wird. Im erstern Falle dagegen hängen Nothwendigkeit, Tiefe und Stärke der vorn zu stellenden Spundwand sowohl von der zu besorgenden grössten Vertiefung des Vorgrundes, als auch von der Anordnung des Fundaments ab. Reicht letzteres tief genug hinab, um jede grössere Vertiefung des Vorgrundes unschädlich für die Standfähigkeit der Mauer zu machen, wie z. B. bei tief eingerammten Rostpfählen, so ist eine vordere Spundwand nicht nöthig und event. nur eine hintere. Muss aber, wie z. B. bei einem Betonfundament, der den Beton tragende Untergrund vor einer Ausspülung, oder auch nur vor einer Verschiebung geschützt werden, so ist die ohnehin zur Einbringung des Betons erforderliche vordere Spundwand noch besonders tief und stark herzustellen.

β. Konstruktions-Typen.

a. Ufermauern, welche das Ufer ganz oder grösstentheils bekleiden.

1. Mauern aus einheitlichem Material.

Es sei mit Bezug auf die Fig. 116, 117, 118 znnächst darauf hingewiesen, dass bei gleichem, mittelgutem Material und mittelguter Hinterfüllung eine vorn senkrechte, hinten abgetreppte und etwa zur Ersparung noch unterschrittene Mauer nahezu $\frac{1}{3}$ der Höhe zur mittleren Stärke bedarf, während eine vorn (etwa mit 1:10) geböschte, hinten senkrechte Mauer etwa nur $\frac{1}{4}$ und eine vorn und hinten gekrümmte Mauer etwa $\frac{1}{5}$ der Höhe als mittlere Stärke erfordert. Es sollte also möglichst immer letzteres Profil benutzt werden, wenn nicht bestimmte Gründe dagegen sprechen. So wird in England sehr häufig das in Fig. 119 dargestellte Profil bei Futtermauern in Eisenbahneinschnitten usw.

¹⁾ Ueber die Druck-Unterschiede bei wassergesättigtem und trockenem Boden vergl. u. a. im Grundbau, S. 122 ff.

angewandt. Dasselbe bedarf indess in Abständen der 1- bis 2-fachen freien Höhe hinterer Pfeiler, um nicht bei der Ausführung, oder bei etwaiger Austrocknung der Hinterfüllung nach hinten überzukippen. Die Fugen liegen rechtwinklig zur Aussenlinie des Profils.

Bei Kajmauern kann das Anstossen grosser Schiffe einer so leichten Bauweise jedoch gefährlich werden und man wählt daher hier mit Vortheil eine Verbindung wie die in Fig. 120 dargestellte, im Albert-Dock zu Hull etwa i. J. 1870 ausgeführte Mauer, mit Krümmung an der Vorder- und steilen Flächen an der Hinterseite. Diese Ausführungsweise bildet ein nachahmenswerthes Beispiel in solchen Fällen, wo die ganze Mauer bequem im Trocken aufgeführt werden kann. Die vordere Spundwand kann bei ruhigem Wasser fehlen; sie hat in Hull nur zur Erleichterung der Ausführung gedient und ist darnach auch abgeschnitten worden.

Fig. 116, 117, 118.

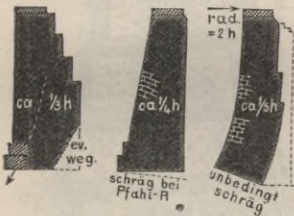


Fig. 119.

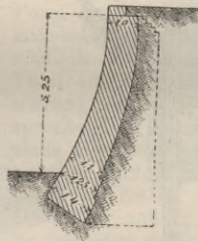
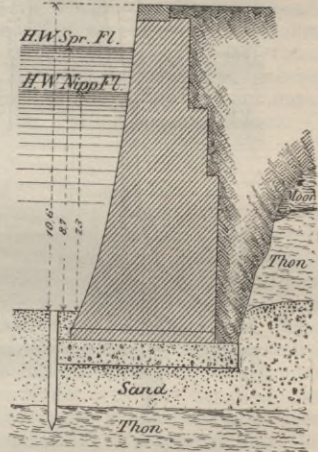


Fig. 120.



2. Mauern aus ungleichem Material.

Der Zweck dieser Anordnung ist: durch grosse Breiten-Abmessung der Mauer eine grosse Standfähigkeit zu verleihen und doch mittels Verwendung von sehr billigem Material in der hintern Hälfte des Querschnitts die Kosten mässig zu halten. Unbedingt nothwendig ist dabei jedoch eine möglichst sichere Verbindung der verschiedenen Materialien, oder eine sichere Umschliessung des billigeren durch das werthvollere Material.

Fig. 121.

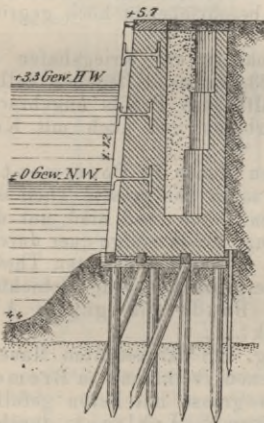
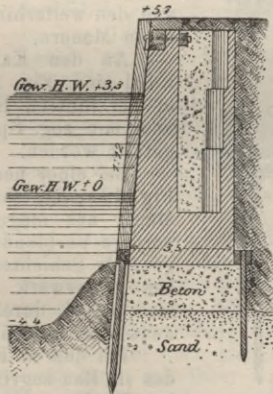


Fig. 122.



Die i. J. 1856 erbaute Kajmauern zu Geestmünde, Fig. 121, enthalten senkrechte, mit sog. Sandbeton (1 Th. Zement, 9 Th. Sand) gefüllte, 2,7 m lange Zellen; es wird der Zusammenhang des stärkern vordern und schwächern hintern Theiles der Mauer in 4,1 m Abstand durch volles Mauerwerk von je 1,4 m Länge hergestellt. Wo die Höhe des Sanduntergrundes günstiger war, ist dasselbe Profil auf Betonfundament ausgeführt und dabei noch eine vordere Spundwand mit der Neigung der Mauerfläche = 1:12 eingeschlagen, während die mit Pfahlrost gegründete Mauer nur an der Hinterseite eine schwache Spundwand erhalten hat. Letztere war unbedingt nothwendig, weil die Uferkante der

Mauer noch etwa 2 m über der Sohle des Hafens liegt. Um bei dieser Lage die Standfähigkeit der Mauer zu sichern, ist zwischen je 2 Querreihen der Rostpfähle ein Schrägpfehl gesetzt worden. Das Vorschieben des weichen Klai-bodens unter dem Rost hindurch in Folge des Drucks der Hinterfüllungserde

Fig. 123.

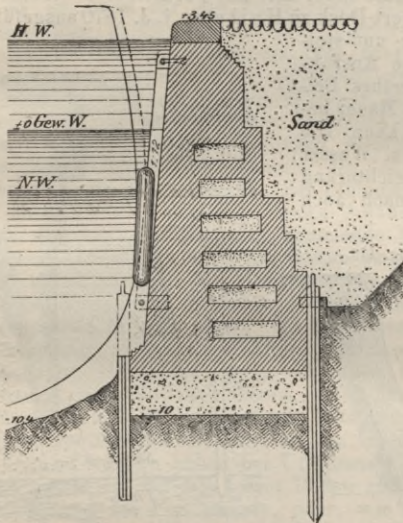


Fig. 124.

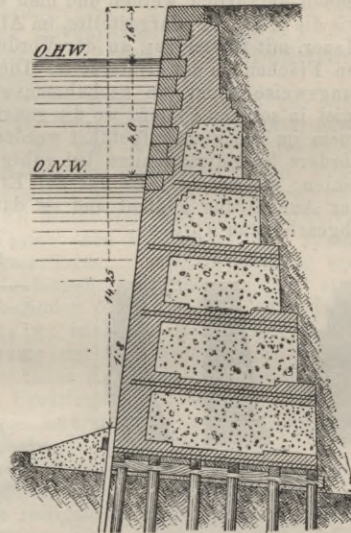
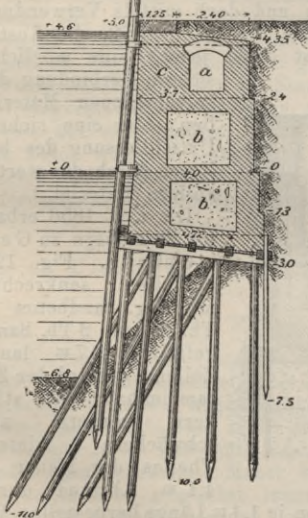


Fig. 125.



ist übrigens durch eine vordere Erdböschung erschwert, die dem Anlegen der Schiffe nicht hinderlich schien. Die Geestemünder Mauern bilden wegen ihrer, über der Sohle des Gewässers liegenden Unterfläche eine Mittelstufe zwischen ganz auf die Sohle hinab reichenden und den weiterhin beschriebenen hoch gegründeten Mauern.

An den Kaimauern im Kriegshafen zu Kiel sind, Fig. 123, wagrecht liegende Zellen in der hintern Hälfte des Profils angebracht und mit sog. Sparbeton und auch mit Kies gefüllt worden.

Bei einer neuen Mauer in Portsmouth, Fig. 124, besteht sogar der grösste Theil der Mauer aus magerm Beton und sind nur die vordere Verblendung, sowie einige quer durchgehende Schichten nebst dem obersten Theile aus Mauerwerk hergestellt. Jene Schichten sind dabei durch Bandeisen gegen Abreissen verstärkt.

Bei den in Fig. 125 dargestellten Mauern des im Bau begriffenen Freihafens zu Bremen hat Verfasser zwei grosse mit Beton gefüllte Hohlräume und einen 3. Hohlraum darüber angeordnet. Der Beton dient bei einer Mischung von etwa 10 Th. Sand, 1 Th. Zement und etwas hydraulischem Kalk zunächst dazu, die Kosten zu ermässigen, da jene Masse nur etwa $\frac{1}{4}$ so theuer ist, als das übrige in Zement aufgeführte Backsteinmauerwerk. Sodann hat auch jene Mischung nach sorgfältiger

In sehr erheblicher Weise sind die Bögen der in Fig. 127, 128 dargestellten Kaimauer zu Chalons sur Saone zur Verstärkung der Mauer wirksam, indem sie dreifach über einander liegen und etwa die halbe Breite der ganzen Mauer einnehmen. Die Hohlräume sind mit gestampfter Erde gefüllt. Auf die Ableitung des Wassers aus der Hinterfüllungserde muss in ähnlichen Fällen besondere Sorgfalt angewandt werden, damit namentlich die Festigkeit des Gewölbes nicht leide.

Bei den in Fig. 129, 130 dargestellten Kaimauern im Albert Dock zu Hull (1868) sind auf Beton-Fundament in 3,7 m Abstand 1,8 m starke Pfeiler gestellt, deren Zwischenweiten oben überwölbt sind und hinten einem stehenden Gewölbe als Widerlager dienen. Auf dem vordern Theile des liegenden Gewölbes ruht eine etwa 2 m hohe und 1,8 m starke einheitliche Mauer. Diese Mauer besitzt eine grössere Standfähigkeit als die in demselben Hafen vorkommende, in Fig. 120 dargestellte Mauer, ist freilich auch von geringerer Dauerhaftigkeit als jene. Aehnliche Mauern sind später in den Shadwell Docks in London ausgeführt.

Fig. 127.

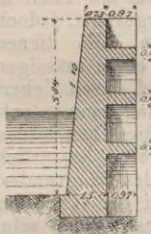


Fig. 128.

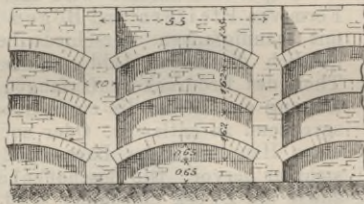


Fig. 129, 130.

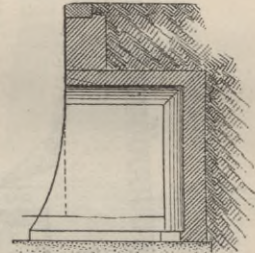
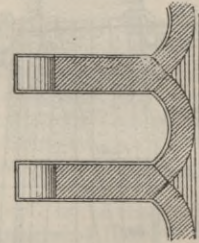
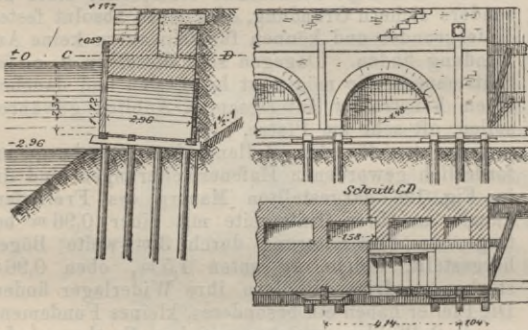


Fig. 131—133.



Bei den Mauern im Hafen zu Brake (1859) mit 1,3 m langen und 3 m breiten Pfeilern beginnen die 3 m weiten Bögen schon in geringer Höhe über dem Rost und tragen vorn eine etwa 1,8 m hohe und 0,6 m dicke Mauer. Das in Fig. 131, 132 dargestellte Profil derselben ist an der Stelle einer Uferterrepe genommen¹⁾.

Aehnliche Mauern auf etwa 4 m weiten Bögen mit 2 m breiten und etwa 3 m hohen Pfeilern kommen in Great Grimsby vor, wobei die Pfeiler ausserdem 15—23 m tief in den Boden reichen und hinter der Ufermauer mit leichten Gewölben überspannt sind, auf welchen der Fussboden der von einzelnen Pfeilern getragenen Kaischuppen ruht. Die Erdböschung verläuft ohne künstliche Unterstützung zwischen den auf Pfahlrosten stehenden Pfeilern, so dass die Mauer fast nirgends Erddruck erleidet.

Stützmauern für Einschnitte, namentlich für Eisenbahnen sind in

¹⁾ Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover Bd. XIV.

England seit mehreren Jahrzehnten in der Weise gebaut worden, dass sich eine verhältnissmässig schwache Mauer gegen vortretende, meist stark gelehnte Pfeiler stützt, so z. B. auf der Bahn London-Birmingham, wo eine 8 m hohe Thonschicht, über welcher 10 m hoch Kalkfels lagert, durch eine i. M. 1,25 m dicke, etwa 1:10 gleichmässig geneigte Mauer mit Stützpfelern von etwa 1 m Dicke und 1,5 m Breite in 6,27 m Abstand bekleidet wird. Die beiderseitigen Pfeiler des Einschnitts stützen sich unter dem Bahnplanum mit einem verkehrten Gewölbe gegenseitig ab. Ueber diesem liegt ein Kanal, welcher das

Fig. 134.

Fig. 135.

Fig. 136, 137.

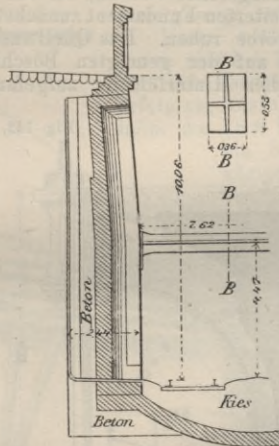
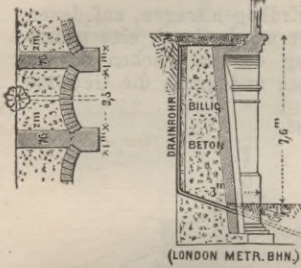
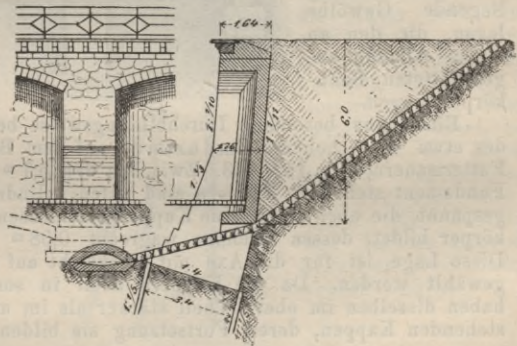
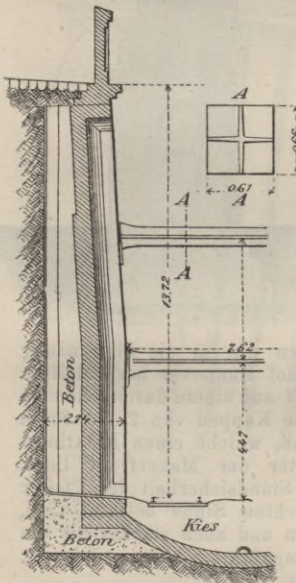


Fig. 138.

Fig. 139, 140.



von beiden Seiten durch die Mauern geleitete Sickerwasser nebst dem Regenwasser aufnimmt.

In besonders kühner und eleganter Weise ist das System auf der Londoner Untergrund-Bahn 1868 zur Anwendung gebracht worden, wovon die Fig. 134—138 Darstellungen geben. Es bestehen dabei die Pfeiler, sowie die stehenden Gewölbe aus guten Backsteinen in Zementmörtel vermauert, und haben überall ein nur mässig grosses Fundament von Beton, sowie eine eben solche Hinterpackung. Diese letztere schützt offenbar die schwachen Pfeiler vor dem Abreissen in den Widerlagern der Gewölbe und giebt der ganzen Mauer einen bessern Zusammenhang. Bei den Mauern von grösserer Höhe liegen unten

zwischen den Pfeilern umgekehrte Gewölbe und oben, je nach der Höhe, ein- oder auch zwei mal gusseiserne Spreizen, durch welche die gegenüber stehenden Mauern ausgesteift sind. Bei dieser kühnen Konstruktion ist jedoch nicht ausseracht zu lassen, dass der natürliche Boden aus dem nur wenig Horizontalschub gebenden London-Clay besteht. Trotzdem sind zwischen den Pfeilern in senkrechter Richtung Drainrohre angebracht, die in einen Längskanal unter der Bahn münden.

In ähnlicher Weise ist i. J. 1878 auf dem Bahnhofe Malsfeld (Kassel-Bebra) in Thonboden mit Sandschichten unter ungünstigen Verhältnissen die in Fig. 139, 140 dargestellte Mauer ausgeführt worden, bei der die 5,8 m entfernt stehenden Pfeiler mit ihrem verbreiterten Fundament zunächst Erdbögen tragen, auf denen dann die stehenden Gewölbe ruhen. Das Quellwasser wurde durch eine grosse Zahl von Sickerkanälen auf der geneigten Böschung des natürlichen Bodens und unter der künstlichen Hinterfüllung aufgefangen und durch die Gewölbe abgeleitet¹⁾.

Fig. 141.

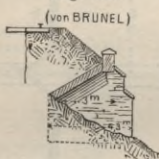


Fig. 141 zeigt eine auf der Great-Western-Bahn ausgeführte Mauer, aus 7,2 m v. M. z. M. entfernten

Pfeilern, gegen welche sich schräg liegende Gewölbe legen, die den an einem Abhang angeschütteten Bahnkörper tragen.

Eine ganz besondere Durchbildungsweise besitzen die für die Begrenzung des etwa 4,5 m hohen Bahndammes auf dem Bahnhof Hannover hergestellten Futtermauern, Fig. 142, 143. Zwischen den 5,7 m weit auf einem durchgehenden Fundament stehenden Pfeilern sind unten zylindrische Kappen von 2,23 m Stich gespannt, die oben durch eine Kuppel geschlossen sind, welche einen Rotationskörper bildet, dessen Drehaxe wagrecht 0,58 m hinter der Mauerfront liegt. Diese Lage ist für die Axe mit Rücksicht auf die Standsicherheit der Pfeiler gewählt worden. Da die Kuppeln auch in senkrechtem Sinne belastet sind, haben dieselben im obern Theil stärker als im untern und auch stärker als die stehenden Kappen, deren Fortsetzung sie bilden, ausgeführt werden müssen²⁾.

b. Ufermauern, bei denen das Ufer nur im obern Theile durch die eigentliche Mauer, im untern dagegen durch das Fundament bekleidet wird.

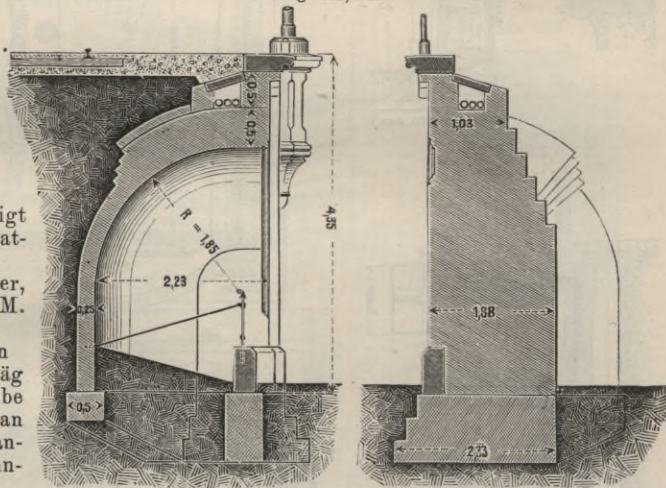
1. Mauern auf hohem Pfahlrost.

Die Anwendung solcher Mauern bezweckt thunlichst Kostenersparung und setzt voraus, dass nur mässige Ansprüche an Solidität gemacht werden. Daneben, dass der feste Baugrund tief liegt, niedrige Wasserstände nicht häufig eintreten

¹⁾ Ueber die statische Berechnung dieser Mauerkonstruktion vergl. Deutsche Bauzeitg. 1880, S. 523.

²⁾ Näheres in Deutsch. Bauzeitg. 1877, S. 222.

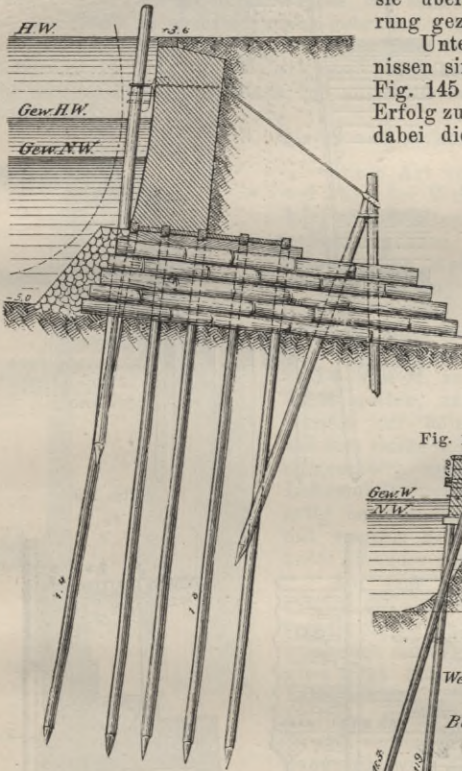
Fig. 142, 143.



und nicht erheblich unter dem mittleren Wasserstande liegen. Die Ersparung ergibt sich dann aus dem Wegfall von Abdämmung und Wasserschöpfarbeiten, sowie dem geringen Profil der Mauer, welche nur etwa bis zum Mittelwasser hinab reicht. Unbedingt notwendig ist jedoch, dass durch eine starke Spundwand eine Verschiebung des Bodens unter dem Rost hindurch vermieden werde.

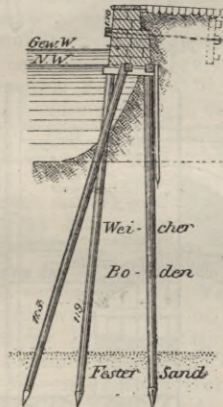
Als ein charakteristisches Beispiel dieser Art dient die in Fig. 144 dargestellte, vom Verfasser für die Häfen in Rostock und Warnemünde entworfene Mauer. Die 3 in verschiedenen Neigungen geschlagenen Pfähle nehmen die von der Mauer und der Spundwand auf sie übertragenen Drücke, wie die Erfahrung gezeigt hat, sicher auf.

Fig. 145.



Unter noch ungünstigern Verhältnissen sind i. J. 1874 in Rotterdam die in Fig. 145 dargestellten Mauern mit gutem Erfolg zur Ausführung gebracht. Es stehen dabei die 18^m langen Schrägpfähle nur 2 bis 3^m im festen Sande und übrigens in sehr weichem Moorboden. Der Pfahlrost ist erheblich nach hinten verbreitert und er wird gehalten durch eine 2,5^m dicke Schicht von Senkstücken, welche noch über den Rost nach hinten hinaus ragt, so dass dem die Mauer nach vorn hinüber drängenden Moment ein anderes, auf die leere Rostfläche und die Oberfläche der

Fig. 144.



Senkstücke wirkendes Moment entgegen wirkt. Weil ferner das ganze System als beweglich anzusehen ist, so hat die Mauer noch eine sehr hoch angreifende Verankerung erhalten¹⁾. Gleichfalls in Rotterdam sind Uferbauten ausgeführt, bei denen mit der Mauer zugleich ausgedehntere Hohlräume oder Keller für dahinter oder darüber liegende Schuppen verbunden worden sind²⁾.

2. Mauern mit hohem Beton-Fundament.

Zum Ersatz für die wegen mangelhaften Fundaments i. J. 1881 bei einem Hochwasser von ungekannter Höhe und Wassergeschwindigkeit (wobei sich die Sohle der Weser in 1—2 Tagen um etwa 3^m vertieft) unterspülten und eingestürzten Mauern des sogen. Weser-Bahnhofs zu Bremen sind, nach Fig. 146, sehr schwere und tief fundirte Mauern erbaut worden. Es ist dabei wegen grossen Gewichts der Hinterfüllungserde darauf gerechnet, dass der senkrechte Druck derselben von den breiten hintern Absätzen aufgefangen

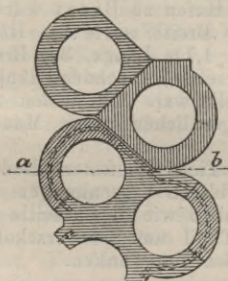
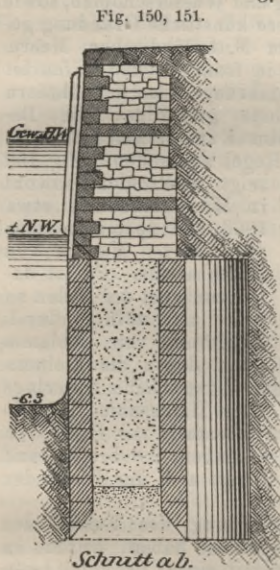
¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1874, S. 371.

²⁾ Das. 1874, S. 263.

und Hamburg zu verweisen ist, möge noch die in England an verschiedenen Plätzen ausgeführte Herstellung der ganzen Mauer in Beton erwähnt werden. Es darf aber zugleich vor der Nachahmung von Konstruktionen, wie nach Fig. 147 z. B. in Boness am Firth of Forth 1860 ausgeführt worden, gewarnt werden. Dasselbst (später auch in Chatham) ist eine völlig aus Beton bestehende Mauer von 9,14 m freier Höhe und 11,58 m ganzer Höhe auf einem Rost von 5 senkrechten Pfahlreihen gestellt, trotzdem in mässiger Tiefe unter der Rostfläche Sandboden lag. Der bedeutende Schub der frischen Hinterfüllung, die zwar grösstentheils aus Schlacken bestand, und des weichen natürlichen Untergrundes haben an mehreren Stellen die senkrechten Pfähle vorn übergedrängt und die Mauer in grösste Gefahr gebracht.

Eine zweckgemässe Verwendung des Betons zu dem Haupttheile von Mauern ist in Triest und Pola usw. geschehen, wo aus der Santorin-Erde ein sehr billiger Beton hergestellt und mit Hilfe beweglicher Holzwände verschüttet worden ist¹⁾.

3. Mauern auf Senkbrunnen.



Diese Art von Mauern ist, Fig. 149, in hervor ragender Weise an den i. J. 1870 ff. in Hamburg ausgeführten Grasbrook-Häfen zur Anwendung gebracht worden. Das Bestreben ging wesentlich dahin, ohne Anwendung von Abdämmung und Wasserschöpfen, bei sehr weichem Untergrund (etwa 6 m unter dem gewöhnlichen N. W., auf welchen feiner Sand folgte) eine billige und doch sehr standsichere Mauer zu erbauen. Die in 8,59 m von M. zu M. stehenden, 4 m langen und 5,8 m breiten, unten mit $\frac{1}{12}$ geböschten Brunnen wurden auf hölzerne Schlinge in Backsteinen auf dem Gelände (z. Th. zwischen H.-W. u. N.-W.) aufgemauert, sodann unter Benutzung eines durch Lokomobilen getriebenen senkrechten, aber pendelartig beweglichen Baggers²⁾ abgesenkt, darnach mit magerm Beton gefüllt, oben zugemauert und unter einander mit Bögen verbunden.

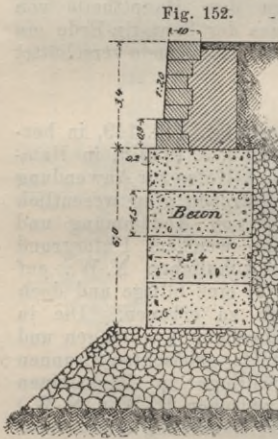
Auf dem so hergestellten Fundamente ruht sowohl die oben etwas geböschte Mauer von 1,43 m unterer Dicke als eine zweite leichte Mauer, welche zusammen mit der vorderen das 2,4 m weite Krahn-
gleis trägt. Die hintere Mauer enthält dabei grosse halbkreisförmige Aussparungen zwischen schlanken Pfeilern, welche letztere die vordere und hintere Wand verbinden. Das Versinken der Hinterfüllungserde wird durch eine kräftige, die Zwischenräume der Brunnen schliessende hintere Spundwand verhindert, welche sich oben gegen ein unter Wasser liegendes Gurtholz lehnt. Zwischen den Pfeilern bleibt eine etwa $1\frac{1}{2}$ fache Erdböschung stehen. Die ganze, etwa 11,5 m hohe Mauer ist in mancher Beziehung mustergültig und besonders hinsichtlich ihrer leichten und sicheren Ausführung zu rühmen, bei welcher durch grosse eiserne mit Wasser gefüllte schwimmfähige Gefässe die Brunnen künstlich belastet wurden. Die Kosten dürften durch etwas grössere Vorderböschung aber geringere Breite der Brunnen ohne nachtheilige Verminderung der Standfähigkeit noch zu vermindern sein.

¹⁾ Vergl. E. Heider. Der Bau der vereinigten Slip- und Trockendocks in Triest (1881) und der Bau der Trockendocks usw. in Triest und Pola (1873).

²⁾ Grundbau, S. 38.

Die in Fig. 150, 151 dargestellte, i. J. 1874 an einem Dock zu Glasgow erbaute Kaimauer ruht auf einem Fundament aus einzelnen, sich nahe berührenden Brunnen, deren Zusammenstellung eine kleeblattartige Form giebt. Die Brunnen wurden aus 0,7^m hohen Ringen aufgemauert, welche zuvor auf dem Ufer aus gutem Beton in besondern Formen so hergestellt wurden, dass je 2 Schichten einen guten Verband erhielten, wie die Grundriss-Figur dies zeigt. Nach Absenkung der Brunnen bis auf eine vorläufige Sohle wurde die Sohle der Baugrube bis auf die etwa 4^m tiefer liegende Hafensohle vertieft. Auf dem Brunnen-Fundament ist eine schlanke einheitliche Mauer aufgeführt¹⁾.

4. Mauern mit Blockfundament.



Diese finden besonders da eine nützliche Anwendung, wo am offenen Wasser mit ziemlich gleich bleibender Spiegelhöhe gebaut werden muss und wo der Untergrund hinreichend fest ist. Es wird alsdann Abdämmung und Wasserschöpfen, sowie eine weitere künstliche Gründung gespart. Am Mittelländischen Meere, besonders in französischen Häfen ist diese Ausführungsweise der Mauern die üblichste geworden; die Benutzung von Einzeltauchern ist dabei als Regel anzusehen. Fig. 152 zeigt das Profil der sowohl in Marseille seit etwa 1866 und später in Suez ausgeführten Mauern von Hafenbassins. Es ist dabei zunächst der Boden so weit als nöthig durch Baggerung von Schlamm

gereinigt. Sodann ist aus mässig grossen Steinen, von denen die kleinern nach oben gebracht wurden, eine durch Taucher gut abgegliche Unterlage für die grossen Blöcke geschüttet. Auf diese etwas über Hafensohle liegende und vorn mit 1:1 abgeboöschte Bettung sind sodann, ebenfalls mit Hülfe von Tauchern, und auf schwimmenden Kränen die 3—4^m langen, 2^m breiten und 1,5^m hohen Blöcke gesetzt und zwar so, dass ihre Länge sich der Dicke der Mauer nach erstreckt.

Die Blöcke aus Beton, welche auch zur Beschüttung des Fusses der Wellenbrecher an der dem Meere zugekehrten Seite gedient haben, wurden in grossen Mengen, 300—375 in 1 Monat, hergestellt, mit einer Lagerzeit von 3 Monaten vor dem Verbrauch.

Bei den i. J. 1860—1865 ausgeführten Mauern im Hafen zu Brest wurden künstlich gemauerte Blöcke von 5^m Länge und 3^m Breite sowie 3^m Höhe, also von 45 cbm Inhalt zur untern Schicht, und von 4,7^m Länge, 3^m Breite und 2,75^m Höhe zur obern Schicht unter N. W. versetzt²⁾, nachdem ähnlich wie in Marseille eine Basis von Schüttsteinen hergestellt war. In beiden und vielen andern ähnlichen Fällen sind sodann die eigentlichen obern Mauern über N. W. einheitlich aufgemauert worden.

Wo der Untergrund weich ist und nicht bis zur Tiefe des festern Bodens weggebaggert wird, können solche Blockmauern erhebliche Versenkungen und Verschiebungen erleiden. So sind die i. J. 1870 ähnlich wie in Marseille gebauten Mauern des neuen Hafens in Triest zum Theil um 9^m verschoben worden und daneben stark in den pressbaren Thonboden eingesunken.

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1875 S. 31.

²⁾ Exposition univers. à Paris 1867, pag. 220.

D. Wehr- und Schleusenbau.

I. Wehre.

a. Zweck, Wirkung und Eintheilung.

Der nächste Zweck aller Wehre oder Stauwerke besteht darin: in einem fließenden Gewässer an einer bestimmten Stelle einen gewissen Aufstau zu erzeugen, welcher, entsprechend den Verhältnissen der oberhalb liegenden Flussstrecke (Zufluss, Gefälle, Bettform usw.), erst in einer gewissen Entfernung aufhört und hierdurch, je nach den Nebenumständen, den ursprünglichen Zweck fördern oder auch schädigen kann.

Das Mittel der Spiegel-Erhöhung ist im allgemeinen eine dauernde oder nur zeitweilige Verengung des Profils, sei es durch Erhöhung der Sohle oder durch Einschränkung der Breite, oder durch beides zugleich. Die Wirkung dieser Verengung ist aber, abgesehen von den mannigfachen natürlichen Verhältnissen der Gewässer, eine verschiedene, hervor gehend aus der angedeuteten Verschiedenheit der Wehr-Anordnung. Schon hier mögen feste (d. h. unveränderliche) Wehre von den beweglichen (d. h. veränderlichen) unterschieden werden.

Die Wahl der Anordnung sowie der besondern Bauweise hängt einerseits von den natürlichen Verhältnissen des Gewässers, andererseits von den besondern Zwecken der Anlage ab. Hinsichtlich der erstern sei hier im allgemeinen auf den Abschnitt „Flussbau“ verwiesen. Namentlich ist, wie hier erwähnt werden mag, auf die Anordnungen des Wasserzuflusses, auf die Abführung von Sinkstoffen und Eis zu achten.

Als besondere Zwecke der Wehranlage sind der Zahl nach zunächst industrielle zu nennen. Durch den Aufstau des Wassers wird hier in erster Linie die zum Treiben eines Wasserrades dienende Fallhöhe geschaffen, nebenbei auch zuweilen eine zeitweilige Aufspeicherung der Wassermenge erzielt. Für die Fallhöhe allein würde ein kurzer Rückstau genügen können, während für die Aufspeicherung ein langer erwünscht ist, wenn nicht etwa die Breite des Oberwassers sehr erheblich ist. Ein weit reichender Rückstau pflegt aber bei industriellen Anlagen mit Rücksicht auf andere Interessen (landwirtschaftliche oder oberhalb befindliche Anlagen) nachtheilig zu sein.

Seltener, jedoch meistens von grösserem Umfang und auf grösseren Gewässern sind die Wehranlagen zum Zwecke der Schifffahrt und Flösserei . Hierbei soll das Wehr in einem für gewöhnliche Zeiten zu seichten Bette den Spiegel auf eine grössere Längenerstreckung heben, so dass die erforderliche Fahrtiefe erzielt wird. Ein weit reichender Rückstau ist dabei oft erwünschter als ein hoher Aufstau an der Stelle des Wehrs selbst.

Dem Interesse der Landwirtschaft dienen Wehre dadurch, dass das Oberwasser entweder unmittelbar zur Ueberstauung wasserbedürftiger Flächen benutzt, oder dass dasselbe erst in besondere seitliche Kanäle oder Gräben hinein gestaut und entfernter liegenden Ländereien zugeführt wird. Im erstern Falle ist namentlich der Rückstau werthvoll, im letztern die Höhe des Aufstaus, die das zur Fortbewegung des Wassers nöthige Gefälle hervor bringt.

Die genannten 3 Hauptzwecke können an einem und demselben Gewässer und mit einer einzigen Wehranlage gleichzeitig gefördert werden. Häufiger aber stehen sich die verschiedenen Interessen an einer Anlage oder an mehreren hinter einander befindlichen Anlagen feindlich gegenüber, so insbesondere die der Landwirtschaft und der Industrie . Beide Interessen bedingen den Verbrauch einer

gewissen Wassermenge und können deshalb nur bei genügendem Zufluss neben einander, oder, bei geeigneter Anlage mehrerer Wehre, nach einander befriedigt werden.

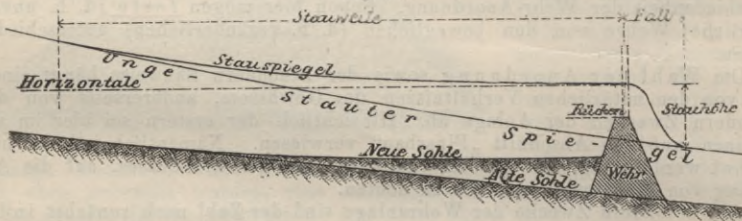
Zu den Aufgaben des Wehrbaues kann auch der Aufstau eines Baches zur Bildung eines Sammelteiches etwa für Speisung städtischer Wasserleitungen gerechnet werden. Ueber letztere wird aber, einschliesslich der zugehörigen Stauanlagen, an anderer Stelle gehandelt. Auch die für Festungsbau-Zwecke vereinzelt vorkommenden Aufgaben des Wehrbaues bleiben hier unberücksichtigt, zumal eintretenden Falles die für die oben erwähnten Hauptzwecke geltenden Regeln grossentheils Anwendung finden können.

Eine besondere Behandlung erfordern endlich die sowohl in Verbindung mit Wehranlagen als auch selbstständig ausgeführten sogen. Fischpässe oder Fischwege, welche es den zeitweilig stromaufwärts ziehenden Fischen (insbesondere zur Laichzeit) ermöglichen sollen, grosse Gefälle zu überwinden. Hierzu sei insbesondere auf die, von H. Keller¹⁾ gegebene Zusammenstellung der gebräuchlichen Arten von Fischpässen verwiesen.

b. Allgemeine Bezeichnungen.

Mit Bezug auf Fig. 153 sind im wesentlichsten zu unterscheiden bezw. zu beachten: der Wehrkörper, dessen oberste Linie der Rücken oder die Krone heisst. Eine oberhalb des Rückens liegende Fläche wird (namentlich bei Holzbau) der Vorboden, eine unterhalb belegene der Hinter- oder Abschussboden genannt. Die durch die Seitenwände oder Wangen begrenzte Länge

Fig. 153.



des Rückens heisst die Breite des Wehres, weil sie mehr oder weniger mit der Breite des Gewässers zusammen fällt. Oberhalb des Rückens liegt das Oberwasser, unterhalb das Unterwasser. Zwischen beiden befindet sich der Wasserfall oder das Fallwasser. (Die letztere Bezeichnung ist zwar bislang nicht in der technischen Sprache gebräuchlich, aber zum Gebrauch zu empfehlen.) Der ungestaute, d. h. vor der Wehranlage — bezw. auch nach Beseitigung derselben — wieder vorhandene Wasserspiegel fällt unterhalb des Wehres, wo die durch den Fall des Wassers hervor gerufene Wellenbewegung aufhört, mit dem Spiegel des Unterwassers zusammen, wogegen das Oberwasser bis zur Grenze des Rückstaues oder der Staugrenze gehoben wird zum sogen. Stauspiegel, welcher stets eine nach oben konkave Kurve, die Staukurve, bildet. Die horizontale Entfernung dieser Grenze vom Wehrrücken heisst Stauweite. Die senkrechte Höhe des Oberwassers über dem Unterwasser heisst Stauhöhe, auch wohl grösste Stauhöhe, zum Unterschied von der nach der Staugrenze hin stetig abnehmenden Höhe zwischen Stauspiegel und ungestautem Spiegel. Wegen der Krümmung des Spiegels über dem Rücken und der Wellenbewegung im Unterwasser ist die Stauhöhe der Unterschied der Höhenlage von zwei Punkten des Wasserspiegels die ein wenig ober- bezw. unterhalb des Wehrrückens liegen.

¹⁾ H. Keller. Anlage der Fischwege. Zentralbl. d. Bauverwalt. 1885; auch in Separatdruck. Vergl. im übrigen auch Deutsche Bauzeitg. 1887 S. 366 und 1888 S. 4, sowie Allgem. Fischereizeitg. 1888 S. 9 (Aalpässe), u. Zeitschr. f. Bauw. 1888 S. 19 (Main-Kanalisation).

c. Wirkung der Wehre.

Sobald im Zufluss oder Abfluss der Beharrungszustand eingetreten ist, wird im Unterwasser fast nichts verändert. Wassermenge, Geschwindigkeit, Höhe usw. bleiben dort dieselben wie vor der Anlage des Wehres. Nur die Veränderlichkeit des Abflusses und die Zuführung von Sinkstoffen bewirken, insbesondere bei beweglichen Wehren, dauernde Veränderungen durch zeitweilige Aufhebung des Beharrungszustandes, sowie, durch den Fall hervor gerufen, grössere und unregelmässige Bewegung des Wassers in nächster Nähe des Wehres.

Im Oberwasser wird dagegen fast alles verändert (vergl. Fig. 153); namentlich wird auch durch die Verringerung der Geschwindigkeit, wenigstens in der ersten Zeit nach der Anlegung des Wehres, eine Ablagerung von Sinkstoffen hervor gerufen, also eine neue Sohle gebildet. Bei festen Wehren kann dies so weit gehen, dass das neue Profil nahe oberhalb des Wehres nicht grösser, sondern sogar kleiner als das alte wird, indem besonders die gröbern Sinkstoffe durch den Wehrrücken an der Fortbewegung gehindert werden.

Die Lage und Form des Stauspiegels oder der Staukurve ist bei jedem Wehre abhängig von der Veränderlichkeit des obren Zuflusses und Gefälles. Die Staugrenze liegt um so viel höher aufwärts, je schwächer zeitweilig das Gefälle oberhalb und je grösser die zeitweilige Stauhöhe ist. Beides trifft in der Regel bei kleinstem Wasserzufluss zusammen.

Fast stets ist die Stauhöhe bei kleinstem Wasser am grössten, sowohl bei festen, als auch bei geschlossenen, beweglichen Wehren. Im Beharrungszustande desselben mit dem Abfluss steigt bei wachsendem Zufluss das Unterwasser rascher und verhältnissmässig höher als das Oberwasser, so dass bei höchstem Wasserstande der Stau sogar ganz verschwindet. Dies kann bei festen Wehren aber nur dann eintreten, wenn die Breite derselben grösser ist, als die ursprüngliche Flussbreite, so dass keine Profil-Verengung mehr stattfindet.

Die Wirkung jedes Wehres nimmt nach oben hin mit der Entfernung vom Wehre ab (vergl. Fig. 153). Wird daher für Zwecke der Kanalisation eines Flusses oder der Bewässerung von Ländereien noch in einer gewissen Entfernung vom Wehr ein gewisser Aufstau verlangt, so ist dieser für den ungünstigsten oder kleinsten Zufluss nach vorläufiger Annahme der Höhe und Breite des Wehres zu berechnen, wenn nicht, wie z. B. bei Bewässerungen, bei einem gewissen höheren Wasserstande jener Aufstau gefordert wird. Der höchste zulässige Aufstau des Hochwassers wird in der Regel durch die Umgebung bestimmt sein. Durch die somit gegebene Stauhöhe ist für das H.-W., nach einer vorläufig für N.-W. zu bestimmenden Höhe des Wehres, die nöthige Breite zu berechnen. Sind mehrere Theile des Wehres neben einander bei Hochwasser wirksam, so ist die Rechnung nach vorläufiger Annahme der Wirkung der übrigen einzelnen Theile für jeden Theil besonders anzustellen und meistens mehrfach zu wiederholen¹⁾.

Fast bei jedem beweglichen Wehre besteht die Verpflichtung, dass dasselbe ganz oder theilweise geöffnet werden muss, sobald eine gewisse Höhe des Oberwassers, die durch einen in demselben dicht neben dem Wehre angebrachten Markpfahl oder das Stauziel (Aichpfahl) bezeichnet ist, überschritten wird, damit nicht oben ein nachtheiliger Aufstau (meist Rückstau genannt) entstehe, durch welchen andere gewerbliche Stauanlagen, Entwässerungen usw. geschädigt werden könnten. In solchem Falle ist zur Ermittlung des Rückstaues zu empfehlen, einen Probestau (bei gewissem Wasser-Zu- und Abfluss) vorzunehmen, die Berechnung aber auf die Höhe des Rückstaues in einer bestimmten Entfernung, auch ev. auf die Entfernung, oder auf die zulässige Stauhöhe für eine als unschädlich anzunehmende Rückstauhöhe zu beschränken, nie aber die Grenze des Rückstaues (die sogen. Stauweite) zu suchen, weil der gestaute und der ungestaute Wasserspiegel asymptotisch zusammen laufen, also die Berechnung werthlos und stets anfechtbar bleibt.

¹⁾ Hilfswissenschaften I. S. 787 ff.

Annähernd kann bei mässigem Gefälle als merkliche Grenze des Rückstaues die doppelte hydrostatische Stauweite, also

$$2 \times \text{Stauhöhe}$$

relat. Gefälle des ungest. Wassers

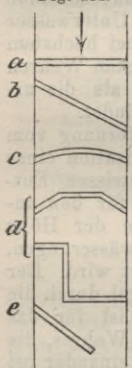
angenommen werden. Zuweilen ist auch ein gewisser Kleinstand des Oberwassers festgesetzt, z. B. wo Stauanlagen gleichzeitig für die Industrie und Schifffahrt dienen sollen. Auch sind gewisse Unterschiede zwischen dem Ober- und Unterwasser, und zwar am besten nach einer gewissen Skala mit der wachsenden Höhe des Unterwassers abnehmend, vorgeschrieben („Differenzmühlen“).

Mit gewerblichen Stauanlagen in kleinen Flüssen oder Bächen sind oft Sammelteiche verbunden, die sehr vortheilhaft für den Besitzer, aber lästig für den „Untermüller“ sind, weil dieser dann von dem Betrieb des „Obermüllers“ abhängig ist.

d. Uebersichtliche Eintheilung und Benennung.

Nach Veränderlichkeit unterscheidet man feste und bewegliche Wehre, letztere auch Stauschleusen genannt: nach der Grundform, Fig. 154, a. grades, b. schräges oder schiefes, c. gekrümmtes, d. gebrochenes, e. unvollkommenes Wehr.

Fig. 154.



Nach Höhe gegen das Unterwasser werden unterschieden: Ueberfallwehre oder vollkommene Ueberfälle, wenn der Wehrrücken höher, und Grundwehre oder unvollkommene Ueberfälle, wenn derselbe tiefer als der Unterwasserspiegel liegt. Diese Bezeichnungen können jedoch bei demselben Wehre, nach zeitweiliger Höhe des Unterwassers unzutreffend werden, bzw. wechseln.

Wenn neben einem festen Wehre ein bewegliches angelegt ist, so heisst letzteres oft der Grundablass oder die Grundschleuse, weil dessen Boden bis zum alten Grunde oder zur Sohle reicht. Zuweilen werden zwei verschiedene bewegliche Wehre neben einander oder neben einem festen Wehr angelegt, wobei dann der tiefere Theil als Grundablass gilt und meist zur Durchfahrt von Schiffen oder Flössen dient und dann Schiffs- oder Flossdurchlass heisst. Ausserdem ist daneben wohl noch eine wirkliche Schiffschleuse (Kammerschleuse) vorhanden. (S. Fig. 177.)

Die verschiedenen Theile der ganzen Wehranlage befinden sich oft neben einander in verschiedenen Armen desselben Gewässers. So hat namentlich bei gewerblichen Anlagen der Hauptfluss ein festes Wehr nebst einem Grundablass (ein kleiner Fluss oder Bach, meist nur letztern), wogegen der meist künstlich gegrabene Nebenarm, der Mühlenarm zuweilen nur in einem künstlichen Gerinne, Kunstgerinne, mit einem kleinen, das Aufschlagwasser regelnden, beweglichen Wehr, dem Mühlenschütz, endigt.

Wenn aber ein Mühlenarm bei Hochwasser auch eine gewisse Wassermenge abführen soll, so wird neben dem sogen. Kunstgerinne noch ein Freigerinne mit einem beweglichen Wehr, der sogen. Freiarche, nöthig. Dasselbe ist wegen seiner Nähe bequem und sicher zu bedienen, zumal wenn das Kunstgerinne weit vom Hauptfluss entfernt ist, auch oft billiger in der Anlage, aber u. a. ungünstig für den Betrieb, weil das Unterwasser dann auch für das Kunstgerinne gehoben wird, also Druckhöhe verloren geht. Je besser ein Mühlenarm im Unterwasser aufgeräumt wird, desto weniger Gefälle geht verloren.

Nach der Konstruktionsweise werden die festen Wehre noch nach dem Material, aus dem sie ganz oder vorzugsweise hergestellt sind, eingetheilt. Man kann unterscheiden: Faschinenwehre (aus Busch- oder Strauchwerk), Holzwehre und steinerne Wehre. Fast stets sind jedoch diese Materialien neben einander zu den verschiedenen Theilen der Wehre verwandt. Die besonders mannigfaltigen beweglichen Wehre sind zweckmässig nach der

Art des Verschlusses einzutheilen, da bei ihnen fast alle wichtigen Baumaterialien neben einander vorkommen. Die Verschlussvorrichtungen lassen sich auch trotz ihrer Mannigfaltigkeit auf folgende wenige Grundformen zurück führen: einzelne, quer liegende Bohlen oder Balken, in Falzen senkrecht (oder nahezu senkrecht) zu bewegende Schützen, fast senkrecht stehende, oben und unten unterstützte Nadeln und um wagrechte Achsen drehbare Klappen.

Für die Wahl der aus diesen Grundformen hervor gehenden, unter den verschiedensten Namen vorkommenden Wehrarten, ist ausser den Kosten, dem nach der Oertlichkeit gebotenen Baumaterial, den besonderen Verhältnissen des Gewässers (Hochfluth, Eis, Sinkstoffe) noch von wesentlicher Bedeutung: ob das Wehr in seiner ganzen Breite aus einer einzigen Oeffnung bestehen kann oder auf derselben feste Zwischenjoche erhalten muss und darf, sowie ob eine feste Brücke mit dem Wehre in Verbindung zu erbauen ist, und endlich auf welche Art die Herstellung und Lösung des Verschlusses zu bewirken oder das Wehr zu bedienen ist.

In letzterer Beziehung theilt man nämlich die beweglichen Wehre wieder ein in solche, die ausschliesslich durch Menschen zu öffnen und zu schliessen sind, in solche, bei denen der Wasserdruck hierbei mit nutzbar gemacht wird und endlich solche, die sich ganz selbstthätig öffnen und schliessen.

Streng genommen dürften nur die letztern selbstwirkende Wehre heissen; doch werden vielfach auch die der zweiten Art so genannt. Es sind zwar alle vorgenannten Grundformen zu selbstwirkenden Wehren benutzbar; doch kommen vorzugsweise nur die Klappen hierbei in Frage. Die Absicht der Selbstwirkung ist, dass sich das Wehr bei einem gewissen höheren Wasserstande, zur Vermeidung eines zu hohen Oberwassers, rechtzeitig öffne und bei fallendem Wasser wieder schliesse. Ist eine sichere Bedienung, etwa wegen der Verbindung des Wehrs mit anderen Anlagen (Schleusen, Mühlen usw.) billig zu erreichen, so hat die in der Regel theuer herzustellende und von ungünstigen Zufälligkeiten abhängige Selbstwirkung keinen Werth.

e. Besondere Anordnung und Konstruktion.

a. Feste Wehre.

Sie erhalten ihre Lage am besten normal zur Richtung des, entsprechend ihrer nöthigen Breite event. oberhalb und unterhalb zu verbreiternden Flusses. Eine schräge Lage ist, wenn nicht an der Stelle des Wehres eine Krümmung des Flusses stattfindet und das überstürzende Wasser nach der konvexen Seite geleitet werden kann, ohne entsprechenden Nutzen für die Abführung des Hochwassers und von ungünstiger Wirkung auf die Ufer. Wenn ferner das feste Wehr nur so lange zu wirken hat, als die Grundablässe noch nicht geöffnet sind, ist eine schräge oder zur Flussrichtung parallele Lage zweckmässig, um eine Verbreiterung des Flusses zu vermeiden. Eine mässig gekrümmte oder geknickte Grundform mit der konvexen Seite nach aufwärts, ist stets gut für Bett und Ufer. Ebenso würde es bei breiten Wehren nützlich sein, die Krone in der Mitte niedriger als an den Enden zu halten.

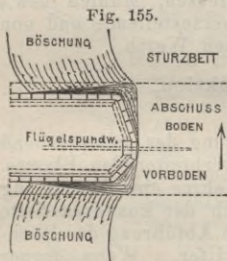
Die einzelnen Konstruktionstheile des festen Wehres bedingen sich meistens gegenseitig nach ihrer Form und Stärke, hängen aber besonders von der Stauhöhe und der Höhe des Rückens gegen den höchsten Wasserstand ab. Je grösser die Stauhöhe und die Höhe der über den Rücken fallenden Wasserschicht desto heftiger ist der Angriff vorzüglich auf alle unterhalb des Rückens liegenden Theile.

Der Vorboden hat zunächst den Stoss des Eises und der Geschiebe zu ertragen, erfährt dagegen vom Wasser nur in schräger Richtung einen Angriff, welcher freilich bei grosser Geschwindigkeit lose Steine mitreisst. Ein grössere Länge nützt in dieser Hinsicht nicht, verursacht dagegen bei Frost eine Anhäufung von Eis.

Die Krone oder der Rücken ist fast in jeder Hinsicht den grössten Angriffen ausgesetzt, und andererseits der bedeutendste Theil des Wehres, und deshalb mit besonderer Sorgfalt herzustellen. Eine grosse Ausdehnung desselben ist jedoch meist ohne Nutzen.

Der Hinter- oder Abschussboden wird bald sehr flach, bald steil in stetiger Linie oder in Absätzen (Stufenwehr) erbaut, und fehlt endlich auch ganz, je nachdem der Wassersturz mehr auf ihm oder auf dem die Verlängerung des Bodens bildenden Sturzbett unschädlich aufgefangen werden soll. Dieses ist bei hölzernen Wehren und grosser Stauhöhe vorzugsweise nöthig, da hierbei nicht, wie bei steinernen Wehren, nach unterhalb des Rückens ein tiefer Abfall möglich oder ohne Schwierigkeit zu verhindern ist. Bei steinernen Wehren sollte, wenn nicht unterhalb natürlicher Felsboden liegt, der heftigste Sturz noch von dem Wehrkörper selbst aufgefangen werden, da die Steinkonstruktion hierfür besonders geeignet ist und eine Auskolkung unterhalb des Wehres dieses selbst in Gefahr bringt. Je höher und schneller das Wasser den Rücken überströmt, desto weiter von letzterem liegt der Punkt des heftigsten Angriffs. Weil aber die lebendige Kraft des Wassers sich nicht an einer einzigen Stelle zerstören lässt, so ist es üblich, zur Vermeidung von Kosten für eine bis zum ruhigen Wasser fortgesetzte Länge des Wehres unterhalb des eigentlichen Wehrkörpers aus möglichst billigem Material ein sogen. Sturzbett anzubringen. Hierzu eignen sich bei mässig festem Untergrunde geschüttete Steine, bei losem Boden besser Sinkstücke oder etwa im Trocknen ausgeführtes Packwerk mit Flechtzäunen und zwischengepackten schweren Steinen. (Vergl. auch Flussbau.) Ist die Geschwindigkeit des abfliessenden Wassers $> 2^m$ so wird fast stets ein Sturzbett nöthig sein.

Die Wangen begrenzen den eigentlichen Wehrkörper seitlich und sind wegen des starken Angriffs, dem sie ausgesetzt sind (Geschw. des Wassers, Eises usw.), am besten massiv herzustellen. Nur bei Wehren von untergeordneter Bedeutung und besonderen Konstruktionen können die Wangen durch schräge Ufer ersetzt werden. Da namentlich unterhalb des Wehres die Ufer zur Vermeidung von Unterwaschung und Einsturz zurückspringen müssen, wenn sie nicht gegen den heftigen Angriff des Wassers mit grösster Solidität hergestellt sind, so ist es zweckmässig, auch die Wangen vom Rücken ab schräg zurück treten zu lassen oder ihnen wenigstens eine zunehmende Böschung zu geben. Das Zurücktreten der Ufer wirkt auch abstillend auf die Bewegung des Wassers. Gehen die Wangen nicht in die Ufer über, so müssen sie mit rückspringenden, ins Ufer einbindenden Flügeln versehen werden, zum Schutz gegen seitliche Hinter-



spülung des Wehres, Fig. 155.

Bei allen Wehren, mit Ausnahme der auf Felsboden ruhenden oder der nur aus Busch oder Steinschüttung erbauten Grundwehre sind zur Vermeidung der Unterspülung dicht und genügend tief reichende Spundwände nothwendig. Je grösser die Stauhöhe und je durchlässiger der Untergrund, desto wichtiger werden sie. Undichte Spundwände werden durch das stete Hindurchfliessen des gestauten Wassers in den Fugen erweitert und oft ganz zerstört. Bei wichtigen Wehren und ungünstigen Verhältnissen sind deshalb mehre Spundwände hinter einander nöthig, wovon mindestens eine auch als Flügelspundwand ins Ufer greifen und dort bis über die Höhe des gewöhnlichen Wassers geführt werden muss.

Die Fig. 156—160 geben für die gebräuchlichsten Arten der festen Wehre zweckmässige Beispiele. In Fig. 156 ist ein aus Busch und übergeschütteten (bezw. verpfästerten) Steinen gebildetes Grundwehr von nur mässiger Höhe (etwa $1,5^m$ über der Sohle) dargestellt, dessen Seiten durch allmähliges Ansteigen nach dem Ufer gebildet sind. Fig. 157 giebt eine sehr einfache Holzkonstruktion für eine Stauhöhe von etwa $0,6^m$ und kleine Gewässer. Bei noch kleinerer Stauhöhe würde schon eine verholzte Spundwand genügen. Fig. 158 zeigt eine Holzkonstruktion für grössere Verhältnisse und etwa 2^m Stauhöhe. Das unbedingt erforderliche Sturzbett ist nicht mit dargestellt; dasselbe hat hier offenbar den heftigsten Stoss auszuhalten. Der Hinterboden ist mit doppeltem Bohlenbelag zu versehen, wovon der obere, aus Eichenholz

bestehende öfter zu erneuern ist. Die Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Pfählen und Grundbalken geschieht besser mit fettem, festgestampften Thon, als mit Mauerwerk oder Steinpackung. Hat das Wehr steinerne Wangen, so werden letztere mit der grössten Tiefe der Böden gleich hoch gegründet und die Schwellen der Böden ins Mauerwerk eingelassen. Hölzerne Seitenwände werden durch Ständer gebildet, welche in den Schwellen verzapft und wie Bollwerksständer zu verankern und zu verholmen sind. Die Bekleidung muss eine doppelte sein, die hintere gegen Erddruck und dicht, die vordere zum Schutz der Ständer gegen den Angriff des Wassers und treibende Körper, am besten mit offenen Fugen — zur Lüftung — wobei die einzelnen Bohlen thunlichst in der Richtung des abfliessenden Wassers geneigt sind. Die hölzernen Seitenwände sind etwa nach 10—15 Jahren zu erneuern. Im Boden ist nur die obere Schicht des Hinterbodens in etwa der gleichen Zeit zu erneuern, während alles Uebrige bei guter Konstruktion mindestens die 5fache Dauer haben wird. Alles dem offenen Wasser und der Luft ausgesetzte Holz muss Eichenholz sein.

Fig. 156.

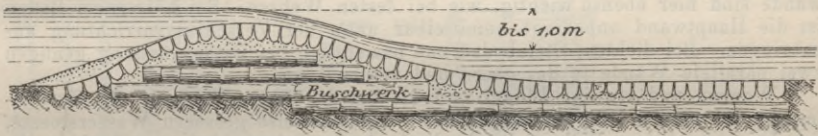


Fig. 157.

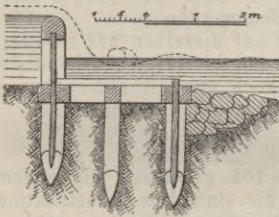


Fig. 159.

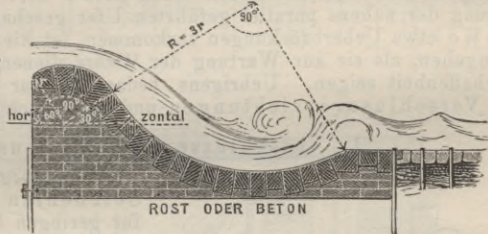


Fig. 158.



Fig. 160.

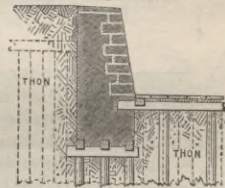


Fig. 159 giebt den Querschnitt eines steinernen Wehres unter Weglassung des Fundaments, welches in Ermangelung völlig festen, felsigen Untergrundes aus Pfahlrost oder Beton zu denken ist. Bei diesem Profil ist vortheilhafter, als bei vielen andern massiven Wehren, der Körper nicht stärker als nöthig hergestellt, der Abschlussboden aber verlängert und so geformt, dass der grösste Wasserstoss noch auf dem Wehre selbst bleibt und hier die lebendige Kraft möglichst vernichtet wird. Das Sturzbett ist aus Buschwerk mit starkem Pflaster gedacht. Wo Eisgang stattfindet, ist entweder der Vorboden im eigentlichen Wehrkörper etwas zu verlängern oder nur durch ein starkes Pflaster herzustellen, damit die Eisschollen nicht gegen die senkrechte obere Begrenzung stossen können. Die Seitenwangen können nach Fig. 160 erbaut werden, mit wagrechtem Fundament und mit guter Verbindung des Wehrkörpers und der Wangen durch gemeinsame Quader. Die Verkleidung des Wehrkörpers muss aus grossen in der Nähe des Rückens verschränkten Quadern bestehen.

β. Bewegliche Wehre.

Das bei den festen Wehren über die Lage Gesagte gilt in noch strengerm Sinne auch für die beweglichen Wehre, indem letztere stets gradlinig und rechtwinklig zum Flusse zu legen sind. Die Böden lassen sich zwar oft ebenso wie bei jenen unterscheiden; doch liegt im allgemeinen der höchste feste Theil der beweglichen Wehre, oder der Rücken des festen Theils, tiefer als bei den festen Wehren; er tritt zuweilen gar nicht über die normale (ideelle) Flusssohle hervor. Alsdann ist der ganze Boden des Wehres wagrecht, abgesehen von denjenigen Erhöhungen und Vertiefungen, welche die Verschlussvorrichtung erfordert.

Die Konstruktion der Böden erfordert eine besondere Sorgfalt, weil davon die planmässige Wirksamkeit der beweglichen Theile abhängt und fast jede Beschädigung höhere Reparaturkosten als bei den festen Wehren erfordert. Daher sind hier rohe und unregelmässige Konstruktionsarten, wie Busch, Steinschüttung usw. nur für die Nebentheile, wie Sturzbett usw., zulässig. Spundwände sind hier ebenso wichtig, wie bei festen Wehren. Bei hölzernem Boden ist die Hauptwand unbedingt unmittelbar unter der Verschlussvorrichtung anzubringen. Bei dichtem Steinboden und namentlich bei Betongründung genügen zwei parallele Wände in der obern und untern Linie.

Wangen und etwaige Flügel sind wie bei den festen Wehren. Die Zurücklegung der untern Ufer ist wegen des vergleichsweise grössern Wasserstosses, der bei beweglichen Wehren häufig beobachtet wird, in höherm Grade nothwendig, als bei jenen. Doch kann Ersatz auch in einer sehr soliden Herstellung der nahezu parallel geführten Ufer geschaffen werden.

Wo etwa Ueberbrückungen vorkommen, ist hier auf dieselben nur insoweit einzugehen, als sie zur Wartung der Wehre dienen und hierfür eigenthümliche Beschaffenheit zeigen. Uebrigens bedarf es nur noch einer Beschreibung der Verschlussvorrichtungen und zwar nach obiger Eintheilung.

1. Verschlüsse mit Bohlen und Balken.

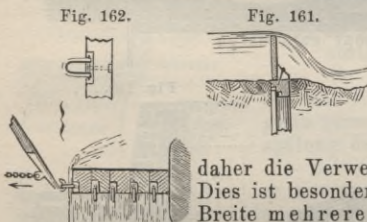


Fig. 162.

Fig. 161.

Nach Fig. 161 gewähren die sogen. Setzbohlen die einfachste Konstruktion für geringen Stau (bis 0,5 m); sie stützen sich gegen Knaggen oder drehbare Eisen-theile, werden mit der Hand eingesetzt und wieder entfernt, wengleich letzteres nicht immer sicher geschehen kann und daher die Verwendung der Bohlen nicht unbedenklich ist. Dies ist besonders dann der Fall, wenn wegen zu grosser Breite mehrere Bohlen neben einander nöthig sind.

Nach Fig. 162 können auch Dambalken in (massiven) Falzen, etwa bis 7 m lang angewendet werden; sie sind noch für 1—1,5 m Stauhöhe zweckmässig. Die Dambalken sind mit drehbaren Bügeln einzeln durch Haken vom Ufer oder von einer Brücke aus zu heben. Bei rasch kommendem Hochwasser bleibt ihre Beseitigung unsicher, und zwar um so mehr, je grösser Balken und Stauhöhe sind.

2. Schützen.

Schützen werden in der Regel aus Holz, seltener aus Eisen angefertigt. Sie bewegen sich in senkrechten (oder nahezu senkrechten) halben und ganzen Falzen und bilden eine der einfachsten, sichersten und brauchbarsten Vorrichtungen. Deshalb sind sie fast bei allen Mühlen (im Kunstgerinne und Freigerinne) bei kleinen und grossen Bewässerungsschleusen, neben festen Wehren als sogen. Grundablass, als Flossschleuse oder auch allein als sogen. Stauschleusen (Schleusen-Wehr usw.) in Gebrauch. Die Stauhöhe ist fast beliebig; sie ergeben bei guter Ausführung und Wartung den geringsten Wasserverlust, erfordern aber zur sichern Bedienung immer eine sogen. Schutzbrücke, welche am besten oberhalb des Wehres (weil die Schützen von dort aus leichter

zu heben und event. zu beseitigen sind) und über dem Hochwasser liegen muss und oft auch zur Verbindung der beiden Ufer dient.

Fig. 163.



Die Schützen werden bei gewöhnlichen Mühlen- usw. Anlagen in der Regel nur so breit genommen, dass 1 Mann sie, etwa mit Hilfe eines sogen. Wuchtebaumes heben und senken kann. Wo es aber nöthig wird, grosse Weiten rasch zu öffnen, giebt man ihnen eine Breite bis zu 7 m, z. B. bei Flossschleusen.

Wenn Hochwasser, besonders in Verbindung mit Eisgang, durchzulassen ist und die Schützen nur geringe Breite haben, so müssen so viel Schützen neben einander sich gegen bewegliche Pfosten (sogen. Losständer, Setzpfosten usw.), Fig. 163, stützen, dass nach deren Beseitigung eine Oeffnung von hinreichender Breite entsteht. Der Losständer, möglichst leicht, an jeder Seite mit halber Falz für die Schützen versehen, steht unten in dem, als Rücken

Fig. 164.

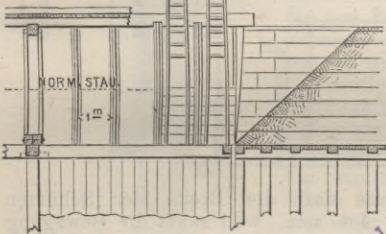


Fig. 165.

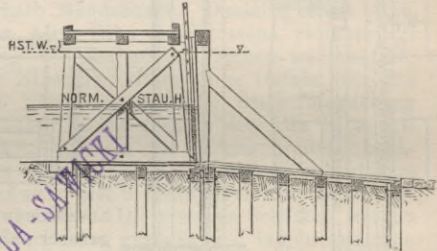
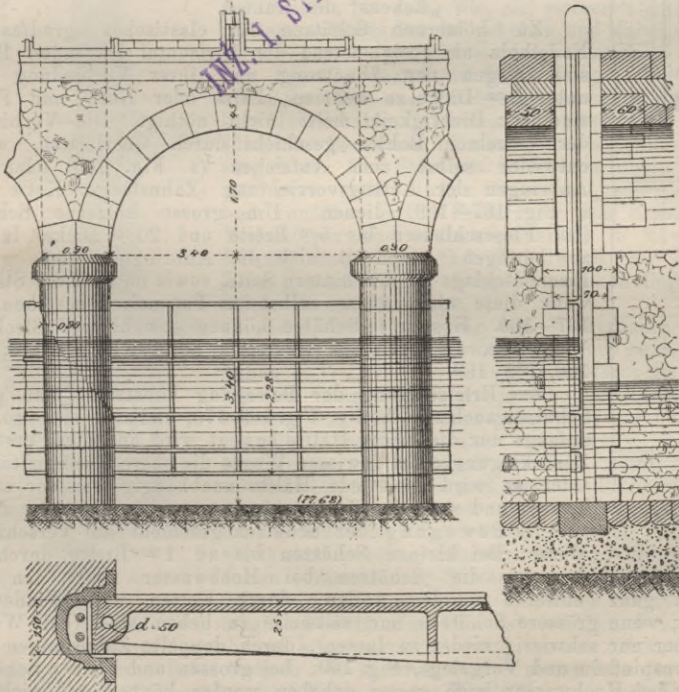


Fig. 166.



des festen Wehrtheils geltenden Fachbaum, am besten in einem eisernen Schuh mit Loch zum Einsetzen einer Leitstange, und lehnt oben gegen den

Schlussbaum; er wird deshalb meist etwas nach hinten geneigt. Bei grosser Weite müssen zwischen den Losständern noch verstreute feste Ständer (Griesständer) oder Pfeiler stehen, welche den Druck des Schlussbaums aufnehmen, Fig. 164, 165, 166.

Die Schützen sind nicht höher zu machen, als durchaus nöthig ist, um sowohl die Bewegung zu erleichtern, als auch bei etwaiger mangelhafter Bedienung wenigstens dem höheren Wasser den Ueberfall zu gestatten. Nur

Fig. 169.

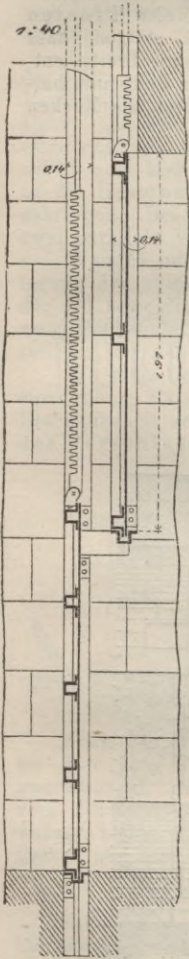


Fig. 168.

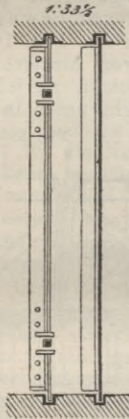


Fig. 167.

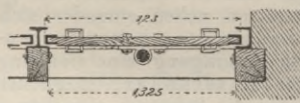


Fig. 172.

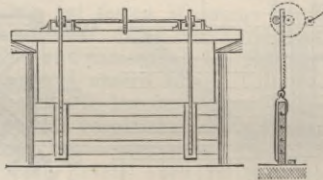
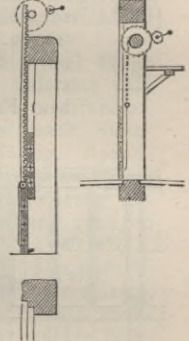


Fig. 170. Fig. 171.



ausnahmsweise darf die Breite der Schützen grösser als 4^m sein, weil sonst die Bewegung zu schwer wird, und zwar schon wegen des sogen. „Eckens“ der Kanten.

Zu hölzernen Schützen ist elastisches gradfaseriges Nadelholz am geeignetsten; die horizontal liegenden Bohlen sind wegen der Abnutzung und ihrer Verbindung nicht unter 5^{cm} Dicke zu nehmen; Falze oder Nuth und Federn sind zur Dichtigkeit meist nicht nöthig. Die Verbindung der einzelnen Bohlen geschieht durch Querleisten, welche entweder selbst zum Aufziehen (s. Fig. 165) oder zum Anbringen der Aufzugsvorrichtung (Zahnstange, Kette usw., s. Fig. 167—169) dienen. Um grosse hölzerne Schützen (bei Flossschleusen bis 5^m Breite und 20^{cm} Dicke) leichter zu bewegen, empfiehlt sich die Anbringung eines glatten Eisenbeschlags an der hintern Seite, sowie im Falz der Ständer, wenn diese nicht etwas selbst aus Façoneisen bestehen, Fig. 167—169. Eiserne Schütze können sowohl aus Blech und Walzeisen, als auch aus Gusseisen hergestellt werden; Fig. 166, 168, 169.

Zur Erleichterung der Bewegung konstruirt man grosse Schützen auch zweitheilig, Fig. 169, 170, und zwar meist so, dass anfangs nur die untere Hälfte bewegt wird und diese erst nach Zurücklegung eines gewissen Weges die obere Hälfte mitnimmt. Oder es wird auch jede Hälfte unabhängig von der andern bewegt und zwar je nach Umständen nur die obere oder untere.

Die Bewegung der Schützen geschieht auf verschiedene Weise: Bei kleinen Schützen bis zu 1^m Breite durch den

Wuchtebaum und wenn die Schützen bei Hochwasser nebst den Losständern ganz entfernt werden sollen, durch Ketten und Windewelle, Fig. 171; wenn grössere Schützen nur zeitweise zu heben sind (bei Wasserdruck aber nur schwierig nieder zu lassen), durch doppelte Zahnstangen oder Schraubenspindeln und Vorgelege, Fig. 169; bei grossen und kleinen Schützen, die aber bei Hochwasser hoch genug gehoben werden können und nicht beseitigt zu werden brauchen, durch Schraubenspindeln mit Schnecken-

rädern namentlich bei eisernen Schützen und wenn eine sehr genaue Bewegung derselben möglich und wünschenswerth ist. Endlich bringt man bei zahlreichen Schützen in einem Wehre mit Vortheil wohl fahrbare Winden an, welche auf einem Schienengleis laufen und dann auch zur Beseitigung der Losständler dienen können.

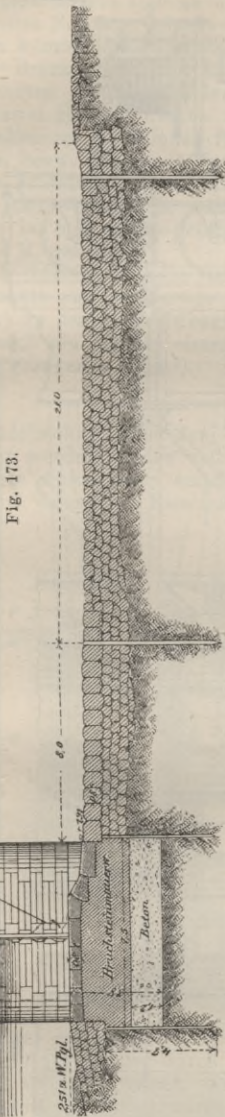
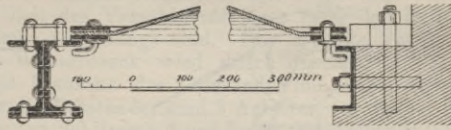


Fig. 173.

Fig. 174.



Ein besonders eigenthümliches und grossartiges Schützenwehr ist das in der Elbe bei Pretzien, etwas oberhalb Magdeburgs. Dasselbe dient dazu, die von der Alten Elbe durchflossene, rechtsseitige Elbniederung vor denjenigen Fluthen zu schützen, welche der Elbstrom allein ohne Gefahr für die linksseitige Niederung und die Stadt Magdeburg abführen kann. Es ist deshalb die Alte Elbe mit einem starken, 7,5 m in der Krone breiten, hochwasserfreien Sperrdamm abgeschnitten, in welchem ein Schützenwehr mit 9 Oeffnungen von je 12,55 m Weite eingebaut ist. Die eisernen Schützen werden von einer Brücke aus gezogen und laufen zwischen eisernen Losständern, welche zur vollen Oeffnung des Wehres bis unter die, auf steinernen Zwischenpfeilern ruhende Brücke gehoben und dabei um ein Kopf-Scharnier gedreht werden. Der feste Unterbau, Fig. 173, besteht in 16,8 m Länge, 7,5 m Breite und 3,8 m Höhe aus Bruchsteinmauerwerk mit starkem Quaderbelag, in seinem untersten, 1,2 m hohen Theile aus Beton und ist mit 2 starken Spundwänden eingefasst. Das Sturzbett ist in dem obern Theile mit etwa 0,8 m dicken Sandsteinquadern belegt und zunächst in 8 m Entfernung vom eigentlichen Wehrkörper und endlich nochmals in 21 m Entfernung durch eine tiefe Spundwand vor Auskolkung geschützt. Der feste Wehrrücken liegt 0,6 m höher als das Sturzbett.

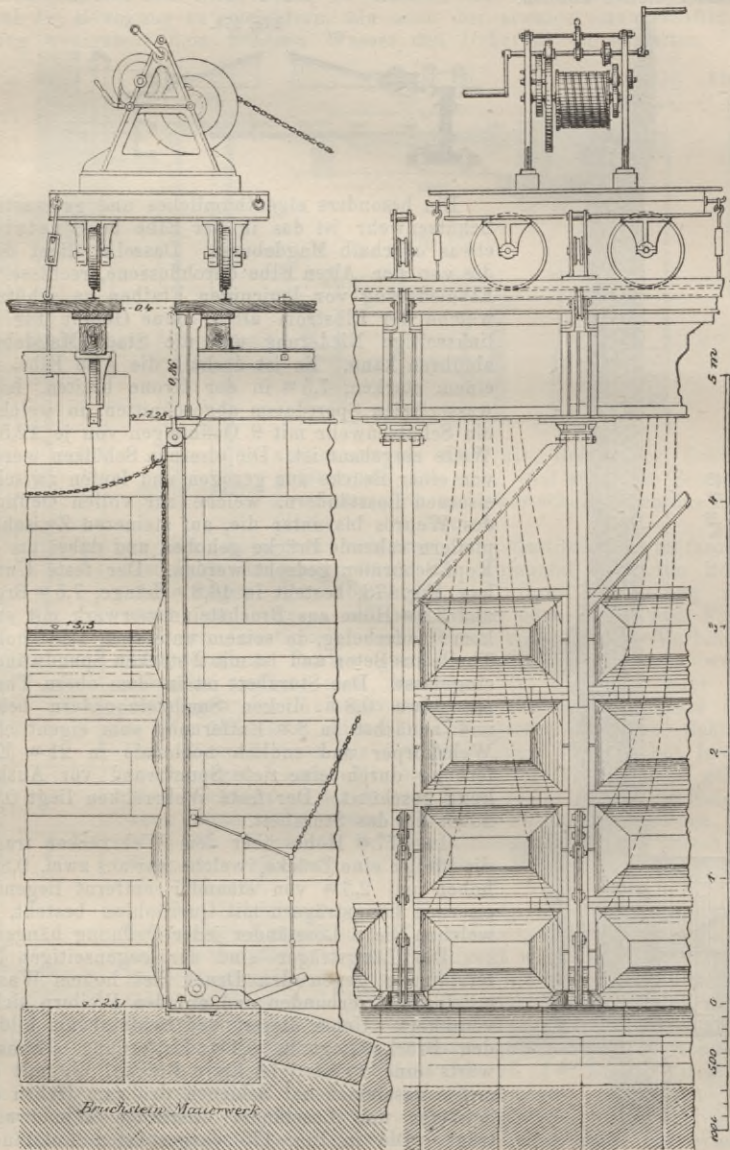
In 4,77 m Höhe über dem Wehrrücken tragen die Pfeiler eine Brücke, welche nur aus zwei, 0,86 m hohen und 2,3 m von einander entfernt liegenden eisernen Längsträgern mit Querbohlen besteht, an welchen die 8 Losständler jeder Oeffnung hängen.

Die Längsträger sind zur gegenseitigen Unterstützung gegen den Druck bei hohem Wasser miteinander verbunden und auf den Pfeilern sicher verankert. Ueber dieser, den Schlussbaum bildenden Brücke liegt in 0,4 m Entfernung stromaufwärts eine zweite, leichtere Brücke, die mit der ersten zusammen auf Schienen den zum Heben der Schützen und Losständler dienenden Windewagen trägt. Die in Fig. 175 dargestellten Losständler

hängen oben in einem Gelenk und können sowohl nach hinten als auch nach vorn bewegt werden. Beim Oeffnen des Wehres werden sie mittels der hinten (nach Fig. 173, 175, 176) angebrachten Kette von der Winde über eine feste Leitrolle bis in die wagrechte Lage nach oben gezogen. Die Kette greift dabei den

Losständer zunächst an seiner Sperrklinke, welche sich mit ihrem 2theiligen Zapfen gegen die beiderseitigen Backen eines im Wehrrücken befestigten Schuhs stützt und somit dem Losständer den nöthigen Halt an seinem untern

Fig. 175, 176.



Ende giebt. Bei dem Einsetzen des Losständers wird derselbe zunächst durch eine vordere Kette gegen den etwaigen Wasserdruck nach vorn gezogen, dann zurückgelassen, bis die Sperrklinke durch ihr Gewicht in den Schuh eingreift.

Gegen seitliches Schwanken sind die Losständer mit fest verbundenen eisernen Streben versehen, welche sich an ihrem oberen Ende frei um den Gelenkbolzen des nächsten Losständers drehen. Die Schütztafeln, Fig. 174—176, haben $1,31^m$ Länge und $0,837^m$ Höhe und bestehen aus $6^m m$ starkem Buckelblech. Ihre Ränder sind auf beiden Seiten mit $10^m m$ starken Flachschienen versteift. An dem obern Rande sind an der Unterwasserseite 2 Bügel befestigt, welche zum Heben des Schützes mittels $7^m m$ starker Drahtseile mit der Winde verbunden werden können, während zur Zeit des Verschlusses diese Seile der Reihe nach an der Brückenbahn mit Ringen aufgehängt sind. Das etwaige Vorüberfallen der Schütze bei mangelndem Wasserdruck wird durch die in Fig. 174 sichtbaren zwei Haken, welche die Flansche der Losständer umfassen, verhindert. Zur Bedienung der Winden für die Losständer sind 3 Arbeiter, für die der Schützwinden, bezw. für das Öffnen und Schliessen 4 und bezw. 2 Arbeiter ausser denjenigen erforderlich, welche die Schützen heran zu schaffen haben. Das ganze Wehr kann mit Hilfe von 3 Ständerwinden und 8 Schützwinden mit 20 Arbeitern in 8 Stunden geöffnet oder geschlossen werden. Die Wehranlage hat $643\,000^M$ gekostet¹⁾.

Ein ähnliches Wehr ist bei Warnemünde erbaut worden und eine ebenso interessante und grossartige Anlage befindet sich im Weaver-Fluss (Nebenfl. d. Mersey) zu dessen Schiffbarmachung. Es sind dort 8 je $4,57^m$ weite Oeffnungen, jede durch ein grosses eisernes Schütz geschlossen, welche mit einer fahrbaren Winde gezogen werden²⁾.

3. Nadeln.

Nadelwehre haben den Vorzug, dass durch sie grosse Breiten völlig frei gemacht werden können und dass keine feste Brücke zu ihrer Bedienung nöthig ist. Ihre Anwendung empfiehlt sich also bei grosser Breite des Flusses und wenn in demselben Eisschollen und grosses Hochwasser vorkommen. Nadel-

Fig. 177.

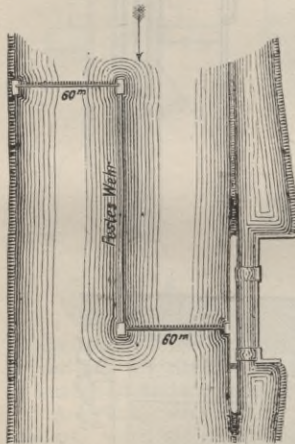
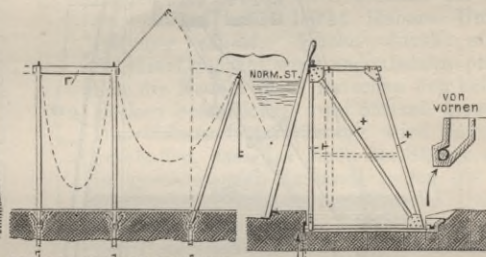


Fig. 178.



wehre sind aber bei einem rasch auflaufenden Hochwasser von einem einzelnen Wärter nicht so sicher zu bedienen als Schützenwehre und deshalb ist es unter gewissen Verhältnissen: beschränktes Personal, rasches Hochwasser, Gefahr bei zu hohem Steigen usw., vortheilhaft, mit dem Nadelwehr ein festes Wehr so zu verbinden, dass ein Hochwasser nicht zu rasch steigen kann, Fig. 177.

Ferner ergibt der Verschluss durch Nadeln im allgemeinen einen grössern Wasserverlust als der durch Schützen und muss jener durch dichtes Setzen der Nadeln, seltenes Öffnen, Treibzeug, Einwurf von Steinkohlenasche usw. nach Möglichkeit ermässigt werden. Die Stauhöhe beträgt gewöhnlich bis zu 2^m , höchstens etwa 3^m ; jedoch ist dann die Anwendung von Nadeln, weil diese zu schwer werden, nicht mehr zu empfehlen.

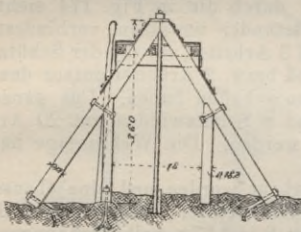
Die allgemeine bauliche Anordnung deutet Fig. 178 an. Die Nadeln lehnen

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1874.

²⁾ Engineering 1884 S. 241 u. 564.

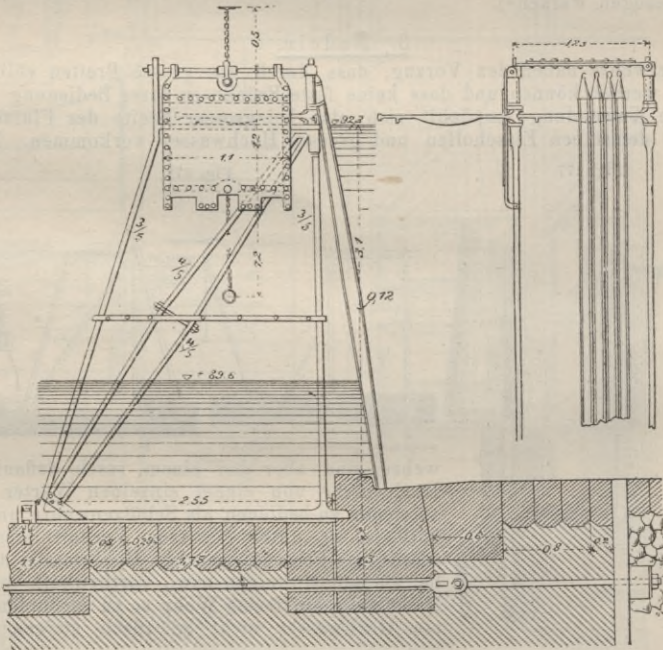
sich gegen schmiedeiserne, gut in sich versteifte Böcke, welche in etwa 1^m Abstand aufgestellt und um ihre Unterkante drehbar sind. Das Lager des vorderen Achszapfens muss das Ausheben des aufgestellten Bockes verhüten, das des hintern den Druck desselben aufnehmen können. Beide müssen aber ein leichtes Ein- und Ausbringen des Bockes gestatten. Die Böcke legen sich in eine Vertiefung des festen Rückens und sind mit Ketten auf einander so verbunden, dass, wenn der eine Bock steht, der nächste noch liegen, aber vom ersteren her aufgerichtet werden kann. Eine Laufbrücke in mindestens 20 cm

Fig. 179.



Höhe über dem normalen Stau wird entweder durch von Bock zu Bock gelegte Bretter gebildet, nachdem die Böcke durch feste Schienen, gegen welche sich später die Nadeln legen, verbunden sind. Oder besser, es wird die Brücke aus Blechtafeln gebildet, die um die Oberkante eines Bockes drehbar sind und mit Haken am losen Ende in den nächstfolgenden Bock eingreifen. Die Verbindung in letzterer Weise ist eine raschere und sicherere. Selten werden für Nadeln feste Böcke mit festen Pfeilern oder Jochen angewandt.

Fig. 180.



Eine sehr eigenartige und für die Oertlichkeit zweckmässige Konstruktion ist die in Fig. 179 dargestellte, am Firings-Wasserfall in Norwegen vorkommende. Die hölzernen, unmittelbar auf dem Felsboden befestigten Böcke stehen in 4,0^m Abstand und tragen eine feste Brücke, gegen welche sich die Nadeln lehnen.

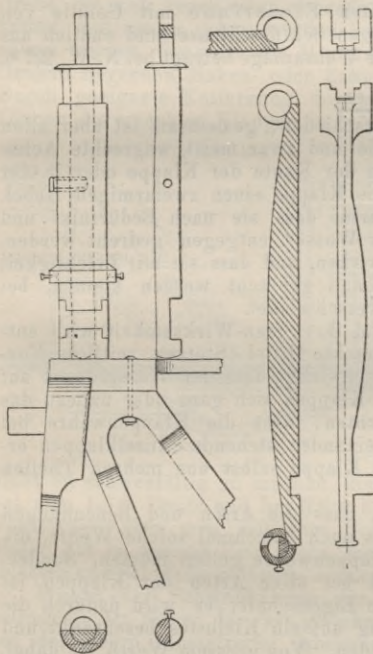
Bei kleinern Oeffnungen hat man die Nadeln oben auch gegen einen beweglichen Balken gestützt, bei dessen Wegnahme jene ihre Stütze verlieren, wobei sie jedoch durch kleine Leinen am Fortschwimmen gehindert werden. Der Balken kann entweder durch Schrauben usw. nach oben gezogen

werden, oder er stützt sich an einem Ende gegen einen beliebig zu befestigenden und zu lösenden, senkrecht stehenden Drehbaum und ist am andern Ende mit einem Scharnier usw. versehen.

Die Einzelheiten der Nadelwehre sind sehr verschieden. Die beweglichen Böcke bestehen entweder aus schwererem, zusammen geschweißten Volleisen oder aus leichterem Formeisen, welches bequem und für geringen Druck genügend sichere Verbindungen gestattet. Sie müssen einerseits leicht, andererseits aber auch steif gegen Verbiegung usw. sein, wobei namentlich der Druck der Strebe auf die Drehachse und die Entfernung des Stützpunktes der erstern von dem Achslager zu beachten sind.

Von einem Bock neuerer Konstruktion giebt Fig. 180 ein Beispiel. Sie stellt einen Bock des Schiffsdurchlasses des im Jahre 1885 erbauten Wehres bei Frankfurt a. M. in Quer- und Vorderansicht dar. Wegen bedeutender

Fig. 181.



Druckhöhe ist Volleisen gewählt, welches nur an einzelnen Stellen mit Schrauben, sonst überall durch Schweißung verbunden ist.

Zwischen den Böcken liegt die obere Unterstüttung der Nadeln und die Laufbrücke oder der Dienststeg. Beide sind bei ältern Wehren der Einfachheit wegen mit einander verbunden worden. Doch pflegt bei neuern Anlagen die Unterstüttungs-Stange von der Brücke getrennt zu sein. Dies hat namentlich alsdann seine Vorzüge, wenn die Stange, wie nach dem auch bei der Konstruktion nach Fig. 181 angewandten System Kummer an dem einen Ende um einen senkrechten Zapfen des Wehrbockes drehbar ist und am andern eine leicht lösbare Unterstüttung erhält, welche durch einen Schlüssel gedreht wird und alsdann plötzlich die Nadeln ihrer zwischen den beiden Böcken befindlichen zwei Stützen beraubt. Die lösbare Unterstüttung wird dadurch geschaffen, dass das Ende der Stange sich im geschlossenen Zustande gegen die zylindrische Fläche einer Spindel lehnt, welche in einer Hülse drehbar ist. An der Unterstüttungsstelle ist die Hülse so ausgeschnitten, dass die Stange gegen die Spindel schlagen kann, und ist ebendasselbst die Spindel bis auf ihre eine Hälfte fort-

geschnitten. Wird die Spindel behufs Oeffnung des Wehres um 90° gedreht, so verliert die Stange an dem losen Ende ihre Unterstüttung, wendet sich stromab und dreht sich an einem Wehrbocke um den Zapfen des andern Bockes.

Aehnlich, wie vorhin erwähnt, werden die Nadeln am Abtreiben verhindert, wenn sie mit kleinen Oehrbolzen versehen sind, durch welche, nach der Aufstellung der Nadeln, für jedes Fach eine Leine gezogen ist. Das rasche Niederlegen eines solchen Nadelwehres rechtfertigt die etwas theuere Konstruktion für manche Fälle. Die in Fig. 180 dargestellten Böcke der Main-Wehre sind ebenfalls damit ausgestattet.

Die oben mit einem Handgriff versehenen, meistens vierkantigen, 4–10 cm starken Nadeln aus feinem Tannenholz stützen sich am untern Ende gegen einen etwa 15 cm hohen Vorsprung; sie sind beim Einsetzen weit voraus zu stossen (namentlich bei starker Strömung) und sobald sie unten anschlagen, nach Bedarf seitwärts zu kanten. Man hat statt des quadratischen Querschnitts zahlreiche andere Formen versucht, insbesondere um den Wasserverlust

zu verringern, z. B. Geckige, T-förmige, mit quadratischen wechselnd, mit länglich-rechteckigem Querschnitt in Form von Bohlen usw.; doch ist die leichtere Handhabung der hölzernen Nadeln fast überall als der grössere Vortheil befunden worden.

Bei sehr hohen Wehren hat man die Nadeln noch durch einen in halber Höhe liegenden wagrechten Balken, der mit den Böcken verbunden ist, unterstützt, auch das Aus- und Einsetzen mittels fahrbarer Winde beschafft, oder endlich gar die Nadeln ganz durch an den Böcken hinab gleitende Schütztafeln oder Rolltafeln ersetzt (so dass eine Art Schutzwehr entsteht); doch sind solche Anordnungen nur sehr vereinzelt ausgeführt worden und auch reichlich verwickelt.

Unterhalb der Wehranlage bei Frankfurt a. M. kommen noch 4 andere Wehre im Main vor. Das Gesamtgefälle der genannten Strecke beträgt 10 m, die Wassermenge bei Niederwasser 70 cbm in 1 Sek. Jede Stauanlage besteht aus dem Schiffsdurchlass, der aber nur bei nieder gelegtem Wehr die Durchfahrt gestattet und der nur bis N.-W. reichenden, oder 60 cm seichtern Fluthöffnung, sodann aus einer 12 m breiten Flossrinne mit Gefälle von 1:200, einer 10,5 m weiten und 80 m langen Schiffschleuse und endlich aus einem Fischpass. Das Gefälle der Frankfurter Wehranlage beträgt bei N.-W. 2,7 m.

4. Klappen.

Die Formen der Klappen sind sehr verschieden; gemeinsam ist aber allen Klappen, dass sie sich um eine fest liegende und zwar meist wagrechte Achse drehen. Letztere liegt dabei entweder an der Kante der Klappe oder in der Klappenfläche selbst und bildet alsdann die Klappe einen zweiarmigen Hebel. Das Wesentliche aller Klappen besteht darin, dass sie nach Bedürfniss und Belieben aufgerichtet oder dem fließenden Wasser entgegen gedreht werden, um alsdann den geforderten Aufstau zu bewirken, und dass sie mit Leichtigkeit und in kürzester Zeit wieder in diejenige Lage gebracht werden können, bei welcher der Aufstau ganz oder theilweise verschwindet.

Die Unterstützung der Klappen während ihrer Stau-Wirksamkeit wird entweder durch ausserhalb der Klappen angebrachte Mittel (Stützen, seitliche Vorsprünge, Gegenklappen usw.) oder dadurch bewirkt, dass der Wasserdruck auf den beiden Hälften der — zweiarmigen — Klappen sich ganz oder nahezu das Gleichgewicht hält. Endlich ist zu beachten, dass die Klappenwehre bei grössern Weiten mehre selbständig neben einander stehende Einzelklappen erfordern, sowie dass andererseits auch die Klappe selbst aus mehren Theilen bestehen kann.

Nach diesen Angaben ist es erklärlich, dass die Arten und Benennungen der Klappen sehr mannigfach sind und dass auch manchmal solche Wehre, die nach der gegebenen Charakteristik als Klappenwehre gelten müssen, Sondernamen tragen. Nicht unbedingt, aber fast bei allen Arten der Klappen ist ferner Selbstthätigkeit eine wesentliche Eigenschaft; es wird dadurch die sehr wichtige und verantwortliche Wartung auf ein Kleinstes beschränkt und die Gefahr eines zu hohen Aufstaus vermieden. Von grossem Werth ist dabei, dass der betr. Mechanismus nicht zu verwickelt und zu schwach in einzelnen Theilen wird, weil sonst durch Geschiebe, Treibeis und dergl. eine Beschädigung oder ein zeitweiliges Versagen der Beweglichkeit eintreten kann. Als „selbstthätig“ bezeichnet man dabei solche Klappen, bei denen nur das Aufrichten oder Niederlegen usw. der eigentlichen Klappe nicht durch unmittelbare Einwirkung des Wärters, sondern durch den Druck des Wassers erfolgt, wogegen noch gewisse Bewegungen zur Regulirung des Wasserdrucks oder zur Entfernung der Unterstützungen durch den Wärter und zwar thunlichst vom festen Ufer aus geschehen.

Die selbstthätigen Klappenwehre bedürfen keiner festen Brücke; doch wird bei einzelnen Arten wohl oberhalb des Wehres eine Laufbrücke aus ähnlichen Böcken, wie sie die Nadelwehre besitzen, hergestellt.

Ein von Ténard 1829 ausgeführtes Klappenwehr besteht darin, dass im Schutze einer Reihe flussaufwärts gerichteter Klappen, die mittels Haken aufgerichtet und durch Ketten in senkrechter Stellung gehalten werden, eine zweite

Reihe unmittelbar dahinter liegender, stromabwärts schlagender Klappen aufgerichtet und durch Streben gegen den Abschussboden gestützt wird. Die Stützen können vom Ufer aus nach Belieben weggezogen werden, worauf die Klappen wieder niederfallen. Die Oberkante der obern Reihe von Klappen liegt etwas tiefer als die Oberkante der untern Reihe; jene fällt von selbst nieder, wenn diese überströmt wird.

Eine ebenfalls ältere Konstruktion zeigt die Fig. 182. Die Klappe dreht sich um eine über der Unterkante liegende Achse und kann bei Vertheilung der Höhen in $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ genau selbstwirkend sein. Da aber die fest stehende Unterstützung der Drehachse die Klappe auch nach ihrer Niederlegung über den festen Rücken des Wehrs hält, so ist ein solches Wehr nur in den wenigsten Fällen anwendbar.

Bei der neuern, etwa aus dem Jahre 1850 stammenden Konstruktion von Chanoine, welche in Frankreich vielfache Anwendung gefunden hat, ist die Drehachse um die Achse eines Bocks beweglich gemacht, der durch eine Hinterstrebe, die sich gegen einen eisernen Knaggen stützt, nach Belieben aufrecht erhalten und nieder gelegt werden kann, Fig. 183, 184. Soll der Bock nieder gelegt werden, so wird die Hinterstrebe vom Ufer aus mittels einer auf dem Grunde liegenden Haken- oder Zahnstange in eine eiserne Gleitbahn gezogen. Durch geeignete Entfernung der verschiedenen Haken an derselben Stange können die einzelnen Klappen in beliebiger Folge, oder nur ein Theil derselben

Fig. 183, 184.

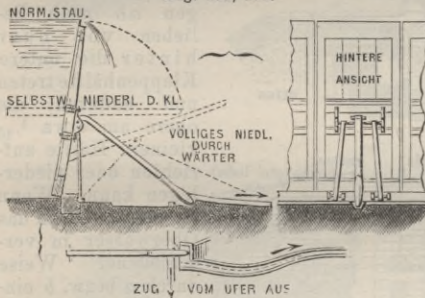
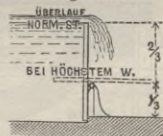


Fig. 182.



nieder gelegt werden; das Aufrichten geschieht vom Schiff oder von einer oberhalb durch Nadelwehr-Böcke hergestellten Interimsbrücke aus. Die Klappen legen sich hinter eine Schwelle, die zugleich als Anschlag hier die untere Kante bildet, so nieder, dass sie völlig geschützt sind und das Profil nicht weiter verengen. Je grösser die Stauhöhe ist, desto geringer muss aber, um die Klappen

nicht zu schwerfällig zu machen, die Breite sein; bei 2 m hohen Klappen z. B. hat man 1,3 m Breite und bei 3,6 m hohen nur 1 m Breite gegeben. Bei diesem Verhältniss aber tritt seitliches Schwanken ein, weshalb überhaupt Klappen dieser Art in neuerer Zeit nicht mehr für grössere Höhen, z. B. bei Grundablässen und Schiffsdurchlässen, sondern mehr für mittlere Höhen benutzt werden.

Wegen der Schwankungen der Klappen müssen die Spielräume 5–10 cm betragen. Da ferner das fast gleichzeitige Umschlagen aller Klappen für die auf der obern Flussstrecke fahrenden Schiffe gefährlich sein kann, so verzichtet man darauf, die Klappen so zu gestalten, dass sie sich selbstthätig durch den Wasserdruck niederlegen, ordnet vielmehr die Drehachse höher als auf $\frac{1}{3}$ von unten, bis nahe der halben Höhe an.

Krantz hat in den Hauptklappen kleinere Klappen angebracht, die sich bei einem gewissen Druck öffnen und bei sinkendem Wasser mittels Belastung ihres untern Theiles schliessen und so eine bedeutendere Anstauung, sowie ein zu tiefes Sinken des Wassers nach Niederlegung der Hauptklappen vermeiden.

Hier ist ferner noch zu erwähnen, dass Girard zum Aufrichten von Klappen gegen den Wasserdruck hydraulische Pressen zur Anwendung gebracht hat, deren Druckwasser durch eine Turbine erzeugt wurde, während Möller eine mit ihrer mittleren Drehachse sich an dem einen Ende eines Schwimmkastens drehende Klappe als sogen. Schwimmwehr konstruirt hat, welche sich aufrichtet, sobald der an dem andern Ende an einem Scharnier bewegliche Schwimmkasten sich hebt¹⁾.

¹⁾ Ann. f. Gew. u. Bauw. 1880, Bd. VI, S. 365.

Neben den wagrecht drehbaren Klappen kommen nur selten noch senkrechte Achsen drehbare Klappen vor, wenn von den im Abschn. Häfen beschriebenen Spülthüren und sonstigen, unter Schleusen behandelten Konstruktionen abgesehen wird. Eine als Stauwehr dienende besondere Art senkrechter Klappen von Frassi ist in Oberitalien angewandt¹⁾.

Von den im Vorigen besprochenen, zum Aufrichten einer gewissen äussern Hülfe bedürftigen Klappen unterscheiden sich solche, bei welchen nur der Wasserdruk das Aufrichten und Niederlegen nach jeweiligem Belieben oder selbstthätig besorgt. Hierhin gehören zunächst die, nur theoretischen Werth besitzenden selbstthätigen Tafeln, die sich etwa mit $\frac{1}{3}$ der Höhe gegen einen festen, oben abgerundeten Rücken lehnen und einen gleich bleibenden Wasserstand erhalten. Die ältere, praktisch angewandte, in Fig. 185 dargestellte Form mit zwei hinter einander liegenden Klappen ist schon 1818 von J. White erfunden und besteht im wesentlichen darin, dass mittels entsprechender Oeffnung oder Schliessung vorderer und hinterer Schützen die hintere Klappe die vordere aufrichtet oder fallen lässt.

Ein ähnliches Prinzip liegt den neuern, von Desfontaines erfundenen und zuerst auf der Marne angewandten sogen. Trommelwehren²⁾ zugrunde, Fig. 186,



Fig. 185.

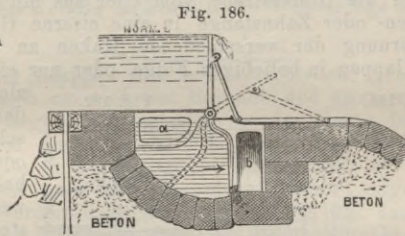


Fig. 186.



Fig. 187.

in deren Trommel das Oberwasser durch die in jedem Uferpfeiler liegenden beiden Oeffnungen *ab* nach Belieben vor oder hinter die untere Klappenhälfte treten und dadurch die obere um etwa $\frac{1}{10}$ kleinere Hälfte aufrichten oder niederlegen kann. Wenn an beiden Ufern das Oberwasser in verschiedener Weise durch *a* bzw. *b* eingelassen wird und umgekehrt die zugehörigen Oeffnungen *b* bzw. *a* mit dem Unterwasser in Verbindung gebracht werden, so kreuzen sich die Ströme mit Gefälle in der vordern und hintern Trommelhälfte, indem von der Seite des Zuflusses her wegen der etwa 4 cm betragenden Spielräume zwischen Klappe und Trommel ein fortwährend zunehmender Druckverlust eintritt, und es richtet sich ein Theil der Klappen auf, während der andere sich niederlegt, Fig. 187. Man kann sogar die einzelnen Klappen nach Belieben aufrichten und niederlegen, wenn man die einzelnen Trommelabtheilungen wasserdicht von einander abschliesst und jede Abtheilung mit unmittelbarer Zu- und Ableitung versieht³⁾.

Die gewöhnliche Breite der einzelnen Trommelklappen ist etwa 1 m bei etwa ebenso grosser Höhe des obern Klappentheils. Die Spielräume zwischen den Klappen dürfen etwa 3 cm betragen, während sie u. a., um stets eine bestimmte Wassermenge abfliessen zu lassen, wohl grösser genommen werden. Es wird jedoch auch eine einzige Klappe für die ganze Wehrbrücke hergestellt, wie z. B. Mohr in einem Wehre in der Küddow⁴⁾ eine 5,2 m breite und 1,92 m im obern und 2,15 m im untern Theile hohe Trommelklappe konstruirt hat.

¹⁾ Wochenbl. f. Archit. u. Ingen. 1883, S. 109, sowie Handb. f. Ingen.-Wiss. Bd. III.

²⁾ Zeitschr. des Hann. Archit. u. Ingen.-Ver. 1868; Bornemann. Civ. Ingen. 1866; Deutsche Bauzeitg. 1878 S. 261; Zeitschr. f. Bauw. 1888 S. 19.

³⁾ Handbch. d. Ingen.-Wissensch. Bd. III S. 532.

⁴⁾ Wehranlage in der Küddow. Berlin 1882.

Eine besondere Abart der Trommelklappen ist von Cuvinot angegeben, wobei die untere Klappe nicht fest mit der obern verbunden ist, sondern, sich um eine eigene Achse drehend, nur mit einem obern Hebelarm gegen die untere Seite der obern Klappe stützt.

Folgende seltenere Arten von beweglichen Wehren haben theils mit den Schützenwehren, theils und vorzugsweise mit den Klappenwehren prinzipiell Gemeinschaftliches.

Zunächst die für geringe Stauhöhe (20–30 cm) in kleinen schiffbaren Kanälen sehr empfehlungswerthen sogen. Klappstau, Fig. 188, wobei eine 2–3 m breite Jalousieklappe aus dünnen Holzstäben mit durch dieselben gezogenen Lederriemen und über die Fugen gelegten Lederstreifen unten an einer festen Schwelle sitzt und sich gegen 2 in den Seitenwänden befestigte, gekrümmte (fast $\frac{1}{4}$ Kreis =) Rahmen stützt.

Fig. 188.

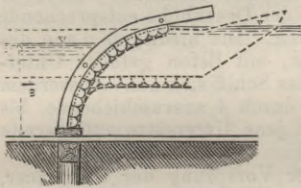


Fig. 189.

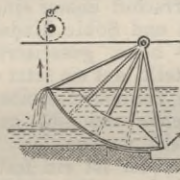
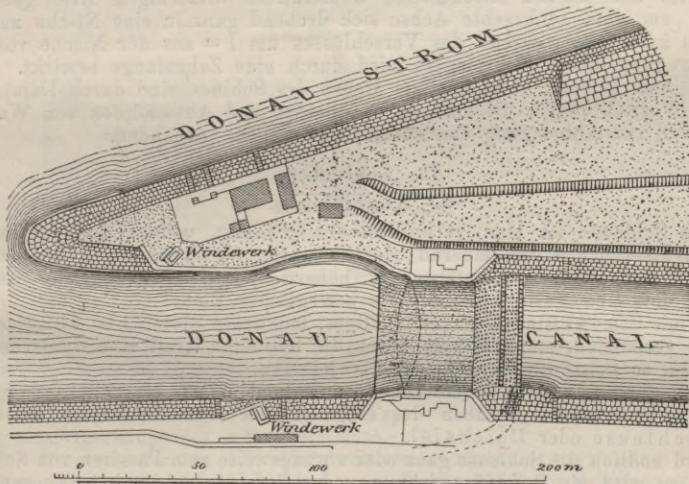


Fig. 190.



beutung des Moores dienenden Kanälen angewendet.

Das von Poirée konstruirte Segmentwehr¹⁾, Fig. 189, zeigt die umgekehrte Anordnung; es bedarf einer starken Konstruktion auch starker Winden und ist dabei sehr schwerfällig.

Dem Klappstau ähnlich ist ferner das von Caméré & Lagrené in der untern Seine erbaute Rollladen-Wehr, bei welchem rouleauxartig aus einzelnen wagrechten Holzstäben verbundene und aufgerollte Tafeln durch ein Windewerk an 2 senkrechten, 1,3 m von einander entfernten Ständern von oben herab gelassen werden; die gewöhnliche Stauhöhe beträgt dabei fast 4 m. Die einzelnen eisernen Ständer hängen an einem obern Scharnier, lehnen sich unten gegen

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1864.

einen Vorsprung und können durch eine flussaufwärts angebrachte Winde ganz über Wasser gehoben werden¹⁾).

Zu den Wehren ist endlich auch das i. J. 1871 erbaute Sperrschiff, Schwimthor, im Donaukanal zu Wien²⁾ zu rechnen, welches dazu dient, den sich durch die Stadt hindurch ziehenden 14 km langen, 60—80 m breiten und 2 m unter Null tiefen, schiffbaren Kanal vor Hochwasser und insbesondere dem Eindringen von Eis zu schützen. Das ähnlich wie ein für Trockendocks usw. dienendes Ponton gebaute Schiff von 48,6 m Länge, 9,5 m grösster Breite, 5,7 m Höhe und 1,4 m grösster Tauchungstiefe liegt nach Fig. 190 im geschlossenen Zustande mit seinen beiden Enden zwischen 2 gemauerten Pfeilern und in geöffnetem in einer Nische des linken Ufers. In keinem Fall reicht aber seine Unterkante bis auf die 3,8 m unter Null liegende Sohle des festen Bodens, welcher anfangs nur aus einer 30 m langen und 1,26 m dicken Betonschicht hergestellt war, später aber zur Sicherung gegen Auskolkung unterhalb noch durch ein Sturzbett von zwischen Spundwänden geschütteten Steinen verstärkt wurde; es geht also bei geschlossenem Sperrschiff immer eine der Druckhöhe entsprechende Strömung zwischen Schiffsboden und Sohle hindurch. Die niedrigste Lage des Schiffes ist durch vier je 0,95 m hohe, gusseiserne, mit Beton gefüllte Unterstützungen auf — 2,85 m festgestellt, auf sie setzt das Schiff sich auf. Ausserdem kann auch bei höherer Lage des Schiffes dasselbe durch 4 auszuschiebende, bis 1,2 m unter den Boden vortretende und sich auf jene Untersätze auflagernde Stützen (sogen. Piloten) festgestellt werden.

Das Widerlager am linken Ufer ist ein fester Vorsprung der Ufermauer, dagegen das am rechten Ufer ein bewegliches. Dies Widerlager wird zunächst aus einem aus starken Eisentheilen konstruirten dreieckigen Arm gebildet, welcher um eine senkrechte Achse sich drehend ganz in eine Nische zurückschlagen kann und während des Verschlusses um 1 m aus der Nische vortritt. Die Bewegung dieses Widerlagers wird durch eine Zahnstange bewirkt. Zum leichten und sichern Absenken und Heben des Schiffes sind durch Dampf betriebene Vorrichtungen, die auch zum Einlassen und Ausschöpfen von Wasserballast und zur Anbringung von Steinballast dienen, vorhanden.

II. Schleusen.

a. Allgemeines.

Eine Schleuse ist eine verschliessbare Oeffnung, welche zur Verbindung zweier Wasserflächen von dauernd oder zeitweilig verschiedener Höhe dient.

Wird damit nur ein Aufstau des höhern Spiegels bezweckt, so ist die Schleuse eine Stauschleuse oder ein bewegliches Wehr.

Ist mit dem Aufstauen ein zeitweiliges, möglichst plötzliches Ablassen des Wassers verbunden, um unterhalb durch die lebendige Kraft eine Spülarbeit zu verrichten, so heisst die Schleuse Spülschleuse.

Liegt die Schleuse in einem Deiche und dient sie als verschliessbarer Endpunkt der Entwässerungsgräben des eingedeichten Binnenlandes, so heisst sie Deichschleuse oder Deichsiel.

Wird endlich die Schleuse ganz oder vorzugsweise zum Passiren von Schiffen benutzt, so wird sie Schiffsschleuse oder Schiffahrtsschleuse genannt.

Eine Schiffsschleuse kann zugleich auch allen vorhin angegebenen Zwecken dienen. Es sollen an gegenwärtiger Stelle jedoch nur solche Schiffsschleusen betrachtet werden, welche lediglich für Schiffahrtszwecke dienen, indem sich bei einer Verbindung verschiedener Zwecke auch leicht die erforderlichen baulichen Abänderungen ergeben.

Die Schiffsschleusen unterscheiden sich zunächst nach ihrer Verbindung mit gewissen andern Anlagen, in Kanalschleusen, Schleusen in kanalisirten Flüssen und Hafenschleusen; der Hafen kann ein Fluss- oder ein Seehafen sein. Eine Unterscheidung der Schleusen nach Seeschleusen und Binnenland-Schleusen ist nicht zutreffend.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1882.

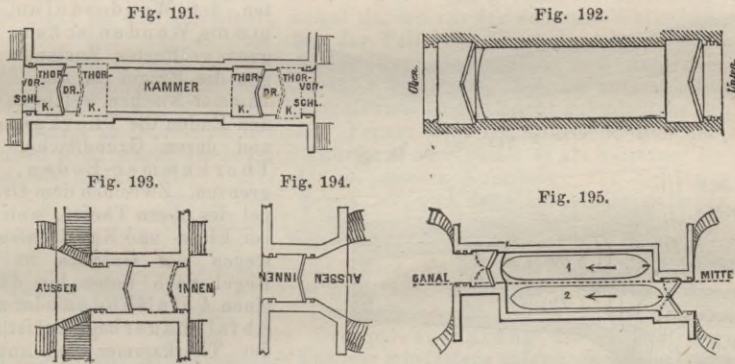
²⁾ v. Engerth. Das Schwimthor zur Absperrung des Wiener Donaukanals. Deutsche Bauzeitg. 1871 u. 1873. Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1885.

Für die nachstehende Besprechung ist die Unterscheidung nach der baulichen Einrichtung und dem dafür maassgebend gewesenen Zwecke, nämlich ob die Schleuse jederzeit oder nur zeitweilig den Schiffen den Durchgang gestattet, von grösserer Bedeutung.

Im erstern Falle ist die Schleuse eine Kammerschleuse mit je einem Haupt an ihren Enden und dazwischen liegender Kammer, welche beliebig gefüllt und entleert, oder mit dem Oberwasser bezw. Unterwasser in Verbindung gesetzt werden, dabei ein Schiff in sich aufnehmen und nach oben oder nach unten hin durchfahren lassen kann. Wenn die Schleuse einem Schiffe den Durchgang nur zeitweilig gestattet, braucht sie nur aus einem einzigen Schleusenhaupte zu bestehen, welches so lange geschlossen bleibt, als der Wasserstand zu beiden Seiten ungleich ist.

Als die gewöhnlichen Formen von Schleusen ergeben sich demnach:
a. Kammerschleusen mit einfachen oder doppelten Thorpaaren, je nachdem das höhere Wasser stets von der einen oder zeitweise auch von der andern Seite kommt, Fig. 191 und 192.

b. Schutz- oder Sperrschleusen, Fig. 193, halten das höhere Aussenwasser



zurück und gestatten nur bei gleicher Höhe des Innen- und Aussenwassers die Durchfahrt; sie finden besonders im Ebbe- und Fluth-Gebiet Anwendung.

c. Dockschleusen halten das Binnenwasser eines Hafens zurück und sind in der Regel Kammerschleusen mit doppeltem Thorpaar in jedem Haupt, Fig. 191.

d. Verbindungen aus den vorgenannten Schleusenarten.

e. Gekuppelte Kammerschleusen für Kanäle; es sind grosse Gefälle zusammen gefasst und kann die Kuppelschleuse eine solche mit 2, 3 oder mehreren Kammern sein. Jedes Unterhaupt der obern Schleuse bildet gleichzeitig das Oberhaupt der untern Schleuse.

f. Kammerschleusen zur gleichzeitigen Aufnahme mehrerer Schiffe; die Kammer ist entweder sehr lang, z. B. für 2 oder 3 Schiffe ausreichend, wobei dann wohl in der Kammer ein Zwischenthor liegt, so dass jene auch für ein Schiff gerade ausreicht, oder indem die Kammer so breit ist, dass zwei Schiffe darin Platz finden. In letzterem Falle heisst die Schleuse Doppelschleuse, Fig. 195, und liegen die Häupter unsymmetrisch, um das zuerst hinein gefahrene Schiff auch zuerst wieder hinaus lassen zu können.

Hat die Kammer die für mehrere Schiffe ausreichende Länge sowohl als Breite, so nennt man die Schleuse Kesselschleuse.

Als ungewöhnliche Formen sind endlich anzuführen:

g. Kammerschleusen, in welchen die Schiffe eine Richtungsänderung erlauben; hierzu gehört: die sogen. Sack- oder Kopfschleuse, Fig. 196 (Bromberg). Ober- und Unterhaupt liegen neben einander und die Kammer ist an einem Ende geschlossen. — Die Weichenschleuse, wobei an einem Ende ein Haupt liegt und unter einem beliebigen Winkel die Kammer sich

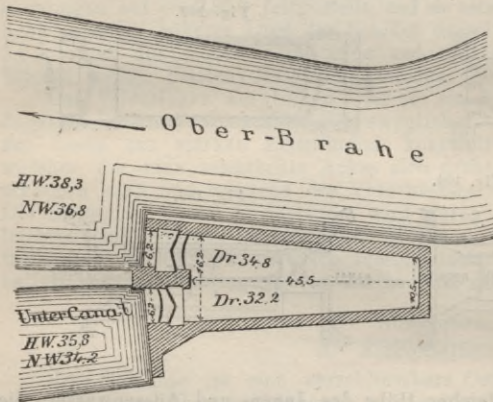
nach dem andern Ende verbreitert und dort in entsprechender Entfernung von einander 2 zu verschiedenen Kanälen gehörende Häupter liegen.

Bei Kreuzung zweier Kanäle oder gar der Abzweigung mehrerer Kanäle von einem Punkte aus können kreisrunde oder vieleckige Kesselschleusen mit entsprechenden Häuptern nach den verschiedenen Richtungen dienen. Eine derartige neuere Ausführung besitzt der Ems-Jade-Kanal in der Nähe von Emden, wo derselbe von einem andern Kanal mit anderem Wasserspiegel gekreuzt wird¹⁾. Ob und wie viel durch derartige Ausführungen im Bau gespart und wahrscheinlich im Betrieb wieder geopfert wird gegen die Anordnung eines freien Kreuzungs-Brücke mit einfachen Kammerschleusen jedes einmündenden Kanals, kann nur für jeden besondern Fall ermittelt werden²⁾.

Die gebräuchlichen Benennungen der einzelnen Haupttheile einer Schleuse lassen sich am besten unter Zuhilfenahme des Grundrisses einer einfachen Kammerschleuse, Fig. 192, angeben, indem bei abweichender Anordnung der Schleuse gewisse Theile entweder wegfallen oder mehrfach vorhanden sind:

Jedes zweiflügelige Thor lehnt sich mit den Unterkanten gegen die Schwelle

Fig. 192.



oder den Drempel und mit seinen senkrechten Hinterkanten, den Wendesäulen, gegen die Wendesischen. Im ganz geöffneten Zustande liegen die Flügel in den Thorkammer-Nischen, welche zu beiden Enden die Thorkammer und deren Grundfläche, den Thorkammer-Boden, begrenzen. Zwischen dem Drempel des obern Thores, welcher bei Fluss- und Kanalschleusen wegen des Gefälles in der Regel nach unten hin durch einen Abfallboden oder eine Abfallmauer begrenzt ist, und der Thorkammer des untern Thores liegt die Kammer; vor der obern Thorkammer und dem untern Drempel die Vor-

schleusen oder Schleuseneinfahrten. Die betr. Böden und Seitenwände werden nach den vorgenannten Theilen bezeichnet; doch geht der Kammerböden am Oberhaupte nur bis zum Abfallboden, während die Kammerwände bis zu den Wendesischen sich erstrecken. An den Kammerschleusen sind ferner zu unterscheiden die Kammer, das Oberhaupt mit den auch bei Dockschleusen usw. meist vorhandenen Flügeln. Wenn die Schleuse ein Binnengewässer, Kanal, Hafen usw. gegen ein äusseres Gewässer, wie Fluss, See usw. abschliesst, so ändern sich die Benennungen in Aussenhaupt und Binnenhaupt, wobei jedoch das eine oder andere derselben je nach dem Höhenverhältniss der Gewässer Oberhaupt oder Unterhaupt sein kann.

Die Lage der Schleusen richtet sich vorzugsweise nach den verschiedenen Zwecken und den örtlichen Umständen. Bei Kanälen sollen die Schleusen zunächst in der Axe der anschliessenden Kanalstrecken liegen.

Bei der Einmündung von Kanälen in Flüsse usw. ist die Richtung der letzten Kanalstrecke flussabwärts einzuhalten, wodurch auch die letzte Schleuse jene Richtung bekommt. Es ist jedoch erwünscht, die Schleuse nicht unmittelbar an den Fluss zu legen, mindestens einen mässig langen, offenen Vorhafen zwischen Fluss und Schleuse zu lassen.

Schleusen in Flüssen kommen fast stets in Verbindung mit Wehren oder

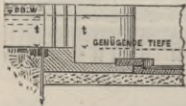
¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1887, S. 256.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1885, S. 298.

wehrtartigen Stromschnellen vor. Mit Rücksicht auf die Sicherheit der Schifffahrt werden sie in besondern Seitenkanälen angelegt, die thunlichst vor Versandung am obern und untern Ende zu schützen sind. Wenn ein solcher Kanal jedoch zu schwierig im Bau oder nicht erforderlich erscheint, wird die Schleuse in unmittelbarer Verbindung mit dem Wehre erbaut. In diesem Falle liegt die Schleuse mit Rücksicht auf bequemes Einfahren der Schiffe am besten so, dass das Unterhaupt in die Linie des Wehres trifft, weil umgekehrt bei starker Wirkung des letztern das Schiff in Gefahr geräth. Durch Anbringung von Trennungsdämmen kann diese Gefahr wesentlich gemildert werden. (Vergl. Fig. 177 S. 91.) Bei Hafenschleusen endlich richtet sich die Lage vorzugsweise darnach, dass die Schiffe bei gewissen starken Winden und etwa daneben auftretenden Strömungen noch thunlichst leicht und sicher einfahren können, womit in der Regel schon verbunden ist, dass die Schleuse nicht vom heftigen Wellenschlage getroffen wird. Zwischen dem offenen Wasser und der Schleuse muss ausserdem ein mindestens für ein Schiff ausreichender Vorhafen bleiben.

Abmessungen: Die Weite der Häupter richtet sich nach der Breite der grössten, die Schleuse passirenden Schiffe, denen zu beiden Seiten ein Spielraum von 0,3—1,0 m gelassen werden muss. Je grösser die Seeschiffe, desto schwieriger ist die Durchfahrt, zumal da, wo vor der Schleuse Wellenbewegung stattfindet, und, wie es fast stets der Fall, der Wind die höhern Theile des Schiffes treffen kann. Die Tiefe des Drempels bestimmt sich nach dem Tiefgang der grössten Schiffe mit 0,3—0,5 m Spielraum. Bei der untersten Schleuse eines Kanals, sowie bei allen Flussschleusen ist Rücksicht auf mögliche Senkung des Wassers im Flusse zu nehmen. Ferner wird bei Kanalschleusen der obere Drempel wohl wegen der bessern Thürform, oder damit er als hölzerner Drempel nicht oft trocken liege, oder der bequemern Anordnung der Schützen usw. wegen tiefer gelegt, wodurch dann ein Absatz zwischen Vorboden und Thorkammerboden nach Fig. 197 entsteht.

Fig. 197.



Der Drempelanschlag, welcher bei Steinbau etwas grösser genommen wird, als bei Holzbau, beträgt 10—20 cm; dazu 15—30 cm Spielraum unter der Unterkante der Thür, ergibt die Drempelhöhe 25—50 cm über Thorkammerboden. Der Drempelvorsprung ist in der Regel $\frac{1}{8}$ der lichten Weite der Schleuse, die Kammer mindestens so lang, dass beim Durchgang der grössten Schiffe die untern Thüren noch geöffnet werden können, und mindestens so breit wie die Häupter. Die Höhe der Thüren wird so bemessen, dass das höchste Wasser, bei welchem sie noch zu gebrauchen sind, sicher abgehalten wird; bei Kanälen entspricht die Höhe der Thüren zuweilen genau diesem Wasserstande, so dass noch höheres Wasser überläuft; an Flüssen bleibt sie zuweilen unter dem absolut höchsten Wasser. Die Mauern reichen 0,3—1 m über Thürhöhe hinauf.

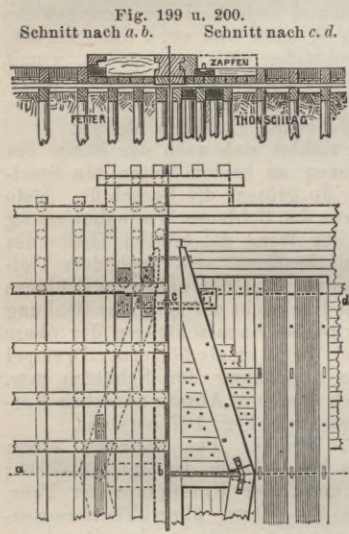
In allen Fällen ist auf eine etwa mögliche Vergrösserung der Schiffe Bedacht zu nehmen, welche sowohl bei Fluss- und Kanalschiffen, als auch bei Seeschiffen seit mehrern Jahrzehnten fast ununterbrochen stattgefunden hat und ihr Ende noch nicht gefunden zu haben scheint. Bei den Fluss- und Kanalschiffen sind alle Abmessungen nahezu gleichmässig gewachsen, bei den Seeschiffen wegen der Zunahme der Schraubendampfer vorzugsweise die Länge, so dass nur wenige, vor etwa 10 oder 20 Jahren gebaute Kamerschleusen noch für die den fraglichen Hafen besuchenden Schraubendampfer ausreichen. Letztere sind daher oft gezwungen, draussen zu bleiben oder abzuwarten, bis eine Ausspiegelung des innern und äussern Wasserstandes eingetreten ist.

Bei lebhaftem Verkehr und sehr ungleicher Grösse der Schiffe kann es zweckmässig sein, zwei oder mehre Schleusen von ungleichen Abmessungen neben einander zu erbauen.

b. Bauart der Schleusen.

Schleusen, welche wegen tiefer Lage des festen Untergrundes auf Pfahlrost gegründet werden (Gründungen auf Schwellrost kommen selten vor) und nicht weiter sind als etwa 13 m, erhalten am besten einen hölzernen Boden,

dessen einzelne Theile wegen des schwierigen Wasserschöpfens nicht tiefer zu legen sind, als unbedingt nöthig. Die Grundswellen sind für Boden und Seitenmauern gemeinsam, liegen stets quer zur Schleusenaxe und sind mit verwechselten Stößen auf den Pfählen — unter dem Boden mit Keilzapfen — befestigt. Darüber sind nach der Längenrichtung Zangen gestreckt, welche den wasserdicht herzustellenden Belag tragen. Bei solchen Schleusen ist zur Verstärkung des so gebildeten untern Bodens gegen den von unten wirkenden Wasserdruck über dem Bohlenbelag wohl noch ein umgekehrtes Gewölbe eingespannt (s. Fig. 198). Billiger und gebräuchlicher sind bei der angegebenen



Weite die in den Fig. 199, 200, 201, 202 u. 203 dargestellten, 0,5 m weit unter das Mauerwerk greifenden Spannbalken, welche mit den Grundswellen durch Spitzbolzen und besondere Schlüsselkeile verbunden und deren Zwischenräume sorgfältig ausgemauert werden. Um für den bessern Längenverband den Bohlenbelag in gleicher Höhe zu erhalten, ersetzt man die Spannbalken im Thorkammerboden durch 15–20 cm starke, dicht neben einander

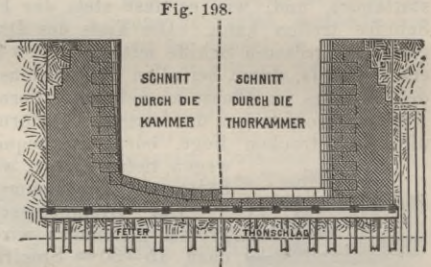
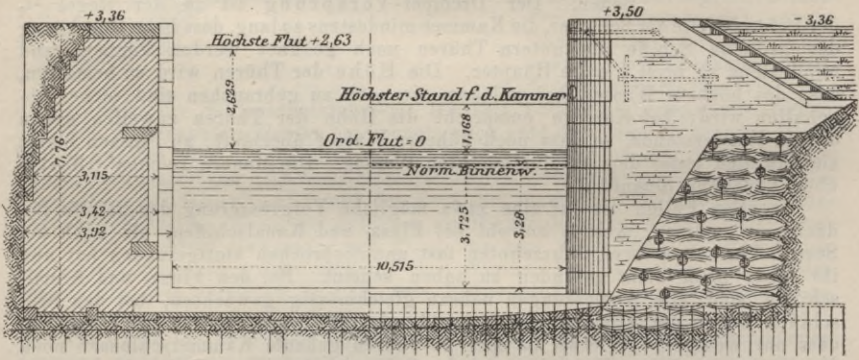


Fig. 201.



liegende Querbohlen, welche, wenn die Drempeelhölzer zu stark werden, auch unter dem Drempeel durchgehen. Alles Holz ist Kiefern, nur zu den Drempeelhölzern ist möglichst gutes Eichenholz zu verwenden. Die Hauptschwelle greift mindestens 1 m unter die Seitenmauern und ist mit einem 1–2 cm tiefen Falz in die untern Hölzer (mit Zwischenlage von getheertem Papier usw.) eingelassen, unter Umständen auch auf eine Quer-Spundwand aufgefalzt. Die Schlag-schwellen werden möglichst auch unter die Mauern gesteckt (bei Doppel-Drempeeln fast stets) und sodann an der Spitze unter einander durch ein einfaches Blatt mit dem in der Mitte des Drempeels liegenden sogen. Königsstück

und der Hauptschwelle durch einfache (nicht, wie üblich, doppelte) Zapfen, sowie durch Versatz verbunden. Der ganze Drempel wird endlich durch Spitzbolzen auf den Grundschwellen, ferner durch starke Eisenschielen und Schraubenbolzen in sich befestigt. Die Ausfüllung geschieht am besten durch sorgfältig bearbeitete Holzklötze; weniger gut ist Mauerwerk mit Bohlenbelag darüber. Ebenso wird die Unterfüllung des Bodens besser mit fettem Thon als mit Mauerwerk ausgeführt.

Zur Verstärkung grosser Drempel werden noch besondere, wenn auch kürzere Grundschwellen zwischen den übrigen angebracht.

Fig. 202.

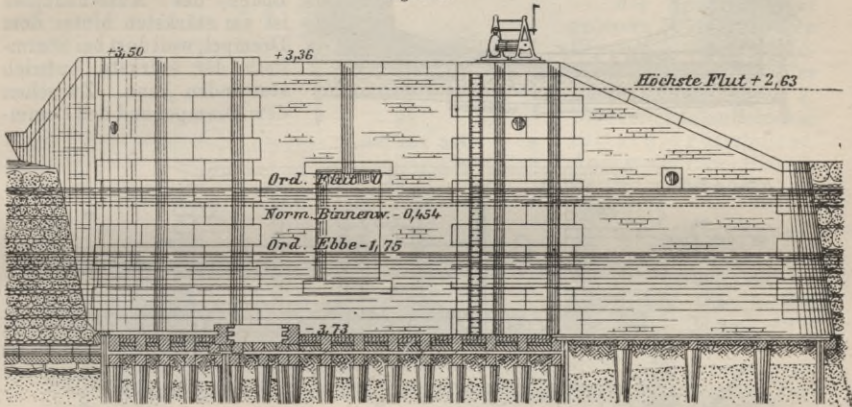
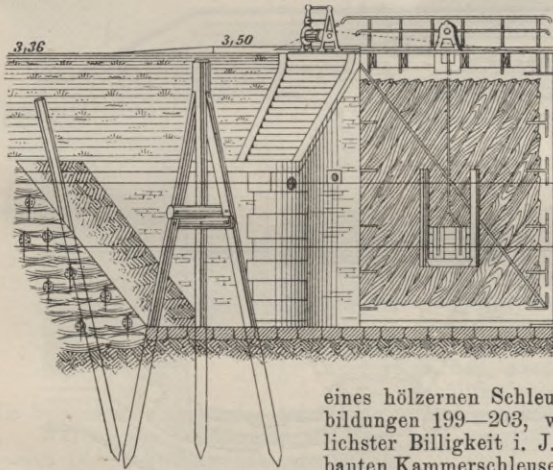


Fig. 203.



Quer-Spundwände sind unter der Hauptschwelle, von wo sie sich als Flügelspundwände hinter den Mauern bis fast zur Höhe des Oberwassers fortsetzen, ferner an jedem Ende sowie meistens an dem Abfallboden nöthig. Längs-Spundwände sind entbehrlich, wenn sie nicht etwa der bequemern Gründung wegen ausgeführt werden¹⁾. Als Beispiele der verschiedenen Anordnungen und Stärken

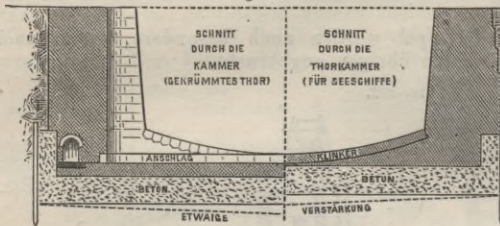
eines hölzernen Schleusenbodens dienen die Abbildungen 199—203, welche von der, mit thunlichster Billigkeit i. J. 1862 vom Verfasser erbauten Kammerschleuse zu Papenburg entnommen sind. Dabei giebt Fig. 199 den für ein Ebbe-

und Flutthor eingerichteten Drempel des Binnenhaupts, welches mittels seines Ebbethores bei N.-W. der Ems einen bestimmten Binnenwasserstand hält, während das in demselben angebrachte Flutthor, zusammen mit dem etwa 60^m entfernt liegenden Flutthor des Aussenhaupts, Fig. 202 u. 203, die höheren

¹⁾ Vergl. über Dichtung und bezw. Sicherung hölzerner Schleusenböden gegen den Wasserdruck von unten auch „Grundbau“ S. 135.

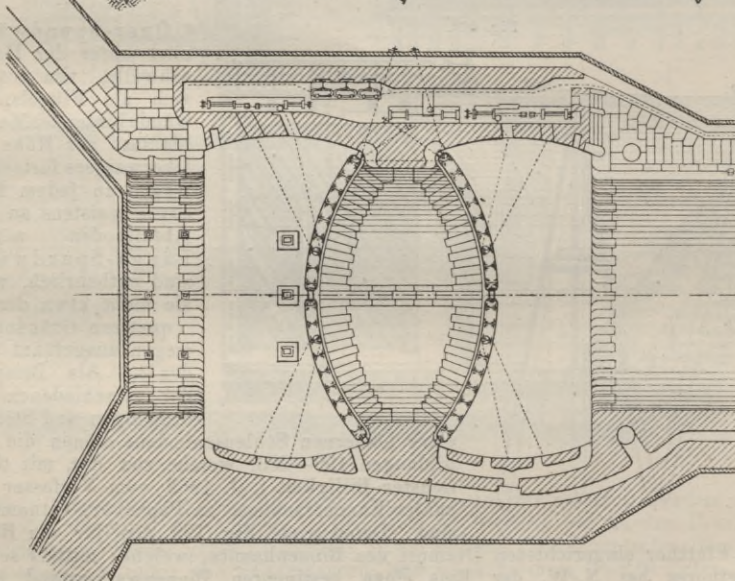
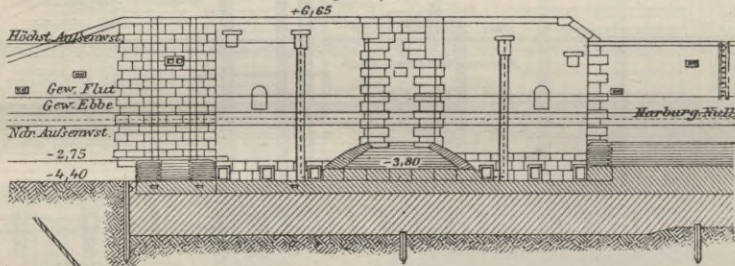
Fluthstände der Ems abhält und zugleich die Kammerschleuse bildet. Um die Kosten dieser für kleinere Seeschiffe dienenden Schleuse auf weniger als 180 000 *M.* zu halten, wurde die Kammer nur mit Buschwänden eingefasst und, wegen des weichen Mooruntergrundes, mit einer durch rohe Quadern bedeckten Buschlage im Boden gedeckt. Das Binnenhaupt erhielt ferner eine geringere

Fig. 204.



Höhe der Mauern, als das Aussenhaupt, weil es nicht nöthig schien, auch bei den seltenen, hohen Sturmfluthen zu schleusen, Fig. 201. Der Boden des Aussenhauptes ist am stärksten hinter dem Drempe, weil dort bei Sturmfluth der stärkste Auftrieb stattfinden kann. Zwischen dem Drempe und den Damm-

Fig. 205, 206.

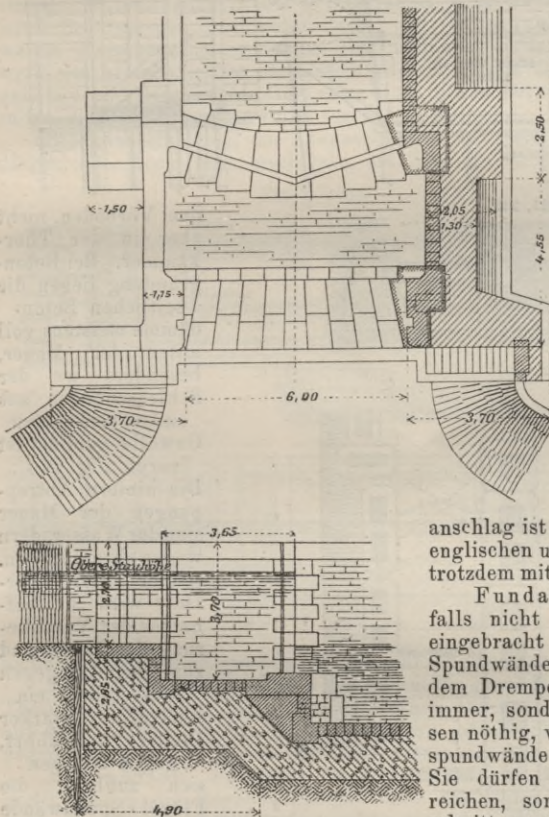


falzen liegen deshalb noch Spannbalken, weil während einer Abdämmung auch hier ein starker Auftrieb möglich ist, während endlich ausserhalb der Dammfalze, in der Vorschleuse, der Boden ohne Spannbalken, aber mit doppeltem Belage hergestellt ist.

Als ein Beispiel noch leichterer Konstruktion diene die in den Fig. 209 u. 210 mitgetheilte, gleichzeitig an einer andern Stelle in Papenburg erbaute, ganz hölzerne Schleuse.

Steinerne Böden wendet man vorzugsweise bei sehr grossen Schleusen und da, wo eine Gründung auf Beton oder durch unmittelbares Mauern möglich ist. In der Kammer, auch in der Thorkammer, bildet man den Boden auch wohl nur aus Beton ohne Uebermauerung. Bei grossen Schleusen von über 15^m Weite wird das Mauerwerk, mit Ausnahme desjenigen in der Thorkammer, als verkehrtes Gewölbe mit Beachtung der Schiffsform ausgeführt, Fig. 204. Die Drempe und alle vorspringenden Kanten müssen aus besten Quadern hergestellt werden.

Fig. 207 u. 208.



Als Beispiel einer grössern Schleuse dienen Fig. 205 u. 206, Längenschnitt u. Grundriss des Aussenhauptes der i. J. 1881 vollendeten Schleuse zu Harburg darstellend. An dem niedrigen Binnenhaupt wiederholt sich Alles.

Von einer Kanal- oder Flussschleuse mit steinerne Boden geben Fig. 207 u. 208 ein Beispiel, und zwar nach französischem Muster (Mosel-Kanalisation). Drempe, sowie der Vor- und Abfallboden sind aus grossen Quadern hergestellt, während im übrigen vorzugsweise kleine Bruchsteine verwendet sind. Der Drempe-

anschlag ist (abweichend von deutschen, englischen und holländischen Schleusen) trotzdem mit einem Holzfutter versehen.

Fundamente aus Beton sind, falls nicht der Beton im Trocknen eingebracht wird, rings herum durch Spundwände einzuschliessen. Unter dem Drempe sind Spundwände nicht immer, sondern nur bei grossen Schleusen nöthig, wo sie sich dann als Flügel-spundwände nach den Seiten fortsetzen. Sie dürfen nie durch das Betonbett reichen, sondern müssen tiefer abgeschnitten werden. Zuweilen kann man

die Spundwände theilweise durch eine tiefer hinab reichende Betonlage ersetzen.

Werden die Fundamente als Mauerwerk ausgeführt, so sind, wie bei hölzernen Böden, Spundwände erforderlich.

In der Kammer kann der Boden in manchen Fällen ungedeckt bleiben, oder erhält nur eine Abdeckung mit grossen Steinen, event. auf einer Unterlage von Buschwerk; es ist dann aber auf einen sorgfältigen Abschluss der Häupter gegen Durchdringen von Wasser zu achten.

Die Seitenwände der Kammer werden zuweilen mit grosser Kostenersparniss aus Erde oder Buschwerk, sonst aus Holz, Eisen oder Stein gebildet. Hölzerne Wände werden ganz aus Eichenholz und wie ein aufgeständertes Bohlwerk, jedoch mit besonderer Vorsicht bei der Verankerung und Verstrebung

der Thürständer ausgeführt. Für Kanäle (besonders im Moor), wo ein Verkehr erst entstehen soll und für später eine Befahrung mit grössern Schiffen zu erwarten ist, sind dieselben wegen ihrer grossen Billigkeit sehr zu empfehlen. Als Beispiel diene Fig. 209, 210¹⁾.

Die Ausführung eiserner Seitenwände ist der der eisernen Bohlwände gleich; bei Seitenmauern ist wegen des rasch wechselnden Wasserstandes vor und des hohen Wassers hinter denselben grössere Vorsicht als bei den gewöhnlichen Ufermauern aufzuwenden; sie erhalten 0,40—0,45 der Höhe zur mittleren Stärke und zweckmässig vordere Böschung in der Kammer und neben

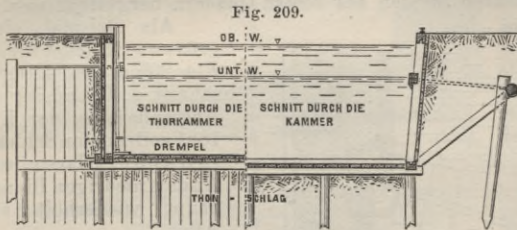


Fig. 210. Längenschnitt.

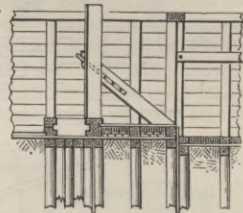
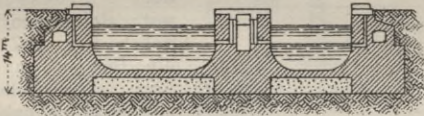


Fig. 211, 212.



dem Vorboden, nicht aber in der Thorkammer. Bei Betongründung liegen die seitlichen Betondämme meistens voll unter der Mauer, besonders wo der Schleusenboden aus einem verkehrten Gewölbe gebildet ist (vergl. Fig. 204).

Die hintern Abtreppungen der Mauer sind der Wasseradern wegen abzuschragen. Hinter jeder Thorsäule wird zur Aufnahme der Verankerung der Thore und zum Schutz gegen

Wasseradern ein senkrechter, starker Pfeiler aufgeführt, gegen welchen sich zugleich die Flügel-Spundwände lehnen. Bei grossen Schleusen und star-

kem Wasserdruck erhalten oft auch die beiden Seiten der Kammer mehrere solcher Hinterpfeiler.

Als Material für die Mauern dienen entweder lagerhafte Bruchsteine mit Quaderverblendung, oder Backsteine mit Verblendung aus Klinkern. Hohlräume im Innern der Bruchsteinmauern können sehr gefährlich werden und sind deshalb sorgfältig zu vermeiden. Alle Ecken und besonders die Wendnisse werden aus guten Quadern hergestellt, bei letzterer aber die Quadern nicht vor dem Versetzen fein bearbeitet, sondern besser erst nachher, nach

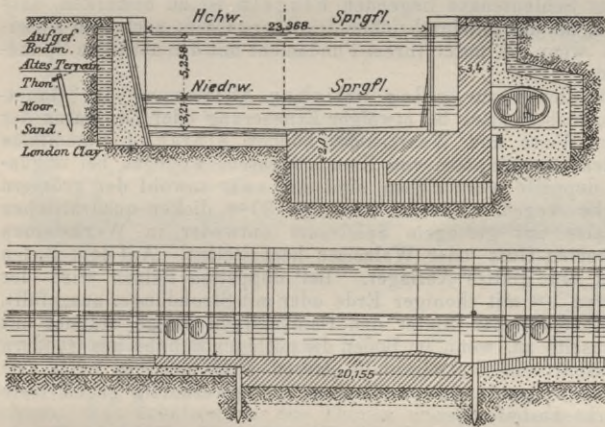
¹⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ingen.-Ver. f. Hannover 1866.

einer für die ganze Nische dienenden Schablone, die auch unmittelbar zum Schleifen der Steine benutzt werden kann.

Aussergewöhnliche Konstruktionen von Böden und Wänden. Unter besondern Umständen werden ausser den im Vorigen besprochenen Bauweisen andere, nur selten gebräuchliche angewandt. So sind die in Fig. 211 und 212 im Querschnitt und Grundriss zum Theil dargestellte grosse und kleinere Kammerschleuse zwischen Garonne und dem neuen Hafen in Bordeaux mit Hilfe von grossen Senkbrunnen gegründet worden. Der Grund hierfür lag in der Gefahr, eine tiefe Baugrube, etwa für Pfahlrost oder Beton, auszuheben, ohne die mit werthvollen Gebäuden bestandenen Ufer ins Rutschen zu bringen. Wie der dem Fluss zugekehrte Theil des Grundrisses zeigt, sind unter den äussern Seitenwänden in der gemeinsamen Mittelwand, sowie auch an der Einfahrt Brunnen von geeigneter Form und Grösse abgesenkt. Die etwa 0,5 m weiten Zwischenräume zwischen je 2 Brunnen wurden nachträglich mit Mauerwerk geschlossen. Erst darnach wurde die Grube für die Kammern usw. ausgehoben und deren Sohle mit etwa 4 m dicker Betonlage beschüttet. Hierauf ruhen die verkehrten Gewölbe für die Böden¹⁾.

Die in einem Theil des Längenschnitts und im Querschnitt in Fig. 213, 214 dargestellte Dock-Kammerschleuse am Viktoria-Dock in London ist wegen des

Fig. 213, 214.



festen und undurchlässigen Untergrundes in den Häuptern unmittelbar auf jenen aufgemauert und in der Kammer nur mit einer mässigen Betonschicht mit dünnem Hinterschlag aus Thon versehen worden. Die aus Beton angeführten Seitenwände der Kammer sind dabei mit dünnen Backsteinkappen zwischen gusseisernen Ständern verkleidet. Der Dremmel ist

nicht aus Werksteinen gebildet, sondern nur mit einer gusseisernen Kante verkleidet²⁾.

Bei sehr kleinen Schleusen und gutem Baugrund kann man allenfalls die festen Theile der Schleuse auf einem hölzernen Dremmel mit einer Spundwand und auf dem Dremmel stehenden Thorständern beschränken, wobei letztere jedoch gegen den Zug und Druck der Thore verankert und verstrebt sein müssen³⁾.

Einfahrten, Dammfalze, Flügel, Treppen. Unter Einfahrt begreift man in der Regel denjenigen Theil des Schleusenkörpers, welcher ausserhalb der Thornischen bzw. der Wendenischen (Fig. 191 ff.) liegt und sowohl zur Anbringung der Dammfalze als auch zur Erleichterung des Einfahrens dient. In manchen Fällen, insbesondere bei ganz ruhigem Wasser genügt eine solche Verlängerung des Schleusenkörpers, dass eben noch die Dammfalze und ferner die Thorflügel vor den einfahrenden Schiffen den nöthigen Schutz finden. Für diese Länge ist daher das Profil der Schleuse im Vergleich zur Thornische zu verengen und zwar mit ganz oder nahezu senkrechten Seitenwänden. Soll aber, wie z. B. in Fig. 193 u. 194, von dem äussern und namentlich von bewegtem Wasser her ein allmählicher Uebergang zu dem engen

¹⁾ Einiges hierzu im „Grundbau“ S. 163.

²⁾ Zeitschr. d. Archit. u. Ingen.-Ver. zu Hannover, Bd. V.

³⁾ Handbch. d. Ingen.-Wissensch., Bd. III, S. 404.

Schleusenprofil geschaffen werden, so ist eine längere trichterförmige Einfahrt nöthig. Alsdann gehen die Seitenwände entweder in die parallelen Ufer-einfassungen eines sogen. Vorhafens über, welcher in der Regel so geräumig ist, dass zu beiden Seiten ein Schiff liegen und dazwischen ein Schiff bequem aus- oder einfahren kann, oder sie bilden nur einen kurzen Trichter und endigen mit rückspringenden Flügeln. Dies ist fast stets der Fall, wenn der Vorhafen nur mit Böschungen eingefasst ist.

Wenn die passierenden Schiffe gar nicht von Strömung, Wellenschlag oder Wind bewegt werden können und der Schiffer sie wegen langsamen Fahrens völlig in der Gewalt hat, genügt bei kürzester Einfahrt eine Abrundung des Mauerwerks. Wo aber in andern Fällen die Berührung der Schiffe mit dem Mauerwerk vermieden werden muss, und die Einfahrtswände nicht in die des Vorhafens übergehen, sind oft hölzerne Leitwerke erforderlich. Solche bestehen je nach der Grösse der Schiffe und nach ihren Bewegungen aus einfachen oder mehrfachen, etwa nach hinten verstreuten Pfahlreihen, die nach vorn mit einer oder mehreren horizontalen Gurten verbunden sind, an denen die Schiffe entlang gleiten können, ohne sich zu verletzen. Diese Leitwerke sind zuweilen begehrbar, auch wohl aus einzelnen Duc d'Albenartigen Theilen zusammen gesetzt. Duc d'Alben, Prellpfähle oder einzelne Anbindepfähle sind ausserdem fast stets hinter und vor einer Schleuse nützlich.

Von den quer zur Schleusenaxe liegenden Flügeln ist zu bemerken, dass sie sehr wirksam sind, um das Hindurchziehen des Oberwassers nach dem Unterwasser zu verhindern, wenn sie unter ihrem Fundament mit den nöthigen Spundwänden versehen sind.

Die Dammfalze dienen zur gelegentlichen Abdämmung des Hauptkörpers der Schleuse, insbesondere bei etwaiger Erneuerung oder Reparatur der Thore. Bei geringer Weite und Wasserhöhe können einfache Dammfalze genügen, z. B. an den Oberhäuptern von Kanalschleusen, wogegen bei ungünstigen Verhältnissen doppelte vorzuziehen sind und zwar sowohl der grössern Dichtigkeit als Stärke wegen. Für die etwa 20–30 cm dicken quadratischen Balken sind die Falze mit geringem Spielraum entweder in Werksteinen oder auch aus verankerten Guss- oder Walzeisen herzustellen. Auf dem Boden verlangen die Balken ein glattes Auflager. Bei doppelten Falzen wird der Zwischenraum von etwa 1 m mit thoniger Erde oder mit Strohdünger ausgefüllt. Bei grossen Schleusen bringt man hinter den Dammbalken einige Ständer mit Streben auf der Innenseite an, wenn im Boden die nöthigen Schuhe aus Quadern oder Gusseisen einlassbar sind. Andernfalls lassen sich meistens auch frei stehende Ständer durch wagrecht gelegte Streben sprengwerkartig gegen feste Punkte des Mauerwerks absteifen.

Treppen sind überall da nöthig, wo ein Wechsel in der Höhe der Wände vorkommt, und liegen alsdann bei gemauerten Seitenwänden zweckmässig zum Ersatz der Deckplatten auf den betr. Mauertheilen. In den Schleusenkamern sind sie selten erforderlich und alsdann meistens durch eingelassene, nicht vorspringende Steigeleitern zu ersetzen.

Zum Verhören der Schiffe sind nur bei grössern Seeschleusen Winden oder Capstans, Poller und Leitrollen auf den Mauern der Einfahrt erforderlich, während Fluss- und Kanalschiffe mit Schiebstangen vorwärts bewegt werden. Um hierbei das schädliche Einsetzen derselben ins Mauerwerk oder Holz usw. zu vermeiden, sind bequem erreichbare feste Bügel (nicht Ringe) im Mauerwerk, oder sogen. Dollen auf den Holmen hölzerner Spundwände anzubringen.

Verschlussvorrichtungen oder Thore. Die gebräuchlichsten Verschluss-Vorrichtungen der Schiffschleusen sind Flügelthüren; seltener sind Pontons, Schiebethüren, Klappthüren und dergl. Die ganze Verschlussvorrichtung eines jeden Hauptes einschliesslich der festen Theile wird ein Thor genannt; nur missbräuchlich werden zuweilen einzelne Thürflügel mit diesem Namen belegt.

Unter den Thüren sind die zweiflügeligen Stemthüren die bei weitem gebräuchlichste Art; nur bei kleinern Schleusen bis etwa 5 m Weite (wie sie

z. B. in England und Schweden vielfach vorkommen) sind einflügelige Thüren zweckmässig und billig. Bei grössern Weiten dagegen findet die frei hängende Thür gerade in der grössern Breite ihren ungünstigsten Faktor und zwar namentlich für den Zustand der Oeffnung oder des Freihängens.

Die Konstruktion der einflügeligen Thüren ergibt sich leicht aus der der zweiflügeligen, welche nunmehr besprochen werden soll.

Alle zweiflügeligen Thüren sollen im geschlossenen Zustande am Drempeel anliegen, sich aber vorzugsweise mit den Schlagsäulen oder ihren Vorderkanten so gegen einander stemmen, dass abgesehen von jenem, durch den Drempeel aufgenommenen Druck, der ganze Wasserdruck des Thorverschlusses auf die Wendensichen übertragen wird.

Thatsächlich tritt zuweilen diese volle Uebertragung ein, indem unter ungünstigen Umständen, z. B. bei einer etwas zu grossen Länge der Flügel, bei dem Einklemmen fremder Körper zwischen denselben, der Drempeel von den Thorflügeln nicht berührt wird. Da ferner die Thür gegen die Seitenwände möglichst wasserdicht schliessen und sich drehen soll, so ergibt sich als Begrenzung an den sich berührenden Theilen im grossen und ganzen ein Halbkreis für die Wendensäule und ein Viertelkreis für die Nische. Dabei ist es jedoch, Fig. 215, zulässig, dass die Wendensäule ihrem Umfange nach nur in einzelnen Punkten sich gegen die Nischenfläche stützt, wenn nur die Fuge in

Fig. 215.

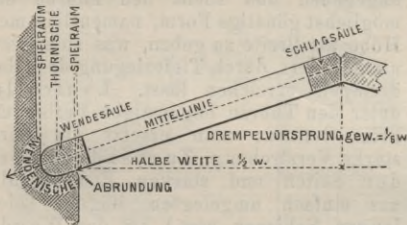
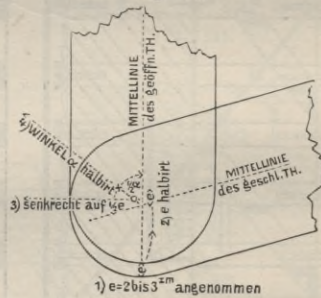


Fig. 216.



genügender Breite und in ganzer Höhe gedichtet ist. Die geöffnete Thür muss vollständig in der Thürnische liegen, mindestens um die Dicke der Bolzenköpfe usw. zurück springen und mit einzelnen festen Punkten sich gegen die Mauer lehnen. Für Schützen in den Thoren müssen besondere kleine Nischen vorgesehen werden (s. Fig. 201). Der Drehpunkt der Wendensäule liegt um etwa 2 cm exzentrisch zum Mittelpunkte der Rundung, um bei der Drehung Reibung und Abnutzung zu vermeiden, Fig. 216. Die durch Zeichnung zu ermittelnde Lage des Drehpunktes geht aus der Figur hervor; darnach ist das Maass der angenommenen Exzentrizität in der Mittellinie des geöffneten Thürflügels vom Mittelpunkt der Rundung ab nach der Schlagsäule hin abzusetzen, zu halbiren, sodann im Halbiringpunkte eine Senkrechte zu errichten, und der Drehwinkel zu halbiren. Der Schnittpunkt dieser Halbiringlinie mit jener Senkrechten ist der gesuchte Drehpunkt.

Aus der lichten Weite der Schleuse, dem Verhältniss des Drempeel-Vorsprungs, der Dicke des Thorflügels und dem Zurücktreten desselben in die Thornische ergibt sich erst die genaue Länge des Thürflügels, sowie aus dieser, unter Hinzurechnung der Exzentrizität und des Spielraums zwischen der äussersten Spitze der Schlagsäule und der Thornische, endlich die volle Länge der letztern.

Für die Höhe der Thüren ist zunächst die DremPELLAGE bestimmend; der Anschlag an diesen muss etwa 10—20 cm Höhe besitzen, je nach Grösse der Thüren und des Wasserdrucks; die obere Endigung der Thüren ist bestimmt durch das als zweckmässig erachtete Höhenmaass gegen den abzubaltenden Wasserstand. Bei Kanalschleusen genügt oft schon die Höhe des höchsten Oberwassers; doch

lässt man bei ihnen sowie bei Fluss Schleusen zuweilen absichtlich das höchste Oberwasser auch die Thüren überströmen, um seinen Abfluss zu erleichtern. Zumal wenn die Schifffahrt schon bei wesentlich niedrigerem Stande im Gange sein muss, würde die grössere Höhe der Thüren oft unnütz, wenn nicht geradezu schädlich erscheinen. Bei Seeschleusen entscheidet zunächst die Lage gegen Wind und Wellenschlag, sodann ob das Hinüberschlagen der Wellenköpfe für den hinter der Schleuse liegenden Wasserspiegel von Bedeutung ist oder nicht. Gewöhnlich schwankt darnach die Ueberhöhung zwischen 1 m und 0,5 m.

Als Material zu den Thüren dient in Deutschland bestes Eichenholz oder Schmiedeisen. Gusseisen ist nur zu einzelnen kleinen Stücken gebrauchsfähig. Holzthüren finden ökonomisch vortheilhaft nur bei Schleusen bis etwa 13 m Weite Anwendung, wengleich, besonders in England, hölzerne Thüren für Schleusen beträchtlich grösserer Weite häufig vorkommen. Bei kleinen Schleusen kosten Holzthüren etwa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{3}$ der eisernen Thüren und halten 20—25 Jahre. Da dieselben ganz gehobelt werden müssen und überhaupt eine sehr genaue Bearbeitung erfordern, stellt sich der Arbeitspreis auf etwa 60 M. für 1 cbm.

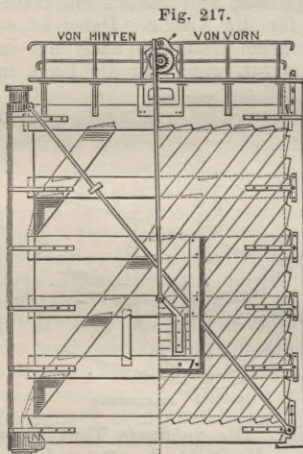


Fig. 217.



Fig. 218.

Ausser dem Wasserdruck ist besonders Versacken durch Eigengewicht im geöffneten Zustande und Verbiegung beim Oeffnen zu beachten. Deshalb wendet man nur durchaus einfache und dauerhafte Konstruktionen an, etwa wie in Fig. 217 angegeben und sucht den Thüren eine möglichst günstige Form, namentlich mehr Höhe als Breite zu geben, was sich, wenn nicht anders, durch Tieferlegung des Oberdrepfels erreichen lässt. Laufrollen unter den Thüren begünstigen Verbiegung beim Oeffnen; man ersetzt sie durch starke Verstrebung, Zugbänder zu beiden Seiten und starken Eisenbeschlag aus einfach umgelegten Bügeln (nicht langen Schienen usw.) an der Wendesäule und aus sogen. Krückeisen an der Schlagsäule symmetrisch auf beiden Seiten liegend.

Die Eisenbeschläge, mit Ausnahme der Zugstangen, werden meist ins Holz eingelassen, um die Dicke der Thüren nicht zu vergrössern und um die Wirkung zu vermehren. Sie sind deshalb verhältnissmässig flach, aber breit, z. B. bezw. 1 cm zu 7 cm, und erfordern sorgfältigste Bearbeitung. Zur Befestigung verwendet man am besten Schraubenbolzen. Alles Eisen ist zweckmässig mit Steinkohlentheer zu überziehen oder auch zu verzinken, weil ungeschütztes Eisen in Eichenholz oder Wasser liegend besonders rasch rostet. Der Theer zum Eisenanstrich muss vor der Verwendung stark erhitzt werden, um Säuren, Kreosot usw. — die das Eisen angreifen — auszutreiben.

Alle Holzzapfen sind kurz, einfach event. schwach keilförmig zu machen, Fig. 218, da doppelte Zapfen das krummfaserige Holz zerschneiden, auch die Zapfenlöcher nicht genau ausfüllen; hierdurch entstehen aber schlechte Verbindungen und wird Fäulniss begünstigt. Rahmhölzer und Streben (letztere höchstens um 30—40° geneigt und event. 2 über einander) werden durch Versatz und Zapfen mit der Wendesäule und bezw. der Schlagsäule verbunden, die Bohlen, um die Wirksamkeit der Streben zu unterstützen, parallel zu denselben mit Versatz in die Umfangshölzer eingelassen und unter sich mit halbem, keilförmigem Falz verbunden und kalfatert. Die Bohlen erhalten 5—8 cm Stärke, die Streben, welche allein an den Kreuzungsstellen mit den Riegeln auszuklinken sind, die doppelte Stärke, aber möglichst grosse Breite. Die Riegel sind nach der zunehmenden Entfernung — welche theilweise von den

Schützen beeinflusst wird — gegen Biegen und ausserdem gegen Zerknicken zu berechnen¹⁾. Die Entfernung der Riegel oder die Holzstärke kann von unten nach oben gehend ab- oder die Stärke zunehmen. Weil aber die oben liegenden Riegel durch Stösse, Fäulniss usw. mehr als die untern leiden, so wird man der Theorie nicht genau folgen können. — Um die Beschaffung zu starker Hölzer zu vermeiden, nimmt man die Riegel wohl an den Enden etwas schwächer als in der Mitte, die Umfangshölzer so stark, als Riegel und Bohlen zusammen, giebt dabei der Wendesäule $\frac{1}{2}$, der Schlagsäule $\frac{1}{4}$ Breite zur Dicke. Oberes und unteres Rahmholz werden fast quadratisch genommen.

Der untere Drehzapfen der Thüren, aus Schmiedeisen mit stählernem Kopf, unten viereckig, steht am besten aufrecht im Boden und ist dort in eine starke gusseiserne Platte eingegossen; die Pflanne, welche den Zapfen oben genau, unten mit ein wenig Spielraum umschliesst, ist mit einem gusseisernen, innen möglichst ebenen und einfachen Schuh verbunden, welcher die volle Wendesäule trägt und auch den Unterrahmen noch stützt, Fig. 219. Die ältere Konstruktion mit abwärts gekehrtem Zapfen und Pflanne in der Fussplatte ist als theurer und unsolider zu verwerfen. Der obere Zapfen kann ähnlich wie die Pflanne konstruirt und dann zur Befestigung der Zugstangen mit benutzt werden, Fig. 220. Oder es wird der Kopf der Wendesäule zylindrisch geschnitten und mit einem schmiedeisernen Ring versehen, ausserdem alles Hirnholz bedeckt, Fig. 221. Diese Konstruktion ist aber ungünstig gegen Aufspalten der Wendesäule, was besonders leicht eintritt, wenn der Zug der Zug-

Fig. 219.

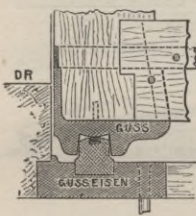


Fig. 220.

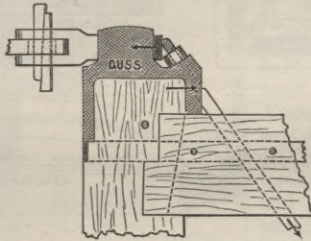
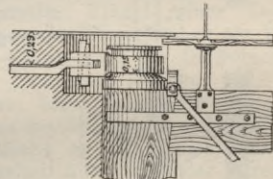


Fig. 221, 222.



stange nicht, wie in Fig. 221, durch einen wagrechten und einen senkrechten Bügel, zwischen denen das Auge der Zugstange Platz findet, unschädlich gemacht ist.

Die verwickeltern Konstruktionen grösserer Holzthüren, wie sie namentlich früher in französischen und englischen Häfen üblich waren, sind durch die neuern Eisenkonstruktionen zum Theil verdrängt und können höchstens noch da in Frage kommen, wo grosse Eisenarbeiten im Vergleich zu Holzarbeiten zu theuer sein würden²⁾. —

Eiserne Thüren werden entweder ähnlich wie Holzthüren aus Gerippe und Bekleidung, oder auch so gebaut, dass das Bekleidungsblech selbst grossentheils den Druck von der Schlagsäule auf die Wendesäule überträgt und das Gerippe ganz oder fast ganz fehlt.

Im erstern Falle besteht das Gerippe zweckmässig aus I-Eisen, Fig. 223, 224; die Wendesäule hat nur einzelne Stützpunkte hinter den Riegeln; Streben fehlen (da die Blechbekleidung an sich steifer ist als Bohlenbekleidung), die Zugstange geht durch die Riegel hindurch oder ist doppelt angeordnet; der Anschlag an Drempe, Wendensche und Schlagsäule ist durch Holzleisten gedichtet, Fig. 225. Die Bekleidungs-Bleche nimmt man des Rostens wegen nicht unter 6 mm stark³⁾.

Eine eigenthümliche Konstruktion einer geraden eisernen Schleusenthür hat

¹⁾ Hülffswissenschaften I, S. 22.

²⁾ Näheres s. Handbch. d. Ingen.-Wissensch. Bd. III

³⁾ Zeitschr. d. Hann. Archit. u. Ingen.-Ver. 1866 u. Ann. de ponts et chauss. 1865.

die der Schleuse „de la Monnaie“ in Paris¹⁾. Es sind Blechtafeln zu überhöhten Halbkreisen gebogen mit ihren geraden Schenkeln, unter Einschaltung eines geraden Zwischenblechs; zusammen genietet; auf diese Weise fallen Bekleidung und Gerippe zum Theil zusammen.

Wird das Gerippe fortgelassen, so muss die Thür im Grundriss bogenförmig gestaltet sein, damit alle Drücke in die Blechwand fallen. Für so gekrümmte Thüren allein wäre eine Pfeilhöhe = $\frac{1}{3}$ der Weite das beste Verhältniss; mit Rücksicht aber auf die Tiefe der Thürnischen, schwierige Konstruktion, leichtere Verbiegung usw. beträgt die Pfeilhöhe des Bogens zweckmässig nur etwa $\frac{1}{5}$ der Schleusenweite²⁾. Für kleinere Schleusen, etwa bis 13 m, genügt einfaches, doch mindestens 6 mm starkes Blech, dessen wagrechte Fugen zu beiden Seiten durch L-Eisen überdeckt werden, welche die Verbiegung der Thür verhindern und die Bildung einer Wende- und Schlagsäule ermöglichen, Fig. 226. Oben und unten, event. auch in der Mitte werden segment-

Fig. 223, 224.

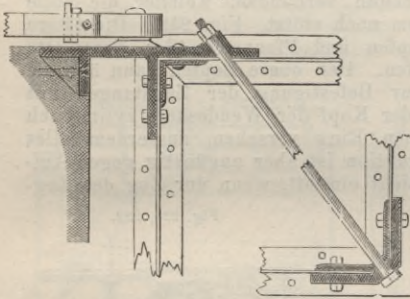


Fig. 225.

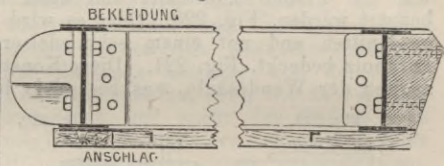
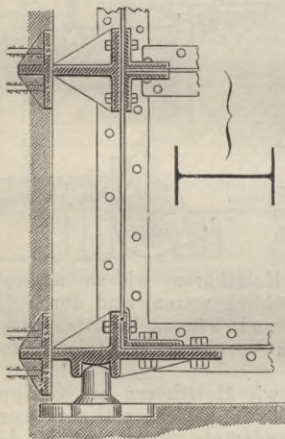


Fig. 226.



förmige Bleche sowie senkrechte Bänder angenietet. Solche, sich durch grösste Billigkeit vor allen bis jetzt ausgeführten Konstruktionen auszeichnenden Thüren sind bei der im Jahre 1870 erbauten, 11,1 m weiten Schleuse in der Oberweser bei Hameln angewandt und hat dort 1 qm der 6,3 m breiten Flügelfläche nur 132 M. gekostet, während die kleineren Schleusenthore nach Fig. 223, 224 von etwa 4,5 m Breite 144 M. gekostet haben³⁾.

Bei grössern Schleusen, von etwa 13 m Weite an, würde einfache Blechverkleidung zu stark werden müssen. Man bildet deshalb die Thür aus doppelten Blechwänden, die mindestens 0,5 m Zwischenraum haben, so dass dieser Raum zugänglich ist. In dem Hohlraum liegen wagrechte Versteifungsbleche, wie auch 2—3 senkrechte Zwischenwände, welche letztere dazu dienen, die Bewegungen der Thür unschädlich zu machen. Auf solche Weise erhält man einen wasserdichten Kasten oder eine schwimmende Thür.

Die Bleche werden in der Nähe der Wendesäule und unten stärker genommen als in den übrigen Theilen. Für den obern Theil der Thür wird zuweilen, wie z. B. bei den Schleusen des Amsterdamer Nordseekanals geschehen ist, nur eine einfache Blechwand und zwar an der Aussenseite genommen, während an der Innenseite das Gerippe frei liegen bleibt. Es ist dies nicht allein sparsam, sondern auch zur Verminderung des Auftriebs usw. zweckmässig.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. Bd. XV.

²⁾ Hilfswissenschaften I., S. 722.

³⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover, 1873. Ferner über Materialmengen bei Schleusenthüren Deutsche Bauztg. 1874, S. 276 ff.

Schwimmthüren sind meistens im Grundriss gekrümmt geformt und zwar entweder nur auf der Aussenseite oder auf beiden Seiten. Letztere Anordnung, wozu Fig. 227—229 ein Beispiel geben (und zwar von der in den Jahren 1854 bis 1861 gebauten, 23,35 m weiten Kammerschleuse in Geestemünde, ¹⁾ bezweckt eine möglichst gleichmässige Anstrengung des eine zylindrische Fläche bildenden geschlossenen Thores und gestattet eine einfache und — abgesehen von Zufälligkeiten — sichere Berechnung. Indess werden bei grossen Weiten die Thüren im geöffneten Zustande leichter einer Formveränderung ausgesetzt und sie erfordern wegen der Krümmung fast aller Bleche und der meisten Verbindungstheile eine sehr viel schwierigere Bearbeitung, als die einseitig geraden Thüren. Namentlich macht auch die Herstellung der gekrümmten Form des

Fig. 227. Grundriss.

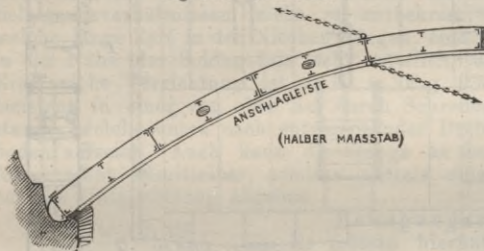
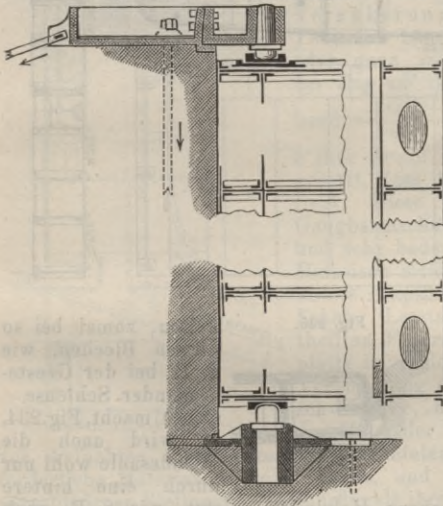


Fig. 228, 229. Vertikalschnitt.



Drempels bei grossen Weiten und grossen Werkstücken bedeutende Schwierigkeit. Es sind deshalb in neuerer Zeit vorzugsweise Schwimmthüren mit mässiger Krümmung der Vorderfläche und gerader Hinterfläche ausgeführt worden, wobei die ganze Thürfläche etwas kleiner und die Ausführung erheblicher vereinfacht wird. Ein Beispiel hierzu giebt der in den Fig. 230—233 dargestellte Flügel einer Dockschleuse von Willemoord am Helder. Es ist dabei auf die verschiedene Lage der Bleche auf der Aussen- bzw. Innenseite aufmerksam zu machen, sowie darauf, dass die Bleche an der Innenseite abwechselnd über einander greifen und nicht, wie sonst meistens geschieht, stumpf gestossen und überlascht worden sind; dabei ist der unterste, vier wagrechte Abtheilungen enthaltende Raum in der Regel mit Wasser gefüllt, während der darüber befindliche Raum meist nur Luft enthält. Für beide Räume dienen zur etwaigen Entleerung von Wasser zwei verschiedene Pumpen, desgl. zum Füllen zwei Einlassventile. Ein ähnliche Einrichtung bedürfen fast alle derartigen Schwimmthüren, weil sie bei zeitweiligem beiderseitigen hohen

Wasserstände einen grossen Auftrieb erleiden, und weil bei etwaigen Reparaturen, insbesondere Erneuerung des Anstrichs im Innern der ganze Wasserballast ausgepumpt werden muss. Wenngleich erfahrungsmässig die Thüren mit Hohlräumen bei guter Unterhaltung des Anstrichs lange Dauer versprechen, (z. B. haben die im Jahre 1848 erbauten Thüren der etwa 17 m weiten Dockschleuse in Brømerhaven seit reichlich 30 Jahren auch in allen Theilen des Innern kein Verrotten gezeigt), so ist doch eine besonders sorgfältige Unterhaltung nothwendig; zu dem Zwecke muss das ganze Innere durch Mannlöcher zugänglich und begehbar gemacht werden. Weil ferner Eichenholz durch seine Säure auf ungeschütztes Eisen rostbefördernd wirkt, so lässt man wohl, wie z. B. bei den 24 m weiten Thüren der

¹⁾ Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. in Hannover 1865.

i. J. 1884 vollendeten neuen Schleuse in Wilhelmshaven, alle dichtenden Holzleisten fort und begnügt sich mit dem einfachen Anschlage des Eisens gegen einander bei den Schlagsäulen, sowie gegen die festen Theile der Schleuse.

Indem die Konstruktion einer runden Wendesäule besondere Schwierig-

Fig. 230—233.

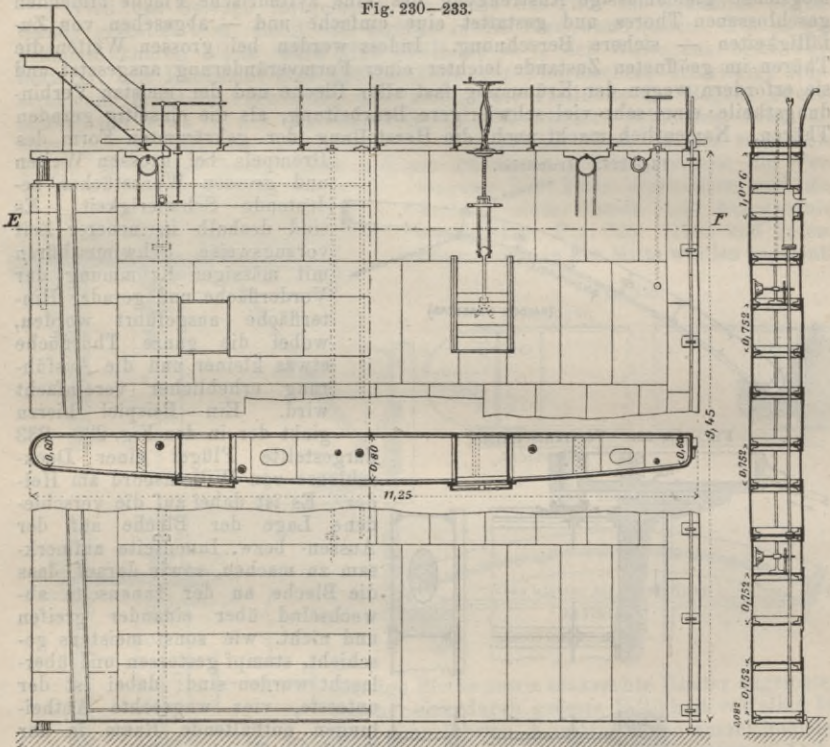


Fig. 234.

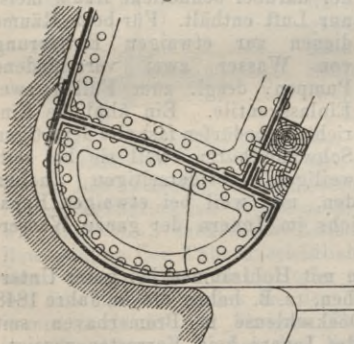


Fig. 235.

keiten, zumal bei so dicken Blechen, wie z. B. bei der Geestemünder Schleuse (29mm) macht, Fig. 234, so wird auch die Wendesäule wohl nur durch eine hintere ebene Holzleiste ersetzt, wie z. B. nach Fig. 235 bei den Thüren der Schleusen des Amsterdamer Seekanals geschehen ist. Die Wendesäule von Gusseisen zu machen, wie z. B. bei der Schleuse zu Brake an der Weser¹⁾ geschehen ist, kann nicht empfohlen werden, wie überhaupt seit Vervollkommnung der Walzwerke Gusseisen

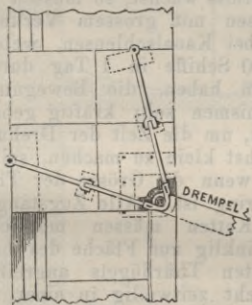
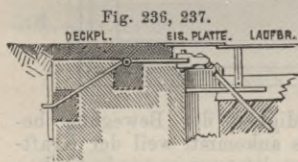
auch für andere Haupttheile der Thüren, z. B. Riegel usw., nicht mehr in Frage kommt.

Die Anbringung der Zapfen bzw. Pfannen an der Wendesäule hat bei den

¹⁾ Zeitschr. d. Hann. Archit. u. Ingen.-Ver., Bd. XIV.

Schwimthüren am wenigsten Schwierigkeit. Auch bei ihnen wird unten stets eine abwärts gekehrte Pfanne, oben dagegen ebenso gut eine Pfanne als ein Zapfen gewählt. Es muss nämlich, weil zeitweilig ein Auftrieb der Thür zu befürchten ist, z. B. bei nicht genügender Belastung durch Wasserballast usw., der obere Zapfen nicht lediglich als Halszapfen, sondern auch als Spurzapfen wirken können. So ist in Fig. 228 der obere Zapfen fest in dem Halseisen und dreht sich die an der Wendesaule befestigte Spur unter ihm, wogegen bei andern Schleusen oft nur ein gewöhnlicher Halszapfen vorhanden ist.

Wie schon bei den hölzernen Thüren erwähnt ward, befördern Laufrollen wegen ihres in der untersten Kante der Thür wirksamen Widerstandes gegen die Bewegung ein „Verwinden“ der Thüren, um so mehr, je höher die bewegendende Kraft angreift. Rollen sind ausserdem bei Schwimthüren unter günstigen Belastungsverhältnissen leicht zu entbehren. Dagegen ist für alle Thüren, welche lange Zeit in den Nischen hängen, eine bewegliche Unterstützung in der Nähe der Schlagsäule sehr nützlich, um ein Versacken zu verhüten. Eine solche Vorrichtung ist z. B. in Fig. 230—232 angegeben und besteht meistens in einer von oben her durch Schraubenspindel zu bewegenden Eisenstange, welche unten nach entsprechender Drehung sich auf den Thorkammerboden aufsetzt. Auch kann die Stange an der Thürnische befestigt sein und ferner nicht unmittelbar, sondern mittels eines ungleicharmigen Hebels die nöthige Unterstützung abgeben.



Bewegungsrichtungen der Thüren. Es müssen hierunter zunächst noch die zu den obern Zapfen gehörenden Halsbänder und deren Verankerungen genannt werden. Wenn die Thür frei hängt und nicht ihr Gewicht zum Theil oder ganz vom Auftrieb aufgehoben wird, so ist der Zug auf ihren oberen Zapfen und dessen Hals-

$$\text{band} = \frac{G b}{2 h} \text{ wo } G \text{ das ganze Gewicht der Thür,}$$

b ihre Breite und h die Höhe bezeichnet, voraus gesetzt, dass der Schwerpunkt in der halben Breite liegt. Diese bei breiten Thüren, während ihrer Gangbarmachung oder Reparatur, voll wirkende und sehr bedeutende Kraft muss das Halsband oder Halseisen sicher ertragen können, ebenso wie der untere Zapfen den entgegen gesetzt wirkenden Schub. Letzteres ist bei der in den oben mitgetheilten Figuren gezeigten Befestigung der Zapfenplatte im Boden ohne jegliche Schwierigkeit. Die Verankerung des Halsbandes wird jedoch dadurch schwieriger, dass der obere Thürzapfen nahezu in der Höhe der Seitenwände der Schleuse liegt, also

zur Aufnahme einer grossen horizontalen Kraft nicht ohne weiteres das erforderliche Material zu Gebote steht, und weil ausserdem jene Kraft mit den verschiedenen Stellungen des Thürflügels ihre Richtung ändert. Es muss deshalb, um unnütze Höhe der Seitenwände und lästige Theil-Überhöhungen derselben zu vermeiden, bei grossen Thüren die Verankerung in ihren hintern Theilen abwärts geführt werden und dabei mit den auseinander gehenden Ankerschenkeln den vollen Drehwinkel der Thür möglichst aufnehmen, wie das z. B. in der Konstruktion Fig. 226, 237 der Fall ist. Die Ankersplinte im vordern Theil des Mauerwerks anzubringen, scheint gefährlich. Der Knick in den zur Sicherheit gegen Rosten usw. überstark anzunehmenden Ankerschenkeln muss durch ein Gelenk mit sorgfältiger Unterstützung desselben durch Werksteine usw. gebildet werden. Das Halseisen selbst bedarf zur genauen Zentrirung des obern Zapfens oder, damit die Wendesaule genau senkrecht stehe und sich die Thür leicht drehe, an ihren beiden Enden oder in der Verbindung mit den Ankerschenkeln einer sogen. Korrekionsvorrichtung, z. B. der in den Fig. 220, 221 u. 222 angegebenen doppelten Keile, am besten

von Stahl. Dass bei Schwimmthüren mit Auftrieb das Halseisen oder die obere Pfanne usw. nach unten hin verankert werden muss, sei hier ebenfalls erwähnt mit Hinweis auf Fig. 228. —

Das Drehen der Thüren geschieht bei kleinen Schleusen bis 6 m Weite durch einfache Schiebestangen von Hand oder mittels des sogen. Drehbaums, welcher gewissermassen als der dem Lande zu verlängerte oberste Riegel der Thür anzusehen ist. Bei grössern Thüren werden Winden mit Zahnstange (etwa unterirdisch, um den Verkehr nicht zu stören) oder mit Schiebestange und Kette (oder Tau) benutzt, wobei die Stange noch an der Schlagsäule angreift. Bei grossen Seeschleusen werden meist zweiseitige Ketten angebracht, die etwa auf halber Wassertiefe und auf $\frac{1}{3}$ der Entfernung der Wendesäule von der Schlagsäule angreifen und über Leitrollen durch Schachte nach den Winden gehen, welche letzteren event. durch Druckwasser getrieben werden können. Da bei dem Widerstande, der sich der Bewegung der Thüren entgegen setzt, es zunächst auf die Grösse des Flügels und sodann auf die Ge-

Fig. 238.

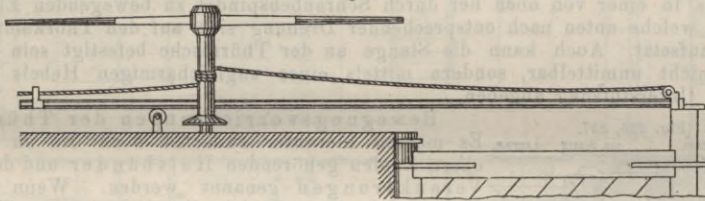
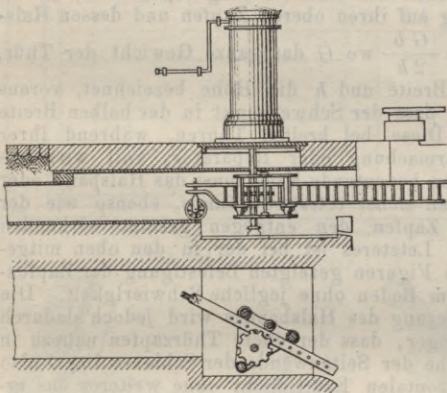


Fig. 239, 240.



schwindigkeit der Bewegung besonders ankommt, weil der Kraftbedarf zu letzterer im quadratischen Verhältniss wächst, so müssen bei Schleusen mit grossem Verkehr, z. B. bei Kanalschleusen, welche bis 100 Schiffe in 1 Tag durchzulassen haben, die Bewegungs-Mechanismen sehr kräftig gebaut werden, um die Zeit der Drehung möglichst klein zu machen, selbst dann, wenn die Grösse der Thür nur gering ist. Alle Zugstangen oder Ketten müssen möglichst rechtwinklig zur Fläche des halb geöffneten Thürflügels angreifen, um nicht zeitweilig in einer besonders ungünstigen Richtung zu wirken. Ketten haben zwar den

Vortheil, dass sie thunlichst in dem Mittelpunkt des Widerstandes angreifen können, sie müssen aber zweiseitig vorhanden sein und sich bei geöffneten Thüren auf dem Boden der Schleuse kreuzen. Bei schweren Ketten wird hierdurch eine beachtenswerthe Erhöhung der Sohle herbei geführt.

Als Beispiel von Bewegungs-Apparaten diene zunächst die frei stehende Winde mit Schiebbaum, Fig. 238, welcher letzterer an beiden Enden mit der Windekette verbunden ist und am hintern Ende von einer kleinen Walze unterstützt wird.

Aehnlichkeit hiermit hat die Anordnung, bei welcher der Schiebbaum zu einer Zahnstange wird, in welche das Trieb einer stehenden Winde eingreift. Häufig geht die Zahnstange in einen Zahnbogen (Quadrant) über, welcher indess einen grossen Kraftaufwand erfordert, da der Quadrant meist in der Nähe der Wendesäule angreift. Hierher gehört auch die in Fig. 239, 240 dargestellte Bewegungs-Vorrichtung, die an den Berliner Städtischleusen sich befindet: eine

sogen. Triebstange, die unter der Maueroberfläche sich bewegt und durch zwei Leitrollen mit dem Trieb in gutem Eingriff gehalten wird.

Von einer Bewegungs-Vorrichtung grosser Thüren durch Ketten zeigt

Fig. 241.

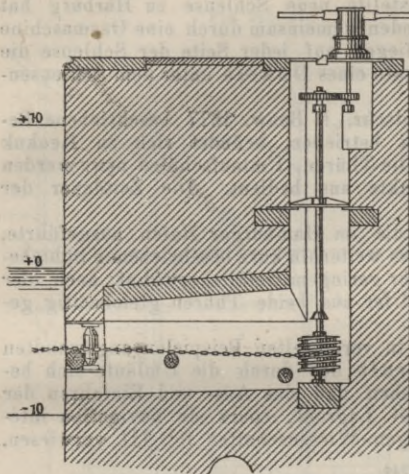


Fig. 241 eine zweckmässige Anordnung; mittels Gangspills und Vorlegele wird eine unter Wasser liegende Kettentrommel gedreht. Die Leitrollen aus Gusseisen werden meistens in starken, gusseisernen Kästen angebracht. Die Kette wird oft bis ganz nach oben geleitet, erfordert aber dann die Anbringung von noch mehr Leitrollen und verursacht dem entsprechend mehr Reibungsverlust. Dass statt des Gangspills auch eine gewöhnliche Erdwinde angewendet werden kann, ist selbstverständlich.

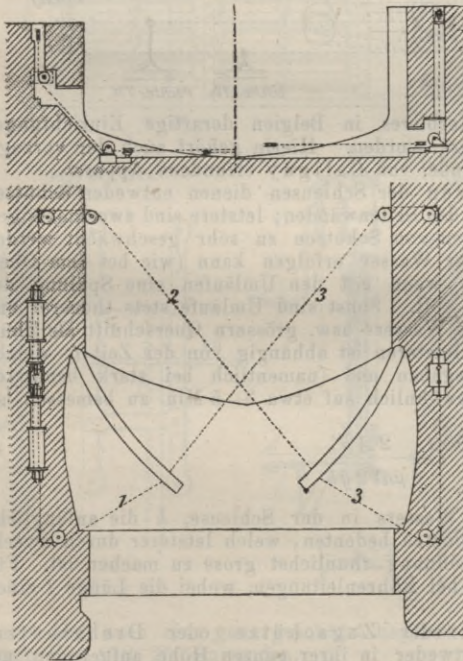
Da bei bewegtem Wasser heftige Stösse von der Kette aufzunehmen sind, müssen diese, wie auch die Winde selbst, aussergewöhnlich stark gemacht werden. Um nicht die ganze Winde zu gefährden und so den Betrieb der Thore in Frage zu stellen, kann es sich empfehlen, in derselben einen leicht ersetzbaren Theil, der den schwächsten Punkt bildet, anzubringen, z. B. eine Reibungskuppelung, welche bei einer gewissen Anstrengung bricht.

Die vollkommensten Bewegungs-Vorrichtungen sind durch Wasserdruck betriebene Maschinen und zwar entweder der auf eine Windtrommel wirkende oder der mit einem Flaschenzuge versehene Zylinder. Durch diese Mittel lässt sich die Zeit für die Bewegung grosser Seeschleusenthüren auf 2—3 Min. vermindern, während dieselbe bei Winden mit Handbetrieb etwa 10 Min. und darüber beträgt. Wenngleich in England häufig drehende Maschinen angewandt werden, so ist dagegen doch geltend zu machen, dass bei der Kleinheit und raschen Bewegung einzelner Theile, insbes. der Schieber, leicht eine Störung erwartet werden kann.

Durch geeignete Anordnung der Ketten lässt sich nach Fig. 242, 243 (Schleuse zu

Bordeaux) mit einem einzigen Apparat die Bewegung beider Thorflügel erreichen. Die aus 3 einzelnen Stücken bestehende Kette ist dabei als endlos anzusehen. Der Wasserdruckmaschine gegenüber liegt auf dem andern Ufer nur ein

Fig. 242, 243.



Regulator, der das Niederlegen der Ketten auf dem Boden gestattet und rechtzeitig den Eintritt der nöthigen Spannung bewirkt. Die Ketten müssen offenbar nahe über dem Boden entlang gehen und ihre Bewegung leidet daher durch starken Schlickfall¹⁾.

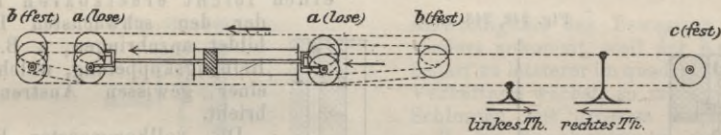
Auch die in Fig. 205 u. 206 dargestellte neue Schleuse zu Harburg hat eine für 16 Thorwinden und 8 Schützwinden gemeinsam durch eine Gasmaschine getriebene Wasserdruckmaschine. Es liegen auf jeder Seite der Schleuse die Treibzylinder, wozu ein Druckrohr innerhalb eines Dükers unter dem Schleusenboden hindurch geführt ist.

Eine sehr interessante, in der Zeitschr. f. Bauw. 1877 beschriebene Bewegungsvorrichtung, durch Wasserdruck betrieben, befindet sich zu Keokuk im Kanal Des Moines (Nordamerika). Die Thüren, Umlaufschütze usw. werden dort ebenfalls von einem einzigen Punkte aus bedient. Die Zeitdauer der Durchschleusung ist sehr gering.

Endlich sei noch durch Fig. 244 die im Hamburger Hafen ausgeführte, durch Wasserdruck bewirkte Bewegung des weiterhin kurz beschriebenen Schiebethor-Verschlusses einer Schleuse (von sehr geringem Gefälle) erwähnt; auch hier werden durch endlose Kette von einem Ufer aus beide Thüren gleichzeitig geöffnet und bezw. geschlossen.

Ueber die eigenthümliche und erst in vereinzelt Beispielen angewandten Mittel, mit Hülfe der lebendigen Kraft des durch die Umläufe sich bewegenden Wassers die Thüren zu drehen und das Aus- und Einfahren der Schiffe zu erleichtern usw., sei hier auf Lagrené, cours de navigation intérieure III, wie auch das Handb. d. Ingen.-Wissenschaften Bd. III verwiesen.

Fig. 244.



Durch Maus sind u. a. zu Herbières in Belgien derartige Einrichtungen zuerst und mit Erfolg ausgeführt worden. Hierin gehört auch der vorzugsweise für Wasserersparung dienende, von Caligny erfundene Apparat.

Zum Füllen und Entleeren der Schleusen dienen entweder Schützen in den Thüren oder Umläufe in den Seitenwänden; letztere sind zweckmässiger, wenn die Thüren durch Anbringen von Schützen zu sehr geschwächt werden würden, der Ausfluss nicht unter Wasser erfolgen kann (wie bei dem Oberhaupt von Kanalschleusen), oder wenn mit den Umläufen eine Spülung des Bodens usw. verbunden werden soll. Sonst sind Umläufe stets theurer und erfordern wegen der Reibung des Wassers usw. grössern Querschnitt als Thüerschütze. Der Querschnitt a der letzteren ist abhängig von der Zeit t , welche für das Füllen oder Entleeren gegeben und (namentlich bei stark benutzten Kanälen) so kurz als möglich, gewöhnlich auf etwa 3–5 Min. zu bemessen ist. Es ist nämlich:

$$t = \frac{2 A h}{\mu \sqrt{2 g h}}$$

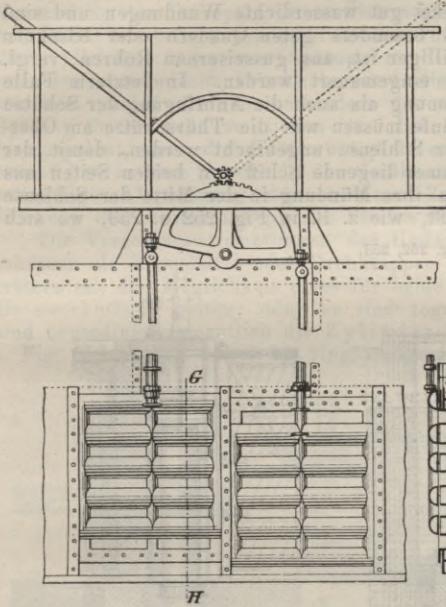
wobei A die Spiegelgrösse des Wassers in der Schleuse, h die anfängliche Druckhöhe, μ den Ausflusskoeffizienten bedeuten, welcher letzterer durch zweckmässige Formgebung der Schützöffnung thunlichst gross zu machen ist. Für Umläufe ist die Berechnung wie bei Röhrenleitungen, wobei die Länge l einen besondern Faktor bildet.

Die Thüerschütze sind entweder Zugschütze oder Drehschütze. Erstere (s. Fig. 203) werden entweder in ihrer ganzen Höhe aufgezogen, um die volle Oeffnung frei zu machen, oder sie sind, wie in Fig. 245, 246, als

¹⁾ Ann. d. ponts et chauss. 1881.

sog. Registerschützen in einzelne wagrechte Streifen getheilt, welchen ebenso viele einzelne feste Oeffnungen in der Thür entsprechen, so dass die Hebung des ganzen Schützes nur eine Hebung gleich der Höhe eines solchen Streifens erfordert. Die einzelnen Oeffnungen haben bei gehobenem Schütz im senkrechten Schnitt die Form des eingeschnürten Wasserstrahls.

Fig. 245, 246.



Zwei solche Schütze neben einander liegend sind besonders leicht zu bedienen, s. Fig. 245.

Solche Schütze sind ganz aus Eisen herzustellen (am besten Gusseisen und gut gehobelt); auch die einfachen Zugschütze werden zweckmässig entweder ganz aus Eisen gebaut, oder wie z. B. in Fig. 203, wo sie aus Holzbohlen gezimmert sind, wenigstens mit glatten Eisenschienen beschlagen, die ebenfalls auf festen Schienen usw. laufen, um die Reibung möglichst klein zu erhalten. Die Winde zum Heben der Zugschütze ist gewöhnlich entweder, wie in Fig. 217, mit mehrfachem Vorgelege versehen oder sie hat, wie in Fig. 245 und 247, vorzugsweise einen langen Hebel, durch dessen einmalige Hin- oder Herbewegung die ganze Oeffnung oder Schliessung bewirkt wird. Statt einer frei liegenden Zahnstange

Fig. 247, 248.

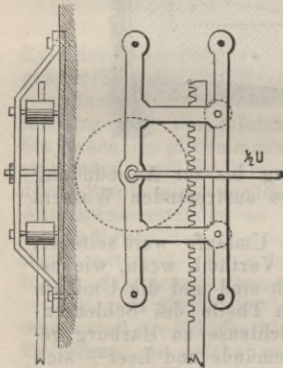


Fig. 249, 250.

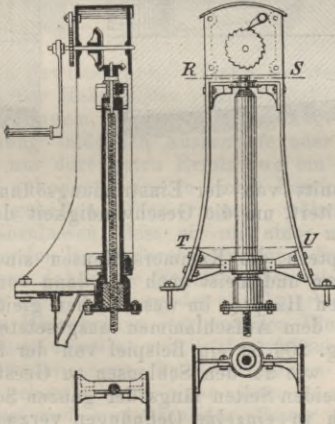
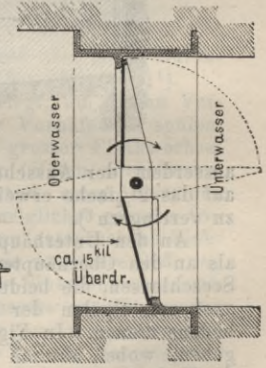


Fig. 251.



lässt sich auch eine ganz geschützt liegende und sanfter arbeitende Schraube nach Fig. 249, 250 anwenden.

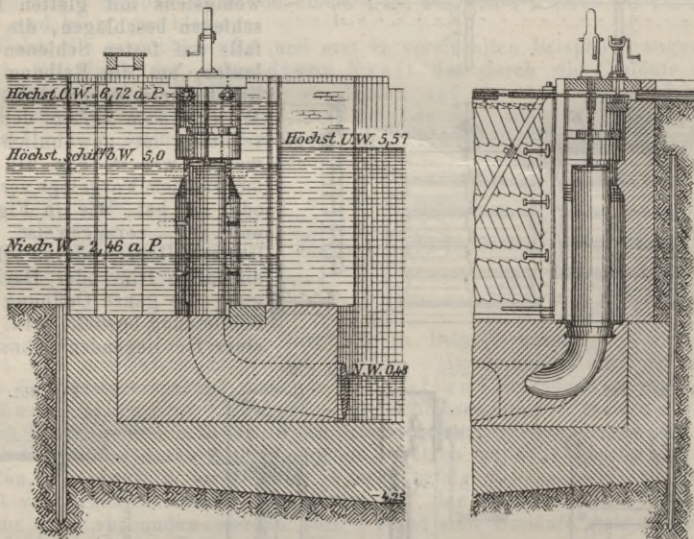
Die Drehschütze können eine wagrechte oder auch senkrechte Bewegung ausführen und haben gewöhnlich die in Fig. 251 dargestellte Form, wobei der eine vom Oberwasser gegen eine feste Leiste gedrückte Arm etwas grösser

als der andere ist, so dass durch ihn mit etwas Ueberdruck das ganze Schütz bei losgelassener Winde angedrückt wird. Beim Oeffnen ist vorzugsweise nur dieser Ueberdruck zu überwinden.

Zu den Drehschützen sind auch die sogen. Segmentschütze zu rechnen, bei denen ein Kreissegment sich um eine meist wagrechte Achse dreht. Die Winden der Drehschütze sind ähnlich wie die der Zugschütze.

Die Umläufe erfordern zunächst gut wasserdichte Wandungen und sind ihre Fassungen daher entweder aus besonders guten Quadern oder Klinkern herzustellen, oder auch, was weit billiger ist, aus gusseisernen Rohren (vergl. Fig. 213 u. 214), welche sorgfältig eingemauert werden. In letztem Falle wird sowohl die zweckmässige Krümmung als auch die Anbringung der Schütze oder Schieber erleichtert. Die Umläufe müssen wie die Thürschütze am Oberhaupt paarweise zu beiden Seiten der Schleuse angebracht werden, damit der Stoss des Wassers das in der Kammer liegende Schiff von beiden Seiten aus treffe. Am besten ist es dabei, dass ihre Mündung in der Mitte der Schleuse unter dem Abfallboden zusammentrifft, wie z. B. in Fig. 252 u. 253, wo sich

Fig. 252, 253.



ausserdem der Ausschnitt von der Einströmungsöffnung bis zur Ausmündung auf das $2\frac{1}{2}$ fache erweitert, um die Geschwindigkeit des austretenden Wassers zu verringern¹⁾.

An den Unterhäuptern der Kammerschleusen sind Umläufe weit seltener, als an den Oberhäuptern und meist auch nur dann von Vortheil, wenn, wie bei Seeschleusen, die beiden Häupter im wesentlichen gleich sind und die Umläufe auch zum Spülen der dem Aufschlamm ausgesetzten Theile des Schleusenbodens dienen. In Fig. 206 ist ein Beispiel von der Schleuse zu Harburg gegeben, wobei, ähnlich wie an den Schleusen zu Geestemünde und Leer²⁾ sich die Umlaufkanäle zu beiden Seiten längs der ganzen Schleuse erstrecken, neben den Thorkammern sich in einzelne Oeffnungen verzweigen, und an geeigneten Stellen Absperrschütze haben, um nach Belieben entweder von aussen nach Innen oder umgekehrt und dabei jeden einzelnen Thorkammerboden spülen zu können.

¹⁾ Bürgerwerder-Schleuse zu Breslau. Zeitschr. f. Bauw. 1880.

²⁾ Zeitschrift d. Hann. Archit. u. Ingen.-Ver. Bd. IX u. X.

Unter Beziehung auf das S. 101 Gesagte mag hier noch darauf hingewiesen werden, dass die vertieft liegenden Thorkammerböden, da sie gewissermaassen wie ein Schlammfang wirken, zu Ablagerungen Anlass geben, dass sie aber andererseits in Rücksicht auf die Bewegung der Thore von Schlamm und Sand möglichst rein zu halten sind, und dass hierzu erfahrungsmässig die Spülkanäle der Umläufe das wirksamste Mittel abgeben. Wo auch eine Versandung des Drempels, namentlich wegen der Kreuzung der Thürketten, zu befürchten ist, bringt man wohl in den Thüren nahe über dem Drempel mehre kleine Schütze bloss zur Spülung an. Je nach der Grösse der Schleuse und der vorhandenen Druckhöhe sind die Spülkanäle in ihrer Grösse zu bestimmen, wobei freilich ausserdem die zulässige und mögliche Dauer der Spülung in Betracht zu ziehen ist. Um einigermaassen abgelagerten Schlick fortzuspülen, muss die Geschwindigkeit auf der betr. Stelle des Bodens noch etwa $0,5 \text{ m}$, zu dem Zwecke in den Spülkanälen mindestens 5 m betragen. Durch zeitweilige Abschätzung der einzelnen Zweigkanäle kann nöthigenfalls die Wirkung des Stroms auf gewisse Stellen verstärkt werden.

Die Verschlussvorrichtungen der Umläufe sind entweder, wie bei Thürschützen als Zugschütze oder Drehklappen eingerichtet, wobei u. a. namentlich erstere mit der Möglichkeit eines für beide Richtungen wirksamen Verschlusses als zweckmässig gelten; oder es sind sogen. Ventilverschlüsse. Unter diesen sind neuerdings namentlich die Zylinder-Ventile in Anwendung gekommen, s. Fig. 252 u. 253, wobei der ringförmige Sitz am untern Ende des oben offenen

Fig. 254.

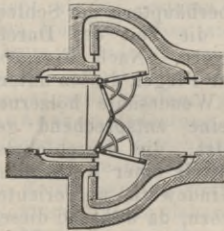
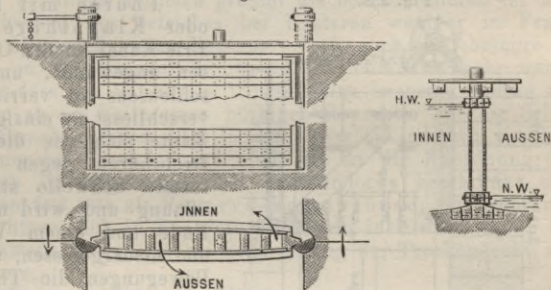


Fig. 255—257.



Zylinders sich befindet, ein gewisser hoher Oberwasserstand also freien Durchgang erhält und die Kraft zur Hebung des Ventils möglichst klein wird¹⁾.

Besondere Spülschleusen werden zuweilen angelegt, um die an Versandung oder Verschlammung leidenden Aussentiefe oder Vorhäfen zu spülen. Sie haben im allgemeinen nur dort guten Erfolg, wo ein grosser Fluthwechsel stattfindet, weil es darauf ankommt, eine in einem Bassin (Hafen oder besondern Spülbassin) zurück gehaltene Wassermenge während eines niedrigen Aussenwasserstandes so abzulassen, dass sie mit einer möglichst grossen Geschwindigkeit den zu spülenden Raum durchströmt und dem entsprechend Sinkstoffe mitreisst. Es müssen daher die Spülschleusen eine so grosse Oeffnung bieten, dass jene Strömung zur Beseitigung der abgelagerten Sinkstoffe ausreicht.

Wo mit Hilfe des im Hafenbecken vorhandenen Wassers gespült werden muss, sind die Schiffschleusen zuweilen mit Spülvorrichtungen versehen worden. Es dienen als solche entweder sogen. Spindelthüren in den Hauptthüren, die wie ein Drehschütz gebaut, durch einen Arm zugehalten werden; sie schwächen die Hauptthüren und sind unsolide. Besser sind sogen. Fächerthüren, Fig. 254, mit fächerartig fest mit einander verbundenen Flügeln ungleicher Grösse, die bei jedem Wasserstande innen und aussen geöffnet und geschlossen werden können, indem nach Belieben mit Hilfe von Umläufen der segmentförmige Raum hinter den grössern, landseitig liegenden

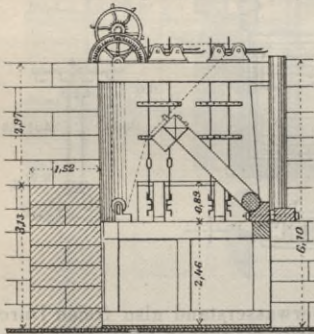
¹⁾ Handb. d. Ingen.-Wissensch. Bd. III.

Flügeln mit Oberwasser bezw. mit Unterwasser gefüllt werden kann. Eine solche Schiffsschleuse ist z. B. in Bremerhaven mit etwa 12^m Weite vorhanden; die meisten derselben oder ähnlicher Konstruktion befinden sich in Holland, dort u. a. auch solche zum Ablassen von Hochwasser aus Flüssen in Niederungen zur Verhütung von Deichbrüchen und andern Hochwasser-Gefahren.

Wenn die Spülung aus besondern Spülbassins erfolgt, so pflegen auch die Spülschleusen ausschliesslich zum Spülen eingerichtet zu sein. Ihr Verschluss ist alsdann, Fig. 255—257, meist wie ein grosses Drehschütz von etwa 6—7^m Weite und mit ungleichen Flügeln im Verhältniss = 5:7 hergestellt, welches sich um eine senkrechte Achse dreht. Der grössere Flügel wird im geschlossenen Zustande durch einen halbzyllindrischen drehbaren Ständer mittels eines Hebels und einer Kette zugehalten und durch Lösung der letztern erfolgt die Drehung jenes Ständers und damit auch die der Achse der Spülthür. Die Schwelle der Spülschleusen liegt gewöhnlich nur wenig unter dem N.-W., weil eine grössere Tiefe verhältnissmässig wenig nützt, aber hinsichtlich der Anlage und Unterhaltung wesentlich theurer kommt. Um nachtheilige Auskolkungen unterhalb der Schleuse zu vermeiden, muss dort wie bei Wehren ein kräftiges Sturzbett angelegt werden. Die wirksame Zeit der Spülung beschränkt sich auf die des N. W., wird also am höchsten bei Springfluthen, wobei das angesammelte H.-W. besonders hoch steigt und das äussere N.-W. besonders tief abfällt.

c. Ungewöhnliche Verschlussvorrichtungen von Schiffsschleusen.

Fig. 258.



Thüren mit horizontaler Achse oder Klappthüren sind seit 1862 am Erie-Kanal an den Oberhäuptern der Schleusen angewandt, um die Zeit des Durchschleusens zu verringern. Nach Fig. 258 verschliesst ein einziger Flügel, dessen untere Kante sich wie die Wendesäule hölzerner Drehthüren gegen eine entsprechend geformte Schwelle stützt, die Durchfahrtsöffnung und wird mittels einer Kette ohne Ende und einem Windwerk aufgerichtet und niedergelassen, wozu, da während dieser Bewegungen die Thür fast ganz im Oberwasser liegt, nur wenig Kraft erforderlich ist. Im aufgerichteten Zustande stützt sich die Thür mit ihren beiden Seitenkanten gegen feste hölzerne Vorsprünge der Seitenmauern. Die niedergelassene Thür liegt in einer Vertiefung hinter dem steinernen Abfallboden. Unmittelbar hinter der Thür befindet sich ein wagrechter hölzerner Boden, der mehre Schützöffnungen mit vom Ufer aus stellbaren Drehklappen enthält, welche zum Füllen der Kammer dienen, wenn die Thüren im Unterhaupte geschlossen sind¹⁾.

Ebenso vereinzelt wie die Anwendung der Klappthore ist die der sogen. Schiebethore, welche jedoch für Trockendock-Verschlüsse neuerdings oft zur Anwendung gekommen sind und bei Besprechung jener einer nähern Würdigung unterworfen werden sollen. Die erste Anwendung von Schiebethoren zu Schleusen-Verschlüssen liegt, so viel bekannt, im Hafen von Hamburg vor, wo eine derartige Anlage zu Anfang der 70er Jahre gemacht worden ist. Die dortige Kammerthore hat den Zweck, in zwei oben und unten mit der Elbe in freier Verbindung stehenden, sowie nahezu parallel dazu liegenden, aber unter sich zu verbindenden Hafenbecken die Durchströmung zu verhindern, weil dieselbe Versandungen herbeiführen würde. Indem die Verbindung der beiden Hafenbecken nur für Schiffe ohne Masten oder mit niedergelegten Masten zu dienen hat, war es zulässig, in passender Höhe über der Schleuse eine feste Brücke anzulegen, welche als Laufbahn für Rollen dient, die die beiden

¹⁾ Handb. d. Ingen.-Wissensch. Bd. III.

Hälften, aus denen jedes Thor zusammen gesetzt ist, tragen. Durch wagrecht im Schleusenboden angeordnete Leitrollen werden die Thorhälften bei ihrer Bewegung sicher geführt. Die Thüren sind aus leichtem, schmiedeisernem Gerippe mit Holzverkleidung hergestellt und haben unten in ganzer Länge einen aus Blech gebildeten Schwimmkasten, der mittels Einsteigeschächte zugänglich ist. Sie werden vom Ufer aus durch eine endlose Kette und einen durch Wasserdruck betriebenen Flaschenzug bewegt, wobei beide Hälften gleichzeitig entweder dem Ufer sich nähern — öffnen — oder sich der Mitte nähern, um den Abschluss herzustellen; es sind dazu je etwa 15—20 Sekunden Zeit erforderlich. Bei dieser Raschheit der Bewegung und weil eine Ausgleichung der Wasserstände in der Kammer mit den äussern Ständen wegen des sehr geringen Unterschiedes von nur wenigen ^{cm} nicht erforderlich ist, sind die hindurch gehenden Fahrzeuge — Prähme — nicht geöthigt, ihre Bewegung einzustellen oder zu vermindern.

Die gewöhnlichen Schiebethüren besitzen den beschriebenen gegenüber den Vortheil, dass sie keines Ueberbaues der Oeffnung bedürfen, diese daher auch zum Durchgange bemasteter Fahrzeuge geeignet bleibt.

Als Verschlüsse von Schleusen sind Schiebethüren — Schiebepontons — übrigens nicht häufig geeignet und dies alsdann nur, wenn der Verschluss selten erforderlich, und wenn ausserdem Beschränkung in der Länge die Anbringung gewöhnlicher Drehthüren nicht gestattet oder erschwert. Auch die schwimmenden Verschlüsse, sogen. Pontons, sind für Schleusenverschlüsse nicht gut geeignet aus dem Grunde, dass der zum Oeffnen und Schliessen erforderliche Zeitaufwand bei ihnen ungleich grösser als bei Drehthüren ist und auch die allzeitige Sicherheit des Betriebes bei letzteren weniger in Frage steht als bei ersteren. Hingegen bieten Pontons — wie auch Schiebethore — den Vortheil, dass sie in der Längenrichtung der Schleusen nur sehr wenig Raum erfordern, sowie dass sie mit ihrem Verdeck eine bequeme Brücke abgeben. Endlich können sie im Falle einer nöthigen Reparatur wie ein Schiff leicht aufs Trockne gebracht werden. Da letztere Vorzüge indessen von besonderer Bedeutung nur bei Trockendocks sind, so ist die Anordnung der Pontons zu Verschlüssen im allgemeinen auf Trockendocks beschränkt und kommen sie bei Schleusen fast nur als Reserve-Verschlüsse, zum Gebrauch in Zeiten, wo die Drehthüren sich in Reparatur befinden, in Frage. Auch die Pontons werden daher zweckmässig erst bei Besprechung der Trockendocks zur Behandlung zu ziehen sein.

Ausser den die Oeffnung völlig abschliessenden Pontons sind für besondere Fälle auch solche in Anwendung gekommen, welche nur einen Theil der Oeffnung verschliessen. Dahin gehört zunächst das im Jahre 1872 von v. Engerth zur Ausführung gebrachte sogen. Sperrschiff im Donaukanal bei Wien. Dasselbe ist 48,6^m lang, 5,69^m hoch, bei 9,48^m mittlerer Breite, verschliesst den obern Eingang des sogen. Donaukanals, eines natürlichen Seitenarms der Donau, insonderheit gegen das Eintreiben von Eisschollen aus dem Strom. Indem das Sperrschiff 5,3^m tief eintauchen kann, verengt es die Durchflusshöhe der Mündung bei den höchsten Wasserständen um etwa die Hälfte und wirkt alsdann wie ein in einem Seitenarm befindliches Schützenwehr, dessen Schützen nur zum Theil geöffnet sind, verringert also die Einströmung in den Kanal und hält von der Stadt Wien zu hohe Wasserstände ab¹⁾.

Das Ponton stützt sich an einem Ende gegen einen festen, am andern gegen einen beweglichen, in Dreiecksform hergestellten Anschlag, welcher ganz in die Mauerflucht zurückgezogen werden kann.

Aehnlich verschliessen frei schwimmende Pontons in Petroleumhäfen, z. B. in Geestemünde und Hamburg die Mündungen solcher Häfen gegen das Ausschwimmen des auf der Oberfläche des Wassers ausgebreiteten Petroleums und zwar namentlich wegen der Feuersgefahr für die übrigen Hafentheile. Das betr. Ponton in Geestemünde verschliesst eine Durchfahrtsöffnung von 74,44^m Weite, aber nur zu seinem Höhentheil von 0,58^m unter dem Wasserspiegel,

¹⁾ Zeitschr. d. österr. Ingen. u. Archit.-Ver. 1871 u. Deutsche Bauzeitg. 1873 S. 340 ff.

ist dabei nur 1,17^m hoch und 1,6^m breit. Um dasselbe leicht beseitigen zu können, lehnt es sich nach der Seite des Petroleumhafens hin gegen einen festen Vorsprung, während es nach der Seite des Haupthafens hin von 2 kleinen, 5^m hohen und 0,5^m breiten Drehthüren gehalten wird, welche mit jenem festen Vorsprung verbunden einen etwa 0,3^m tiefen Falz abgeben, nach ihrer Lösung aber sofort das Ponton frei lassen.

Ueber ein gleichartiges Ponton im Hamburger Hafen vergl. Zeitschr. der österr. Ingen. u. Archit.-Ver. 1881, VI. Heft. —

Der Gefälle-Unterschied, welcher mit einer gewöhnlichen Schleuse überwunden werden kann, ist, wenn es sich um Kanal-Schleusen handelt, verhältnissmässig gering, da er etwa zwischen 2 und 4^m sich bewegt und meist 2,5 bis 3,0^m beträgt. Allerdings kommen in Dockhäfen beträchtlich grössere Unterschiede der Spiegelstände innen und aussen vor; doch ist zu beachten, dass das Öffnen und Schliessen grosser Schleusen in diesen Häfen in den Zeiten, während welcher der Unterschied der Wasserstände am grössten ist, zu unter-

Fig. 259.

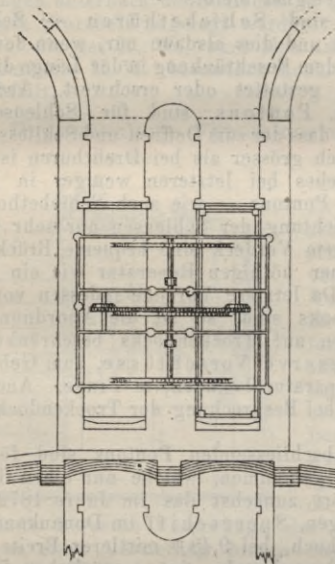
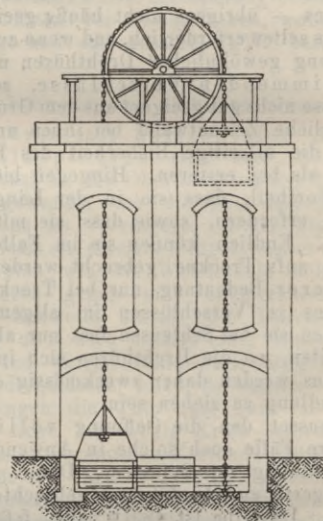


Fig. 260.



bleiben pflegt, weil zu diesen Zeiten die grössern Schiffe aussen keine genügende Wassertiefe finden.

Während nun zur Ueberwindung grosser Gefälle in Kanälen früher die gekuppelten Schleusen das Mittel boten, sind dieselben wegen des unvermeidlichen grossen Wasserverbrauchs, sowie zeitraubender Durchschleusung bei sich begegnenden Schiffen neuerdings als äusserst ungünstig für wasserarme und viel benutzte Kanäle erkannt worden und haben Schleusen mit beweglichen Kammern eine grössere Bedeutung gewonnen. Eine schon seit einigen Jahrzehnten angewandte Anordnung derselben besteht auf dem englischen Great-Western-Kanal. Sie hat nach Fig. 259, 260 zwei neben einander hängende bewegliche Kammern oder Kasten, deren drei gemeinsame Tragbalken über grosse fest stehende Rollen oder Scheiben gehen. Sie können in ihrer obersten oder untersten Lage mit ihren als Schützen hergestellten Endwänden mit der obern, bezw. untern Haltung in Verbindung gesetzt werden. Die durch Bremsen geregelte Bewegung geschieht dadurch, dass die obere Kammer etwas mehr Wasser als die untere zugeführt bekommt, abgesehen von dem durch die Schiffe verdrängten Wasser, und durch dies Uebergewicht sinkt,

wogegen die untere Kammer aufsteigt. Dabei gewinnt trotz des erwähnten Zuschusses und des durch Undichtigkeit verloren gehenden Wassers, die obere Haltung an Wasser, so oft ein volles Schiff hinab und ein leeres hinauf fährt, was ausserdem auf jenem Kanal die Regel bildet. Der Spiegel-Unterschied der beiden Haltungen beträgt 14 m , die Kammern sind nur für 8 t grosse Schiffe eingerichtet.

Einfacher ist die erst seit 1875 bestehende hydraulische Schleuse zu Anderton, welche den Weaver-Fluss mit dem Trent- and Mersey-Kanal verbindet. Hierbei sind nach Fig. 261 zwei bewegliche Kammern von $22,7\text{ m}$

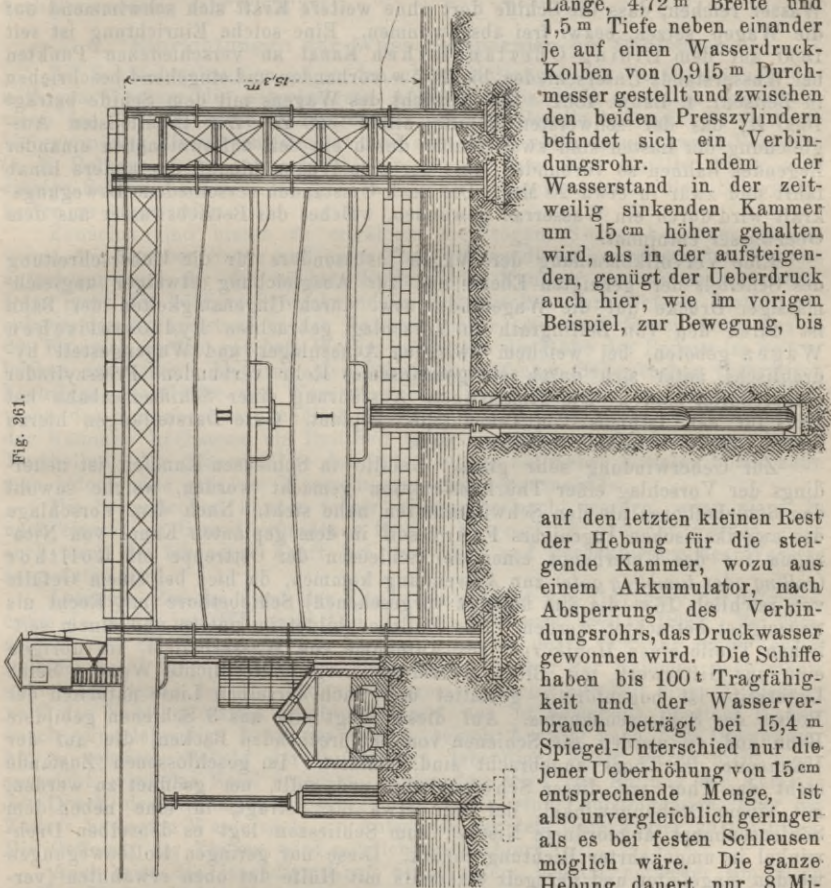


Fig. 261.

Länge, $4,72\text{ m}$ Breite und $1,5\text{ m}$ Tiefe neben einander je auf einen Wasserdruck-Kolben von $0,915\text{ m}$ Durchmesser gestellt und zwischen den beiden Presszylindern befindet sich ein Verbindungsrohr. Indem der Wasserstand in der zeitweilig sinkenden Kammer um 15 cm höher gehalten wird, als in der aufsteigenden, genügt der Ueberdruck auch hier, wie im vorigen Beispiel, zur Bewegung, bis

auf den letzten kleinen Rest der Hebung für die steigende Kammer, wozu aus einem Akkumulator, nach Absperrung des Verbindungsrohrs, das Druckwasser gewonnen wird. Die Schiffe haben bis 100 t Tragfähigkeit und der Wasserverbrauch beträgt bei $15,4\text{ m}$ Spiegel-Unterschied nur die jener Ueberhöhung von 15 cm entsprechende Menge, ist also unvergleichlich geringer als es bei festen Schleusen möglich wäre. Die ganze Hebung dauert nur 8 Mi

nuten, wogegen eine Schleusentreppe von gleicher Höhe etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden Zeit zur Uebersteigung erfordern würde¹⁾.

Eine andere Art von beweglichen Kammern ist in der Dodge-Schleuse auf dem Verbindungskanal zwischen Cheasapeak-Ohio-Kanal und dem Potomac-Fluss seit 1876 vorhanden. Dort wird für 135 t grosse Schiffe eine Höhe von $11,6\text{ m}$ mittels einer geneigten Ebene und Wagen, auf dem die beweglichen Kammern stehen, überwunden. Die $34,12\text{ m}$ lange Kammer ruht auf 3, mit je

¹⁾ Engineer 1876 und Bellingrath, Studien über Bau und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes; auch v. Weber, Wasserstrassen.

12 Rädern versehenen Wagengestellen. Auf jeder Seite der Hauptbahn sind zwei Gegengewichts-Wagen mit stärker geneigter Bahn vorhanden. Bei der Thalfahrt erhält die Kammer etwas mehr Wasser als bei der Bergfahrt. Eine kleine Turbine genügt zur Regulirung der Bewegung. Durch Wasserdruck wird die Kammer gegen die festen Schleusenhäupter gepresst¹⁾.

Die zuletzt erwähnten beweglichen Kammern bilden den Uebergang zur Einrichtung für Schiffstransport auf geneigten Ebenen, „Schiffseisenbahnen“, wobei die Schiffe auf Wagengestellen zwischen Unter- und Oberwasser transportirt werden und zwar trocken. Die Bahn muss so weit ins Wasser reichen, dass die Schiffe dort ohne weitere Kraft sich schwimmend auf die Wagen setzen, bezw. frei abschwimmen. Eine solche Einrichtung ist seit 1860 auf dem Elbing-Oberländischen Kanal an verschiedenen Punkten bei Wasserstands-Unterschieden bis 24,5 m vorhanden und eingehend beschrieben in Zeitschr. f. Bauw. 1861. Das Gewicht des Wagens mit dem Schiffe beträgt 1680 Z., das der schwersten Schiffe allein 520 Z. Zur thunlichsten Ausgleichung der Lasten sind zwei Schiffe durch ein Seil auf zwei neben einander liegenden Bahnen so verbunden, dass der eine Wagen hinauf, der andere hinab fährt und zwar in etwa 20 Min. Die nach Umständen verschiedene Bewegungskraft wird durch ein Wasserrad gewonnen, welches das Betriebswasser aus dem Oberwasser entnimmt.

Eine Vervollkommnung der Wagen insbesondere für die Ueberschreitung des Scheitels der geneigten Ebene und zur Ausgleichung etwaiger ungleichmässiger Drucke auf die Wagenräder usw. durch Ungenauigkeiten der Bahn ist durch den von Bellingrath in Vorschlag gebrachten hydrostatischen Wagen geboten, bei welchem zwischen Achsenlager und Wagengestell hydraulische, unter sich durch ein gemeinsames Rohr verbundene Presszylinder eingeschaltet sind²⁾. Die grossartigste Ausführung einer Schiffseisenbahn hat Eads für den Isthmus von Tehuantepec geplant. Gute Darstellungen hierzu finden sich im Scientific American 1885.

Zur Ueberwindung sehr grosser Gefälle in Schleusen-Kanälen ist neuerdings der Vorschlag einer Thürkonstruktion gemacht worden, welche sowohl den Schiebethoren als den Schwimmthoren nahe steht. Nach dem Vorschlage des amerikanischen Ingenieurs Penry soll in dem geplanten Kanal von Nicaragua für das Unterhaupt einer der Schleusen der Osttreppe ein Rollthor (*rolling* oder *tumbling gate*) zur Anwendung kommen, da hier bei einem Gefälle von reichlich 16 m die (im übrigen vorgesehenen) Schiebethore mit Recht als ungeeignet betrachtet werden. Das Rollthor bildet im untern und einem seitlichen Theile einen Hohlkörper zur Aufnahme von Wasserballast, im übrigen eine aus Gitterwerk mit Blechverkleidung hergestellte dichte Wand. Seine Unterseite ist bogenförmig gestaltet und nach derselben Linie natürlich der Boden des Schleusenhauptes. Auf diesen liegt eine aus 3 Schienen gebildete Bahn und es werden die Schienen von entsprechenden Backen, die auf der Unterseite des Thors angebracht sind, umfasst. Im geschlossenen Zustande steht das Thor auf dieser Schwimmbahn und rollt, um geöffnet zu werden, mit einem Drehungswinkel, der nur etwa 60° beträgt, in eine neben dem Schleusenhaupt angeordnete Nische; zum Schliessen legt es denselben Drehwinkel in umgekehrter Richtung zurück. Diese nur geringen Rollbewegungen werden eingeleitet und geregelt einerseits mit Hülfe des oben erwähnten (veränderlichen) Wasserballastes, andererseits eines schweren Wagens, der über der Thornische läuft und einen durch Wasserdruck bewegten Mechanismus trägt, der durch eine mächtige Schubstange mit dem Thor verbunden ist. Zur Sicherung der richtigen Bewegung des Thors dienen alsdann noch ein seitlich angebrachter Arm mit Führungsrolle, Drahtseile und Ketten, welche letztere in der Sohle des Schleusenhauptes angebracht sind. Es ersieht sich ohne

¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1879. Für kleine Schiffe war seit 1839 schon auf dem Morbland-Kanal bei Glasgow eine ähnliche Anordnung mit 2 Kammern, deren Gewichte sich ausgleichen.

²⁾ Bellingrath. Studien usw. Aenderungen und Vervollkommnungen dieser Sonder-Einrichtungen sind in Vorschlag gebracht von Meyer, Wernig, Brennecke u. a., worüber zu vergl. in Deutsche Bauzeitg. 1885, sowie von Koppel, vergl. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1888.

weiteres, dass bei dem Rollthor beträchtliche Wasserverluste durch Undichtigkeiten des Schlusses nicht zu vermeiden sein werden und sodann, dass bei der Höhe von fast 25^m, welche das Thor im vorliegenden Falle erreicht, dasselbe einen beträchtlichen Winddruck erleidet, der die ohnehin grossen Schwierigkeiten der sichern Handhabung desselben bedeutend steigern kann. Immerhin muss anerkannt werden, dass der der Konstruktion zugrunde liegende Gedanke ein genialer insbesondere dadurch ist, dass der Verschluss einer etwa 20^m weiten Oeffnung mittels einer verhältnissmässig kleinen Drehbewegung geschieht, einer Bewegung, bei der das Maass der erzeugten lebendigen Kraft verhältnissmässig sehr klein ist¹⁾.

d. Einrichtungen zur Wasserersparniss bei Schleusen.

Bei Schiffahrtskanälen ist in den obern Haltungen oft die Beschaffung des nöthigen Wassers die schwierigste Aufgabe. Sie wird erheblich erschwert, wenn das Gelände kurze Haltungen mit grossem Gefälle bedingt. Es sind zur Ueberwindung die verschiedensten und zum Theil völlig misslungenen Versuche (z. B. Polhaas sogen. Schachtschleuse, wobei über 20^m Gefälle durch eine einzige Schleuse überwunden werden sollen) angestellt worden, diese Schwierigkeiten zu überwinden.

Zunächst sind hierzu zu erwähnen die sogen. Seitenbecken, welche neben der Kammer liegen und einen Theil des aus dieser auszulassenden Wassers aufnehmen und für die nächste Füllung der Kammer wieder zurück geben. Dazu muss der höchste Spiegelstand im Seitenbecken dem tiefsten dorthin abzulassenden Spiegelstand in der Kammer gleich sein und ferner kann das in die Kammer zurück geführte Wasser höchstens die Höhe des Bodens im Seitenbecken annehmen. Es kann also bei einem einfachen Seitenbecken theoretisch höchstens die Hälfte des Wassers wieder gewonnen werden, nämlich dann, wenn das Seitenbecken unendlich gross ist, während ein Becken von der Grösse der Kammer höchstens ein Drittheil wieder zurück zu geben vermag. Durch Vertheilung der ganzen Höhe des Seitenbeckens auf mehr einzelne Böden kann man jedoch eine grössere Wassermenge wieder gewinnen²⁾.

Die Seitenbecken können ferner wirksam gemacht werden, wenn sie z. B. nach einem von Girard erfundenen System beweglich gemacht werden, oder auch wenn die lebendige Kraft bei dem Hin- und Zurückfliessen des Wassers ausgenutzt wird.

Letzterm Zwecke dient der Umlaufapparat von Caligny (s. Lagrené, cours de navig. int. III, auch Ann. d. ponts et chauss. 1869 u. 1880). Bei demselben wird zur Entleerung der Kammer zunächst durch Oeffnung eines Ventils in einer recht langen Röhre aus dem hohen Wasser der Kammer nach einem niedrigeren Bassin hin ein Strom von grosser Geschwindigkeit erzeugt; alsdann wird das Ventil plötzlich geschlossen und das in Bewegung gesetzte Wasser durch seine lebendige Kraft gezwungen, seinen Ausweg nach dem Oberwasser hin zu nehmen. Sobald der Vorrath an lebendiger Kraft hierzu nicht mehr ausreicht, wird das Spiel erneuert. Ausserdem wird zur Füllung der Kammer der Druck der Atmosphäre benutzt, um unter einer aufsteigenden, aber im Zufluss bewegten Wassersäule ein Aufsaugen aus dem Unterwasser zu bewirken. Die Oeffnung der Thüren wird möglichst erleichtert.

Auch wird die lebendige Kraft des Wassers benutzt, entweder um durch rasches Einlassen des Oberwassers in die Kammer hier den Spiegel über jenen zu erhöhen, die Oberthüren zu öffnen und das in der Kammer befindliche Schiff leichter hinaus fahren zu lassen, oder um durch rasches Auslassen des Wassers aus der Kammer hier den Spiegel tiefer zu legen als im Unterwasser, die Unterthüren zu öffnen und das Schiff von unten her in die Kammer zu drängen.

Auch werden wohl durch Turbinen, zu deren Betrieb das Schleusengefälle benutzt wird, Winden in Bewegung gesetzt, welche die Bewegung der Schiffe durch die Schleuse zu unterstützen haben.

¹⁾ Näheres Deutsche Bauztg. 1887, S. 385. ²⁾ Handb. d. Ingen.-Wissensch. Bd. III.

E. Deich- und Sielbau.

Litteratur.

Hunrichs. Deich-, Siel- und Schlegelbau. Bremen 1770. — Woltmann. Beiträge zur hydraul. Architektur. Göttingen 1791—99. — Buchholz. Darstellung des Deich- und Fashinenbaues. Hannover 1824. — Derselbe. Bau hölzerner Abwässerungs-Schleusen. Hannover 1829. — Storm-Buysing. Waterbouwkunde. Breda 1864. — Hagen. Wasserbaukunst, 1. Bd. — Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Bd. III. 1882.

I. Allgemeines.

Deiche sind Erddämme, deren Zweck es ist, höhere Wasserstände von niedrigerem Lande abzuhalten. In der Regel ist dies nur für einzelne Zeiträume, selten fortdauernd nothwendig, letzteres aber dann immer, wenn das Land unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel liegt.

Um jenen Zweck zu erreichen, werden die Deiche, längs des Ufers sich hinziehend, in bestimmter Höhe und Stärke hergestellt und sollen den sämtlichen Angriffen des Wassers sicher widerstehen können. Ihr Nutzen besteht fast immer darin, dass das geschützte Land einen höheren Ertrag liefert, wogegen nur in vereinzelt Fällen der Nutzen des Deichs darin liegt, die Strömung vom Ufer abzuweisen und sie im Flusse zusammen zu halten.

In der Regel sind die eingedeichten Niederungen die fruchtbaren sogen. Marschen (von *mare*), die aus der jüngsten Ablagerung des Meeres oder der Flüsse entstanden sind, und im Gegensatz zu der älteren, höher liegenden und meist unfruchtbareren Geest stehen. Zwischen beiden liegt meistens ein Streifen Moor, der sich auch über den Marschboden fort erstreckt, jedoch durch Abtorfung nach und nach verschwindet. Die Marsch pflegt in ihrer Oberfläche nach der Geest hin Gefälle zu haben, weil dort am wenigsten Sinkstoffe hingelangt sind und die Eindeichung am ältesten ist.

Eine für sich abgeschlossene eingedeichte Fläche heisst im allgemeinen ein Polder, worunter jedoch meistens jüngere Eindeichungen verstanden werden, da zwischen den älteren die trennenden Deiche im Verlaufe der Zeit beseitigt worden sind.

Nach der Belegenheit unterscheidet man zunächst Fluss- oder Seedeiche. Doch ist diese Unterscheidung im Bereiche der Flussmündungen, namentlich im Fluthgebiet, nicht aufrecht zu halten; sie soll hier auch nur deshalb hervor gehoben werden, weil mit ihr Besonderheiten in den Eigenschaften der Deiche verbunden sind. Ferner werden nach Belegenheit und vorzugsweise nach der daraus hervorgehenden Bedeutung unterschieden:

Haupt-Deiche (Bann-Deiche), unter obrigkeitlicher Aufsicht stehende Deiche, die nach einer Deich-Ordnung usw. unterhalten werden.

Polder-Deiche, als neuere Deiche meist vor dem ältern Hauptdeich belegen, schützen nur einen gewissen kleinen Geländetheil und werden den Genossen der Einpolderung zur Beaufsichtigung überlassen. Mit der Zeit werden auch sie zuweilen zum Hauptdeich erhoben, wodurch dann dem ältern Hauptdeich als Schlaf-Deich die Rolle eines Reserve-Deichs zufällt.

Rückdeiche gehen von der Hauptlinie eines Deiches ab und an einem Nebengewässer entlang, entweder bis zu einer natürlichen Bodenerhebung, oder schliessen an einen, meist etwas niedrigeren Hinter- oder Achter-Deich an, welcher gegen ein anderes Binnenwasser schützt.

Binnen-Deiche (Querdeiche) zerlegen die eingedeichte Fläche in einzelne Theile.

Kaje-Deiche. Hierunter versteht man in der Regel Deiche von vorübergehender Bedeutung, die z. B. während eines Baues im offenen Vorlande, oder während einer Ueberschwemmung im Binnenlande hergestellt und dann zuweilen als Reserve belassen werden.

Qualm- oder Kuver-Deiche werden im Binnenlande, insbesondere um alte Bruchstellen (Braken) herum aufgeführt, um das Eindringen des Qualm- oder Kuverwassers in's Binnenland zu beschränken.

Schaar-Deich heisst jeder Deich, vor welchem kein Vorland vorhanden ist.

Mehr nach dem Zweck als nach der Belegenheit unterscheidet man ferner: Winter-Deiche, welche gegen das höchste Wasser angelegt werden, und Sommer-Deiche, die nur unter besondern Verhältnissen gegen Wasserstände geringerer Höhe schützen sollen. Ihre Verschiedenheit im Verhalten ist oft eine sehr tief gehende und lässt daher die Frage nach ihrem Werth unter verschiedenen Umständen sehr ungleiche Beantwortungen zu.

In einem ähnlichen Verhältnisse, wie die beiden genannten Gattungen stehen auch die geschlossenen und offenen Deiche zu einander. Erstere sollen auch bei den höchsten Wasserständen an allen Punkten der betr. Niederung, des Deich-Verbandes, das Wasser abhalten, wogegen die offenen Deiche nur von oben her eine Flussmarsch vor dem Hochwasser und dessen Strömung schützen, von unten herauf aber diesem den Eintritt (durch Rückstau) gestatten. Wie hoch das Wasser in eine solche Marsch nach oben hin eindringt, hängt von den Höhenverhältnissen des Hochwassers und des Marschgeländes, sowie davon ab, ob am untern Ende des Deiches dieser ganz aufhört oder sich als Sommerdeich quer durch den untern Theil der Marsch fortzieht. Der untere, der Ueberschwemmung preisgegebene Theil der Marsch erhält durch das Hochwasser eine nützliche Düngung. Dasselbe Gelände würde bei geschlossener Eindeichung möglicherweise sehr von dem Eindringen des unfruchtbaren Qualm- oder Kuverwassers zu leiden haben, welcher Eintritt bei dem offenen System von unten her gar nicht entstehen und, so weit er von oben her stattfindet, fast unschädlich gemacht werden kann.

In einiger Hinsicht ist endlich ein Flügel-Deich als ein offener Deich anzusehen, indem er sich mit seinem obern (landseitigen) Ende an einen Hauptdeich anschliesst und dazu dient, die Strömung des Flusses von einem Theil des Vorlandes abzuhalten. Er beginnt in der Regel da, wo der Hauptdeich einen Winkel bildet und hat eine solche Lage, dass das Hochwasser noch in der Richtung des obern Schenkels weiter geführt werden kann. Ist er mehr im Interesse der Erhaltung eines tiefen Flussbettes als zum Schutze des Landes angelegt, so wird er zugleich ein Leitdamm und gehört zu den Mitteln der Flusskorrektion.

Ausser vorstehenden Benennungen sind noch einige andere, jedoch weniger gebräuchliche in verschiedenen Gegenden üblich. Auch unterscheidet man sämtliche vorbenannte Deichen wohl nach der Art der Bekleidung als Rasen- (oder Groden-)Deiche, Steindeiche, Strohdeiche usw.

Weil das eingedeichte Land in Holland und Ostfriesland vielfach Grasland ist und niederdeutsch mähen: „maien“ heisst, so wird dieses Land wohl Maifeld genannt und die Höhe des Landes als Maifeldhöhe bezeichnet.

II. Vorteile und Nachteile der Deichanlagen.

Zunächst ist zu beachten, dass die meisten Deichanlagen schon in älterer Zeit entstanden und grossentheils nach einseitigen örtlichen oder wirtschaftlichen Interessen angelegt worden, daher in den seltensten Fällen frei von ungünstigen Wirkungen dieser oder jener Art sind. Aber auch bei neu anzulegenden Deichen sind fast stets einzelne Nachteile als unvermeidlich anzusehen und bei der Abschätzung der Vorteile in Abzug zu bringen. Die Verhältnisse sind in dieser Hinsicht fast überall verschieden und ist daher die Abwägung der Vor- und Nachteile eine sehr umständliche und mannigfaltige. Zunächst sind hierbei reine Seedeiche und Flussdeiche zu unterscheiden.

Bei den Seedeichen ist im wesentlichen nur das nachträgliche Zusammensinken des eingedeichten Landes zu beachten, was durch grössere Austrocknung

oft lange Zeit hindurch stattfindet, und zwar in solchem Maasse, dass unzeitig eingedeichtes Land dadurch ganz seine natürliche Abwässerungsfähigkeit verliert, selbst wenn es anfangs hoch über dem niedrigen Wasserstande gelegen hat. Erfahrungsmässig ist an der Nordsee eine Höhe von mindestens 1,3^m über niedrigen Hochwasser für erforderlich, das Sinken des Geländes bis zu einer schädlichen Tiefe zu vermeiden. Man nennt solchen Boden „reif“. Mit solcher Höhe pflegt nämlich schon eine gewisse Dichtigkeit verbunden zu sein, während ein etwas niedrigerer Boden unverhältnissmässig weicher und wasserhaltiger ist. Bei jener Höhe des Geländes erfolgt ausserdem kaum noch eine Zunahme, weil er nur noch selten überschwemmt wird. Es ist aber fast nie zu erwarten, dass die weit von der See ab gelegenen Landflächen die gleiche Höhe mit den näher liegenden erlangen. Sie sind auch früher meist mit Torfmoor bedeckt gewesen und liegen nach dessen Abgrabung oft unter dem Spiegel des gewöhnlichen N. W. so dass sie nur durch künstliche Entwässerung trocken zu halten und nutzbar zu machen sind. Je weiter dann die äussere Eindeichung fortschreitet, desto ungünstiger wird die Lage solcher Flächen zum Aussenwasser. Im übrigen wirken Seedeiche nicht merklich auf die natürlichen Verhältnisse zurück.

Bei den Flussdeichen sind die Wirkungen mannigfaltiger: Zunächst ist zu beachten, dass das eingedeichte Land nicht mehr (wenn nicht besonders grosse Einlässe für Hochwasser geschaffen sind) die Sinkstoffe und die befruchtende Wirkung des Hochwassers, vielmehr oft nur dessen unfruchtbares und schädliches Qualm- oder Kuverwasser empfängt, dass dagegen das uneingedeichte Vorland in der Regel jene günstigen Wirkungen in verstärktem Maasse erfährt, wenn nicht etwa das Hochwasser so eingegrenzt ist, dass eine die Ablagerung verhindernde Strömung geschaffen wird.

Fast mit allen Fluss-Deichen ist eine solche Einschränkung des Hochwasserprofils verbunden, dass dadurch eine Erhöhung der Hochwasserstände erfolgt. Indem nun etwa während der letzten zwei Jahrhunderte einerseits die Zuführung des Hochwassers namentlich durch Entwaldung der Berge, durch Kulturen und Regulirung der kleineren Wasserläufe sehr zugenommen hat und andererseits aus den frühern unvollkommen und niedrig angelegten Deichen mit vielfachen Unterbrechungen jetzt hohe, starke und ununterbrochen zu beiden Seiten der Flüsse entlang geführte Deiche geworden sind, ist das Hochwasser mancher Flüsse um mehrere Meter gewachsen, auch in seiner Dauer oft um einige Wochen verlängert und sind damit die ursprünglich bei der Eindeichung der einzelnen Ländereien bestandenen Verhältnisse völlig verändert worden. Es sind thatsächlich in einzelnen Gegenden, trotz des durch gesteigerte Kultur erhöhten Bodenwerthes des eingedeichten Landes die Unterhaltungskosten des höhern und stärkern Deiches so vermehrt, die Entwässerung des Landes ist so erschwert und endlich sind die Gefahren und Schäden von Deichbrüchen so gross geworden, dass eine gänzliche Beseitigung oder theilweise Abtragung der Deiche erstlich in Frage kommt. Wenn auch schon wegen der in den Marschen liegenden Wohnungen und Verkehrs-Anstalten, sowie wegen des Getreidebaues usw. eine völlige Niederlegung der Winterdeiche nur ausnahmsweise eintreten kann, so ist doch, neben theilweiser Abtragung bis auf die Höhe von Sommerdeichen, noch die Ableitung des Hochwassers oberhalb besonders gefährdeter Punkte wie Ortschaften, in neuerer Zeit eine wichtige Frage geworden. Anstatt sämmtliches Hochwasser in dem durch die beiderseitigen Winterdeiche stark eingegengten Flussbette abzuführen, wobei die Höhe und Dauer der Anschwellung in Gefahr bringender Weise wächst, kann in manchen Fällen ein Theil des H. W. an geeigneten Stellen aus dem alten Bette abgeleitet, zwischen wesentlich niedrigeren Deichen, als die Winterdeiche sind und durch unbewohnte, dabei oft unfruchtbare Niederungen einem tiefer liegenden Punkte des Flusses wieder zugeführt werden. So gross die Vortheile durch Verringerung der Hochwassergefahr und durch Befruchtung der Umlaufniederung aber auch sind, ebenso schwer hält es solche nachträglichen Aenderungen gegen den Widerspruch von Seiten der einzelnen Anlieger oder Genossenschaften durchzusetzen.

In den Fluthgebieten der Flüsse haben die Eindeichungen vielfach die sich

auf und abwärts bewegendende Wassermenge und damit das hydraulische Vermögen der Flüsse vermindert und somit zu einer Verflachung und Verengung der Flussbetten beigetragen. In den obern Flussstrecken wird hingegen durch eine Bedeichung im allgemeinen eher eine Vertiefung des eigentlichen Flussbettes entstehen. Namentlich ist zu beachten, dass das Hochwasser in sogen. Deichengen das Bett zeitweilig sehr erheblich vertieft, und dass die losgerissenen Bodenmengen weiter unterhalb, wo das Profil etwa zu gross ist, entsprechende Ablagerungen bewirken.

III. Allgemeine Rücksichten und Regeln bei Anlegung neuer Deiche.

Nach dem Vorstehenden ergibt sich, dass an der See vorzugsweise die Reife, d. h. genügende Höhe des Landes zu beachten sein wird, wogegen bei Flussdeichen besonders genügende Weite für das Hochwasser zu dessen unschädlicher Ableitung in Frage kommt. Ferner ist hiernach auf thunlichste Erhaltung der Befruchtung des eingedeichten Landes, wenigstens des Weidelandes zu sehen. Allgemein ist ferner bei der Wahl der Linie jede plötzliche Richtungsänderung zu vermeiden, weil dies bei dem Flusse nachtheilige Wirkungen auf Strömung und an der See Angriffe durch Wellenschlag verursacht. Am Flusse muss der Deich dem Flussbette im allgemeinen folgen, so weit nicht etwa zu scharfe Krümmungen des letztern zu Abweichungen Anlass geben, um zu vermeiden, dass das Hochwasser eine andere Richtung nehme als das gewöhnliche Wasser und eine Versandung des Bettes erfolge. Wo starker Eisgang stattfindet, ist die schlanke Führung der Deichlinie auch zur bessern Abführung des Eises und Verhütung von Stopfungen wichtig.

In allen Fällen ist es erwünscht, dass der Deich ein genügend breites Vorland behalte, weil davon die Sicherheit unmittelbar, aber auch in manchen Fällen die Unterhaltungs-Fähigkeit abhängt, weil ferner jeder Deich im Laufe der Zeit eine gewisse Menge Erde zu seiner Unterhaltung bedarf, die in unschädlicher Weise nur im Vorlande gewonnen werden kann.

Um die Grösse des Durchquellens von lang dauernden Hochwassern und die Gefahr eines Durchbruchs zu vermindern, darf ein Winterdeich nicht über besonders niedrig liegendes Gelände, noch über sehr durchlässigen Boden geführt werden und muss thunlichst alle Kolke und dergl. ausserhalb lassen.

Bei jeder neuen Eindeichung muss möglichst genau der ökonomische Werth derselben, also die Steigerung des Ertrages usw. mit den Kosten der Unterhaltung, Verzinsung des Anlagekapitals usw. in Vergleich gestellt werden.

IV. Besondere Regeln für die Herstellung der einzelnen Theile und ihrer Abmessungen.

Die Höhe von Winterdeichen an Flüssen ist zu 0,6—1 m über dem höchsten Wasser (abgesehen von der Höhe des Wassers bei Eisstopfungen) anzunehmen; an der Seeküste, je nach der Lage gegen den stärksten Wind¹⁾ zu 0,6—2,5 m über dem höchsten Hochwasser. Bei Sommerdeichen geht man 0,3 m über den betr. Wasserstand und ordnet an bestimmten Stellen Ueberläufe in Höhe dieses Wasserstandes an.

Die Krone (Kappe) — welche bei guter Erde und günstiger Lage des Deiches schmaler genommen werden kann — erhält bei Winterdeichen die Breite von 2—3 m, wenn ein Fahrweg auf dem Deiche angelegt wird, 5—7 m, bei Sommerdeichen 1,0—1,5 m und wird, besonders gegen Wellenschlag, nach aussen etwas geneigt, weil dabei das Wasser wieder nach aussen abfließt.

Die Böschung ist im allgemeinen von der Erdart und dem Angriff abhängig. Für Winterdeiche wird dieselbe an Flüssen aussen 2—4-fach, an der See 3—6-fach, innen 1—2-fach, für Sommerdeiche innen und aussen 2—3-fach, nur an den Ueberlaufstellen innen 6—10-fach angenommen.

An- und Ueberfahrten werden am besten 2,5 m breit, mit angemessener Steigung schräg an der Böschung hinauf geführt, so dass besondere, vom Deichkörper getrennte Rampen vermieden werden. Statt ihrer sind, wo eine gute

¹⁾ An der Nordsee Nordwest, an der Ostsee Nordost.

Wartung gesichert ist, sielartige Durchfahrten (sog. Lücken oder Scharte) zulässig, deren Sohle etwas über dem gewöhnlichen Sommer-Hochwasser durch Herdmanern (nicht durch Spundwände, die hier der Fäulniss unterworfen sind) usw. im Grunde zu sichern und welche am besten mit doppelten Dammbalken, Schützen oder Drehthüren geschlossen werden. Unter Umständen werden bewegliche Zwischenstützen angebracht.

Bankette oder Fussesdeiche werden auf der Binnenseite entweder als Fahrweg, oder, wo bei Flussdeichen schlechtes Deichmaterial und durchlässiger Untergrund vorkommt, etwa 1–2 m über Maifeld-Höhe angelegt. Sie verhindern das Durchquellen des Aussenwassers und sind oft sehr nützlich bei der Verteidigung des Deiches.

Gräben sind aussen und besonders binnen, je nach der Erdart, mindestens einige Meter vom Deichfuss entfernt zu halten; zwischen ihnen und dem Deichfuss liegt die sogen. Deichberme.

Die Deicherde ist thunlichst von aussen, wo sie sich wieder ersetzt und in mässiger Entfernung vom Deiche zu entnehmen, wobei zwischen den sogen. Püttgruben kleine Dämme stehen bleiben, welche das rasche Wiederaufschlickern befördern. Die Erde ist am besten ein Gemisch von Thon und Sand, wobei letzterer in der Menge zwischen 15–45% vorhanden ist. Diese Mischung hat genügende Bindekraft und verhütet auch ein zu starkes Schwinden. Andere Erdarten sind nicht wasserdicht genug oder befördern den Aufenthalt schädlicher Thiere, oder haben, wie z. B. Moor, nicht genügendes Gewicht und auch keine Bindekraft. Wo nur schlechte Erde in der Nähe und gute in grösserer Entfernung vorhanden, muss die Heranschaffung letzterer auf alle Weise gefördert werden, da die Verwendung der schlechtern Erdart grösseres Profil und höhere Unterhaltungslast bedingt. Oft muss man sich begnügen, nur den Hauptkörper aus Sand und anderer weniger guten Erde herzustellen und aussen, namentlich unten gegen Wellenschlag und Durchquellen bessere Erde zu verwenden. Ebenso wird, um das Durchquellen im durchlässigen Untergrunde zu verhüten, wohl ein besonderer spundwandartiger Kern aus fetter Erde unter der Deichbasis in gutem Anschlusse an den oberen Körper angebracht.

Die Bekleidung der Deiche ist besonders für die Aussenseite wichtig; man bildet dieselbe meist aus fettem Rasen (von 10 cm Dicke und höchstens 20 cm Seitenlänge der Platten), der zeitig vor Winter gelegt sein muss, spätestens im Sommer. Besamung findet höchstens im Frühjahr oder auf der Innenseite und für unfertige Deiche statt. Busch wird nur interimistisch, Strohdeckung nur gegen Wellenschlag auf frischen oder beschädigten Deichen und fettem Klai angebracht. Das Stroh wird 10 cm hoch, von oben nach unten gehend, ausgebreitet; die Querbündel liegen in 15 cm Entfernung und werden mit Versatz durch gegabelte, 15–20 cm tief in den Boden gepresste „Nadeln“ befestigt. Eine solche Strohbestückung hält fast 1 Jahr. — Steindeckung erhält besonders der untere Theil von Seedeichen; sie wird bei mässigem Wellenschlag aus hochkantig gelegten, möglichst grossen Backsteinen auf einer Unterlage von Plattschichten gebildet, bei starkem Wellenschlag aus grossen, gespaltenen Blöcken oder Quadern, die eine Unterlage von Steinbrocken erhalten und nach Erfordern mit Zement vergossen, sowie mit Splittern usw. verzwickt werden. Gegen heftigen Eisgang muss der Deich durch schräg gestellte Pfähle geschützt werden.

Die Kappe wird am besten grün gehalten, wenn ein Weg auf derselben liegt aber mit Sand oder Kies bedeckt; Pflasterung ist zu kostspielig.

Ueber besondere Schutzanlagen vor den Deichen s. unter Ufer- und Flussbau.

Bei der Ausführung werden die Profile des Deichs in je 25 m Entfernung abgesteckt; nachdem dann das Gelände gereinigt und von Rasen und allen sonstigen Pflanzenresten befreit ist, wird die Erde in dünnen Lagen von etwa 30 cm mit Ueberhöhung aufgebracht und wenn sie nicht mit Wagen herbeigeschafft wird, festgestampft, oder auch durch Auftreiben von Pferden, angetreten. Je sandiger die Deicherde desto leichter ist diese Arbeit und desto geringer das nachherige Schwinden oder Sacken des Deichs; man pflegt denselben mit Rücksicht auf das Schwinden um $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$ zu überhöhen. Unabhängig von

dem Schwinden oder Sacken ist das Einsinken des Deiches in den weichen Untergrund, welches die Höhe des Deiches selbst zuweilen wesentlich übertrifft, und selbst erst nach längerer Zeit und auch plötzlich sich zeigt.

Die Ausführung ist stets möglichst früh im Jahre zu beginnen, damit vor Eintritt des Winters der Deich schon eine ausreichende Festigkeit erlange. Auch sind die Arbeiten thunlichst in grosser Ausdehnung anzugreifen und nicht an einzelnen Stellen so rasch zu fördern, dass die Erdschichten Zeit behalten, möglichst auszutrocknen. Der Rasen ist thunlichst frisch und auf die frische Böschung zu legen, damit das gute Anwachsen erleichtert werde. Aeltere Rasen sind mit fruchtbarer Erde zu bestreuen. Wenn ein neuer Deich nicht mehr in guter Jahreszeit geschlossen und seine Oberfläche fest werden kann, ist es besser, eine oder mehre Oeffnungen zu lassen, durch welche das Wasser in unschädlicher Weise ein- und austreten kann.

V. Deich-Aufsicht und -Unterhaltung.

Alle Deiche erfordern eine regelmässige Aufsicht und sorgfältige Unterhaltung, weil sie in der Regel mehrfach im Jahre ernstlich angegriffen werden und dabei wegen ihres unvollkommenen Materials nur in seltenen Fällen frei von Beschädigungen bleiben. Ein nicht rechtzeitig gebesserter Schaden bietet aber bei neuen Angriffen eine besonders schwache Stelle und kann Anlass zur Zerstörung geben. Hinzu kommt, dass durch langsame, aber fast ununterbrochen wirkende Ursachen, z. B. etwaiges Zusammensinken des Untergrundes oder des Deiches selbst, durch Frost, Trockenheit und Verweichen, oder umgekehrt, durch Regen und allmähliges Abschwellen, durch Maulwürfe, Mäuse usw. der ganze Deichkörper im langsamen Hinschwinden begriffen ist, so dass nach einer Reihe von Jahren fast immer eine merkliche Abnahme der Höhe beobachtet wird.

Die Aufsicht geschieht fast überall so, dass zunächst im Frühjahr, nach Ablauf der Sturm- und Hochwasser-Periode, durch die betr. Deichbehörde eine sogen. Schauung, zur Untersuchung der eingetretenen Beschädigungen und zur Bestimmung der nöthigen Herstellungsarbeiten abgehalten wird, worauf im Herbst, vor Eintritt derselben Periode, die Ausführung der in der Frühjahrschau angeordneten Arbeiten durch eine abermalige Schau kontrollirt wird. Ausser diesen 2 Haupt-Schauungen finden in einigen Gegenden noch untergeordnete Schauungen, sowie nach jeder Sturmfluth sogen. Noth-Schauungen statt.

Fast alle zu treffenden Bestimmungen werden aufgrund sogen. Deich-Ordnungen oder Statuten, grossentheils sehr alter praktischer Festsetzungen, getroffen. Dabei vertheilt sich in der Regel die Unterhaltungslast auf kleine einzelne Strecken, die zuweilen noch kleiner als 1^m sind. Diese Theile heissen Deichpfänder oder -Kabeln; die Unterhaltungspflicht der Pfänder ist mit dem Besitz eines gewissen Grundstücks untrennbar verbunden. Die sogen. Deichrolle ist das Verzeichniss aller zu einer Deichgenossenschaft gehörenden Deichpfänder, ihrer Besitzer und der deichpflichtigen Grundstücke usw. In ihr, sowie in der Deichordnung pflegt das sogen. „Deichbestick“ enthalten zu sein, welches eine Zusammenstellung über Höhen und sonstige Maasse und baulichen Einrichtungen der Deichpfänder bildet.

Während in früherer Zeit jeder Deichhalter sein Pfand selbst zu unterhalten und nach der etwaigen Zerstörung wieder herzustellen hatte, wenn er nicht schliesslich den Deich mitsammt demjenigen Grundstück, auf welchem die Deichlast ruhte, einbüssen wollte, werden in neuerer Zeit die Deiche vielfach in Gemeinschaft, sogen. Kommunion, unterhalten, wobei die sämtlichen Arbeiten auf gemeinsame Kosten ausgeführt und letztere nach bestimmtem Beitragsfusse, insbesondere nach Maassgabe der alten Pfänder, auf die einzelnen Besitzer vertheilt werden. Wegen grösserer Gleichmässigkeit und rechtzeitiger Ausführung der Arbeiten, namentlich auch wegen der erleichterten Beschaffung guter Erde da, wo vor einer beschädigten Deichstrecke kein geeigneter Boden zu haben ist, sichert die Kommunion-Wirthschaft thatsächlich bessere Ergebnisse als die Pfänder-Wirthschaft. Bei letzterer konnte oft der Deichhalter nur

mit Hilfe der Entnahme von Deicherde aus dem Binnenlande oder mit Verwendung schlechter Erde seine Deiche bestickmässig wieder herstellen.

Die Unterhaltungsarbeiten selbst bestehen zunächst in gründlicher Ausbesserung aller durch Wellenschlag, Eis usw. verursachten Beschädigungen namentlich an der Aussenböschung, wobei eine möglichst innige Verbindung der alten und frischen Erde anzustreben ist, sodann in Beseitigung aller Dinge, welche die Bildung einer dichten, festen Grasnarbe hindern, also aller fremden Körper, Pflanzen, Treibzeug, Unkraut usw. Die Erfahrung lehrt, dass Bäume, so lange sie jung und gesund sind, dem Deiche nicht schaden, im Alter oder gar nach ihrem Absterben durch die vielen alsdann hohl und faul werdenden Wurzeln, die Festigkeit des Deiches sehr beeinträchtigen. Es gilt deshalb als gute Regel, Bäume an Deichen nicht zu dulden oder sie wenigstens rechtzeitig aufs gründlichste zu beseitigen, was indessen meist schwer durchführbar ist.

Zur Verdichtung des Rasens ist das Beweiden durch Pferde und Rindvieh namentlich auf der Aussenböschung nützlich. Die Deichkrone muss, wenn sie befahren wird und nicht gepflastert ist, vor Entstehung von Gleisen geschützt und häufig mit frischer, geeigneter Erde, Sand oder besser Kies bedeckt und an ihren Kanten usw. zum Abfließen des Wassers regulirt werden. In gewissen Zeitabschnitten pflegen Erhöhungen und Verstärkungen (s. oben) nothwendig zu sein; dabei ist es am besten, nach Beseitigung der alten Rasendecke, die Aussenböschung zu erneuern, weil für diese eine gründliche Verbesserung am wichtigsten ist und wegen ihrer flacheren Neigung eher eine innige Verbindung der alten und neuen Erde erfolgt, als an der Binnenseite. Bei mangelnder Arbeitskraft können die Verstärkungen in mehrfachen Absätzen zu verschiedenen Zeiten vorgenommen werden.

Um die Höhen genau fest zu legen und leicht zu erkennen, werden aufgrund eines sorgfältigen und nach Umständen in kürzern oder längern Zeiträumen (5—20 J.) zu wiederholenden Nivellements Höhenpfähle in Abständen von etwa 100 m gesetzt (am besten von Stein oder Eisen), welche mit einer deutlichen Marke die normale Höhe des Deiches angeben und jede Abweichung sofort erkennen lassen. Da die Pfähle an dem Sacken des Deiches theil nehmen, müssen ausserhalb des Deichs Vergleichungs-Festpunkte vorhanden sein.

VI. Deich-Gefahr, -Vertheidigung, -Bruch und Schliessung von Deichbrüchen.

Alle Winterdeiche haben ihre Kriegs- und Friedenszeiten. Bei den Deichen an oberen Flussstrecken ist vorzugsweise ein lang dauernder Hochwasserstand gefährlich, bei genügender Höhe weniger durch den unmittelbaren Ueberlauf als durch Aufweichung des Deichkörpers und seines Untergrundes. Indem aber die Höhe der Deiche sich stets nach den vorher bekannt gewesenen Hochwasserständen richtet und die Zunahme der Wasserhöhen nicht vorher zu sehen ist, kommt auch fast in allen Gegenden zeitweilig eine Gefahr gegen Ueberlauf vor, und zwar um so eher, wenn die unvermeidliche Abnahme der Deichhöhe nicht beachtet worden ist.

An den Seedeichen und den Deichen im Fluthgebiet der Ströme ist vorzugsweise die Gefahr des Wellenschlags und des Ueberlaufens durch besonders hohe Sturmfluthen zu bekämpfen. Es finden die hohen Wasserstände zwar meistens nur einige Stunden lang statt; sie sind aber fast stets von Sturm begleitet oder durch ihn verursacht und es hat der Deich dabei nur mit seinem obersten und schwächsten Theile zu widerstehen. Die Mittel zur Vertheidigung sind daher bei diesen Deichen oft ganz verschieden von den an obern Flussstrecken nothwendigen.

Um das Aufweichen eines Deichkörpers bei lang dauerndem Hochwasser zu vermeiden und die an der Innenseite hervor brechenden Quellen zu stopfen, sucht man vorzugsweise die Undichtigkeit an der Aussenseite zu schliessen und damit das Wasser vom Innern des Deiches abzuhalten. Eine Dichtung von Innen her pflegt nicht zu gelingen, weil die einmal im Deiche oder Untergrund vorhandenen Wasseradern sich nach vielen Stellen hin Luft schaffen können. Die undichte Stelle an der Aussenseite verräth sich oft durch

Bildung kleiner Wirbel oder Trichter und liegt keineswegs immer der an der Innenseite sichtbaren Quellstelle grade gegenüber. Es ist dann mit schwerem Erdmaterial, welches in geeigneter Weise (Busch, Pfähle mit Bretttafeln usw.) gegen das Abschweemen zu schützen ist, die äussere Quellstelle möglichst zu belasten, was zuweilen eine Anschüttung in der Breite der ganzen Aussenböschung bedingt. Eins der wichtigsten Mittel zum Beschweren und Dichten ist der Sandsack, ein gewöhnlicher, mit Sand wässrig gefüllter und zugebundener Sack, welcher sich im Wasser jeder Form des Geländes bezw. seiner Umgebung anschmiegt und nicht leicht wegtreibt. Solche Säcke sind bei Gefahr drohendem Hochwasser rasch in grosser Menge nebst dem dazu gehörigen Sande an Ort und Stelle zu schaffen.

Gelingt die Dichtung an der Aussenseite nicht, oder sind daselbst besondere Schwierigkeiten voraus zu sehen, so versucht man die Quelle an der Innenseite durch Umschliessung und Spiegelhebung des durchgequollenen Wassers möglichst ungefährlich zu machen. Hier kommt man auf dasselbe hinaus, was bei Qualm- oder Kuverdeichen (auf deren Erhaltung bei Hochwasser sorgfältig geachtet werden muss) angestrebt wird. Nur wird man meistens in der Winterzeit durch Fangedämme und dergleichen Mittel leichter als durch Ziehen eines wirklichen Binnendeichs zum Ziel kommen.

Quellstellen in grösserer Höhe sind weniger gefährlich und durch rasches, kräftiges Niederrammen der Kappe zu dichten. Auch so lange die Quellen mit reinem Wasser fliessen, pflegen sie nicht so gefährlich zu sein, als dann, wenn sie trübes Wasser führen, oder gar merkliche Bodenmengen auswerfen.

An obern Flussstrecken, die in Thälern mit stark durchlässigem Untergrund, wie Kies usw., oder wo ein Deich über Theile älterer Flussstrecken fortgeführt ist, kann eine Deichgefährdung auch durch Aufweichen und Aufquellen des Bodens am Fusse der hinterseitigen Böschung — Grundbruch — entstehen. Gegen diese Gefahr in dauernder Weise vorzubeugen, sind verschiedene Mittel anwendbar. Ein solcher ist genau beschrieben und dargestellt in Deutsche Banzeitg. 1884, S. 359.

Der Wellenschlag wird den Deichen an der See oder an sehr breiten Flussstrecken dadurch gefährlich, dass er, mit kleinen Beschädigungen (Spülstellen) beginnend, den obern Theil des Deiches nach und nach seiner Aussenböschung beraubt und endlich die steil begrenzte Kappe zum Einstürzen bringt, d. h. den Kappsturz hervor ruft. Durch die entstandene Lücke fällt dann das Wasser mit grosser Gewalt über die schwache Binnenböschung und erzeugt hier, wenn nicht die Lücke geschlossen wird, den Grundbruch. Es ist also die Aufgabe, zunächst jede grössere Spülstelle und sodann wenigstens den Kappsturz zu verhüten. Da ein Ausfüllen jener mit Erde während der Sturmfluth unmöglich, oder wenigstens nutzlos ist, so muss man mittels anderer Materialien, namentlich Busch, die Schadenstelle zu decken suchen. Zum ersten Ausfüllen kann man Stroh, Dünger usw. benutzen, um das durch den lockern Busch dringende Wasser auch von einer weitem Vertiefung des Loches abzuhalten. Zur Bedeckung dienen ferner geflochtene Hürden sogen. Fleeken, Segel, unter Umständen auch Bretter. Auch Rohr lässt sich, ähnlich wie eine Spreitlage von Busch, mittels Würste aufnageln und schützt, mit seinen Wipfelenden nach oben gerichtet und über die Kappe hervor ragend, diese sehr wirksam. Bei grosser Höhe des Wassers und heftigem Wellenschlage brechen die Wellen grossentheils auf der Kappe, so dass auch diese zu bedecken ist.

Der beginnende Kappsturz kann nur sehr schwer gedichtet werden, wenn das Wasser nicht abfällt, wie es z. B. bei eintretender Ebbe geschieht. Am raschesten hilft dabei das Einschlagen senkrechter Bretter, die durch ein hinteres Gurtstück gestützt und geführt werden. Ist zur Ausbesserung genügende Zeit vorhanden, jedoch nicht zur wirklichen Wiederherstellung, so wird eine Art Bollwerk angebracht, vor dessen Fuss möglichst Faschinenbusch zu packen ist, um die rückfallenden Wellen unschädlich zu machen, Fig. 262.

Das Ueberströmen der Deiche bei ungenügender Höhe bewirkt vorzugsweise zunächst eine Beschädigung und Zerstörung der lockern Binnen-

böschung, sodann eine Wegschwemmung der Kappe (auch hier Kappsturz) und darnach endlich eine Durchbrechung des ganzen Deiches an den Stellen, wo der Ueberlauf am stärksten und der Deich am schwächsten war. Man bekämpft diese Gefahr vorzugsweise durch Aufhöhung (Aufkahlung) der Deichkappe, wozu Sandsäcke, schwere Rasen, Faschinen in Form von grossen Würsten, wagrecht gelegte Bretter mit Erde oder Dünger davor, Balken usw. dienen. Bei drohender Gefahr des Ueberlaufens müssen die grade zur Hand befindlichen Mittel ohne irgend welchen Zeitverlust ergriffen werden, da die kleinste Zögerung den Erfolg vereiteln kann.

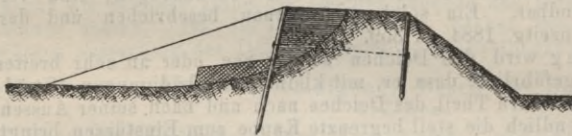
Eine seltenere Gefahr für vorspringende Ecken von Flussdeichen ist, dass sie durch den Schub grosser Eisschollen durchschnitten werden. Es ist dagegen als wirksamstes Mittel anzusehen, glatte Bäume oder Balken schräg an der Aussenböschung zu befestigen, an denen sich das Eis unschädlich hinauf schieben kann.

Sodann kommen bei schlechter Beschaffenheit der Deicherde und bei weichem und quelligem Untergrunde wohl plötzliche Absackungen der Aussen- und mehr noch der Binnenböschung vor und zwar meistens, nachdem das Hochwasser längere Zeit angedauert hat.

Die ein mal entstandenen Deichbrüche sind fast niemals während der Zeit, dass Wassereinbruch stattfindet, schliessbar, weil ein Wasserfall von meistens einigen Metern Höhe vorhanden ist und dabei keine Art von Material standhält. Man sucht das Nachstürzen der beiderseitigen Deichenden wohl durch Befestigung mit Busch einzuschränken, meist aber vergeblich.

Die Folgen der Deichbrüche sind nach den örtlichen Umständen, der Jahreszeit und dem Verhalten des Aussenwassers ungemein verschieden. Zu verzeichnen sind die schlimmsten Verheerungen mit Verlust von Tausenden von Menschenleben. Oft tritt, namentlich am oberen Flusse eine ausgedehnte Uebersandung fruchtbarer Felder ein, wenn der Strom lange Zeit durch die

Fig. 262.



entstandene Oeffnung in das Binnenland eindringt. Begünstigt wird dies durch einen sog. Rückbruch, d. h. einen von Innen nach Aussen erfolgenden Bruch eines weiter

unterhalb und tiefer liegenden Deiches. In einzelnen Fällen — bei ausgedehnten Grasländereien — hat freilich ein Deichbruch durch die Befruchtung des Binnenlandes schon mehr Nutzen als Schaden gestiftet.

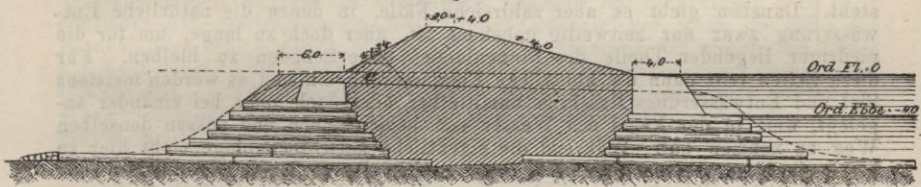
Die ganz regelmässige eintretende Folge eines Deichbruchs ist die Bildung eines durch den Wassersturz entstehenden Kolks. Der Kolk beginnt zunächst dicht unterhalb der Binnenböschung, dehnt sich aber in Folge eines langen Uebersturzes bei weichem Binnenlande oft viele Meter (50 und mehr) in dieses hinein aus und rückt ebenso, nach verschwundenem Deichkörper, in Folge der heftigen Strömung auch etwas nach aussen hin vor, letzteres freilich meist nur in obern Flussgegenden bei lang anhaltender Einstömung. Kolke erreichen zuweilen eine Tiefe bis zu 30 m. Die Tiefe und Weite des Bruches, in Verbindung mit der nach und nach sich ausgleichenden Höhe des Aussen- und Binnenwassers, setzen der Erweiterung endlich ein Ziel und zwar dann, wenn die Strömung nicht mehr imstande ist, den betr. natürlichen Boden zu lösen. Je ausgedehnter und niedriger die Marsch unterhalb des Bruches und je länger anhaltend das Hochwasser, desto grösser wird der Deichbruch.

Die Schliessung eines Deichbruchs muss baldthunlichst bewirkt werden, um wenigstens bei jedem neuen, wenn auch schwachem Hochwasser eine abermalige Einstömung und damit die Erweiterung des Bruchs zu vermeiden und andererseits das Binnenland baldigst vom Wasser befreien zu können. Da aber die meisten Brüche zur Winterzeit erfolgen und in den Marschgegenden alsdann die Materialien und Hilfsmittel schwer zu gewinnen sind, ferner die Art der Schliessung von sogen. Grundbrüchen einer gewissen Ueberlegung bedarf, so erfolgt sie meistens erst im folgenden Sommer; alle Kappstürze sind selbst-

verständlich schon bald zu beseitigen. Wo Ebbe und Fluth besteht, kann unter sonst günstigen Umständen wohl die Schliessung eines Grundbruches sofort nach Ablauf des höchsten Hochwassers versucht werden. Verfasser schloss einen etwa 10^m weiten und etwa 4^m unter Maifeld tiefen Grundbruch während einer der ersten Ebben nach dem betr. Hochwasser mit Hülfe geübter Zimmerleute und in der nächsten Nähe vorhandener Hölzer eines grösseren Schleusenbaues, indem zunächst aus langen starken Balken eine Brücke und zugleich eine kräftige Gurtung für einzuschlagende Spundbohlen gebildet wurde, deren Einschlagen zwar nur in sehr mässige Tiefe, aber bei nahezu still stehendem oder ausebbendem Wasser erfolgen konnte. Mittels zahlreicher bereit gehaltener Sandsäcke wurde diese etwa 8^m hohe Bretterwand im Grunde gesichert und gedichtet und darauf durch ein Buschbanket und Erde gegen die folgenden Fluthen abgesteift. Bei nicht rasch erfolgter Schliessung hätte der Bruch viel grössere Abmessungen angenommen.

Um einen grösseren Bruch sicher zu schliessen, führt man, je nach den örtlichen Umständen, zunächst entweder aussen oder innen um den Kolk herum im Anschluss an die zwei Deichstümpfe einen leichten Interims-Deich (Kaje-Deich). Bei fehlendem guten Boden wird statt dieses Deiches ein förmlicher Fangdamm mit beiderseitiger Holzwand hergestellt. Die Höhe braucht nur dem während der Bauzeit zu erwartenden Hochwasser zu entsprechen. Es wird durch solche Bedeichung eine einstweilige Wiederaustrocknung des überflutheten Geländes gewonnen und die für die Lagerung der frischen Erde schädliche Durchströmung bei jeder kleinen Anschwellung vermieden. — An kleinern Brüchen pflegt man solche Interimsdeiche nicht auszuführen.

Fig. 263.



Die Frage, wie der neue Deichkörper zu der Bruchstelle zu liegen hat, ist oft schwer zu entscheiden. Die Durchdeichung des tiefen Kolkes selbst ist schwierig und erfordert, um das Abrutschen der Böschungen, namentlich der innern, zu verhüten, meistens eine beiderseitige Grundlage von Faschinenwerk (Packwerk und selbst Sinkstücke). Den ganzen Deichkörper auf Busch zu setzen, ist unnütz und wegen des spätern Durchquellens nachtheilig. Nach Berechnung der Kosten für den genügend geböschten, also sehr breiten, und mit kostspieligem Faschinenwerk gesicherten Deichkörper überzeugt man sich meistens, dass eine Umdeichung des Kolkes billiger auszuführen ist.

Das billigste und daher üblichste Mittel ist es, den Kolk ganz binnendeichs zu lassen. Doch ist dies auch fast stets von einer nachträglichen Unsicherheit der fraglichen Deichstelle begleitet, da der tiefe Kolk unmittelbar hinter dem Deiche bei lang dauerndem Hochwasser den gefährlichen Quellen das Thor öffnet und die Vertheidigung erschwert. Es sollte deshalb in solchem Falle mindestens an der Binnenböschung ein breiter Fussdeich und um den Kolk herum ein Qualmdeich angelegt werden.

Am zweckmässigsten ist meist die Ausdeichung eines tiefen Kolkes, obgleich bei erheblicher Grösse desselben die Kosten wesentlich grösser werden, als bei der Eindeichung. Der erheblichste Vorzug ist dabei, dass meistens schon nach kurzer Zeit der Kolk sich durch die Sinkstoffe des Aussenwassers anfüllt und verschwindet, so dass darnach oft solche sogen. Einlagen durch nachträgliche grade Durchführung des Deiches wieder beseitigt werden können.

VII. Deichsiele oder Deichschleusen.

Dieselben vermitteln die Entwässerung oder Bewässerung des bedachten Landes, ohne den Zweck des Deiches, den Schutz gegen höheres Wasser, aufzuheben.

Um den höhern Aussen-Wasserstand nach Belieben abzuhalten oder einzulassen, und daneben auch meistens den Binnenwasser-Stand in trocknen Zeiten auf einer gewissen Höhe zu erhalten, bezw. denselben aufzustauen, sind die Siele ähnlich wie Schleusen oder Wehre eingerichtet. Obgleich sie ihrem Zweck nach als Zubehöre zu der betr. Ent- oder Bewässerungs-Anlage rechnen und meistens von der Genossenschaft zu unterhalten sind, so unterliegen sie doch als Theile der Deiche der Deichaufsicht und es wird nächst der Erfüllung ihres eigentlichen Zwecks vorzugsweise von ihnen gefordert, dass sie zu keiner Zeit die Deichsicherheit gefährden. Aus diesem Grunde ist fast allgemein ihre Konstruktion sehr sicher und oft im Vergleich zu ähnlichen, aber weniger gefährdenden Bauten schwerfällig. Sie sollen nicht nur in ihren einzelnen Theilen, namentlich den Verschluss-Vorrichtungen, auch bei dem höchsten Wasserdruck dicht halten, sondern es muss auch jede Gefahr beseitigt sein, dass die einschliessende Deicherde oder der Untergrund nur Wasser durchlasse, selbst, wenn wie bei Flussdeichen, der Hochwasserstand viele Wochen andauert.!

Die Entwässerungs-Siele werden in neuerer Zeit öfter durch Entwässerungs-Maschinen ersetzt, einestheils, weil letztere verhältnissmässig billiger und leistungsfähiger geworden sind, andernteils weil mit steigendem Bodenwerth eine tiefer wirkende Entwässerung oder auch eine Bewässerung gefordert wird. So bestehen in Holland und an der deutschen Nordseeküste manche künstliche Entwässerungen, bei denen jede natürliche Abwässerung nach dem Aussenwasser hin ausgeschlossen ist, indem letzteres stets höher als das Binnenland steht. Daneben giebt es aber zahlreiche Fälle, in denen die natürliche Entwässerung zwar nur zeitweilig gehemmt ist, aber doch zu lange, um für die niedriger liegenden Theile des Binnenlandes ohne Schaden zu bleiben. Für diese Zeiten tritt dann die künstliche Entwässerung ein und es werden meistens Siel und Entwässerungs-Maschine unmittelbar oder doch nahe bei einander angelegt, weil in der Regel das Wasser von beiden innen und aussen denselben Weg zu nehmen hat. Während die eigentliche Maschinenanlage nicht hier zu beschreiben ist, möge nur bemerkt werden, dass das im Deich liegende Bauwerk der künstlichen Entwässerungsanlage in vielen Stücken wie ein Entwässerungs-Siel beschaffen und nach denselben Regeln wie jenes zu behandeln ist.

a. Allgemeine Anordnung der Deichsiele.

Die Entwässerungs-Siele bestehen im wesentlichen aus einem kasten- oder röhrenförmigen Körper, dem eigentlichen Siel, welches im Deich liegt, und den beiderseitigen Vorsielen, welche, noch ganz oder nur zum Theil im Deiche, oder in dessen Banketten liegend, oben offen sind und vorn den Uebergang zwischen dem eigentlichen Siel und dem Aussen- und Binnentief bilden, deshalb eine Trichterform besitzen; an sie schliessen sich nach Umständen noch Flügelwände. Das eigentliche Siel besitzt fast stets an seinem äusseren Ende zwei, durch den Wasserdruck allein bewegte Flügelthüren, welche sich bei höherem Binnenwasser öffnen und bei höherem Aussenwasser von selbst schliessen. Nur ausnahmsweise dient statt dieser Einrichtung eine Klappe oder ein Schütz. Bei hohem Wasserdruck von aussen her werden zur Sicherheit zwei Paare solcher Flügelthüren hinter einander angebracht, wodurch zugleich die Einrichtung des Siels als Kammerschleuse für kleine Fahrzeuge gegeben ist. Endlich befindet sich an der Innenseite fast stets eine Schützvorrichtung, um das Binnenwasser nach Belieben zurück halten zu können.

In seltenen Fällen, namentlich wenn das Siel zugleich der Schifffahrt dient, oder wenn ausserdem das Siel weiter als etwa 5 m wird, lässt man die Decke fort und es entsteht alsdann ein sogen. offenes Siel. So weit ein solches als Schiffschleuse dient, ist das Nöthige an anderer Stelle mitgetheilt und es bleibt hier nur dasjenige zu erwähnen, was für seine Eigenschaft als Deichsiel in Frage kommt.

Die Einlass- oder Bewässerungs-Siele sind den Entwässerungs-Sielen in fast allen Stücken gleich, bis auf die Anordnung der äussern Thüren. Da die Bewässerung nur zu ganz bestimmten Zeiten geschieht und der Einlauf des Wassers meistens beliebig geregelt werden soll, so wird der äussere Verschluss gewöhnlich durch ein Schütz gebildet.

Neben solchen kleinen Einlass-Sielen kommen für einzelne grössere Marschen wehrartige Einlass-Schleusen vor, welche den Zweck haben, in einer kurzen Zeit, z. B. während einer einzigen höheren Fluth, die ganze Niederung unter Wasser zu setzen, oder welche gar aus dem Flusse einen grössern Theil des Hochwassers ableiten.

Die in Sommerdeichen vorkommenden Siele sind ganz ähnlich, nur in allen Theilen kleiner und schwächer als diejenigen in Winterdeichen. Bei der geringen Länge des eigentlichen Siels ist dasselbe meist nicht vom Deichkörper bedeckt, sondern entweder ganz offen oder mit einer kleinen Brücke überspannt, welche zugleich zur sicheren Anbringung von Thüren oder Schützen dient.

Wo die Schifffahrt von einiger Bedeutung ist, sucht man, oft erst nachträglich, die Schifffschleuse von der Entwässerungs-Schleuse zu trennen, namentlich dann, wenn auch im Binnenwasser eine Trennung beider Zwecke nützlich ist. Die durch die Entwässerung verursachte Strömung im Aussen tief hält dieses am wirksamsten von Verschlammung usw. frei und bedingt daher sehr oft die gemeinsame Benutzung eines Aussen tiefs für Entwässerung und Schifffahrt. Im Binnenwasser dagegen ist die Gemeinsamkeit fast stets unzulässig, weil für die Schifffahrt ein gleich bleibender Wasserspiegel am vortheilhaftesten ist, wogegen die Entwässerung meistens eine thunlichste Ausnutzung des niedrigen Aussenwassers verlangt.

Ausser den eigentlichen Deichsielen kommen im Binnenlande noch Siele ähnlicher Art, gewissermassen „Siele zweiter Ordnung“ vor, wenn die Höhe des Binnenlandes sehr ungleich und daher die Entwässerung der niedrigsten Theile nur dann möglich ist, wenn der Haupt-Entwässerungsgraben einen tiefen Stand erreicht hat. Um dieselben bei wieder steigendem Wasser vor zurück fliessendem Wasser zu schützen, ist die Einmündung ihres Zuleitungs-Grabens in den Hauptgraben mit einem entsprechenden Deich und Siel versehen.

b. Lage der Siele.

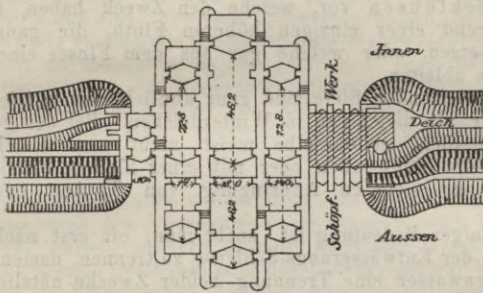
Dieselbe ist im allgemeinen durch die verschiedenen Zwecke bedingt. So wird in der Regel ein Einlass-Siel am obern Theil der betr. Niederung, ein Entwässerungs-Siel dagegen thunlichst an dem niedrigsten Theil derselben liegen, damit in beiden Fällen das natürliche Gefälle des Landes ausgenutzt werde. Da jedoch das Einlassen des Wassers meistens nur während der Winterzeit und bei hohem Wasserstande geschieht, so ist die Lage des Siels auch noch davon abhängig, ob das Wasser an der einen oder andern Stelle werthvollere Sinkstoffe enthält. Dies kommt namentlich in Frage, wenn zwei verschiedene Gewässer die Niederung berühren. Bei dem Entwässerungs-Siel aber sind ausser den Quellverhältnissen des Binnenlandes noch die des Aussenwassers zu beachten und es ist zunächst von besonderem Werthe, dass das Siel möglichst nahe an dem offenen Hauptwasser (Rezipient) liege, damit das Aussen tief möglichst kurz bleibe. Letztere leiden fast überall an Versandung oder Verschlickung, da sie oft trotz etwaiger seitlicher Verwallung von trübem Wasser bedeckt sind, ohne vom Innern her Strömung zu erhalten. Daher verursacht die Erhaltung ihrer Tiefe grosse Kosten oder, wenn hieran gespart wird, bedeutenden Gefällverlust. Sind in dem Aussenwasser, namentlich einem Flusse oder gar bei einem Zusammenfluss zweier Flüsse, wesentlich verschiedene Wasserstände neben der eingedeichten Niederung vorhanden, so ist vielleicht, trotz des bessern Binnengefälles, das Siel dahin zu legen, wo am längsten und regelmässigsten der niedrigste Wasserstand sich findet.

Nach diesen Hinweisen ergibt sich, dass zuweilen die Wahl der Lage von einer sehr weitläufigen Untersuchung, und zwar oft von einer Vergleichung zweier ganz verschiedenen Entwässerungs-Entwürfe abhängt, weil die beste Ent-

wässerung aller einzelnen Theile, sodann die Höhe der Anlage- und Unterhaltungskosten neben einander zu stellen sind.

Im einzelnen ist bei der Lage noch auf thunlichen Schutz gegen äussere Angriffe, Strömung, Wind, Eis usw., sodann auf guten Baugrund, auf die Nähe

Fig. 264.



von Wohnungen (wegen der Wartung und Sicherheit gegen etwaige Zufälligkeiten usw.) Bedacht zu nehmen. — Das Vorhandensein eines in der Richtung der Entwässerung lang gestreckten Kolkes hinter dem Siel kann eine wesentliche Ersparung an Binnengefälle bewirken. Ist mit dem Entwässerungs-Siel eine künstliche Abwässerungs-Anlage oder etwa auch eine besondere Schiffsschleuse verbunden, so wird die geeignetste Lage oft nach den

Rücksichten für diese Bauwerke zu bestimmen sein. Ein grossartiges Beispiel hierfür bieten die Anlagen an den beiden Enden des Amsterdamer Seekanals, von denen in Fig. 264 diejenige bei Schellingwoude zwischen dem grösstentheils trocken gelegten Y und der Zuider See dargestellt ist. Drei Schiffsschleusen haben zu einer Seite eine künstliche Schöpfanlage und an der andern ein der natürlichen Entwässerung dienendes offenes Siel, welches zwei Paar Fluththüren und ein Paar Ebbethüren besitzt. Nach der Nordseeseite hin, bei Ymuyden wird das Y durch ein am Ende des Seekanals neben den Schiffsschleusen liegendes Siel entwässert; eine künstliche Entwässerungs-Anlage ist hier nicht vorhanden.

Eine eigenthümliche Anordnung und Lage der Entwässerungs-Siele kommt vor, wenn vor dem Haupt- oder Winter-Deich ein Polder- oder Sommer-Deich liegt und das Entwässerungs-Tief durch die beiden betr. Landflächen als gemeinsamer Abwässerungs-Graben führt. Dann wird zwar die Leistung des hintern Siels von der Abwässerung des vordern abhängig sein; doch gewinnt ersteres durch den Wegfall eines langen, der Verschlämmung ausgesetzten Ausstiefes, an dessen Stelle das durch den vordern Deich geschützte, zwischen beiden Sielen liegende Tief tritt. Dieses kann Wasser aus der hintern Niederung noch aufnehmen, wenn das vordere Siel schon geschlossen ist und auch das hintere geschlossen sein würde, wenn dasselbe unmittelbar am Aussenwasser oder einem ungeschützten Ausstief läge.

c. Hauptmaasse der Siele.

Die Länge der Siele ist im wesentlichen durch den Querschnitt des Deichkörpers gegeben, wobei eine rechtwinklige Schneidung als Regel gelten muss, von der nur unter zwingenden Umständen abgewichen werden darf. Man könnte durch Verringerung des Deichbesticks in der Nähe des Siels dessen Länge einschränken; doch soll der Deich gerade dort vorzugsweise stark sein; es ist deshalb unter Umständen die Möglichkeit einer spätern Verstärkung des Deichs an dieser Stelle vorzusehen und das Siel vielleicht schon mit Rücksicht hierauf zu verlängern. An beiden Enden des eigentlichen Sielkörpers wird die Decke zu ihrem Schutz noch mit einer mässigen, mindestens 0,6 dicken Erdschicht bedeckt sein müssen, und ergibt sich bei einem solchen Kleinstmaass der Bedeckung die grösste Länge des eigentlichen Siels, wie Fig. 265 zeigt; es werden dabei die Vorsiele möglichst kurz. Umgekehrt kann man mit Hilfe hoher Stirnmauern das Hauptsiel bis auf die Breite der Deichkappe verkürzen, wie nach Fig. 266, erhält dann aber lange Vorsiele. Der scheinbare Vortheil, der in letzterm Falle in Verkürzung der Decke liegt, wird meistens reichlich durch die nöthige Verstärkung der hohen Seitenwände der Vorsiele

geopfert. Wo etwa binnendeichs ein Weg neben dem Deich entlang geht, muss entweder eine besondere Brücke über das innere Vorsiel angelegt werden, oder es wird die Decke nach innen so weit verlängert, dass der Weg über dieselbe fortgeführt werden kann, wobei eine mässige Ansteigung und Verschiebung nach der Kappe hin zweckmässig sein kann, um übermässige Längen zu vermeiden, Fig. 267.

Umständlicher ist in den meisten Fällen die Bestimmung der Weite für Entwässerungs-Siele und zwar besonders dann, wenn durch Ebbe und Fluth die Höhe des Aussenwassers beständig wechselt und dadurch auch das Binnenwasser in seiner Spiegelhöhe verändert wird. Je niedriger dann noch das Binnenland und je unregelmässiger die Wasser-Abfluss-Verhältnisse, desto schwieriger wird die Bestimmung. Um dabei überhaupt rechnen zu können, sind zunächst thunlichst viele Faktoren fest zu setzen oder vorläufig anzunehmen. Dazu gehört zunächst die Tiefe des Sielbodens, insbesondere der höchsten Theile desselben, wie der Schwelle (Drempel). Wenn nicht besondere Ansprüche wegen Schifffahrt zu machen, so legt man den Boden 0,5—1 m unter Niedrigwasser, aber nicht tiefer,

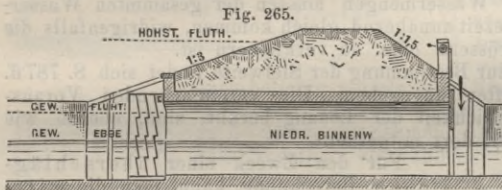


Fig. 266.

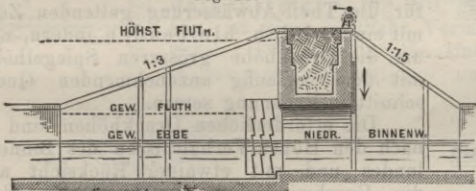
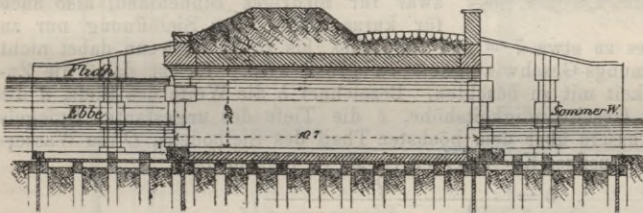


Fig. 267.



aus dem aufgespeicherten Niederschlag des fraglichen Gebiets nach Abzug der Verdunstungsmenge und aus dem etwa hinzu tretenden fremden oder Kuverwasser. Sodann ist der Stauspiegel des höchsten Binnenwassers nach Maassgabe der Höhe des Binnenlandes fest zu setzen, wobei zu beachten ist, dass während dessen grösster Höhe der Zufluss von unten = 0, der Zufluss oben jedoch mit dem gleich bleibenden Zufluss überein stimmend ist. In der Höhe zwischen Stauspiegel und dem (berechneten) Ebbspiegel muss sich während der Verschlusszeit des Siels der ganze Zufluss des Gebiets sammeln können; hierbei werden grosse Zuflussgräben in der untern Gegend eine merkliche Hilfe leisten. Beim Ebbspiegel muss noch der gleich bleibende Zufluss, den das Binnenland erhält, gut abgeführt werden. Der Stauspiegel wird mit seinem tiefsten Punkt höher liegen müssen, als der tiefste Punkt des äusseren Ebbestandes, weil im Siel selbst und im Aussentief ein grosses Gefälle verloren geht und

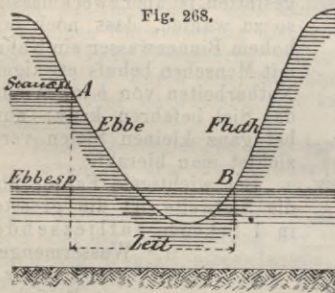
weil anders selten das Aussentief sich genügend rein erhalten lässt und eine erheblich grössere Tiefe des Siels bei hoher Sohle des Aussentiefs wenig nützt. Die Höhenlage der Siel-Decke soll mindestens eine freie Abwässerung gestatten, ist aber zweckmässig so zu wählen, dass noch bei hohem Binnenwasser ein Kahn mit Menschen behufs etwaiger Notharbeiten von *b* innen aus das Siel befahren kann; nur bei ganz kleinen Sielen verzichtet man hierauf.

Der wichtigste Faktor für die Sielweite ist die grösste in 1 Sekunde zu fließende

Wassermenge, aus welcher mit Berücksichtigung des zeitweiligen Verschlusses erst die in 1 Sek. abfließende zu berechnen ist. Der Zufluss bestimmt sich

bei wieder auflaufender Fluth bald der Zeitpunkt eintritt, wo sich das Gefälle im Aussentief umkehrt. Diese am sichersten aus benachbart liegenden Sielen erkennbare, in der Regel 0,2 bis 0,4 m betragende Höhe des innern Ebbspiegels über den äussern ist nach Auftragung der (äussern) Fluthkurve von dem untern Theil derselben abzuschneiden. Alsdann giebt, Fig. 268, der innere Stauspiegel auf dem Ebbeast der Fluthkurve den Punkt *A* als den Anfangspunkt und den Theil *A* bis *B* der Fluthkurve als die Zeit, während welcher Abfluss durch das Siel stattfindet und zugleich, wenn man sich zwischen *A* und *B* eine der Aenderung des (innern) Stauspiegels entsprechende Linie gezogen denkt, das Bild der Gefällverhältnisse der ganzen Auswässerung an. Wenn sodann diese Zeit in eine Anzahl gleicher Theile zerlegt und für jeden die mittlere Höhe des Aussenwassers aus der Fluthkurve entnommen wird, so lässt sich bei vorläufiger Annahme der Weite und damit des jeweiligen Querschnitts, sowie nach Annahme eines gewissen Druckhöhen-Verlustes im Siel die innerhalb jedes Zeitabschnittes im Mittel für 1 Sek. abfließende Wassermenge berechnen. Die so bestimmten Wassermengen müssen der gesammten Wassermenge für eine Fluth- und Ebbezeit annähernd gleich kommen, widrigenfalls die angenommene Weite zu vergrößern oder zu verkleinern ist.

Ein direktes Verfahren zur Bestimmung der Sielweite findet sich S. 787 ff. in Bd. 1 der Hilfswissenschaften angegeben. Die vereinfachenden Voraussetzungen, auf welchen die Möglichkeit der Lösung beruht, sind, ebenso wie die Anwendung auf ein Beispiel, dort mitgetheilt.



Für den Zweck einer überschläglichen Berechnung kann man die mittlere Höhe des äussern Wasserstandes jener für die Theil-Abwässerung geltenden Zeit, mit einer gleich bleibenden innern, nur um die Druckhöhe grösseren Spiegelhöhe mit dem vorläufig anzunehmenden Querschnitt in-Rechnung setzen.

Die erforderlichen Druckhöhen sind je nach den Höhen-Verhältnissen des Binnenlandes und mit etwaiger Rücksicht auf die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers klein oder gross zu nehmen, und zwar für niedriges Binnenland, also auch für kurze Dauer, der Sielöffnung nur zu 3 cm, für mittleres zu etwa 7 cm und für hohes bis zu 15 cm, wenn dabei nicht etwa die Ausströmungs-Geschwindigkeit zu gross wird. Es ist dabei die Zufluss-Geschwindigkeit mit zu beachten. Bezeichnet *b* die Weite des Siels, *d* die Druckhöhe, *h* die Geschwindigkeitshöhe, *t* die Tiefe des ungestauten Spiegels oder des Aussenwassers über dem höchsten Theil des Sielbodens, *O* die Wassermenge und μ den Ausfluss-Koeffizienten (i. M. = 0,8), so ist:

$$b = \frac{Q}{\mu \left(\frac{2}{3} d + t \right) \sqrt{2g(d+h)}}^1$$

Die nach den Abmessungen usw. ausgeführten Siele hergeleiteten Durchschnitsangaben über Weiten im Vergleich zum Abwässerungs-Gebiet sind so sehr auseinander gehend, dass sie einzig zeigen, wie wenig den Bedürfnissen entsprechend bei vielen Anlagen verfahren worden ist.

Um sicher zu rechnen, sind die Verhältnisse (auch die Fluthkurven), welche in den besonders maassgebenden Zeiten obwalten, gehörig zu berücksichtigen. Für die meisten Gegenden Deutschlands pflegen dies die Monate März und April zu sein, wo der Pflanzenwuchs wieder kräftiger wird, das etwa ohne Schaden im Winter überschwemmte Land trocken werden muss und auch die grösste Wassermenge etwa in Form von Schnee sich angesammelt hat.

¹⁾ Noch andere Formeln mit Anwendungen auf einen bestimmten Fall sind mitgetheilt Deutsche Bauzeitg. 1884 S. 54 ff.

Für Entwässerungs-Siele oberhalb des Fluthgebiets, sowie für Bewässerungs-Siele ist die Bestimmung der Weite einfacher, weil ein grösserer Zeitraum, etwa 8 oder 14 Tage, zum Durchfluss des Wassers zugebete steht, während dessen wenigstens für mässige Zeitabschnitte der äussere und innere Wasser-
spiegel als unveränderlich angenommen werden dürfen.

Bauweise der Siele. Für die kleinern Holz-siele bis etwa 1 m Weite ist die Verschlussvorrichtung gleichzeitig mit dem Sielkörper zu beschreiben. Diese kleinen Siele, wie sie selten zur Entwässerung bei Hauptdeichen, vorzugsweise aber in Binnendeichen und Wegen für untergeordnete Wasserläufe, sodann bei Bewässerungen usw. angelegt werden, sind als sogen. Bohlen-Siele nach Fig. 269 zu zimmern. Die im Längsschnitt und in der Ansicht dargestellten

Fig. 269.

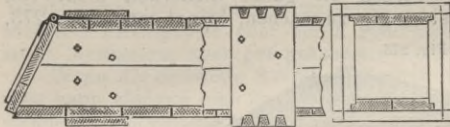
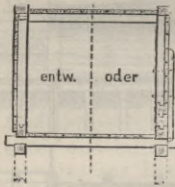


Fig. 270.



auch beliebig mittels einer Stange usw.; doch lässt sich auch dort sowie innen ein Schütz anbringen. Die Bohlenstärke ist zu 5—10 cm zu nehmen. Nach Umständen ist Eichenholz oder Nadelholz zu wählen.

Die grösseren Holz-siele bis etwa 3 m Weite werden in ihrem Hauptkörper entweder als Ständersiele oder als Balkensiele, s. Fig. 270, gebaut; auf der rechten Seite der Fig. ist eine mögliche Vermischung beider Systeme angegeben. Die Ständer-Siele sind wegen der viel schwächern Hölzer weit vergänglicher und sollten nur zu vorläufigen

Fig. 271.

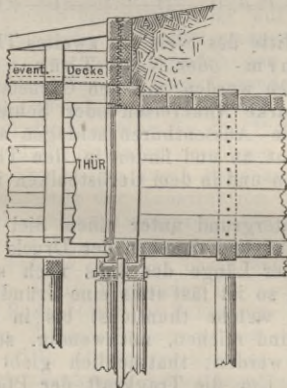
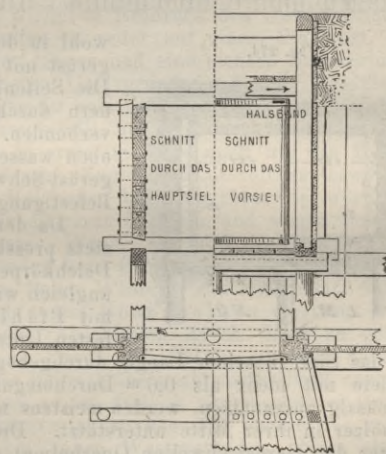


Fig. 272.



Zwecken dienen. Ihre den Holzbohlwerken ähnliche Bauweise wird jedoch auch bei fast allen Balkensielen für deren äussere und innere Vorsiele angewandt, weil hier eine Reparatur oder Erneuerung leichter möglich und die Bauweise der Balkensiele schwer durchführbar ist. S. Fig. 271 u. 272.

Da die Balkensiele aus fast gleich starken Hölzern zusammen gesetzt werden, so halten sie bei dem nahezu gleichen Angriffe länger mit einander aus. Alles Holz, mit Ausnahme des Grundwerks, ist bestes Eichenholz, mit möglichst einfachen Verbindungen. Die mit facher Nuth und

Feder versehenen Seitenbalken müssen durch äussere, etwa 1,5–2 m entfernte Ständer mit Schrauben gehalten werden. Ihre Stärke ist mit Rücksicht auf die Fäulniss etwa 15–25 cm und ihre Höhe mindestens 30 cm. An den Enden werden sie unter sich mit Hakenblatt versehen und ihre Stösse verwechselt. An den Thürständern greifen sie mit halber Dicke ein. Weil die Bodenhölzer von dem im Wasser mitgeführten Sand oft sehr stark abgerieben werden, die Deckbalken besonders stark von Fäulniss leiden und sie ausserdem das Gewicht der Decken zu tragen haben, so werden die Hölzer für Boden und Decke noch stärker als die Seitenbalken, nämlich bezw. 17 zu 25 und 20 zu 36 cm stark genommen.

Die sogen. Thür- und Schützgerüste aussen und innen werden aus wesentlich stärkern Hölzern gezimmert; hier werden auch stets Querspundwände gesetzt. Um bei hohem Wasserdruck die ganze Sicherheit nicht von der äussern Verschluss-Vorrichtung abhängig zu machen, bringt man, Fig. 273,

Fig. 273.

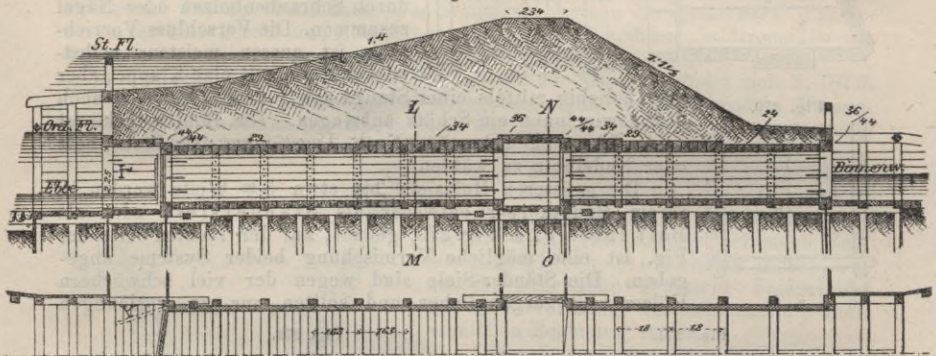
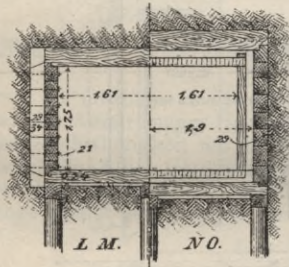


Fig. 274.



wohl in der Mitte des Siels ein zweites Thürgerüst mit Sturm- oder Noth-Thüren an. Die Seitenbalken werden mit den Gerüstständern durch starke Ankereisen oder Schienen verbunden. Die Aussenthüren schlagen auch oben wasserdicht an und finden in den Thürgerüst-Schwellen und in dem Gerüstbalken ihre Befestigung.

Da der Untergrund unter einem Siel fast stets pressbar ist und daneben der Druck des Deichkörpers der Länge des Siels nach sehr ungleich wirkt, so ist fast stets eine Gründung mit Pfählen, welche thunlichst bis in den festen Untergrund reichen, notwendig, sonst würde das Siel in seiner Länge durchgebogen werden; thatsächlich giebt es alte Siel mit mehr als 0,6 m Durchbiegung. Um die Tragkraft der Pfähle zweckmässig auszunutzen, werden meistens nur die Seitenwände, nicht auch die Bodenhölzer in ihrer Mitte unterstützt. Die Pfähle erhalten Längsholme und nur unter den Gerüstschwellen Querholme; auf jenen liegen sämtliche Bodenhölzer und zwar die meisten ohne Ueberstand, damit die Erde, ohne einen Wassersack zu bilden, sich setzen kann. Nur diejenigen Hölzer, welche die Hinterständer tragen, erhalten zur Verzapfung derselben etwas grössere Länge, ebenso wie die zugehörigen Deckbalken. Die Pfähle werden nach der Mitte des Deiches hin dichter gesetzt, auch wohl stärker und länger genommen, dies namentlich, wenn der feste Boden nicht erreichbar ist. Auch wendet man wohl (mehr jedoch bei steinernen Sielen) von der Mitte und nach beiden Seiten hin geneigte Schrägpfähle an, welche das Zerreißen des Siels verhindern sollen.

Aussen unter den Gerüsten werden noch an den Enden der Vorsiele, dort jedoch in der Regel schwächere Quer-Spundwände angebracht. Neben den Gerichten sind die Spundwände als Flügel-Spundwände bis zur Höhe der Sieldecke fortzuführen, weil die grösste Gefahr, die ein Siel erleidet, in der Hinterfüllung gegeben ist. Die Thürgerichte können, wie in Fig. 273, noch im eigentlichen Sielkörper oder, wie in Fig. 271, an deren Ende liegen. In letzterem Falle wird aber auch zwischen den Ständern des Vorsiels meist eine Decke angebracht, um die Thür vor der Wirkung der Sonne zu schützen. An den Stirnen werden meist starke zusammen gebolzte Balken auf einander gelegt, um den Druck der Deichböschung aufzunehmen und diese gegen Wellenschlag zu schützen. An der Binnenseite tragen diese Balken die Schützvorrichtung. Statt der Balken kann man auch eine aufgeständerte Wand anbringen.

Alles Holzwerk des eigentlichen Siels wird sorgfältig bearbeitet, am besten behohlet und, um möglichst wasserdicht zu schliessen, in den Fugen mit getheertem Fliesspapier oder dergl. gedichtet. Alles Eisen wird am besten verzinkt, wenigstens aber gut getheert. —

Wenn die Sielweite 3^m überschreitet, wird der Holzbau sehr schwerfällig; man kann alsdann eine Zwischenwand — oder etwa nur eine Reihe von Mittelständern einschalten, welche Decke und Boden gegen einander abstützen und selbst durch Grundpfähle nebst Längsholm unter den Bodenbalken gegen Versacken schützen.

Massive Siele werden entweder als sogen. Plattensiele oder als gemauerte und gewölbte Siele ausgeführt. Erstere bestehen aus dünnen, aber festen Steinplatten (meist Sandstein), die mit schwachen Falzen gegen Verschiebung gesichert werden. Sie sind in neuerer Zeit kaum mehr gebaut worden und auch nur bei geringen Weiten anwendbar; dabei leiden sie meistens an Undichtigkeit. Nur in Sommerdeichen usw. kann bei dem Vorhandensein guter und billiger Platten diese Bauweise noch in Frage kommen.

Das aus Backsteinen gemauerte gewölbte Siel bietet in der Regel die meisten Vorzüge. Das Gewölbe von 1—2 Stein Dicke überträgt bei Weiten von 3—5^m den Druck eines festen Deiches völlig sicher auf die Seitenwände, in welchen der unmittelbar auf sie wirkende Erddruck den Gewölbschub zum Theil aufhebt. Die Seitenmauern ruhen entweder auf einem Pfahlrost, wobei dessen Querholme zugleich den Boden tragen und eine sichere Querverbindung abgeben, oder bei hoch liegendem festen Untergrunde auf einer Betonschicht, welche ebenfalls quer hindurch reicht. In beiden Fällen wird meist ein flaches verkehrtes Gewölbe für den Boden hergestellt, um dem durchfliessenden Wasser eine glatte Sohle zu gewähren und in ersterem Falle noch um das Holz vor dem Abschleifen durch Sand zu schützen. Zugleich dient solches Gewölbe zur Verstärkung der Konstruktion. Ein Holzboden bei steinernem Siel würde nicht die dem Ganzen entsprechende Dauerhaftigkeit besitzen und wegen Schwierigkeit der Reparatur unzweckmässig sein. Wenn, wie z. B. in dem Vorsiel vor den Thüren oder aus besondern Gründen kein Gewölbe anzubringen, aber eine grosse Weite vorhanden ist und ein hoher Wasserdruck stattfindet, so muss der Boden (wie bei Schleusen) durch sogen. Spannbalken verstärkt werden, deren Zwischenmauerung sie vor dem Abschleifen durch Sand zu schützen hat. Das Deckengewölbe ist in der Regel ein Halbkreis, weil dabei der Druck zweckmässig übertragen und die lichte Höhe noch vortheilhaft ausgenutzt wird. Ist genügende Höhe vorhanden, so ist freilich ein überhöhtes Gewölbe, dessen Bogen aus 3 Mittelpunkten konstruirt ist, Fig. 275 noch etwas vortheilhafter für das Befahren des Siels bei hohen Wasserständen. Muss aber die Weite grösser als 5^m sein, so wird die Zweckmässigkeit der Ueberdeckung des Siels fraglich, und wird meistens besser ein offenes Siel gebaut, zumal dann, wenn auch kleinere Fahrzeuge hindurch zu fahren haben. Statt des Gewölbes mit Erdüberschüttung ist dann eine feste oder bewegliche Brücke anzulegen. Nur wenn die Schifffahrt nicht in Frage kommt, werden zur Verminderung zu grosser Einzelweiten wohl mehrere Siele von geringer Weite neben einander gebaut.

Für die Konstruktion im einzelnen sei empfohlen, die Gewölbe aus guten

Klinkern in hydraulischem Mörtel zu mauern und gut abzudecken, auch die innern vom Wasser berührten Flächen der Seitenwände in Klinkern herzustellen. Die Seitenwände sind an der Hinterseite nicht abzutrepfen, sondern nach Fig. 275 in einer einzigen schrägen Fläche aufzuführen, damit die Erde des Deiches stets gut und gleichmässig sacken und sich dicht an das Mauerwerk anlegen kann. Die, mindestens an dem vordern und hintern Stirnende im Untergrund anzubringenden Spundwände sind als hölzerne oder gemauerte Flügelwände an den Aussenseiten des Siels fortzuführen und ausserdem sind zur Unterbrechung von Wasseradern mehrfach senkrechte Absätze und Vorsprünge im Mauerwerk anzubringen. Eine besondere Gefahr besteht bei massiven Sielen, die auf weichem Untergrund erbaut sind, darin, dass der Schub des hohen Deichkörpers, namentlich nach hohem Wasserständen zunächst gegen die Seiten- und Flügelwände der Vorsiele wirkt und an der schwächsten Stelle ein Zerreißen hervor ruft. Hiergegen ist Mauerwerk weniger geschützt als Holzkonstruktion. Deshalb muss zunächst in den Verbindungen des Rostes der Vorsiele mit dem des Hauptsiels, sodann aber durch Anwendung von Schrägpfählen unter den Flügelmauern und unter dem Hauptsiel selbst die nöthige Sicherheit gewonnen werden. —

Der äussere Verschluss, in der Regel Stemmthüren, sowie der innere, ein Schütz, werden ähnlich wie bei den hölzernen Schleusen angebracht. Weil an einem massiven Siel Alles solider sein kann, so wird im Innern selten ein zweites Thürpaar ausgeführt. Aus Fig. 266, 267 ergibt sich, wie solches ohne besondere Schwierigkeit geschehen kann, wenn die innern Thüren

Fig. 275.

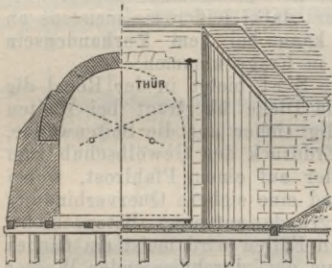
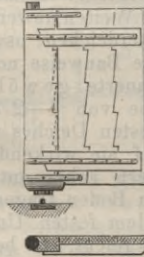


Fig. 276.



nicht auch wie die äusseren einen obern Anschlag erhalten. Zum Anschlag der Thüren, also in den Wendenischen usw. werden Quader benutzt; nur die Schwellen sind meist aus Eichenholz gezimmert, weil dabei weit leichter ein dichter Anschluss an das Grundwerk zu erzielen ist.

Alle Einzelheiten der Schwellen, Nischen usw. sind wie bei den Schleusen, jedoch mit der Einschränkung, dass der Vorsprung des Drempels bei den Sielen meist viel geringer ist, und zwar vorzugsweise deshalb, weil auch oben ein Anschlag stattfindet. Bei sehr weiten Sielen wird dieser obere Anschlag wohl als frei vortretende Holzkonstruktion gebildet und die Stirn übrigens in einheitlicher ebener Fläche gemauert.

Die Seitenwände der Vorsiele müssen mindestens um die Dicke der Thüren oder den Anschlag der Schützen zurück springen und ausserdem schräg gerichtet sein, weil die Thüren meist nicht ganz geöffnet sind und damit der Ein- und Auslauf des Wassers mit möglichst wenig Druckhöhen-Verlust durch Kontraktion geschehe. Die Seitenwände sind dabei mit Dammfalzen zur Abdämmung des Siels versehen; s. Fig. 267.

Zum Verschluss der Siele dienen auf der Aussenseite fast stets Stemmthüren, die oben und unten anschlagen; der Drempelvorsprung beträgt aber nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$, so dass bei Holzböden der Drempel aus einem Stück gefertigt werden kann. Grosse Sielthüren werden wie Schleusenthüren hergestellt, kleine, bis etwa 2^m Breite jedoch nur aus senkrechten, am besten verzahnten Bohlen, Fig. 276. In Betreff der Zapfen ist unter Schleusen-Thüren nachzulesen. Der ganze Verschluss muss durchaus dauerhaft und widerstandsfähig gegen Stösse gearbeitet sein. Die Thüren müssen bei steigendem Aussenwasser selbstthätig schliessen, wozu eine Sperrvorrichtung an den Seitenwänden anzubringen ist, welche es verhindert, dass die Thüren über die parallele Lage zur Axe hinaus sich öffnen. Noththüren im Innern des Siels anzuordnen, ist nicht zweck-

mässig; besser ist es, am Binnenende ein zweites Thorpaar anzubringen, um den Wasserdruck zu vertheilen. Die Innenseite des Siels ist stets noch durch ein Schütz verschliessbar zu machen, um das Binnenwasser in trocknen Zeiten (für die Viehtränken usw.) zurück halten zu können; auch dient dasselbe zur Noth gegen Aussenwasser. Die Bauweise und Windevorrichtung der Schütze ist wie bei den Schützenwehren. —

Besondere Einlass-Siele sind ausser mit einem Schütz für das Binnenwasser auch mit einem solchen gegen das Aussenwasser zu versehen, wenn nicht etwa das Schütz von beiden Seiten Druck ertragen kann.

In Entwässerungs-Sielen wird zuweilen ein kleines Schütz in den Aussenthüren angebracht um Aussenwasser einzulassen; diese Vorrichtung ist jedoch nur von geringer Wirkung.

F. Kanalbau.

Litteratur.

Hagen. Handb. d. Wasserbaukunst. — Michaelis. Rhein-Weser-Kanal. — Hess. Weser-Eibe-K. — Minard. — Malezieux. — Handbuch der Ingen.-Wissensch. Bd III. — Bellingrath. Bau u. Betrieb eines deutsch. Kanalnetzes. — Stevenson. *Canal and river Engineering* — Storm-Buysing. *Waterbouwkunde*.

I. Allgemeines über Transport auf Kanälen.

Grundbedingung einer Kanal-Anlage ist es, billigere Frachten und grössern Massentransport zu ermöglichen, als auf Strassen und Eisenbahnen durchführbar.

Die Kosten des Transports sind besonders von der Zugkraft abhängig, welche sich auf Kunststrassen, Eisenbahnen und ruhigem Wasser, also Kanälen, verhält bezw. etwa wie $1 : \frac{1}{5} - \frac{1}{6} : \frac{1}{50} - \frac{1}{70}$. Auf Kanälen sind aber wiederum die Kosten abhängig von der Grösse der Fahrzeuge, und ändern sich mit diesen etwa im umgekehrten Verhältniss, weil bei geeigneter Schiffsform die Zugkraft und die Kosten des Schiffes nur sehr langsam wachsen und die erforderliche Mannschaft fast dieselbe bleibt. Sodann werden die Transportkosten von der Zahl der Schleusen oder der Länge der Haltungen bedingt, weil bei jeder Schleuse ein Aufenthalt von (etwa $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ Stunde) ohne Wegfall der Kosten stattfindet, dagegen noch besondere Schleusen-Abgaben hinzu kommen. Auf längern Strecken verkehrsreicher Kanäle verhalten sich bei Haltungen von $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 8 km Länge die Kosten rd. wie 500, 250, 110, 50, 40 für gleiche Last und Länge. Dem Vorzug geringer Kosten steht als Nachtheil die geringe Geschwindigkeit gegenüber. Für Pferdezug ist zu rechnen i. M. auf offener Strecke $3 - 3\frac{1}{4}$ km für 1 Stunde, bei Dampfschlepp- und Ketten- oder Seil-Zug, wenn der Kanal nicht zu eng, reichlich das Doppelte. Aber je grösser die Schleppzüge, desto grösser ist auch die Verzögerung durch das Schleusen.

Ferner ist nachtheilig, dass die Kanäle je nach dem Klima, in Deutschland $1\frac{1}{2} - 4$ Monate (im Nordwesten am wenigsten, im Nordosten am längsten), des Eises wegen unbrauchbar sind, der Transport also auf Güter beschränkt ist, die nicht eilig sind, oder deren Verbrauch auf längere Zeit entweder nicht nöthig oder im voraus zu ermassen ist, also besonders auf Rohprodukte. Die Anlage der Kanäle ist deshalb nur da von Vortheil, wo der Austausch solcher Erzeugnisse möglich (also in Gegenden verschiedener Bodenbildung), wo grosse Abmessungen und lange Haltungen der Kanäle erreichbar; sonst sind Eisenbahnen vortheilhafter. Bei Vergleichung der Ertragsfähigkeit ist indessen für den Staat zu beachten, dass der Betrieb auf den Eisenbahnen Monopol, auf den Kanälen dagegen freies Gewerbe ist, also dort eine unmittelbare, hier nur eine mittelbare Verzinsung stattfindet.

Gegen Flüsse sind die Kanäle im Vortheil durch Sicherheit und Unab-

hängigkeit von Hochwasser, und dadurch, dass sie einen beliebigen Tiefgang, also den Verkehr grösserer Schiffe gestatten, im Nachtheil aber durch längeres Eis und event. durch die Zahl der Schleusen. Es kann also mitunter zweckmässig sein, einen Kanal neben einer ungünstigern Flussstrecke zu bauen.

Zu unterscheiden ist ferner, ob ein Kanal zur Verbindung von schiffbaren Flüssen oder als selbstständige Wasserstrasse dient; der Nutzen der Kanäle ist um so grösser, je zahlreicher ihre Verbindungen mit schiffbaren Flüssen sind.

Ein wesentlicher Vorzug der Kanäle, besonders für die Landwirtschaft, ist ferner, dass die Schiffe an jeder Stelle be- und entladen werden können; zuweilen ist ein Kanal auch zur Be- und Entwässerung zu benutzen.

Kanäle für Seeschiffe oder sogen. Seekanäle sind nach den Regeln des Seeverkehrs zu beurtheilen; sie dienen vorzüglich nur als Abkürzung des Weges und es ist daher wichtig, dass sie eine möglichst rasche und ungehinderte, von wenig Schleusen unterbrochene Fahrt gestatten.

Es giebt Seekanäle, welche wie die Binnenschiffahrt-Kanäle in mehrere Haltungen zerfallen, ferner solche mit nur einer, aber durch Schleusen von den zu verbindenden Meeren abgeschlossenen Haltung, und endlich Kanäle, die eine schleusenfreie Verbindung zweier Meere herstellen.

II. Linie und Längenprofil.

Nach der allgemeinen Festlegung erfolgt die genauere Aufsuchung der Linie stets nach dem Augenschein mit Hülfe einer möglichst mit Horizontalkurven ausgestatteten Karte und eines Geschwindigkeits-Nivellements. Es ergeben sich hieraus meist 2 oder 3 in Bewerb tretende Linien; die schliessliche Bearbeitung des Entwurfs erfordert ein genauestes Nivellement mit Querprofilen in, je nach den örtlichen Verhältnissen bald kürzern, bald längern Abständen.

Bei der Wahl einer Linie ist vorzugsweise auf möglichste Vermeidung von Schleusen zu sehen, an deren Stelle meist ein Umweg von 2—4 km in der Anlage und im Betrieb vortheilhafter ist, ferner auf Vermeidung von tiefen Einschnitten, welche grosse Anlagekosten erfordern, und von hohen Dämmen, welche neben ihrer kostspieligen Anlage und trotz der etwa in 3 km Entfernung angelegten Sicherheitsthüren stets gefährlich bleiben. Krümmungen wähle man möglichst schwach und zwar den Halbmesser mindestens = $5\frac{1}{3}$ mal der Schiffslänge, also für Schiffe von 35, 45, 55 m Länge rd. 200, 250, 300 m Halbmesser. Sie sind dabei nur so weit zulässig, dass noch 2 der grössten Schiffe sich begegnen können; nöthigenfalls kann zum bequemern Durchfahren das Kanalprofil in der Krümmung verbreitert werden. Bei breiten Kanälen empfehlen sich schwache Krümmungen wegen des geringern Wellenschlages.

Wenn es grosse Schwierigkeiten verursacht, einzelne höher oder tiefer gelegene Orte mit der Kanallinie zu berühren, so führt man event. Zweigkanäle nach denselben, eine Anordnung, die namentlich für den durchgehenden Verkehr von Vortheil ist. Auf der Wasserscheide lege man die Scheitelstrecke der leichtern Speisung wegen möglichst niedrig.

Tunnels sind mehr als beim Eisenbahnbau zu vermeiden und sollten stets gerade sein.

Schleusen erhalten 2—3 m Fall und sind so zu legen, dass die einzelnen Haltungen bei guter Speisung die geringste Erdarbeit in der Anlage erfordern und die obere Haltung möglichst wenig im Auftrage, höchstens um die halbe Wasserhöhe über dem Gelände liegt.

An steilen Abhängen sollten Kanäle nie ohne Noth entlang geführt werden, um Gefahr und Wasserverlust durch Einsickern zu vermeiden, und der Wasserspiegel muss möglichst überall unter dem Grundwasser liegen.

Wenn ein Kanal in einen Fluss mündet, so legt man die Schleuse möglichst nahe an den Fluss, um die Gefahren der Versandung und des Hochwassers gering zu machen, die Mündung des Kanals in die Konkave, abwärts gerichtet, mit Ausnahme für den Anfang eines Kanals, welcher neben einem Flusse entlang geht. Würde die letzte Haltung entweder erheblich über dem Niedrigwasser des Flusses liegen oder sehr kurz werden, so sind Kuppel-

schleusen (und zwar event. mehrfache) zweckmässig. Liegt das H.-W. des Flusses erheblich über dem Normalspiegel der letzten Haltung, so sind Fluththüren nöthig, die zuweilen in die Deichlinie des Flusses gelegt, oder wenn ein Kostenvergleich dafür spricht, auch durch eine entsprechende Verwallung am Kanal ersetzt werden können. Ob 1 oder 2 Paar Fluththüren anzuordnen sind, ist von der Höhe des schiffbaren Wassers im Flusse und der zulässigen Höhe im Kanal abhängig.

Da Bäche oder kleine Flüsse, welche die Kanallinie kreuzen, nicht durch das Bett gehen dürfen, sondern in der Regel unterführt werden müssen, so ist, wenn nicht dazu passende Höhe vorhanden, entweder der Bach zu verlegen oder die Kanallinie zu verschieben.

Das Gefälle der einzelnen Haltungen ist in der Regel = Null; nur in Moor-Kanälen usw., welche häufig (mittels Ablassens der Haltungen) gereinigt werden müssen, ferner wenn unterhalb einer langen Haltung starker Wasserverbrauch stattfindet, der aus derselben gedeckt werden muss, und wenn der Kanal zur Be- und Entwässerung dient, ist ein entsprechendes Sohlen- und (veränderliches) Spiegel-Gefälle nöthig.

Obleich Schleusen wegen ihrer Bau- und Unterhaltungskosten, wegen des durch sie veranlassten Aufenthalts für die Schiffe (in der Regel etwa 20 Min.) und wegen des Wasserverbrauchs thunlichst zu vermeiden, dagegen möglichst lange Haltungen erwünscht sind, so bilden die Schleusen doch bei weitem das gewöhnlichste Mittel zur Ueberwindung zusammen gefasster Gefälle. Nur die in wenigen Fällen zur Anwendung kommenden Vorrichtungen zum Ersatz von Schleusen werden hier noch kurz zu besprechen sein.

Geneigte Ebenen, von denen es zwei Arten giebt, nämlich mit Aufnahme-Schleusen am höchsten Punkte und ohne solche, statt welcher dann eine vor dem Hochwasser angeordnet ist, werden mit Vortheil da angewendet, wo bei geringer zur Verfügung stehender Wassermenge eine grosse Höhe auf kurze Strecken überwinden werden muss. Ausserdem können geneigte Ebenen eingelegt werden, wenn durch eine Zusammenziehung der auf einer Kanalstrecke zu überwindenden Gefälle die für einen regelmässigen Betrieb nöthigen langen Haltungen dadurch gewonnen werden. Die Schwierigkeit, den für grössere Schiffe erforderlichen Wagen so einzurichten, dass die Last auf eine grössere Anzahl Räder gleichmässig vertheilt wird, scheint durch Herstellung des sogen. hydrostatischen Wagens, durch Bellingrath, gelöst. Bei diesem schwimmt gewissermaassen die Plattform, auf welcher die zu hebeden Schiffe liegen, auf Kolben, die sich wasserdicht in Gehäusen bewegen, welche durch Röhren mit einander in Verbindung stehen. Die Kolbengehäuse sind über den Achsen der Räder gelagert, der Druck auf die einzelnen Achsen muss daher, abgesehen von der Wirkung der Reibungs- usw. Widerstände, gleich sein¹⁾.

Es sind Entwürfe aufgetaucht, Seeschiffe mit Hilfe von hydrostatischen Wagen über Land zu befördern; der bekannteste darunter ist der von Eads, welcher einen solchen Schiffsweg über die Landenge von Tehuantepec anlegen wollte²⁾.

Ein besonders erwähnenswerthes Beispiel ist in Deutschland der Elbing-Oberländische Kanal, welcher 4 im Verhältniss 1 : 12 geneigte Ebenen besitzt, über welche Schiffe von 1 bis 2000 Z. Gewicht fortgebracht werden können, deren grösste rd. 24,5^m hoch ist; jede Ebene enthält 2 Gleise auf Beton-Unterlage, auf denen 2 Wagen laufen, die durch ein gemeinschaftliches, oben um eine, etwas geneigte Scheibe geführtes Seil aufwärts bezw. abwärts bewegt werden. Die Hebezeit dauert 10–12 Minuten und es können in 1 Tag bis 72 Fahrten gemacht werden. Der Betrieb geschieht durch Wasserkraft³⁾.

Für sehr kleine Kanäle, bei denen die Tragfähigkeit der zu hebeden Schiffe nicht über 160 Z beträgt, wendet man auch bewegliche Schleusenammern an, worüber bereits S. 124 einige Angaben gemacht worden sind. Wenn leere

¹⁾ Bellingrath. Bau u. Betrieb eines deutschen Kanalnetzes

²⁾ *Scientific. American* 1885.

³⁾ Zeitschr. f. Bauw. XI. — Deutsche Bauzeitg. 1872.

Schiffe hinauf, volle hinab gehen, so entsteht dadurch ein Wasser-Gewinn für die obere Haltung¹⁾.

Mehr leistungsfähig ist die bei Anderton in Wirksamkeit befindliche, S. 125 bereits erwähnte Anlage, welche Schiffe von 2000 Z. Gew. auf 15,4^m Höhe hebt. Es unterliegt nach den dort gemachten Erfahrungen keinem Zweifel, dass die gleiche Anordnung auch für Hebung von Schiffen mit grösseren Lasten und für grössere Hubhöhe anwendbar ist. Der Wasserverbrauch beträgt nur etwa 1% von demjenigen, welcher auf einer Schleusentreppe gleicher Höhe erforderlich wird und die Leistungsfähigkeit ist um 10% grösser als die einer gleich hohen Schleusentreppe.

Für die Anwendung geneigter Ebenen sowie Ueberwindung grosser zusammen gefasster Gefälle an einem Punkte sind die Rücksichten, welche bei Erforschung und Feststellung neuer Kanallinien vornehmlich beachtet werden müssen, selbstredend andere als für einfache Schleusenkanäle, da es ausser auf möglichste Zusammenfassung der Gefälle auch darauf ankommt, den zwischen den Hubstellen liegenden Haltungen möglichst grosse Längen zu geben, um einen regelmässigen und vortheilhaften Betrieb zu sichern. Diesen Bedingungen wird aber in der Regel leichter Rechnung zu tragen sein, als den für Anlage von Kanälen mit Schiffschleusen geltenden.

In Moorkanälen werden fast ausschliesslich Klappstane verwendet. Diese Stane, welche von dem vormaligen hannoverschen Moorkommissar Witte erfunden sind, gestatten die Ueberwindung eines jedesmaligen Gefälles von 30 cm; ihre Einrichtung ist bereits S. 97 angegeben.

Ueberzüge werden ebenfalls nur bei kleinen Kanälen angewendet und bestehen aus zwei geneigten Ebenen, deren Scheitel über dem Wasserspiegel der höhern Haltung liegt. Die Bildung der Ebenen erfolgt meist aus Querholmen, zwischen welche feuchter Thon eingestampft wird; jene liegen etwa 1,5—2,0^m aus einander. Neigung der Ebenen 1:5 bis 1:3, grösstes mit Aufzügen zu überwindendes Gefälle 1,5^m. Die Schiffe werden durch Winden zum Scheitel der Ebene hinauf gezogen und gleiten durch ihr Eigengewicht auf der entgegen gesetzt liegenden Ebene hinab.

Die in Holland üblichen sogen. Rollbrücken haben statt aus Thonschüttung gebildeter geneigter Ebenen solche mit Rollen ausgestattete, über welchen die Schiffe hinweg gezogen werden.

III. Bauliche Einrichtung.

Das Querprofil der Binnenkanäle richtet sich nach der Schiffsgrösse. Dasselbe für alle neuen Kanäle übereinstimmend zu gestalten, ist nicht angängig, da, wenn ein Kanal zwei Flüsse mit einander verbinden soll, die Abmessungen sich nach den auf dem grössern Flusse verkehrenden Schiffen richten müssen; die Flüsse haben jedoch eine sehr verschiedene und begrenzte Leistungsfähigkeit. Die grösste zu erreichende Leistungsfähigkeit besitzen die meisten deutschen Flüsse bis jetzt noch nicht. Mit der Verbesserung der Fahrtiefe geht aber eine Vergrösserung der Schiffe Hand in Hand, worauf bei Anlage von Kanälen Rücksicht zu nehmen ist.

Ausser der maassgebenden Leistungsfähigkeit der durch einen Kanal zu verbindenden Flüsse kommen noch örtliche Verhältnisse in Betracht, nämlich: die Art und Bedeutung des zu erwartenden Verkehrs, die Boden-Beschaffenheit, die Wasser-Beschaffenheit; hiernach ist klar, dass es unthunlich ist, ein für alle Kanäle einheitliches Querprofil fest zu setzen. Um jedoch zu verhindern, dass die Querprofile der Binnenkanäle sich zu sehr unterscheiden und um daraus hervorgehenden Verkehrs-Schwierigkeiten vorzubeugen, ist es zweckmässig, die Binnenkanäle nach ihrer Leistungsfähigkeit in drei Klassen einzuthellen und für jede Klasse die Beschaffung eines bestimmten grössten Tiefganges anzustreben. Durch Festsetzung eines bestimmten Tiefganges für jede Kanalklasse werden auch die übrigen Abmessungen einigermaassen fest gelegt, da für gut gehende

¹⁾ Hagen, Handb. d. Wasserbaukunst und Handb. d. Ingen.-Wissensch. Bd. 3. (Grand Western Kanal in England.)

Fluss- und Kanalschiffe das Verhältniss der Tiefe zur Breite und Länge im Durchschnitt wie 1 : 4 : 30 angenommen werden kann.

Für die Abmessungen der einzelnen Klassen der Kanäle sind von dem Verein zur Hebung der deutschen Fluss- und Kanalschiffahrt nachstehende Tauchtiefen der Schiffe in Vorschlag gebracht worden: Kl. I 1,75 m, Kl. II 1,5 m, Kl. III 1,1 m. Die Ladefähigkeit der betr. Schiffe würde betragen bezw. 8000, 5000, u. 2000 Z. Wenn auch diese Vorschläge eine staatliche Anerkennung bis jetzt nicht gefunden haben, sind sie doch bei neuern Kanal-Anlagen in Preussen stillschweigend angenommen worden¹⁾.

Der eben genannte Verein hat ferner, geleitet von dem Streben nach Herstellung eines grossen, möglichst einheitlich geordneten Wasserstrassen-Netzes einheitliche Abmessungen für die wichtigsten Bautheile von Kanälen in Vorschlag gebracht; er wünscht bei allen Schiffswegen, welche dem grossen Verkehr dienen oder dereinst dienen können, folgende übereinstimmenden, eine Breite der Schiffe von 6,5 m, Tauchungstiefe von 1,75 m und Ladefähigkeit derselben von 8000 Z. voraus setzenden Abmessungen durchgeführt zu sehen:

Wassertiefe	2,5 m.
Nutzbare Schleusenlänge	57,5 "
Schleusenthor-Weite	7,0 "
Sohlenbreite (2schiffig)	16,0 "
Böschungs-Verhältniss	1 : 2.
Spiegelbreite	26,0 m.
Lichtweite der Brücken einschl. Leinpfad-Breiten	10,0 "
Lichthöhe d. Brücken über Normal-Wasserspiegel	4,5 "
Brückenweite bei fester Begrenzung 6,5+2,0 m.	8,5 "

Die Abmessungen der Querschnitte von Seekanälen sind so gross zu nehmen, dass Seeschiffe sich mit der zulässigen grössten Geschwindigkeit auf denselben gefahrlos bewegen können; die grösste Geschwindigkeit (sich beegnender Schiffe) wird auf 2—3 m/1 Sek. festgesetzt werden müssen. Eine Zwischenweite von 1,5—2,0 m beim Vorbeifahren von 2 Schiffen ist als genügend zu bezeichnen. — Die Kanalsohle muss mindestens 0,5 m tiefer liegen als der grösste Tiefgang der durchgehenden Schiffe beträgt. Kanäle ohne besondern Wellengang müssen eine Tiefe von 7—8 m unter dem niedrigsten Wasser, und eine Sohlenbreite von 25 m erhalten.

Sohlenbreite und Tiefe einiger ausgeführten und in der Ausführung begriffenen Seekanäle sind nachstehend verzeichnet:

Amsterdamer Seekanal	27 m	Sohlenbreite, 8,1 m	Tiefe
Nord-Ostsee-Kanal	26 "	"	8,5 "
Suez-Kanal	22 "	"	8,0 "
Panama-Kanal	22—64 "	"	8,5—9,0 "
Korinthischer Kanal	22 "	"	8,0 "

Die allgemeine Anwendung der Dampfkraft beim Seeverkehr macht es zulässig, Verbindungskanäle zwischen solchen Meeresgebieten herzustellen, die für Segelschiffe gefährlich sind; auch die Lage der Kanalmündungen braucht nicht ausschliesslich mit Rücksicht auf die Segelschiffahrt gewählt zu werden.

Abschlusungen sind bei Meeren mit erheblichen Spiegel-Schwankungen durch Fluth und Wind nicht zu entbehren, wenn nicht, was z. B. im Suez-Kanal der Fall ist, durch einen genügend grossen Binnensee eine Ausgleichung der nur zeitweilig von aussen eindringenden Wassermengen geboten wird. Dort geben die nicht weit von der südlichen Mündung belegenen 30 000 qkm grossen Bitterseen selbst für die grössten, 3,24 m betragenden Sturmfluth-Höhen vom Rothen Meer eine solche Ausgleichung, dass in dem nördlichen Theil des Kanals eine Schwankung kaum noch gespürt wird; am Mittelmeer bei Port Said beträgt die höchste Fluth nur 0,95 m. An dem Nord-Ostsee-Kanal dagegen, wo an der Westseite in der Elbe die höchste Sturmfluth das niedrigste Wasser um 8,23 m und an der Ostseite der höchste, durch Wind allein verursachte Stand den

¹⁾ Näheres s. in Deutsch. Bauzeitg. 1872, S. 422, 1874 S. 161 u. 1875 S. 21.

niedrigsten um 5,36^m übersteigt, hat man auf beiden Seiten Schleusen für erforderlich gehalten, von denen jedoch nur die westliche zur Abhaltung aller über den mittlern Stand hinaus gehenden Fluthen regelmässig täglich geschlossen und bei niedrigerem Wasserstande geöffnet werden soll, während die östliche nur seltener geschlossen zu werden braucht, um im ganzen Kanal annähernd den mittlern Ostsee-Wasserstand zu erhalten.

Zum sichern Begegnen zweier Schiffe ist für die Kanalsohle eine Breite = 2 × grösste Schiffbreite + 1,0—2,0^m Spielraum nöthig. Ausnahmen sind für solche Kanäle, die erst Verkehr schaffen und event. später erweitert werden sollen, z. B. für Moorkanäle, zulässig, in welchen man Ausweichstellen anlegt. Für sehr stark benutzte oder kurze Verbindungskanäle, besonders in Ortschaften, wo die Ufer zum Be- und Entladen dienen, muss die Sohlenbreite mindestens so gross sein, dass zu beiden Seiten der Fahrt ein Schiff mit Hinzurechnung des nöthigen obern Spielraumes Platz hat.

Ausserdem ist zu beachten, dass ein Schiff zur möglichst leichten Bewegung ein etwa 6 mal so grosses freies Profil finden muss, als der eigene eingetauchte Querschnitt ergibt. Der Widerstand ist nämlich im Kanal das:

$\left(\frac{8,16}{2 + \frac{\text{Kanalprofil}}{\text{Schiffprofil}}} \right)$ fache von dem Widerstand im offenen Wasser. Deshalb und

zum sichern Betriebe muss auch die Sohle mindestens 20—50^{cm} tiefer sein als der grösste Tiefgang der Schiffe beträgt.

An besonders schwierigen Stellen, in Felsen, Tunnels, alten Stadttheilen usw., muss man sich mit geringern Breiten und den erforderlichen Ausweichstellen begnügen; dagegen ist vor und hinter den Schleusen eine Verbreiterung stets zweckmässig, desgl. auch zur Ersparung von Dammanlagen oder um in kurzen Haltungen mehr Wasser zu fassen. Die Form der Sohle ist bisweilen muldenförmig.

Die Böschung der Uter richtet sich nach der Bodenart; abgesehen von Fels usw. wird dieselbe gewöhnlich 1¹/₂—2¹/₂ fach, dabei unten steiler als oben angenommen, weil bei der fehlenden Strömung die untern Theile keinen, die obern dagegen Angriff durch Wind, Stauwellen usw. erfahren. Die Bekleidung bildet man, besonders im obern Theil, je nach den Umständen durch Kopfrasen, hochkantig gestellte Ziegel und Schilf, nie durch todten Busch. Sehr nützlich ist in etwa 10—20^{cm} Tiefe unter dem normalen Wasserspiegel ein 1^m breites Bankett, welches mit Schilf event. Weiden bepflanzt wird; darüber folgt die mit Rasen usw. bekleidete Böschung bis zum:

Leinpfad. Dieser liegt 1,5—2^m über dem Wasserspiegel (bei Mangel an Erde niedriger, für Seeschiffe höher), ist 2—3^m breit (ob für 1 oder 2 Pferde neben einander) mit Quergefälle von dem Kanal ab und kleinem Graben dahinter, wenn im:

Einschnitt belegen. Hier sind alle Böschungsflächen gut zu bekleiden und darf das Regenwasser nicht in den Kanal geleitet werden.

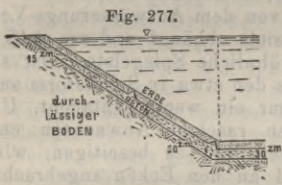
Aufträge sind mit grösster Vorsicht aus schwerer, dichter Erde aufzuführen, welche in dünnen Schichten (wie bei Deichbauten) gestampft werden muss. Die Dämme des Kanals erhalten in der Spiegelhöhe desselben eine Breite von mindestens 2^m, dabei innen und aussen 2—3 fache Böschungen, welche aber beide durch Mauerwerk ermässigt werden können. Schweissgräben am Fuss der Dämme dienen zum Auffangen des versickerten Wassers.

Längere Aufträge bedürfen an beiden Enden und etwa in Zwischenräumen von 3^{km} zu wiederholende Sicherheitsthore, die bei einem Dammbroche innerhalb des Auftrages und damit verbundenen stärkern Wasserbewegungen sich selbstthätig schliessen; es wird hierdurch eine auch für die Nachbarschaft gefährliche Entleerung der ganzen Haltung verhütet.

Wenn in Mooren Aufträge nicht zu vermeiden sind, so muss das Moor eingeschnitten und müssen die Dämme zu beiden Seiten des Kanals vom festen Boden auf rasch aufgeschüttet und etwas überhöht werden; unter der Sohle kann Moor stehen bleiben. Seitliche Erhebungen desselben dürfen nicht nachträglich weggegraben werden, obwohl dies während des Baues zulässig ist. Bei der Breiten-Abmessung des Kanals ist Rücksicht zu nehmen auf etwaiges Rutschen

des Dammes. Wird ein Kanal in das Moor eingeschnitten, so ist der Leinpfad usw. von der Kante etwas entfernter, event. auf eine Faschinen-Unterlage zu legen und die Kanalböschung erforderlichen Falls bohlerkartig durch lange eingestossene Pfähle mit Faschinen dahinter zu stützen¹⁾.

In durchlässigem Boden, Sand, Kies, besonders in klüftigem Kalkfels usw. ist, wenn der Spiegel über dem Grundwasser liegt, unter Umständen eine besondere Dichtung nöthig. Ist nur eine einzelne Stelle leck — was man durch Trichterbildung im Spiegel, bei Dämmen aussen durch Schwitzwasser erkennt, — so ist dieselbe durch Abdämmungen aufzusuchen und der Leck möglichst zu schliessen. Liegt aber die Undichtigkeit des Kanals nicht in einem einzelnen Leck, so ist die ganze Strecke zu dichten, und zwar entweder durch trübes Wasser, dem bei Sandboden nur Thon, bei Kiesboden besser Sand und Thon beigemischt worden (der Sand wird dazu von Zeit zu Zeit durch Eggen aufgerührt); oder durch Thonschlag, welcher in erdfeuchtem Zustande in 2—3, etwa 10—20 cm dicken Schichten eingebracht und fest gestampft wird und, wenn der Kanal zeitweilig trocken liegt, einen Zusatz von 10—30% Sand zum Thon erhalten oder mit schlammiger Erde bedeckt werden kann; oder aber durch einen bis unter die Kanalsohle hinab reichenden Thonkern in den beiderseitigen Dämmen; oder endlich, was besonders bei Felsboden gut, durch Uebermauerung oder im Trockenem angebrachten Beton, in einer Dicke oben von rd. 15 cm, unten neben und unter der Sohle von 30 cm, welcher zum Schutz gegen Beschädigungen mit Erde bedeckt wird; letztere wird in den Seitenwänden gegen das Herabrutschen durch Vorsprünge des Betons gestützt, Fig. 277.



Schleusen werden für Kanäle mit mässigem Verkehr (von höchstens 30 Schiffen an einem Tage) mit einfacher Kammer, bei grösserem Verkehr besser mit Kammer für 2 Schiffe erbaut; jedoch wird dadurch oft entweder Warten der Schiffe nöthig oder grösserer Wasserverbrauch verursacht.

Kanalbrücken (meist falsch Brücken-Kanäle genannt) erhalten ein möglichst kleines Profil für höchstens 2 Schiffsbreiten, zuweilen auch nur für eine, wenn der Verkehr nicht leidet. Der Leinpfad, welcher nur schmal sein darf und mit Geländer versehen wird, ist event. auf eine im Wasser stehende durchbrochene Unterstüzung zu legen, so dass das Wasserprofil grösser und die Zugkraft geringer wird.

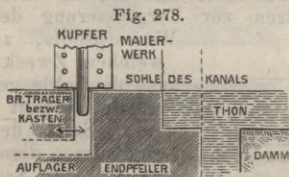
Bei steinernen Kanal-Brücken giebt man den innern Wänden eine etwa $\frac{1}{2}$ fache Anlage, wodurch das Profil vergrössert und die Seitenmauern verstärkt werden; gute Abdeckung der Gewölbe ist erforderlich.

Eiserne Kanal-Brücken konstruirt man besser aus Blech als aus Gusseisen; man wählt entweder einen wasserdichten Holz- oder Blechkasten, dessen Seitenwände durch die Hauptträger der Brücke gestützt werden, oder man konstruirt einfacher die ganze Brücke als Kasten, der jedoch gegen alle Druckrichtungen sicher ausgesteift werden muss.

Bei eisernen Kanal-Brücken ist wegen der Längen-Aenderungen zur Dichtung des Kastens an den Auflagern der Endpfeiler ein elastischer kupferner Falz, Fig. 278, anzubringen. Zum wasserdichten Anschluss der Pfeiler an den Damm dient am besten ein die Fuge verdeckender Thonschlag.

Ferner ist an beiden Enden eine Absperr-Vorrichtung (durch Dammbalken, Stemmthore usw.) erforderlich, um für Reparaturen, event. im Winter das Wasser durch eine besondere Schützöffnung ablassen zu können, ohne die ganze Haltung trocken legen zu müssen (s. S. 152, Sicherheitsthore).

Eine eiserne Kanal-Brücke, zum Heben mittels Schrauben eingerichtet, ist



¹⁾ Der Ems-Jade-Kanal, Deutsche Bauzeitg. 1887, S. 254.

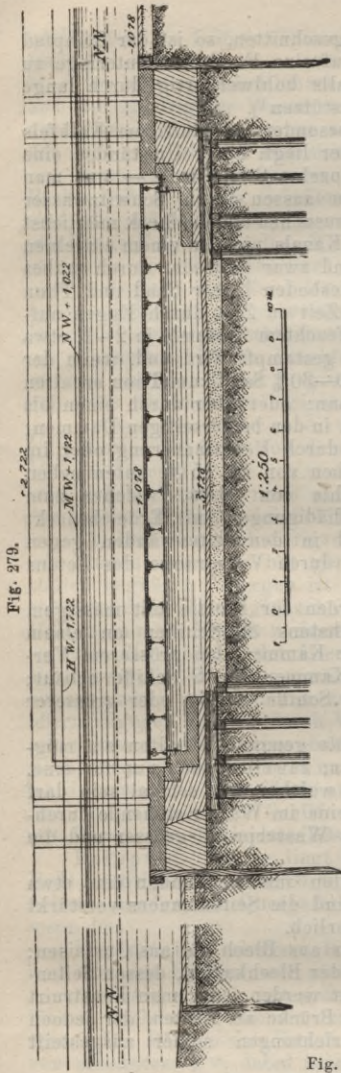


Fig. 279.

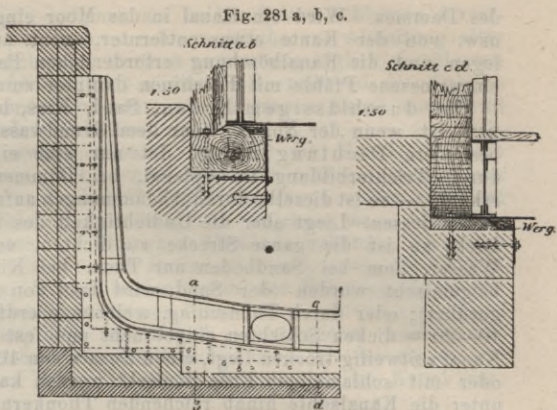


Fig. 281 a, b, c.

in dem Ems-Jade-Kanal in der Nähe von Wilhelmshafen erbaut worden; sie überschreitet die Made, deren Spiegelstand von dem Auswässerungs-Verhältnisse der Deichsiele abhängt und um 1,67 m wechselt. Der gewöhnliche Spiegelstand ist so, dass die Unterfläche der etwa in Schiffsform ausgeführten Brücke nur ein wenig eintaucht. Um bei einem etwaigen raschen Anwachsen entstehenden erheblichen Stau zu beseitigen, wird die Brücke durch 4 an den Ecken angebrachte Schrauben gehoben, nachdem in den Zugängen Dammbalken eingesetzt sind und die Wasserfüllung durch Pumpen beseitigt ist. Fig. 279 zeigt die Brücke im Längenschnitt; Fig. 280 giebt den Querschnitt derselben auf dem freien Theil der Länge; sie zeigt zugleich die als besondere Ueberbrückungen hergestellten Leinpfade. Fig. 281a—c stellen Einzelkonstruktionen der Auflager dar, zu welchen zu erwähnen, dass zwischen den beiden verschieden geformten Begrenzungen Holz eingefügt und die Abdichtung mittels Werg geschehen ist¹⁾.

Tunnels werden, um Gefahren und grosse Weite zu vermeiden, nur für ein Schiff eingerichtet, mit 1 m Spielraum zu beiden Seiten. Der Leinpfad liegt auf einem Bankett, am besten auf einzelnen Stützen zur Vergrößerung des Wasserprofils, zu welchem Zweck auch die Sohle gerundet vertieft wird. Statt des Leinpfades dient auch wohl ein Seil unter der Decke, wenn nicht überhaupt Seilschiffahrt eingeführt wird.

Brücken über Binnen - Kanälen, auf denen nicht ge-

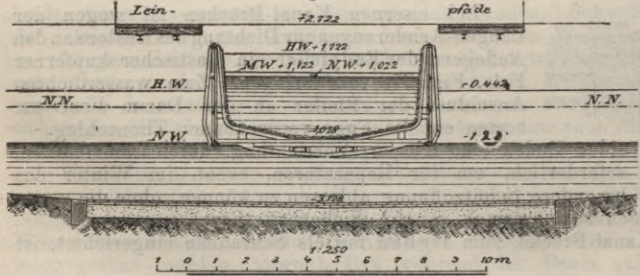


Fig. 280.

¹⁾ Näheres Deutsche Bauzeitg. 1887, S. 254.

segelt wird, werden, wenn die Strasse usw. hoch genug gelegt werden kann, wo möglich als feste Brücken und so weit gebaut, dass 2 Schiffe sich bequem begegnen können; es ist gut, dass der Leinpfad mit unter der Brücke hindurch geht.

Feste Brücken müssen solche lichte Höhe über demjenigen Wasserspiegel erhalten, bei dem noch Schifffahrt stattfindet, dass die höchst beladenen Schiffe die Durchfahrt frei behalten; häufig wird hierzu das Lichtmaass von 3,2 m, (welches für die Märkischen Wasserstrassen vorgeschrieben ist) ausreichend sein; bei Kanälen für grosse Schifffahrt (Fahrzeuge mit 8000 Z. Ladefähigkeit und darüber) kann dieses Maass als zu gering erscheinen und ist ein Mehr von 0,5 bis 0,8 m an Lichthöhe erforderlich. Um sehr grossen Ansprüchen der Schifffahrt zu genügen, sind von dem deutschen Kanal-Verein 4,5 m an Lichthöhe der

Fig. 282.



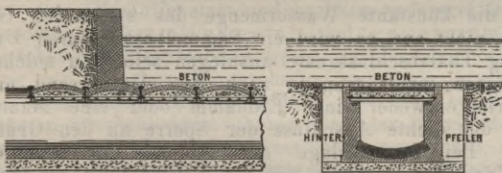
Brücken gefordert worden. (S. 151)

Diese Maasse setzen voraus, dass die Schiffe mastenlos, oder die Masten zum Niederlegen eingerichtet sind. Wenn der für den Leinpfad benutzte Mast beim Durchfahren der Brücken stehen bleiben

soll, ist eine Lichthöhe von mindestens 6 m erforderlich. Ist nicht genug Höhe zu schaffen, wie bei allen Seekanälen, so muss man zu beweglichen Brücken seine Zuflucht nehmen, die jedoch theurer in der Anlage, Unterhaltung und Wartung und lästig für den Landverkehr sind; ihre Weite wird meist nur für 1 Schiff, mit mindestens 1,0 m Spielraum zu beiden Seiten, eingerichtet. In Städten, wo breite Brücken nöthig sind, wählt man Wippbrücken mit mehreren Klappen neben einander, auf dem Lande usw. billiger Klappbrücken (Portalbrücken) bis zu 6 m Weite mit 1 Klappe, bei grössern Weiten wendet man mehrere Klappen oder besser Drehbrücken an.

Die Weite von Brücken soll, wenn die Öffnung an beiden Seiten fest begrenzt ist, mindestens 2 m mehr betragen als die Breite der den Kanal befahrenden Schiffe; hierbei ist ausserdem Rücksicht auf die Sohlen-Beschaffenheit des Flussbettes zu nehmen. Denn wenn die Brücken mit einiger Geschwindigkeit durchfahren werden, kann bei engem Profil eine so starke Strömung unter dem Schiff entstehen, dass die Kanalsohle angegriffen wird; hierüber müssen anzustellende Rechnungen genauen Aufschluss geben. Entweder muss alsdann eine Festsetzung der grössten Geschwindigkeit, mit der Brücken durchfahren werden dürfen, oder auch die Festsetzung einer so grossen Brückenweite stattfinden, dass die Flusssohle unangegriffen bleibt. Geschieht letzteres, so wird zuweilen die Weite so gross ausfallen, dass es leicht möglich ist, den Leinpfad mit durchzuführen.

Fig. 283.



Wasserläufe, welche die Kanallinie schneiden, werden meist unterführt, event. dükerartig, mit geneigter Aus- und Einmündung. Der Querschnitt richtet sich nach der grössten Wassermenge und ist wegen des Durchgangs von Eis, Holz usw. nicht zu eng zu wählen.

Für kleine Bäche genügt ein gusseisernes Rohr, für grössere müssen die Düker aus Mauerwerk event. mit mehreren Öffnungen und Zwischenpfeilern hergestellt werden, Fig. 282. Die Decke wird am besten gewölbt, auch für geringe Konstruktionshöhe aus eisernen Balken mit dazwischen gespannten Kappen gebildet, Fig. 283. Vor die Einmündung legt man zur Vermeidung einer Verstopfung des Dükers zuweilen einen Sandfang, der aber rasch gefüllt wird und daher häufiger Entleerung bedarf.

IV. Wasserbedarf, Speisung und Entlastung.

Die Ursachen des Wasserverbrauchs sind:

1) Verdunstung. Dieselbe ist besonders in den Sommermonaten Juni, Juli und August zu beachten, nach den örtlichen Verhältnissen verschieden und durch Beobachtung zu ermitteln; im Durchschnitt ist für Deutschland als grösste Verdunstung 125 mm für 1 Monat und etwa 30 cm für jene 3 Monate zu rechnen.

2) Versickerung, jedoch nur, wenn der Spiegel des Kanals über dem Grundwasser liegt (umgekehrt findet Speisung statt). Sie ist, je höher der Spiegel und je durchlässiger der Boden, desto stärker und nicht im voraus zu bestimmen, sondern nur nach ähnlichen bekannten Fällen zu schätzen. Bei Dämmen wird die Versickerung durch äussere Verdunstung, Eindringen von Mäusen und Maulwürfen in die Kanalfassungen vermehrt; in klüftigem Fels ist sie am stärksten. Als Mittel dagegen kann nur Dichtung angewendet werden.

3) Undichtigkeit der Schleusen; sie darf etwa 3–7 l für 1 Sek. und für 1 Schleuse betragen.

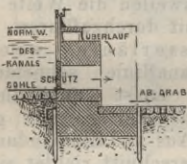
4) Verbrauch beim Durchschleusen der Schiffe. Er ist von der Grösse der Schiffe und Schleusen, von der Zahl der ersteren und ihrer Richtung abhängig und dabei Durchschnitt und Grösstmaass zu unterscheiden. Da das Durchschleusen sich begegnender Schiffe viel weniger Wasser erfordert als das sich folgende, und da im Durchschnitt angenommen werden kann, dass in einem grössern Zeitraum etwa die Hälfte der Schiffe sich begegnet, die andere Hälfte sich folgt, so kann (einfache Schleusenammern vorausgesetzt) gerechnet werden, dass 2 eine Schleuse passierende Schiffe im Durchschnitt je $\frac{3}{4}$ Schleusenfüllungen verbrauchen, oder dass ein durch eine Scheitelstrecke fahrendes, also 2 Schleusen passierendes Schiff $1\frac{1}{2}$ Füllungen verbraucht.

Da das zum Durchschleusen verbrauchte Wasser aus der Scheitelstrecke nach den beiderseitigen untern Haltungen gelangt, so genügt in der Regel die Speisung der Scheitelstrecke zur Deckung des Bedarfs in den untern Haltungen.

Ferner ist zu beachten, dass Kuppelschleusen in anderer Weise Wasser verbrauchen als einfache und dass in kurzen Haltungen das Durchschleusen der Schiffe den Wasserspiegel rascher senkt als in langen, (was man event. durch Verbreiterung, Seitenbecken usw. auszugleichen sucht).

Die Speisung einer Haltung, deren Verbrauch nicht etwa von einer obern genügend gedeckt wird, muss zur Zeit des grössten Verbrauchs und der geringsten Wassermenge der natürlichen Gewässer (Juni, Juli, August) ausreichend geschehen können. Dazu ist die vorrätige Wassermenge geeigneter Gewässer zu bestimmen, deren Spiegel hoch genug liegen muss, um nach Abzug des Gefälles im Zubringer den Kanalspiegel zu beherrschen. Wenn solche natürliche Höhe nicht vorhanden, so muss sie event. durch Aufstau (auch durch Pumpen-Betrieb) ersetzt werden; reicht die konstante Wassermenge des speisenden Gewässers nicht aus, so wird ein Sammelbassin durch Umdeichung Thalabschluss usw. anzulegen sein. Zu solchen Staudämmen wählt man je nach dem Untergrund und dem vorhandenen Baumaterial entweder einen Erdamm oder eine Mauer; in beiden Fällen erfordert der dichte Anschluss der Sperre an den Grund besondere Aufmerksamkeit. Bei der Anlage der Ablass-Vorrichtungen sowie des Zubringers zum Kanal ist ebenfalls auf die Verdunstung zu rücksichtigen. Jeder Zubringer ist am obern und untern Ende mit einem Schützwerk zu versehen, um den Zufluss beliebig reguliren zu können; das Wasser ist mit kleinster Geschwindigkeit und frei von Sand usw. in den Kanal einzulassen, am besten in Spiegelhöhe.

Fig. 284.



dem vorhandenen Baumaterial entweder einen Erdamm oder eine Mauer; in beiden Fällen erfordert der dichte Anschluss der Sperre an den Grund besondere Aufmerksamkeit. Bei der Anlage der Ablass-Vorrichtungen sowie des Zubringers zum Kanal ist ebenfalls auf die Verdunstung zu rücksichtigen. Jeder Zubringer ist am obern und untern Ende mit einem Schützwerk zu versehen, um den Zufluss beliebig reguliren zu können; das Wasser ist mit kleinster Geschwindigkeit und frei von Sand usw. in den Kanal einzulassen, am besten in Spiegelhöhe.

Wenn die Haltungen dauernd oder zeitweilig mehr Wasser zugeführt bekommen, als unschädlich in untere Haltungen abfließt, ist zur Entlastung derselben nach einem geeigneten Wasserlauf hin eine Ablassschleuse anzulegen, zweckmässig in der Höhe des zulässigen Spiegels, mit Ueberfall und zugleich für kräftiges Ablassen mit Grundschütz versehen, Fig. 284.

G. Flussbau.

I. Allgemeine Eigenschaften der Flüsse, Bezeichnungen usw.

Flüsse nennt man die sich in bestimmten Betten bewegendem grössern Gewässer des Festlandes. Ihr dem Meer zufließendes Wasser rührt ursprünglich von atmosphärischen Niederschlägen her, wiewohl es zum Theil aus unterirdischen Zuflüssen durch Quellen zugeführt wird. Bis in die Nähe des Meeres fließt alles Wasser der Flüsse, dem Gesetz der Schwere folgend, bergab; nur in dem sogen. Fluthgebiete wird von dem Meere das Wasser zeitweilig aus letzterem flussaufwärts und stellenweis wirklich bergan getrieben.

Die Bezeichnung Fluss ist nicht ganz fest stehend, indem sie sowohl auf kleine, etwa 5—10^m breite Bäche, als auch auf sehr grosse, mehre hundert ^m breite Ströme angewandt wird, ohne dass in beiden Fällen eine bestimmte Grenze gilt. In bergigen Gegenden beginnen die Flüsse als sogen. Wildbäche, deren Bett grossentheils aus nacktem Fels und groben Steintrümmern besteht, weil alle weichern Bodenarten und kleinern Steine fortgerissen werden. Statt eines einigermassen regelmässigen Gefälles, zeigt ihr Lauf einen steten Wechsel von Stromschnellen mit kurzen, wenig geneigten Strecken und Wasserfällen. Letztere unterscheiden sich von den Stromschnellen dadurch, dass die Sohle des obern Theiles sich über dem Unterwasser befindet, dass also ein vollkommener Ueberfall gebildet wird, während die Stromschnellen nur aus einem unvollkommenen Ueberfall oder einer Reihe hinter einander liegende solcher Ueberfälle bestehen.

So verschieden ein Fluss in seinem obersten Theile und seinem Mündungsgebiet sich verhält, namentlich wenn jener als Wildbach zu bezeichnen und dieses als Fluthgebiet anzusehen ist, so finden doch einerseits die Uebergänge fast stets allmählig statt und besitzen andererseits auch die sehr verschiedenen Strecken gewisse allgemeine und gemeinsame Eigenschaften, so dass zunächst eine Besprechung dieser gemeinsamen, und erst darnach eine Betrachtung der besondern Eigenschaften zweckmässig erscheint.

Eine scharfe Unterscheidung zwischen schiffbaren und nicht schiffbaren Flüssen ist nicht durchführbar, weil der Begriff der Schiffbarkeit kein fest stehender ist. Ein jeder Fluss hört von unten nach oben gehend an einer gewissen Stelle auf für grössere und voll beladene Fahrzeuge schiffbar zu sein, wenn vielleicht kleinere oder halb beladene Schiffe noch viel weiter hinauf fahren können. Auch wechselt die Schiffbarkeit mit den Wasserständen.

Indem jeder Fluss aus dem Zusammenfliessen mehrerer kleiner Flüsse oder Bäche entsteht, welche je ihr besonders, durch sogen. Wasserscheiden abgegrenztes Zufluss-Gebiet oder Flussgebiet (auch Niederschlagsgebiet genannt) haben, und diese Gebiete hinsichtlich ihrer Höhenlage, Grundform, Neigung, des atmosph. Niederschlags, ihrer Bodenart und ihres Pflanzenwuchses wegen eben so verschieden sind, als die Flussthäler und Flussbetten, so erklärt sich leicht, dass jeder Fluss seinen besondern, aber nach seinen verschiedenen Strecken sich ändernden „Charakter“ besitzt.

Je höher das Quellengebiet liegt, desto grösser und häufiger ist in der Regel der atmosph. Niederschlag; in Deutschland findet hierbei ein Unterschied etwa um das Dreifache statt. So ist z. B. der mittlere Jahresniederschlag in Clausthal auf dem Ober-Harze 1.45 m, während er in dem nur etwa 45 km. entfernten Hildesheim nur 0,51 m¹⁾ beträgt. Je kürzer, kreisförmiger, geneigter, je fester in der Oberfläche (Fels, gefrorener Boden usw.) und je pflanzenärmer das Flussgebiet, desto rascher und vollständiger gelangt der atmosph. Niederschlag zum Abfluss; bei Gleichheit der Niederschläge tritt hierdurch ebenfalls ein 3—4facher Unterschied ein. Grosse Wälder, Moore, Sandflächen usw. halten den Niederschlag ganz oder theilweise zurück; grosse überschwemmte Flächen und Landseen verlangsamen sowohl den weitem Abfluss nach unten, als sie auch durch Verdunstung die Wassermengen mindern. Der Einfluss der Verdunstung ist so gross, dass für Flüsse und Bäche in und aus flacher oder hügeliger Gegend die vorhandene Wassermenge im allgemeinen dann am kleinsten ist, wenn die atmosph. Niederschläge am grössten sind; (Monat Juli und August).

Da nun die Bodenverhältnisse der Flussgebiete ebenso verschieden wie die klimatischen Zustände derselben sind, so können keine allgemein gültigen Verhältnisszahlen für Niederschlagsmenge und im Fluss abgeführte Wassermengen bestehen; es hat vielmehr jeder Fluss für seine besondern, zwischen den Mündungen der einzelnen Nebenflüsse liegenden Strecken, sowie für die einzelnen Jahreszeiten (Monate) seine eigenthümlichen Verhältnisszahlen. Grosse Flüsse mit langsamem Zufluss führen nur noch etwa 15%, kleine Gebirgsflüsse bis zu 90% des jährlichen Niederschlags ab. In Deutschland schwanken für die grössern Flüsse diese Zahlen zwischen 30—40%, für kleinere zwischen 50—80%. Für dieselben Flüsse oder einzelnen Flussstrecken sind die Unterschiede nach den Jahreszeiten noch erheblich grösser, indem im allgemeinen an der Grenze des Winters und Frühjahrs mehr Wasser abfließt, als gleichzeitig gefallen ist, weil trotz der zeitweiligen Verdunstung eine Aufspeicherung stattgefunden hat, wogegen im eigentlichen Sommer (zwischen Juli und September in Deutschland) etwa nur der fünfte Theil des bezüglichen Niederschlags zur Abführung gelangt. Es ist jedoch hierbei zu beachten, dass in den meisten Gegenden, wie z. B. in Deutschland fast überall, im Winter nur etwa $\frac{1}{3}$ und selbst nur $\frac{1}{4}$ von dem im Sommer fallenden Regen als Niederschlag stattfindet, so dass dadurch für längere Zeiträume vom Winter und Sommer ein gewisser Ausgleich in der Abführung der Wassermengen eintritt.

Die grössten Verschiedenheiten in den Wassermengen bestehen bei allen Flüssen zwischen den höchsten Anschwellungen und dem geringsten Zufluss und haben grade diese absoluten Zahlen und ihre Verhältnisse einen besonders praktischen Werth, selbst wenn die Zeitdauer dieser äussersten Zustände oft nur kurz ist. Denn von der grössten Wassermenge hängt die Sicherheit der Kultur und vieler baulichen Einrichtungen, Brücken usw. im Flussthale ab, wogegen die kleinste Zuflussmenge die verhältnissmässige Schifffahrt eines Flusses bedingt und für die Wirkung der Regulirungswerke, sowie für Wasser-Abgaben aus dem Flusse sehr zu beachten ist!

Fast bei allen Anschwellungen lässt sich beobachten, dass das Steigen viel rascher als das Fallen vor sich geht. Es treten nämlich die Hauptursachen des Steigens, Thauwetter und Gewitterregen verhältnissmässig rasch und kräftig auf, wogegen das Abfallen des Wassers entweder durch örtliches Fortbestehen der ähnlichen Witterungszustände oder dadurch verlangsamt wird, dass viele Niederungen erst bei höchstem Wasser überschwemmt und erst allmählig wieder wasserfrei werden.

Kleine Flüsse haben rasch vorüber gehende Anschwellungen, deren Grösse nach obigem sehr verschieden ist; bei grossen, aus dem Zusammenfluss vieler kleiner entstandenen Flüssen dauern die Anschwellungen länger, sind aber meistens schwächer, weil die Hochwasser der Nebenflüsse meist zu verschiedenen Zeiten auftreten. Im allgemeinen sind die Anschwellungen im Frühjahr durch

1) Weiteres vergl. Hilfswissenschaften I. S. 1127 ff.

das innerhalb 8—14 Tagen sich vollziehende Aufthauen des während der Wintermonate aufgespeicherten Schnees am grössten (im Hochgebirge thaut der Schnee erst zu Anfang des Sommers), bei kleinen Gebirgsflüssen dagegen nach heftigen Gewitterregen, die zuweilen eine Regenhöhe von 5—10^{cm} in 1 Tag ergeben.

Von vielen Flüssen und insbesondere deren einzelnen Flussstrecken fehlen ganz sichere Angaben über ihre Wassermengen in den verschiedenen Zeiten, da die Ermittlung erselben — wegen des raschen Vorübergehens des dazu geeigneten Zeitpunkts, des Mangels an zweckmässig gesammeltem Material und der Scheu vor den aufzuwendenden hohen Kosten — schwierig ist¹⁾; im allgemeinen kann nachfolgende Tabelle als Anhalt dienen:

Deutsche Flüsse führen in 1 Sekunde und von 1 qkm Zuflussgebiet	bei kleinstem Wasser cbm	bei grösstem Wasser cbm	Verhältniss beider rund	Bemerkungen
nahe bei den Quellen in gebirgiger Gegend (nicht Gletscher)	0,002—0,004	0,35—0,60	1 : 150	Gross. Niederschl., rasch. u. voller Abfluss
in bergiger oder steiler hügeliger Gegend	0,002	0,18—0,23	1 : 90	Mässiger Niederschlag, rascher Abfluss
in nicht steiler hügeliger Gegend	0,0018	0,12—0,18	1 : 75	Mässig. Niederschl., langsamer, unvollk. Abfluss
in flacher Gegend	0,0016	0,06—0,12	1 : 50	Kleiner Niederschlag, wie vorhin
in flacher, sandiger oder mooriger Gegend	0,0012—0,0015	0,035—0,06	1 : 35	Kl. Niederschl., grossentheils absorbt.

Von den zeitweilig geführten Wassermengen hängen hauptsächlich die Wasserstände ab. Man unterscheidet besonders:

den sogen. normalen oder gewöhnlichen Wasserstand, d. h. einen Stand, welcher im Jahre eben so oft überschritten als nicht erreicht wird. Derselbe ist sowohl für Regulirungsbauten, als auch für die Schifffahrt von Bedeutung;

den sogen. mittlern Wasserstand, der aus der Höhe aller Tages-Beobachtungen gefunden wird. Derselbe ist etwas höher als der erstere und besonders für die Wirkung der Regulirungsbauten von Bedeutung;

den niedrigen Sommer-Wasserstand; aus einer gewissen Gruppe niedriger Wasserstände im Sommer gefunden und wichtig für Bau-Ausführungen und Schifffahrt;

den absolut niedrigsten Wasserstand; zu berücksichtigen bei der Berechnung der Abgabe von Wasser für Kanäle usw.;

den absolut höchsten; bei Anlage von Deichen, Brücken und sonstigen Bauten zugrunde zu legen;

das Gefälle des Flusspiegels bei welchem der Höhenunterschied zwischen 2 Punkten als absolutes Gefälle, das Verhältniss des Höhenunterschiedes zur betr. Länge als relatives Gefälle bezeichnet wird, ist zum grössten Theil durch die natürliche Gestaltung des Flussbettes und -Thals gegeben — meistens nahe den Quellen grösser als an der Mündung, zuweilen jedoch gerade umgekehrt und ohne feste Regel, — durch künstliche Einwirkung zu ändern und endlich etwas abhängig von dem Stande der Anschwellung. Es ist für dieselbe Stelle und denselben Wasserstand grösser beim Steigen als beim Fallen, in engen Strecken stets grösser als in benachbarten weiten, also je nach der Thalbildung bei H.-W. bald grösser, bald kleiner als bei N.-W. und es folgt nicht immer das mittlere Sohlengefälle dem Spiegelgefälle.

In der Statistik des deutschen Reiches, Bd. V. finden sich die Gefäll-Verhältnisse der bedeutenderen deutschen Flüsse zahlenmässig angegeben. In Fig. 285 sind die Verhältnisse des Rheins, der Elbe und Weser, nebst ihren Nebenflüssen graphisch unter Beifügung voller Meterzahlen für die Höhen zusammen gestellt, wobei zu beachten, dass die in der rechten Hälfte der Darstellung

¹⁾ Ueber betr. Messungen vergl. Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Archit.-Ver. 1885 u. Deutsche Bauzeitg. 1888, S. 264. Näheres Hilfswissensch. I. S. 1135 ff.

lich ist. Das Bett übt aber seiner glatten oder rauhen Beschaffenheit entsprechend einen Widerstand aus, welcher wesentlich auch von der Geschwindigkeit abhängt und zwar theoretisch dem Quadrat derselben entspricht. Dieser Widerstand nimmt nach der Oberfläche des Wassers hin ab, weshalb bei gleichem Gefälle in dem tiefern Theile eines Querschnitts die mittlere Geschwindigkeit grösser ist als in einem seichten Theile. Es fliessen daher in einem und demselben Querschnitt fast alle Wassertheilchen mit verschiedener Geschwindigkeit, von welcher das Mittel mit der Fläche des Querschnitts multipliziert, die in der Zeiteinheit (1 Sek.) durchfliessende Wassermenge ergibt. Diese mittlere Geschwindigkeit ist jedoch nur so lange gleich bleibend, als Gefälle und Bettform sich nicht ändern, und wird dann die gleichförmige Geschwindigkeit genannt, zum Unterschied der bei stetem Wechsel der Bettgefälle-Verhältnisse entstehenden ungleichförmigen Geschwindigkeit¹⁾.

Hier möge noch kurz bemerkt werden, dass im Fluthgebiet die Geschw. sehr oft nicht vom Spiegelgefälle abhängt, sondern dass zuweilen, im vollen Gegensatze dazu, das von der Meeresfluthwelle in den Fluss hinein gedrängte Wasser bergauf läuft. Ebenso bildet bei grössern Flüssen mit bedeutendem Fluthwechsel die Niedrigwasser-Linie meist eine mit nach unten geneigtem Scheitel liegende Kurve, woraus hervor geht, dass auch das Ebbwasser der Wellenschwung entsprechend bergan läuft.

Fernerweit ist die Wirkung des Windes auf die Geschw. nicht unerheblich, und zwar besonders bei breiten und tiefen Flüssen. Es kann bei stromaufwärts gerichtetem Winde und starker mittlerer Geschw. der Flussstrecke die Geschw. an der Oberfläche fast zu Null werden, wobei dann die grösste Geschw. etwa in halber Tiefe liegt.

Wegen der Zunahme der Geschw. in der Tiefe besitzt ein Fluss in seinen untern und tiefern Strecken trotz des dortigen geringen Gefälles oft grössere Geschw. als oben bei den umgekehrten Verhältnissen. Auch wächst in der Regel in derselben Strecke die Geschw. mit zunehmendem Wasserstande, wobei zu beachten, dass das Gefälle einer bestimmten Strecke bei steigendem Wasser stets grösser als bei fallendem ist und daher auch im ersteren Falle die Geschw. bedeutender wird. Ueber das Verhältniss der Geschw. zu den Wasserständen desselben Flusses s. w. u. die Beispiele von der Weser in Bremen, Fig. 298. u. 301.

Endlich seien noch ein paar thatsächliche Geschwindigkeiten hier angeführt: im Rhein bei mittl. W. am Binger Loch 3,42 m, zu Mannheim 1,5 m, in der Donau bei Wien bei N.-W. 1,66 m bei Hochw. 1,94 m.

Die Sinkstoffe des Flusses stehen in engster Beziehung zu seiner Stromgeschwindigkeit. Sie entstehen zunächst aus den in den obersten Theilen des Flussgebiets namentlich im Gebirge durch die Kraft des Wassers, durch Verwitterung usw. los gerissenen Bodentheilen, vom groben Geschiebe bis zum feinsten Schlamm hinab, während chemisch aufgelöste Bestandtheile nicht dahin gerechnet werden. Die Sinkstoffe lagern sich zwar an geeigneten Stellen ab, d. h. überall da, wo die Strömung dauernd oder zeitweilig zu ihrer Fortbewegung nicht ausreicht; sie vermehren oder erneuern sich aber in der ganzen Länge des Flusses wiederum da, wo die stärkere Strömung das Bett oder auch oft nur die Ufer so angreift, dass früher abgelagerte Bodentheile wieder losgerissen werden. Im allgemeinen nimmt ihre Grösse von oben nach unten ab, und zwar theils weil die gröbern zuerst Gelegenheit finden, sich seitwärts abzulagern, theils weil alle auf ihrem Wege fortwährend durch Zertrümmerung oder Abschleifung verkleinert werden. Es können die Mengen der Sinkstoffe in einem und demselben Flusse streckenweis verschieden sein, weil in einer Strecke eine zeitweilige Ablagerung, in der andern eine zeitweilige Vermehrung stattfindet. Ebenso sind die Mengen sehr verschieden nach der Zeit und zwar während der Anschwellungen, kurz vor dem höchsten Wasser am grössten, und zur Zeit des kleinsten Wassers am geringsten; sie entsprechen also nahezu den zeitweiligen

¹⁾ Weiteres vergl. in Hilfswissenschaften I, S. 760 ff.

Geschw. Nach Eintritt des höchsten Wassers erfolgt aber die stärkste Ablagerung, weil das Wasser am meisten mit Sinkstoffen beladen ist und eine sehr erhebliche Abnahme der Geschw. eintritt. Wie nach Strecken und Zeiten so sind endlich auch zu derselben Zeit und in demselben Querschnitt die Sinkstoffe nach ihrer Art verschieden. In der grossen Tiefe, wo die stärkste Strömung herrscht, bewegen sich noch die gröbern auf der Sohle rollend, während die feintern in gewisser Höhe über derselben stossweise, springend in der Schwebel gehalten werden, jedoch seitwärts davon bei geringerer Tiefe wieder, wie jene, nur rollen und bei weiterer Tiefen-Abnahme unbeweglich liegen. So bewegt sich in grossen tiefen Flüssen im Stromstrich noch grober Kies, während am seichten Ufer der Schlick oder Thonschlamm bereits liegen bleibt.

Nach diesen Andeutungen ist erklärlich, wie schwer es sein wird, die Menge der Sinkstoffe im Durchschnitt oder für bestimmte Zeiten anzugeben; es bestehen daher hierüber auch so gut wie gar keine sichern allgemeinen Angaben. Man gewinnt ein etwas sicheres Bild, wenn z. B. auf einer bestimmten Strecke durch künstliche oder natürliche Einwirkung eine Vertiefung der Sohle stattgefunden hat und diese in gewisser Zeit wieder ausgefüllt wird. Die Verschiebung einzelner Sandbänke usw. kann dagegen nicht die volle Bewegung der Sinkstoffe einer Strecke angeben, weil grade neben einer Sandbank am Stromstrich die grösste Menge der Stoffe sich fortbewegen muss.

Von den Sinkstoffen rühren die Kies-, Sand- oder Schlickbänke her, welche beständig von oben nach unten wandern. In den Stromstrecken oberhalb des Fluthgebiets herrscht dabei als gesetzmässige Form derselben, dass sie von oben her mit sehr flacher Neigung anfangen, endlich nach erreichter grösster Höhe (in der Regel zwischen Nieder- und Mittelwasser) plötzlich steil nach unten hin abfallen, so dass das Material aus der Bahn heraus wie auf einer sanft geneigten Ebene hinauf gerollt wird. Die untere Seite zeigt fast stets augenfällig die Bewegung der herab gleitenden Sinkstoffe und ist sehr locker, während die Stoffe im obern Theil der Fläche fester gelagert sind. Die dem Fluss zugekehrte Seite oder beide, wenn die Bank inselförmig liegt, ist stets konvex gekrümmt. Theoretisch verhält sich der Widerstand der im Wasser befindlichen Körper gegen die sie fortstossende lebendige Kraft des Wassers wie die 3^e Potenz zur 2^{en} Potenz des mittlern Körper-Durchmessers, wogegen anderseits zu beachten ist, dass die lebendige Kraft des Wassers durch den bekannten Ausdruck $\frac{Mv^2}{2}$ gemessen wird. Ebenso ist die auf einen Körper vom Querschnitt a^2 durch das mit der Geschw. v fliessende Wasser ausgeübte Stosskraft $= \frac{a^2 \gamma v^2}{2g}$, worin γ das specif. Gewicht des Wassers bezeichnet. Folglich ist für den Gleichgewichts-Zustand: $a^2 \gamma \frac{v^2}{2g} = f a^3 \gamma^1$, wenn f der Reibungs-Koeffizient des Körpers mit der Sohle und γ^1 das specif. Gewicht desselben ist. Hiernach ist also: $a = \frac{\gamma}{\gamma^1 f} \frac{v^2}{2g}$. Um Werthe von a oder v zu berechnen, ist zu beachten, dass einerseits die meisten Körper abgerundete Blöcke sind, sich daher leicht rollen lassen, dass aber anderseits nicht die mittlere Geschw. des Querschnitts, sondern vorzugsweise nur die sehr viel kleinere, in der Nähe der Sohle vorhandene, auf die Sinkstoffe wirkt. Es besteht deshalb auch in der spärlichen Beobachtungen und Angaben über das Verhältniss der Geschw. zur Grösse der Sinkstoffe wenig Uebereinstimmung.

Nach des Verfassers eigenen Erfahrungen wird in Gewässern mit einer mittleren Geschw. von 0,5^m schon feiner Sand und jede Art Schlamm, mit 1^m Geschw. gewöhnlicher loser Sand (Mauersand) und fester Moorboden, mit 1,5^m Geschw. gebundener, thoniger oder sehr grober Sand, und mit 2^m Geschw. grober Kies oder fester Klei in merkliche Bewegung gesetzt, wobei zu beachten, dass die Geschw. an der Sohle etwa nur halb so gross wie die mittlere ist¹⁾.

¹⁾ Ueber Geschiebe-Bewegungen im Oberrhein vergl. Deutsche Bauzeitg. 1883, S. 331.

Aus der Ablagerung der Sinkstoffe bei schwächerer Strömung und der Trägheit des bewegten Wassers (seiner Zentrifugalkraft) folgt das Bestreben des Flusses, in Krümmungen das konvexe Ufer vorzuschieben, das konkave dagegen mehr abzuberechen, sowie vor ersterem eine zu geringe, vor letzterem eine zu grosse Tiefe zu schaffen, und innerhalb der durch die Natur vorgeschriebenen Richtung des Flussthals, sowie bei kleinem Wasser innerhalb des Flussbettes, Schlangenlinien zu bilden. Die hierbei entstehende Linie der grössten Tiefe und Strömung heisst der Stromstrich. Da ferner zu grosse Breite des Flusses eine Abnahme der Tiefe und der Strömung bedingt, verursacht sie auch fernere Ablagerung und zwar, wenn diese nur an einem Ufer stattfindet, eine Krümmung, wenn sie aber in der Mitte des Bettes geschieht, eine Sandfeld- oder Insel-Bildung. Letztere ist besonders ungünstig, weil die Tiefe in den einzelnen Armen im Durchschnitt stets kleiner ist als im ungetrennten Fluss, und ausserdem ein unbeständiges Verhalten der Arme gegen einander erfolgt. Auch sind Inseln schwerer zu beseitigen, als vom Ufer vorspringende Untiefen.

Wenn zwei Flüsse zusammen treten, so bildet sich unterhalb der Vereinigung stets eine Ablagerung, weil ihr Hochwasser zu verschiedenen Zeiten eintritt und das gemeinschaftliche Profil zu gross ist für das einseitige Hochwasser. Je ungleichartiger die beiden Flüsse sind, desto ungünstiger sind diese Verhältnisse.

Das sogen. Normalprofil findet sich nur in graden Strecken, wo Flussthal und Flussbett nicht zu eng oder nicht zu weit sind und der Boden fest genug ist, um dem Angriff des Wassers zu widerstehen; es erfolgt also dann weder ein Abbruch der Ufer, noch eine Verlandung derselben. Mit einem auf längerer Strecke vorhandenen Normalprofil ist auch das normale Gefälle verbunden.

Eis bildet sich im Flusse anders als auf still stehendem Wasser. Bei letzterem geschieht die Eisbildung nur an der Oberfläche und von dieser nach unten zunehmend; in Flüssen dagegen besonders als sogen. Grundeis, welches in Klumpen aufsteigt und Schollen bildet, die bei zunehmendem Frost in etwa 2—3 Tagen an engen oder seichten Stellen die Oberfläche des Flusses zeitweilig bedecken. Erst darauf bildet sich auch an der Oberfläche eine zusammenhängende Decke. Beim Aufbrechen derselben werden für Bauwerke, namentlich für die Brücken, anfangs die grossen Schollen, deren Grösse oft der Flussbreite beinahe gleich kommt, gefährlich; später ist das gegenseitige Klemmen der Schollen in besonders engen oder mehr noch in seichten Stellen, wo unter der glatten Eisdecke grosse Ballen Grundeis hängen, zu fürchten; es tritt dann Eisversetzung, und wenn diese nicht bald gehoben wird, eine Eisstopfung ein, die oft bis auf die Sohle hinab reicht, und eine Länge von vielen Kilometern erreicht. Das Wasser wird dadurch in kurzer Zeit von etwa mittlerem Stande zu solcher Höhe aufgestaut, dass es die Deiche überströmt und Ueberschwemmungen veranlasst. Eine Sprengung der Eisdecke (durch tief unter Wasser eingebrachte Patronen) ist nur wirksam in der glatten Eisdecke und so lange als noch Strömung genug vorhanden ist, um das losgesprengte Eis abzutreiben.

II. Besondere Eigenschaften der obern, mittlern und untern Flussstrecken.

Während die Flüsse die im Vorstehenden beschriebenen Eigenschaften auf ihrer ganzen Länge zeigen, so weit nicht besondere Umstände, z. B. klimatische Verhältnisse, Eisbildung oder dergl. Ausnahmen hervorbringen, bestehen in den drei oben genannten Abtheilungen so wesentliche Unterschiede, dass deren getrennte Beschreibung hier erforderlich scheint.

a. Der Oberlauf.

Der Oberlauf ist häufig ein sogen. Gebirgsfluss und dessen wildester Theil ein sogen. Wildbach.

Das Wesentliche des Gebirgsflusses ist das starke Gefälle, in der Regel über 1:100, wenn nicht gar Wasserfälle oder Stromschnellen den eigent-

lichen Lauf unterbrechen, die reissende Strömung, in der Regel über 3^m, das steinige oder felsige Bett, weil alle feinem Sinkstoffe frei schwimmen und nur grosse Steine sich zeitweilig halten können, bis auch sie bei heftiger Anschwellung wieder mitgerissen werden und neuen Trümmern Platz machen. So weit nicht ein solcher Fluss aus einem grossen Wasservorrathe, z. B. einem Gletscher gespeist wird, bildet steter Wechsel zwischen plötzlicher Anschwellung und raschem, oft völligen Versiegen die Regel.

Durch die Heftigkeit der Strömung, die bedeutende Menge und Grösse der Sinkstoffe erfolgen die Veränderungen des Bettes und der Ufer überaus rasch und fast ohne jede Regel, weil durch zufällige Anhäufungen des Gerölles, wobei treibende Baumstämme usw. mitwirken, oft der bisherige Hauptlauf derartig versperrt wird, dass ein ganz neues Bett in die aus altem Geröll bestehende Oberfläche gegraben wird. Dies ist namentlich in derjenigen Gegend eines Gebirgsflusses der Fall, wo derselbe das Gebirge verlässt und in das Unterland eintritt. Hier ist das Bett oft ein Gewirr von zahllosen grössern und kleinern Armen, welche bis auf einige für gewöhnlich trocken liegen, bei der nächsten Anschwellung aber mit Heftigkeit durchströmt, jedoch sehr bald ganz oder theilweise wieder versperrt und durch neue Arme ersetzt werden. Solche Betten haben zuweilen mehr als 1 km Breite, wie z. B. bei vielen Gebirgsflüssen in Spanien, dem südlichen Frankreich usw.

Ein Hauptgrund derartiger Bildung ist neben der natürlichen Gestaltung des Gebirges die zunehmende Entwaldung vieler Gebirgsgegenden.

Bei entwaldetem Gelände werden die Gebirgsflüsse reissender und mit bedeutenderen Sinkstoffen beladen; die Flüsse der Ebene leiden an häufigern und höhern Hochwasserständen und bewirken ihrerseits eine grössere Gefahr für Ueberschwemmung der Niederungen¹⁾.

In den obersten Strecken der Gebirgsflüsse, wo dieselben zwischen beiderseitigen Anhöhen liegen, den sogen. Runsen, kommen alle jene Erscheinungen im höchsten Masse vor. Die massenhaften festen Stoffe bilden daselbst zuweilen einen den ganzen Wildbach versperrenden Damm, hinter welchem sich durch Aufstau rasch ein förmlicher See bildet, bis endlich durch den Wasserdruck der Damm gesprengt wird und als sogen. Schuttwalze oder Murgang usw. sich ins Thal wälzt. Bei geringerem Wasserzufluss bleibt eine solche Stein- oder Schlamm-Masse zum Theil seitwärts hängen, bei grösserem jedoch, und zum Theil erst nachträglich, gelangt sie bis zum Ausgang des Wildbaches in das freiere Thal, woselbst dann ein sogen. Schuttkegel gebildet wird. Ein solcher erleidet sowohl zeitweiligen Zuwachs als auch Abbruch, ist jedoch wegen fruchtbarer Beschaffenheit seiner Oberfläche häufig im Laufe der Zeit mit Wohnstätten und Gärten usw. bedeckt worden. Die Murgänge werden der Thalbewohnerschaft oft im höchsten Grade gefährlich und die Gefahr wird um so grösser, wenn die Sohle des Wildbaches sich nach und nach verlegt und erhöht hat und wesentlich höher liegt als das angrenzende Kulturland. Am südlichen Abhange der Alpen liegt der Bach oft höher als Thürme und Dächer benachbarter Dörfer.

b. Der mittlere Lauf.

Der mittlere Lauf grösserer Flüsse ist in vielen Beziehungen schon bei Besprechung der allgemeinen Eigenschaften charakterisirt worden. Die besondern Eigenschaften treten weniger scharf hervor, als beim Ober- und Unterlauf, so dass im allgemeinen eine grössere Aehnlichkeit der Flüsse in ihrem mittlern Laufe herrscht.

Zunächst ist ein im ganzen gleichmässiges und sanftes, selten über etwa 1:2000 hinaus gehendes, aber bei grossen Flüssen in ihrem Unterlauf bis unter 1:20,000 hinaus gehendes Gefälle vorhanden. Dasselbe wird nur dort wesentlich stärker und auch unregelmässig, wo eine festere Bodenart, wie gewachsener Fels, das Flussthal und Flussbett durchsetzt, und wo der Fluss im Laufe der

1) Einiges Nähere über den Einfluss des Waldes auf Regenmenge, Verdunstung usw. s. Hilfswissenschaften I, S. 1122 ff.

Zeit sich in Form von Wasserfällen allmählig Bahn gebrochen hat. Am Rhein, im sogen. Binger Loch bei Bingen und in der Donau in der Gegend von Orsova am sogen. „Eisernen Thor“ sind solche besonders bemerkenswerthen Ueberreste ehemaliger grossartiger Wasserfälle, wo noch jetzt das Wasser an einzelnen Stellen mit 4—5^m Geschwindigkeit zwischen und über Felsrücken hindurch und hinweg schiesst, die eine Reihe von hinter einander liegenden Stromschnellen bilden. Oberhalb solcher Strecken haben die Flüsse früher Landseen und nach Durchbrechung der Felsrücken fruchtbare Ebenen gebildet.

Von solchen einzelnen Unregelmässigkeiten abgesehen, fliesst ein Fluss in seinem Mittellauf mit mässiger Geschwindigkeit, bei mittlerem Wasser etwa mit 1^m, bei hohem etwa mit 2^m/1 Sek., bewegt daher auch nur noch Sinkstoffe von höchstens etwa Nuss- bis Ei-Grösse, ganz besonders aber Sand und bei Hochwasser in Folge der Abschwemmung der Oberfläche auch viel Thon oder Schlick, so dass alsdann das Wasser sowohl die meisten groben als auch feinen Sinkstoffe führt. Das eigentliche Flussbett ist in dem aus ältern Ablagerungen desselben Flusses entstandenen Flussthal eingeschnitten, hat also in der Regel ein weiches Bett und weiche Ufer, ist daher, wenn der Fluss sich selbst überlassen wird, in Folge der allgemeinen Neigung zum Serpentiniren, stets bestrebt, hier Abbruch, dort neue Verlandungen zu bilden. Gehen solche Aenderungen auch nicht so rasch und gewaltsam vor sich, wie die der obern Flussstrecken, so ist doch nach längern Zeiträumen (z. B. 100 Jahren) jeder sich selbst überlassene und übrigens sanft fliessende Fluss den grössten Aenderungen unterworfen. Die Karten solcher Flüsse zeigen oft in mehren 100^m Entfernung vom jetzigen Flusslauf ältere, nahezu ganz verlandete Arme, welche früher den Hauptstrom gebildet haben.

Eine besonders auffällige Erscheinung ist es, dass die in der allgemeinen Richtung von Süd nach Nord fliessenden Ströme auf der nördlichen Halbkugel das Bestreben zeigen, nach Osten hin auszubiegen. Es ist diese Neigung selbstverständlich nicht dort sichtbar, wo der Fluss wie die meisten Gebirgsflüsse, zwischen zwei Bergzügen eng eingeschlossen und in seiner Richtung fest gelegt ist, oder wo in seinem Unterlauf die Mündung durch die allgemeine Gestaltung der Oberfläche gegeben und der Fluss gezwungen ist z. B. von Ost nach West zu fliessen, wie die Unterelbe. Dagegen kann man an allen deutschen nach Norden gehenden Flüssen, so weit sie Gelegenheit gehabt haben, ihr Bett zu verlegen, wahrnehmen, dass sie sich von West nach Ost verschoben haben, indem fast nur an der Ostseite natürliches Hochufer sich befindet, wogegen fast die ganze Westseite neue und niedrige Anlandung zeigt. In der grossartigsten Weise wird diese Erscheinung am Nil von der Nubischen Grenze bis nach Unter-Aegypten hinab wahrgenommen. Die Ursache dieser Verschiebung ist die Drehung der Erde von West nach Ost, durch die jedes auf der nördlichen Halbkugel von Süd nach Nord gehende Wassertheilchen eine östliche Ablenkung erfährt. Durch natürliche Höhenunterschiede, sowie durch künstliche Einwirkungen, namentlich der seit etwa 100 Jahren erfolgten Festlegung der Ufer ist die Regelmässigkeit der Erscheinung gehemmt oder verwischt worden.

Die örtlichen scharfen Krümmungen und Serpentinien sind von der so eben besprochenen Verschiebung des Bettes unabhängig. Sie hängen hinsichtlich der Grösse der Krümmungs-Halbmesser von dem Gefälle, also der Stromgeschwindigkeit und namentlich der Breite des Flusses ab, so dass im allgemeinen in den obern geneigtern und schmalern Strecken die Krümmungen am stärksten sind. Auf der Weser zwischen Münden und Bremen betragen die schärfsten Krümmungen durchschnittlich etwa 300^m Halbmesser, während unterhalb Bremen die schärfste in Fig. 305 dargestellte und durchstochene Krümmung etwa 1100^m Halb. zeigt.

Bei allen diesen Krümmungen bildet es die Regel, dass die grosse Tiefe an der konkaven Seite liegt und dass in der Uebergangsstrecke von der einen Konkave zur andern die Tiefe geringer als sonst in der graden Richtung derselben Flussstrecke ist. Es bilden daher solche Uebergänge für die Schifffahrt unangenehme Hindernisse. Es ist ferner ein Uebelstand dieser Krümmungen,

dass das über die eigentlichen Ufer hinaus gehende Hochwasser eine andere Richtung besitzt als das im tiefern Flussbett sich bewegende Wasser, so dass bei bedeutender Höhe des Hochwassers jenes streckenweis, d. h. da, wo die Richtungen am meisten auseinander gehen, stark versandet, also nach Ablauf des Hochwassers eine wesentliche Verschlechterung geschaffen ist, die erst nach längerer Zeit vom Flusse selbst oder mit künstlichen Mitteln (Baggerung) beseitigt werden kann. Bei Eindeichungen des Flussthales ist hierauf Rücksicht zu nehmen.

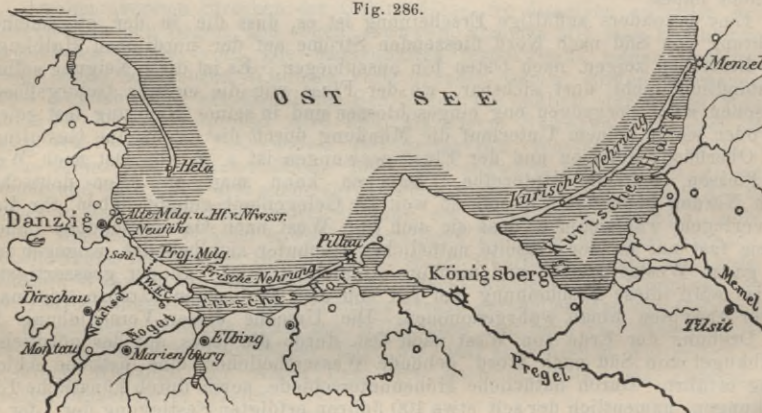
Die besonders scharfen Serpentinien lassen zuweilen nur so schmale Streifen des Flussthales stehen, dass bei starkem Hochwasser in Folge der quer über solchen schmalen Rücken hinweg gehenden Strömung ein natürlicher Durchbriss und eine Begradigung des Flusslaufes erfolgt, in ähnlicher Weise wie künstlich ein sogen. Durchstich gebildet wird.

Sonderbeschreibungen der Mittelläufe einzelner Flüsse sind nicht zu geben, weil fast jeder Fluss eine grosse Zahl Strecken verschiedener Art besitzt. Für die Kenntniss ganzer Flussläufe ist auf betr. Beschreibungen zu verweisen¹⁾.

c. Die Mündungsgebiete der Flüsse.

Die von Ebbe und Fluth freien Flussmündungen zeigen zwar im ganzen einfachere Verhältnisse als die von der Meeresfluth beeinflussten, sind aber trotzdem unter sich sehr ungleich und zwar abgesehen von der Grösse des Flusses. Die wichtigsten Unterschiede sind darin begründet ob das Meer vor der Mündung seicht oder tief ist, ob die Küste neben der Mündung seitwärts vorspringt oder buchtartig zurück tritt, ob eine starke Küstenströmung vorhanden ist oder nicht, ob überhaupt der Fluss ins offene Meer oder in ein sogen. Haff mündet.

Fig. 286.



Fallen mit diesen Umständen Seichtheit der Küste mit geringer Küstenströmung oder tritt gar noch eine Haffmündung hinzu, so ergibt sich eine sogen. Delta-Bildung in der Mündung, wenn nicht etwa der Fluss kurz vor seiner Mündung seine Sinkstoffe durch Ablagerung in einem Binnensee verloren hat. Je sinkstoffreicher ausserdem der Fluss, desto rascher wächst das Delta in jenem Falle an. Unter den entgegen gesetzten Umständen, also bei steiler Küste oder bei lebhafter Küstenströmung und geringen Sinkstoffmengen, bleibt jene Bildung beschränkt und ist in kurzen Zeiträumen kaum wahrnehmbar.

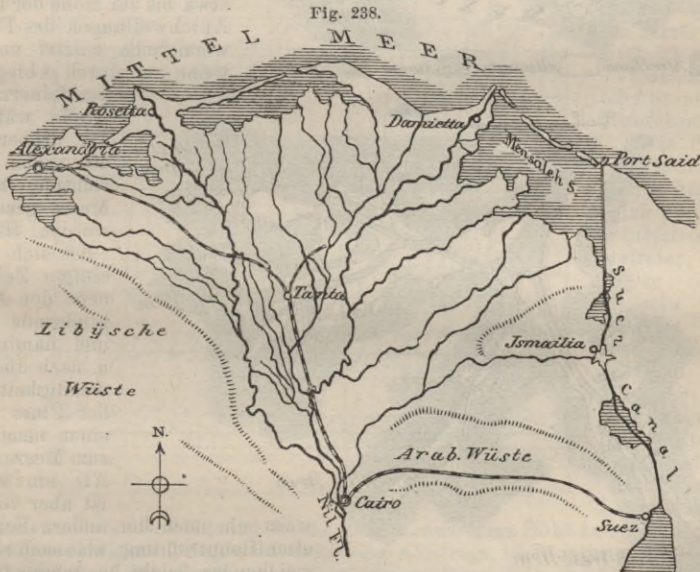
Indem die meisten Flüsse mit starker Fluth weite und tiefe trichter-

¹⁾ In der Zeitschr. für Bauw. sind folgende Fluss-Beschreibungen mitgetheilt: des Memelstroms 1861, des Pregelstroms 1867, des Weichselstroms von der Trennung der Nogat von der Weichsel 1862, des Oderstroms 1864, der Elbe, des Rheinstroms 1856, und der besonders wegen der Felsprengungen interessanten Strecken von Bingen bis St. Goar 1868, der Weser in Petermann's geograph. Mittheilungen 1880.

förmige Mündungen besitzen, dabei jedoch einzelne derselben mit mässiger Fluthgrösse auch grosse Deltas gebildet haben und weil überhaupt die Deltabildung von verschiedenen Umständen abhängig ist, so ist seit langer Zeit über deren Ursachen gestritten worden. Wie Verfasser im Handbuch d. Ingen-

Wissensch. Bd. III., Kap. XVIII näher ausgeführt hat, gilt für die verschiedenen Flussmündungen das Gesetz, dass je grösser, also im allgemeinen reicher an Sinkstoffen, der Fluss ist, desto grösser die Tide sein muss, um eine Deltabildung zu verhüten.

Dieser kurzen Erklärung der Deltabildung stehen andere Auffassungen entgegen, namentlich haben Geographen abweichende Ansichten ausgesprochen: Credner äussert sich¹⁾ wie folgt: „dass der Sedimentführung der Flüsse, der Strom-Geschwindigkeit der letztern, den Tiefenverhältnissen vor den Flussmündungen, der mechanischen Thätigkeit des Meeres in ihrem Einflusse auf die Deltabildung eine nur lokale Bedeutung beigemessen werden könne. Hingegen seien es säkuläre Hebungen der Festlandsküsten und die Erniedrigung des Wasserstandes von Binnenseen, unter deren Einfluss die Anschwemmungen der Flüsse trotz sonst vorhandener ungünstiger Verhältnisse Deltabildungen sich ergeben,



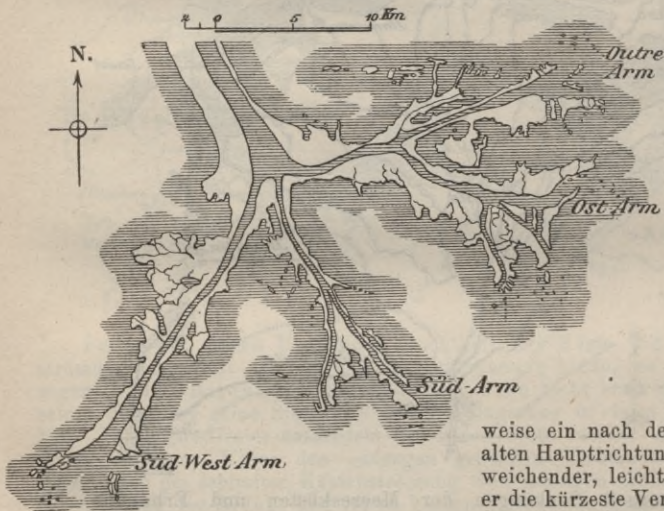
während im Gegentheil Senkungen der Meeresküsten und Erhöhung des Wasserspiegels in Binnenseen die Bildung von Deltas an ausgedehnten Küstenstrichen der Festländer und an den Gestaden mancher Binnenseen verhindert und früher an denselben entstandene Deltas unter den Fluthen wieder verschwinden lassen“. Es sollen also Niveau-Verände-

¹⁾ „Geograph. Mittheilungen“ von Dr. A. Petermann, Jahrg. 1878.

rungen sein, auf welche in erster Linie die Erscheinung der Deltabildung zurück zu führen ist.

Nach der vom Verfasser vertretenen Anschauung ist die Deltabildung zunächst die Folge einer Ablagerung der Sinkstoffe wegen mangelnder Stromgeschwindigkeit in der zeitweiligen Mündungs-

Fig. 289, 290.



gegend. Der Fluss versperrt sich gewissermassen selbst seinen Weg und zwar gerade am stärksten in seiner Hauptrichtung, weil in dieser die meisten und schwersten Sinkstoffe abgeführt werden. Es erfolgt darnach ein durch zeitweilige niedrige Meeresswasserstände verstärkter Aufstau des Flusswassers und damit eine zeitweilig verstärkte Strömung, welche am ehesten seitwärts z. B. links von der alten Richtung einen Durchbruch der früheren Flussrinne zum offenen Meer hin bewirkt. Ist dies geschehen, so wächst die Anlandung in der alten Hauptrichtung noch etwa bis zur Höhe der höheren Anschwellungen des Flusses, wengleich zuletzt vorzugsweise nur durch Ablagerung der feimern Sinkstoffe, während

die gröbern mit der neuen Flussrichtung bis ins Meer geschoben werden. Hier bildet sich nach einiger Zeit eine neue den Abfluss hindernde Bank, und damit nach u. nach die Nothwendigkeit, dass der Fluss wieder einen neuen Weg zum Meere suche. Als ein solcher ist aber vorzugs-

weise ein nach der andern Seite der alten Hauptrichtung, also nach rechts weichender, leicht zu gewinnen, weil er die kürzeste Verbindung bildet und die stärkste Strömung ermöglicht.

Wie das Bild der meisten ältern Deltas, z. B. die in Fig. 286—290 dargestellten Deltas der Weichsel, der Donau, des Nils und des Mississippi zeigt, spalten sich die einzelnen Arme häufig in kleinere Aeste, auch gehen mit der Zeit ältere bedeutende Arme durch künstliche oder natürliche Einwirkung ein und verlanden ganz oder streckenweise.

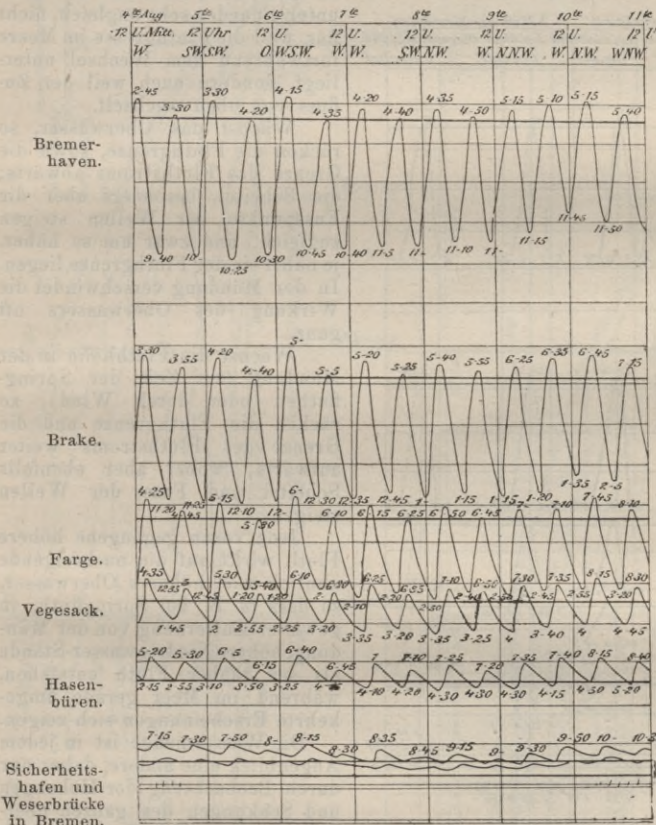
Die Deltas selbst sind nach der Art ihrer Entstehung meist fruchtbare, aber mit zurückgebliebenen Niederungen und Sümpfen bedeckte Marschen, die trotz etwaiger Eindeichungen sehr den Ueberschwemmungen ausgesetzt sind, weil die Entfernung von der ursprünglichen Spitze des Deltas bis zu den Mündungen immer grösser wird und damit die Höhe der Wasserstände des Flusses in der Nähe jenes Punktes stetig wächst.

Die einzelnen Arme solcher deltaförmigen Mündungen sind aber stets schwer zu regulirende Flussstrecken, weil sie in ihrer Wassermenge und fast in allen davon abhängenden Stücken eine Unbeständigkeit zeigen, die um so nachtheiliger wird, wenn eine Abnahme des Zuflusses stattfindet. Besonders in kältern

Gegenden sind die verschiedenen Arme der Bildung von Eisstopfungen sehr ausgesetzt, weil oft nur durch besondere Windrichtung sämtliches Eis dem einen oder andern Arm zugeführt wird, der aber nicht die Kraft besitzt, es ohne Versetzung oder Stopfung abzuführen.

Wie Ebbe und Fluth vom Meere her in eine untere Flussstrecke eintreten, entstehen neue, oft sehr verwickelte Erscheinungen¹⁾. Jede in die Mündung des Flusses tretende Fluthwelle oder Tide, deren Längeanfänge

Fig. 291. Fluthkurven einer Anzahl Orte an der Unterweser.



viele Kilometer, deren Zeitdauer rd. 12 Std. 25 Min., und deren Höhe an der deutschen Küste bei gewöhnlichen Fluthen etwa 2,5—3,6 m beträgt, läuft unter stetiger Abnahme ihrer lebendigen Kraft, aber nicht immer ihrer Höhe²⁾, bis zu einem obern Punkte des Flusses, wo sie unmerkbar wird. Hier ist die sogen. Fluthgrenze, von der die Grenze der Fluthströmung, welche weiter abwärts liegt, verschieden ist. Bei grossen Flüssen laufen stets mehrere Wellen gleichzeitig hinter einander, so dass auf verschiedenen Strecken zu derselben

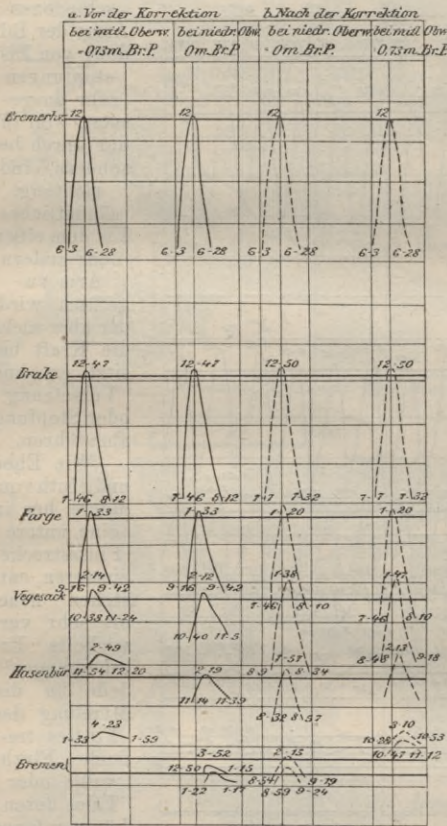
¹⁾ Dalmann. Fluss-Korrekturen im Fluthgebiet. — Löhmann. Die Fluthwelle der Tideströme. Zeitschr. d. Archit.- und Ingen.-Verein für Hannover, Jahrg. 1880.

²⁾ Vergl. S. 10 ff.

Zeit Strömungen entgegen gesetzter Richtung möglich sind. Auf dem vordern Abhang der Welle ist, wenn nicht die Strömung des Oberwassers überwiegt, Fluthstrom, auf dem hintern Ebbestrom.

Die Form der Fluthwelle, d. i. das Bild aller Punkte der Welle für einen Augenblick, (s. Fig. 293, 294) kann aus gleichzeitigen Beobachtungen an einer entsprechenden Anzahl von Punkten gefunden werden. Die sogen. Fluthkurve enthält das Bild des Steigens und Fallens während einer ganzen Fluthperiode an einem Punkte betrachtet; dieselbe wird durch Auftragung der Zeit als Abzissen, der Höhen als Ordinaten gewonnen, besser aber noch durch selbstregistrirende Pegel verzeichnet.

Fig. 292.



Die einzelnen Fluthwellen sowohl als Fluthkurven sind unter einander sehr ungleich, nicht nur weil die Fluthgrösse im Meere fortwährend dem Wechsel unterliegt, sondern auch weil der Zufluss von oben wechselt.

Wächst das Oberwasser, so rücken die Fluthgrenze, sowie die Grenze des Fluthstroms abwärts; die Scheitel, besonders aber die Fusspunkte der Wellen steigen zugleich, und zwar um so höher, je näher sie der Fluthgrenze liegen. In der Mündung verschwindet die Wirkung des Oberwassers oft ganz.

Wächst die Fluthhöhe in der Mündung (zur Zeit der Springfluthen oder durch Wind), so rücken die Fluthgrenze und die Grenze des Fluthstroms weiter aufwärts, wobei aber ebenfalls Scheitel und Fuss der Wellen steigen.

Jede voran gegangene höhere Fluth wirkt auf die nachfolgende ähnlich wie höheres Oberwasser, so dass z. B. bei Springfluth, in gewisser Entfernung von der Mündung, höhere Niedrigwasser-Stände als bei tauber Fluth entstehen, während im Meer gerade umgekehrte Erscheinungen sich zeigen.

Die Wassermenge ist in jedem Augenblicke eine andere, daher nur durch Beobachtung der Hebungen und Senkungen des ganzen oberhalb bis zur Fluthgrenze sich erstreckenden Spiegels und durch

Messung des gleich bleibenden obern Zuflusses zu bestimmen. Durch Veränderung des Flussbettes kann dieselbe innerhalb gewisser Grenzen vergrößert oder verkleinert werden; durch Vergrößerung wächst die Kraft des Stromes, also auch (event. mit Nachhülfe) die Tiefe des Bettes.

Mit der grössern Wassermenge ist aber zugleich eine Erhebung des Scheitels der Welle verbunden, so dass daraus ein doppelter Gewinn an Wassertiefe für die Zeit des Hochwassers erzielt wird. Diese Wassertiefe pflegt für grössere Schiffe die allein benutzbare zu sein (Tide-Fahrt); dieselben gehen vor dem Scheitel der Welle stromauf und kurz nach demselben wieder hinab.

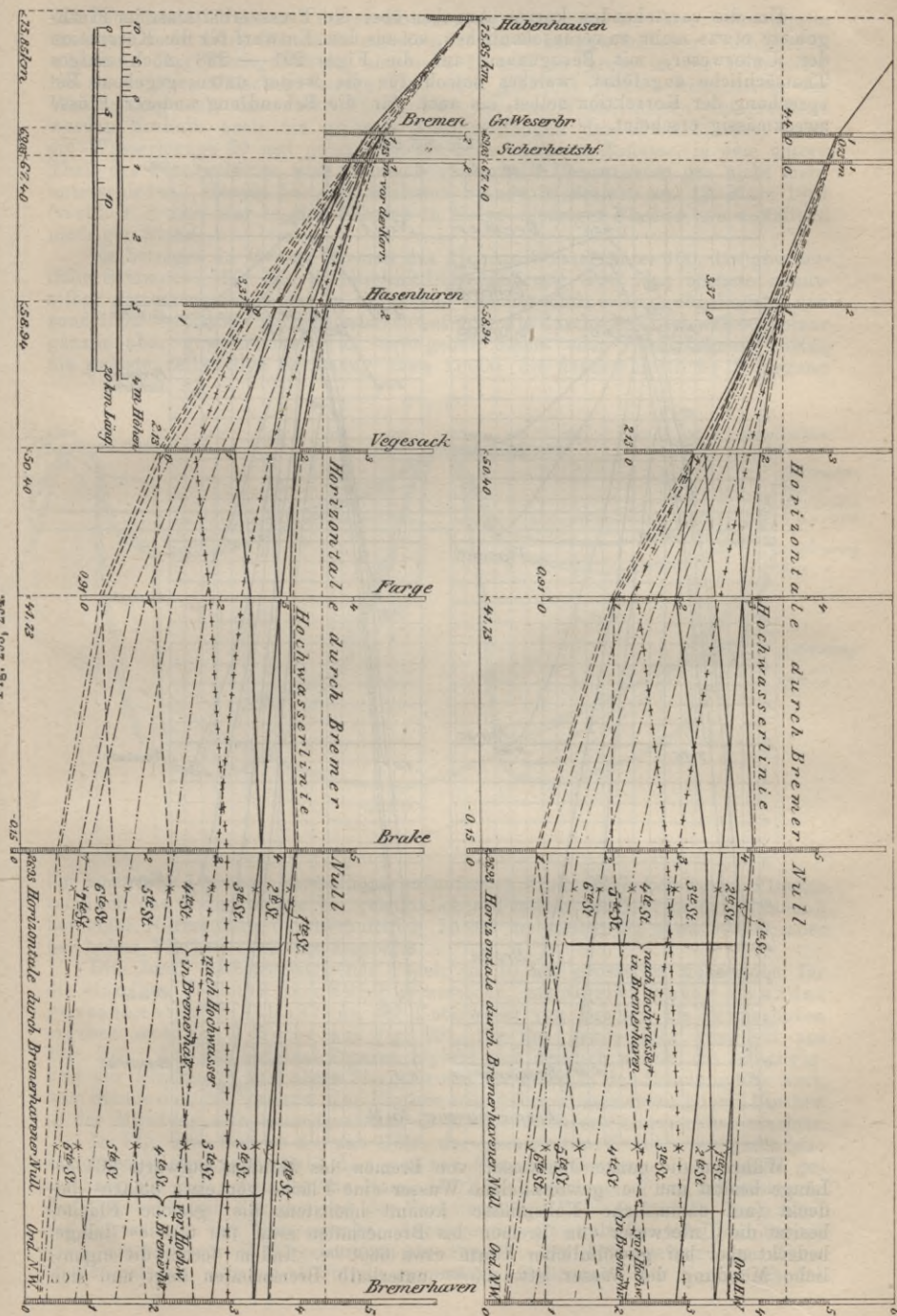
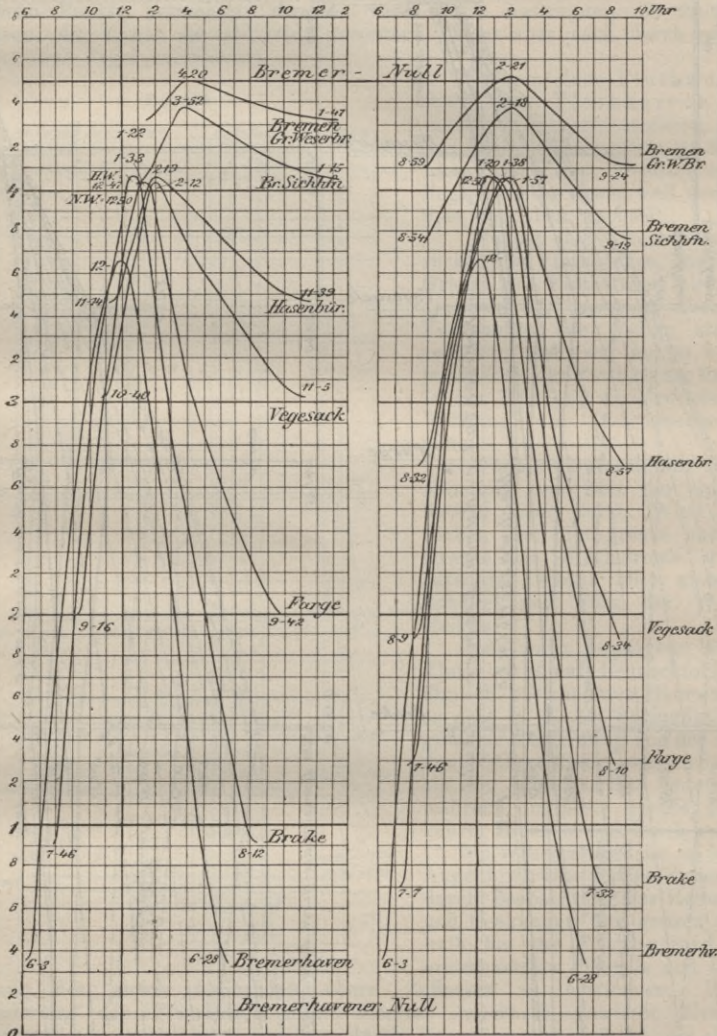


Fig. 203, 204.

Um die vorstehenden kurzen Angaben über die Flussverhältnisse im Fluthgebiete etwas mehr zu veranschaulichen, sei aus dem Entwurf für die Korrektion der Unterweser, mit Bezugnahme auf die Figur 291 — 298 noch einiges Thatsächliche angeführt, welches sowohl für die weiter unten gegebene Besprechung der Korrektion selbst, als auch für die Behandlung anderer Flüsse zweckmässig erscheint.

Fig. 295, 296.

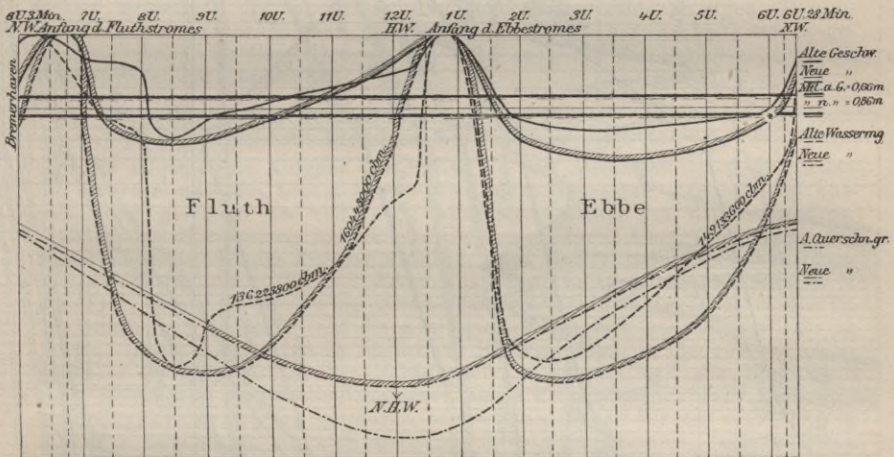


Während die ganze Oberweser von Bremen bis Münden aufwärts 367 km Länge besitzt und bei gewöhnlichem Wasser eine Fläche von etwa 3300 ha bedeckt (auf sämtliche Nebenflüsse kommt höchstens die gleiche Fläche) besitzt die Unterweser von Bremen bis Bremerhafen zwar nur 69,3 km Länge, bedeckt aber bei gewöhnlicher Fluth etwa 6600 ha. Indem ferner die eigentliche Mündung der Weser etwa 55 km unterhalb Bremerhafens liegt und sich

das betreffende Gebiet auf dieser Strecke von etwa 2 km bis etwa 20 km Breite erweitert, so ist deren Oberfläche auf etwa 53 000 ha bei gewöhnlicher Fluthhöhe zu schätzen. Das Fluthgebiet ist also etwa 10 mal so gross in der Oberfläche, bei seiner etwa 10fach grösseren Tiefe aber 100 mal grösser hinsichtlich der Wassermenge als das obere Flussgebiet. Diesen Verhältnissen entsprechend werden deshalb auch die grössten Anschwellungen des obern Flusses, wobei die Wassermenge 50 mal grösser ist als beim kleinsten Zuflusse, in dem untern Theil des Fluthgebietes, und zwar schon oberhalb Bremerhafens gar nicht mehr unterschieden. Gerade bei dem höchsten Stande in Bremen am 13. März 1881 (vergl. Fig. 299) war in Bremerhafen in Folge niedriger Fluthen ein auffallend niedriger Stand.

Es betragen in cbm zu Bremen das kleinste Wasser unter 100, das gewöhnliche Sommerw. 150, das durchschnittliche Jahresw. 296, das höchste unmittelbar gemessene (ohne das in Folge von Deichbrüchen seitlich abgelaufene von rund 1000 cbm) 3150. Zu Bremerhaven betragen die durchschnittlich während einer ganzen aber gewöhnlichen Tide erfolgende Ebbe- oder Fluthströmung 6400, die grösste zeitweilige Strömung etwa 11000, die durchschnittliche Bewegung

Fig. 297.



bei einer nur 1 m über Normalhöhe auflaufenden Fluth 9217, bei hohen Fluthen reichlich das Doppelte wie bei gewöhnlichen Fluthen; endlich in der Mündung bei einer Normalfluth durchschnittlich 56 000 und zeitweilig etwa 90 000, aber bei hohen Fluthen etwa das Doppelte.

Die durch selbstregistrirende Pegel, in 10 mal grösserem Maassstabe, für die einzelnen Stationen unmittelbar gemessenen, nachträglich unter einander gezeichneten Fluthkurven der Unterweser von Bremen bis Bremerhaven ergeben sich für 1 Woche aus Fig. 291, für das ganze Jahr gemittelt aus Fig. 292. Aus den Original-Figuren ergibt sich deutlich sowohl die Abhängigkeit der Fluthen in den obern Strecken von der Fluth in der Mündung, als auch vom Stande des Oberwassers. Die Fluthen zeigen ferner, dass etwas höhere Fluthen in der Mündung sich besonders stark in den oberen Strecken bemerklich machen.

In Fig. 293, 294 ist die mit Hülfe der gemittelten Fluthkurven gefundene Lage des Wasserspiegels der ganzen Strecke von Stunde zu Stunde gezeichnet, die Fig. geben also die Form der Fluthwellen. Diese Aufzeichnung dient zunächst zur Beurtheilung des Verhaltens der Ebbe und Fluth, dann auch zur Berechnung der Wassermenge. Letztere ist ermittelt für jede Stunde und jedes Durchflussprofil (Pegelstation) als Produkt der betr. zeitweiligen Oberfläche mal den während 1 Stunde gemessenen Hebungen oder Senkungen des

Spiegels (Fluth, bezw. Ebbe) oberhalb jenes Profils unter Hinzurechnung des gleichzeitigen Zuflusses durch das oberste Profil.

In Fig. 297 ist dargestellt, wie sich während der ganzen Tide die Wassermenge, Querschnitte und Geschwindigkeiten eines bestimmten Durchflussprofils, hier das von Bremerhaven, fortwährend ändern, wobei für die Geschwindigkeiten ausserdem eine mittlere (als gerade Linie) berechnet und gezeichnet ist.

Endlich ist in Fig. 298 eine graphische Zusammenstellung aller hauptsächlichsten Verhältnisse der ganzen Flussstrecke gegeben, also der Breite, Tiefe, Querschnitte, Wassermengen, und Geschwindigkeiten usw., wobei zu bemerken ist, dass die Darstellung zwei Eingänge hat, von denen der eine für die Tiefenangaben, der andere für die Wassermengen Geschwindigkeiten usw. gilt. Die an den benutzten 90 einzelnen Punkten ermittelten Werthe sind zu gradlinigen Mittelwerthen von Station zu Station umgeformt, um die Verhältnisse in grössern Zügen anzugeben; die Tiefen der untern Strecken sind wegen Raumbeschränkung fortgelassen worden.

Alle Figuren enthalten ausser den Angaben die den vorhandeneu Zustand des Stromes charakterisiren, auch diejenigen, für den neuen, durch die Korrektur angestrebten Zustand. Bei der grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinung ist eine solche Darstellung, von dem hier nur das Wesentlichste mitgetheilt ist, unerlässlich um neben den zahlenmässigen Berechnungen volle Anschaulichkeit und Uebersichtlichkeit der Verhältnisse zu gewinnen. Aehnliche Darstellungen sind aber auch für die Verhältnisse oberer Flussstrecken sehr brauchbar.

III. Wirtschaftliche Bedeutung der Flüsse. Aufgaben der Flussbau-Verwaltung.

Die allgemeinste Aufgabe der Flüsse ist, mit Ausnahme der Gebirgsflüsse die Entwässerung des bebauten oder wenigstens nutzbaren Landes. Die Entwässerung geschieht am sichersten, wenn dem Abfluss des Wassers und namentlich des Hochwassers kein Hinderniss, sei es durch Unregelmässigkeit des eigentlichen Bettes oder des zur Abführung des Hochwassers dienenden Fluss-thales entgegen steht. Es sind daher alle etwaigen künstlichen Einbauten in den Fluss, wie z. B. Wehre zu verschiedenen Zwecken, oder Deichanlagen im Flussthale mit Rücksicht auf die Abwässerungsfähigkeit sorgfältig vorher zu prüfen. Ebenso sind etwaige natürliche Hindernisse dauernder oder vorübergehender Art hinsichtlich ihres schädigenden Einflusses und der Möglichkeit ihrer Beseitigung zu untersuchen. Verwilderte Flüsse werden fast stets eine mangelhafte Abwässerung gewähren, sowohl unmittelbar für die angrenzenden niedrigen Ländereien, als auch mittelbar für die entfernteren, welche durch natürliche oder künstliche Nebengewässer nach denselben entwässern. Dazu kommt bei kleinern, besonders bei Gebirgsflüssen, die Gefahr, dass der mangelhaft geregelte Fluss zeitweilig seinen Lauf ganz ändert und seinen alten Lauf mit Gerölle verstopft, während bei grossen Flüssen mit unregelmässigem Bett die Eisstopfungen bei aufbrechendem Eise besonders zu fürchten sind. In beiden Fällen sind Ueberschwemmungen, Deichbrüche usw. die Folge.

Selten haben die Flüsse in grösserm Umfange zur Bewässerung zu dienen; es kann diese Aufgabe nur für kleinere Flüsse von Bedeutung sein und zwar namentlich für die Zeiten des kleinern Zuflusses. Durch verhältnissmässig bedeutende Verringerung der Wassermenge werden zunächst die sonstigen vom Fluss zu erfüllenden Aufgaben in Frage gestellt; auch kann die Entnahme des reinen Wassers eine Anhäufung der zurück bleibenden gröbern Sinkstoffe bewirken, indem der Rest des Wassers nicht mehr die nothwendige Kraft zur Fortführung derselben besitzt.

Die Benutzung der Flüsse zu industriellen Zwecken beschränkt sich ebenfalls vorzugsweise auf die kleinern Flüsse, welche die Anlegung von Stauwerken gestatten und zugleich das nöthige Gefälle besitzen, um eine gewisse Fallhöhe des Wassers zu gewinnen, ohne einen zu weitreichenden Rückstau zu schaffen. Es ist freilich auch möglich, dass von einem grössern, mit starkem Gefälle versehenen Flusse aus ein Seitenkanal für industrielle Zwecke mit dem

erforderlichen Stauwerk angelegt wird, ohne dass dabei der Fluss selbst ein Stauwerk erhält.

Die Rücksichten, welche bei kleinen Flüssen mit mehren Stauwerken für industrielle Zwecke zu nehmen sind, werden sehr verwickelt, sobald der Rückstau von dem einen Stau bis über den andern hinaus reicht oder wenn andererseits durch ein oberes Stauwerk der Zufluss zu den untern zeitweilig beschränkt oder ganz aufgehoben wird. Hierbei ist die Natur des Flusses (oder Baches) zusammen mit dem industriellen Betriebe maassgebend für die Anlage und Bedienung des Stauwerkes.

Eine für den Fluss selbst wenig bedeutende Aufgabe bildet die Entnahme des Wassers zur Deckung des Wasserbedarfs in Städten. Hierüber wird, so weit die Wasser-Beschaffenheit in Betracht kommt, an anderer Stelle gehandelt. Voraussetzung einer solchen Entnahme ist, dass durch die Entnahme die Wasserführung des Flusses nicht mehr als zulässig geschwächt wird. Eine der allgemeinsten Aufgaben der Flüsse (mit Ausnahme der Gebirgsflüsse und Bäche) bildet die Benutzung zur Schifffahrt. Der Werth der Flüsse als natürlicher Wasserstrassen ist zeitweilig sehr verschieden geschätzt worden, je nach der Kultur des betr. Landes und nach dem Stande und der Ausbildung sämtlicher verschiedenen Arten von Verkehrsstrassen. Durch Einführung der Eisenbahnen ist fast überall die Bedeutung schiffbarer Flüsse etwas zurück gegangen; doch hat sich in Gegenden von hoch entwickeltem Verkehr die grosse Wasserstrasse wegen höherer Leistungsfähigkeit und namentlich grösserer Billigkeit noch neben der Eisenbahn behauptet. Es ist dazu jedoch erforderlich, dass zahlreiche grosse Schiffe auf weite Entfernungen und mit möglichst wenigen zeitweiligen Störungen durch Hochwasser, Eis usw. fahren können. Die Bedeutung eines Flusses als Wasserstrasse wächst in der Regel flussabwärts.

Die Ausbildung und Erhaltung der Flüsse für die Zwecke der Schifffahrt geht fast stets mit der Erfüllung der übrigen Aufgaben Hand in Hand, obgleich dies sehr häufig verkannt wird. Die wesentlichste Forderung der Schifffahrt ist die Ausgleichung des Gefälles und Schaffung eines graden und gleichmässigen Laufes mit regelrechtem Bett. Durch diese Arbeiten werden aber im allgemeinen auch sämtliche landwirthschaftlichen Interessen mit gefördert. Namentlich dienen alle grundlegenden Regulirungen, wodurch zunächst das höhere und mittlere Wasser des Flusses möglichst regelmässig gefasst und geleitet wird, meistens verhältnissmässig mehr der Landwirthschaft und dem allgemeinen Wohle als der Schifffahrt. Letztere gewinnt vorzugsweise erst durch die naturgemäss zuletzt herzustellende Regulirung des Bettes für die niedrigen Wasserstände. Nur bei Kanalisierung der Flüsse durch Anlage von zahlreichen Wehren und Schleusen kann das Interesse der Schifffahrt in einen Gegensatz zu den andern Interessen treten oder durch Missachtung der verschiedenen Rücksichten gebracht werden; doch lassen sich fast stets durch geeignete Massregeln alle obwaltenden Interessen gleichzeitig fördern.

Ausser den positiven Leistungen der Flüsse wird verlangt, dass sie keine Beschädigungen verursachen, dies gilt nicht nur mit Bezug auf die Fernhaltung von Ueberschwemmungen, sondern auch in Hinsicht auf Uferabbruch. Durch Ausbildung zu starker Krümmungen und durch Spaltungen, wobei ausserdem die Uferlänge stark vermehrt wird, entstehen an den konkaven Ufern heftige Angriffe, welche, entsprechend dem Widerstande des betr. Bodens, Abbruch erzeugen. Es findet zwar stets auf der entgegen gesetzten Seite Anlandung statt und im Laufe der Zeit wächst durchschnittlich gleich viel neues Land an, wie altes abbricht. Es ist aber dieser Wechsel stets mit Verlust verbunden, der um so empfindlicher wird, wenn beide Ufer verschiedenen Besitzern gehören. Ausserdem ist der an starkem Uferabbruch leidende Fluss mit weit mehr Sinkstoffen beladen, als der in festen Ufern fliessende und es bildet der ungehemmte Uferabbruch der zahlreichen Nebenflüsse und Bäche eine der grössten Schwierigkeiten für die Erhaltung und Verbesserung der Hauptflüsse. Es geht daher die Verhütung der Uferabbrüche wesentlich über das Privatinteresse der Anlieger hinaus.

Die vorbesprochenen wirtschaftlichen Aufgaben und Rücksichten bedingen nicht allein die weiter unten zu besprechenden und gewisse Verbesserungen bezweckenden baulichen Arbeiten, sondern auch eine regelmässige Beaufsichtigung der Flüsse. Zu einer planmässigen Beaufsichtigung gehört eine Reihe von geometrischen und hydrometrischen Arbeiten, welche hinsichtlich ihrer allgemeinen Bedeutung und ihrer Ausführungsweise in Hilfswissenschaften Bd. I. beschrieben sind, hinsichtlich ihrer besonderen Bedeutung für den Flussbau und der sich daraus für ihre Anordnung ergebenden allgemeinen Regeln aber hier noch einer kurzen Erwähnung bedürfen.

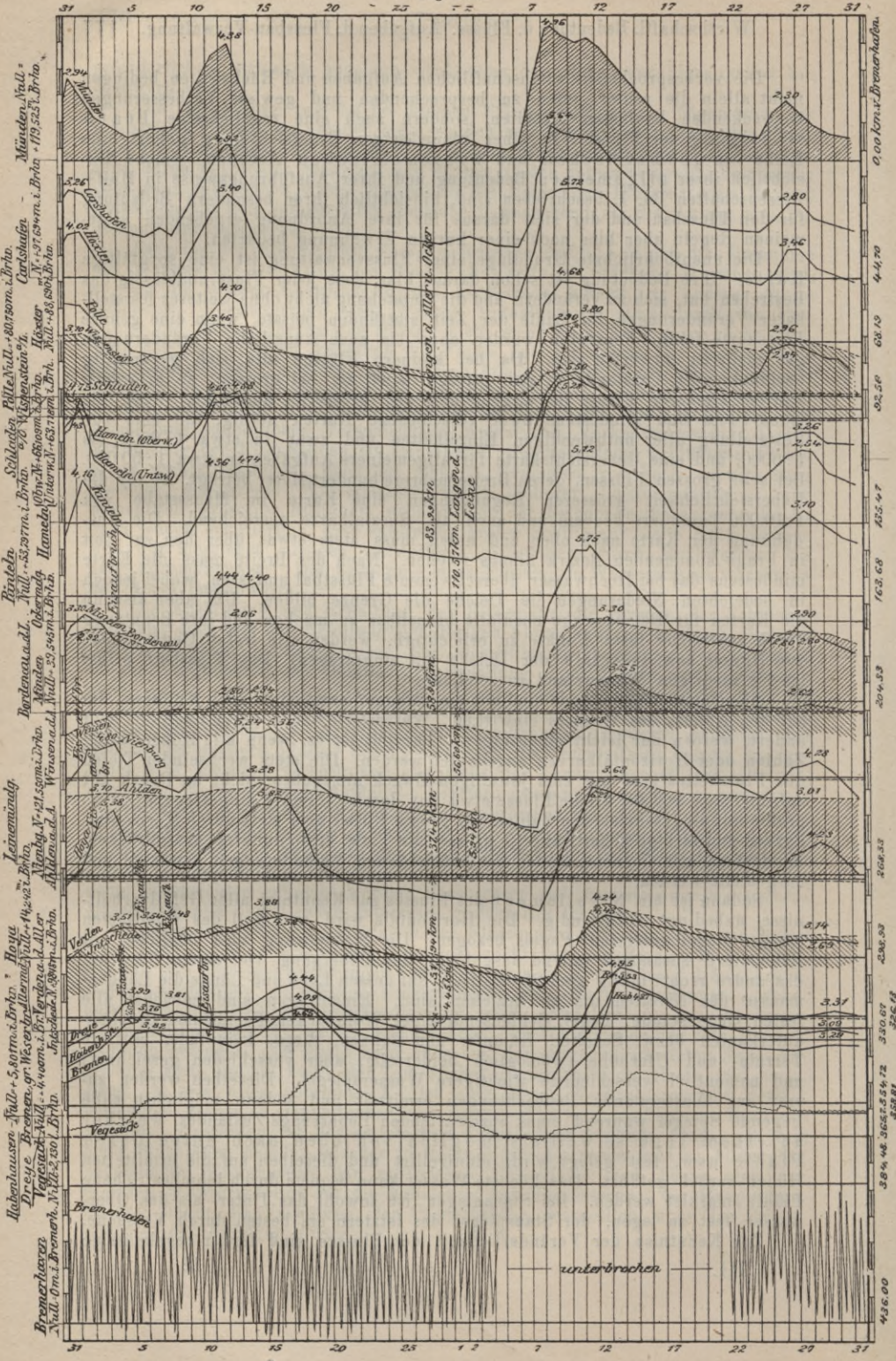
Die unentbehrlichste Grundlage einer Flussverwaltung ist eine sorgfältige Karte. Ihre Bedeutung ist schon daraus klar, dass jeder Fluss unablässig das Bestreben hat, sich zu verändern und die Entstehung nicht ohne weiteres feststellbarer Veränderungen im Laufe der Zeit stattfinden müsste, wenn eine genaue Flusskarte fehlt. Fernerhin werden ohne sie auch künstliche Veränderungen gar nicht zu entwerfen sein. Da bei kleinern Flüssen alle sich gegenseitig beeinflussenden Umstände an sich geringer sind, als bei grossen, so erfordern Karten kleinerer Flüsse im allgemeinen den grössern Maassstab. Aber für jeden Fluss sind mindestens zwei verschiedene Karten nöthig, die eine zur Feststellung aller nothwendigen Einzelheiten und zwar in etwa 1:2000 bis 1:5000, und eine Uebersichtskarte für allgemeinere Aufgaben in etwa 1:50 000. Bei sehr grossen Flüssen, deren Breite mehrere hundert Meter beträgt, ist für die Uebersichtlichkeit grösserer Regulirungen eine Karte im Maassstabe von 1:10 000 besonders bequem und auch als Spezialkarte ausreichend. Die Ausdehnung der Karte nach oben und unten muss stets etwas über den zur Zeit in Frage kommenden Bezirk hinaus reichen. Nach der Breite muss die Karte mindestens das bei Hochwasser überschwemmte Flussthal umfassen, wobei jedoch in bedachten Niederungen die Deiche die Grenze bilden. Um aber alsdann die Karten für Deichzwecke ebenfalls brauchbar zu machen und ihre Benutzung durch zahlreiche feste Punkte zu erleichtern, werden alle festen Gegenstände, wie Häuser usw. innerhalb der Deiche mit eingetragen. Das Flussbett selbst ist für niedrigen Wasserstand zu zeichnen.

Alle festen Gegenstände sind mit einzutragen, namentlich auch Kulturen, die auf den Abfluss des Wassers einwirken. Wasserfreie Sände, deren Lage sich bald ändert, werden nur leicht eingetragen. Sehr gut ist es, wenn alle Höhen durch Zahlen oder Horizontalkurven angedeutet werden. Die stets wechselnden Tiefen des Flussbettes sind nur zum jeweiligen Zweck anzugeben, nicht im Druck mit aufzunehmen und für kleine Flüsse etwa nur durch (verzerrt eingetragene) Querprofile mit eingeschriebenen Zahlen, für grosse Flüsse aber stets durch Horizontalkurven und farbige Schattirung (je grösser die Tiefe, desto dunkler) auszurücken. Mindestens alle 5 Jahre sollten die entstandenen Veränderungen gemessen und dargestellt werden.

Sodann ist ein Nivellement des Flusses zur Kenntniss aller Gefällverhältnisse unbedingt nothwendig. Die Horizontale wird auf Null des wichtigsten (in der Regel untersten) Pegels bezogen. Die Stationirung wird möglichst mit Kilometern zusammen fallend ausgeführt, der Uebergang von einem Ufer auf das andre rechtwinklig zum Stromstrich, auf dessen Lage und Länge die Längenausmaasse des Nivellements zu beziehen sind. Einzutragen sind zunächst alle festen Gegenstände: Pegel, Schleusendempel, Wehrrücken, Fachbäume, Brückenunterkanten bezw. Scheitel, Kämpfer und Bahnen, Wege, Leinpfade, mittlere Terrain- und Uferhöhe (womöglich beiderseits, aber verschieden gezeichnet) und namentlich verschiedene wichtigere Wasserspiegel. Dieselben werden zuerst aus Wasserstands-Beobachtungen ermittelt und sodann möglichst nahe liegende Spiegel während eines abzuwartenden Beharrungs-Zustandes, welcher an einem Tage so weit als möglich von oben nach unten durch Pfähle usw. fest gelegt wird, einnivellirt und dieselben auf die ermittelten Höhen zurück geführt. Das höchste Wasser kann bequem durch lehmbestrichene Pfähle markirt werden. Bei Stauanlagen ist sowohl das Unter- als das Oberwasser fest zu legen, der Stauspiegel des letztern am besten durch Versuche.

Zur Kenntniss der Veränderlichkeit des Flusses sind ferner regelmässige

Fig. 299.



Wasserstands-Beobachtungen erforderlich. Die Nullpunkte neuer Pegel werden am besten übereinstimmend mit dem niedrigen Sommer-Wasserstände angenommen. Wenn sich letzteres durch Regulirungen usw. ändert, muss der betr. Pegel unverändert bleiben. Hiernach ist klar, dass aus Pegel-Beobachtungen allein keine sichern Schlüsse auf allgemeinere Veränderungen eines Flusses hergeleitet werden können. Im Fluthgebiet entspricht der Nullpunkt meist der Höhe des gewöhnlichen N.-W. Bei Stauanlagen sind 2 Pegel für Ober- und Unterwasser nöthig, am besten mit gemeinsamem Nullpunkt.

Die Pegel sind an möglichst geschützten Orten, am besten senkrecht, unter Umständen (z. B. an Deichen) aber auch schräg aufzustellen.

Die Beobachtungen müssen zu bestimmten Stunden (wo Ebbe und Fluth herrscht, jeden Tag mindestens ein mal bei Hoch- und Niedrigwasser) ausgeführt werden; die Tabellen über dieselben werden am besten nach folgendem Schema eingerichtet, bei welchem jeder Monat seine besondere Seite erhält:

Monat			Atmosphärische Vorgänge
Datum	+ über 0	unter 0 —	
1	—	0,12	Frost, Ostwind
2	0,26	—	Thauwetter, starker Westwind
3	2,30	—	Starker Nordwest, Regen, Eisaufbruch
Mittel			

Der höchste und niedrigste Wasserstand eines Monats werden unterstrichen und aus allen Wasserständen des Monats wird das Mittel berechnet.

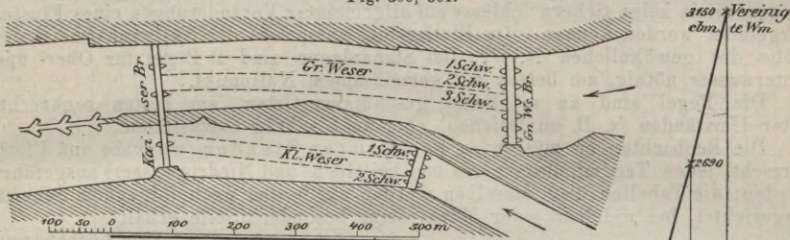
Eine graphische Darstellung der

Beobachtungs-Ergebnisse der hinter einander liegenden Pegelstationen (mit der Zeit als Abszisse, den Höhen usw. als Ordinaten) ist werthvoll, um namentlich die zeitweiligen Anschwellungen mit einander vergleichen und daraus allgemeine Regeln für den Verlauf der Hochwasser finden zu können. Verfasser hat für alle seit 1845 vorgekommenen Hochwasser der Weser derartige Darstellungen geliefert, von denen Fig. 299 die besonders interessanten und bedeutenden Anschwellungen vom Frühjahr 1881 zeigt. Es folgten sich dabei in etwa 3 Wochen Abstand zwei sehr hohe Fluthen, nachdem der erstern derselben im Dezember 1880 schon eine fast gleich hohe um ebenfalls 3 Wochen vorausgegangen war. In der Original-Darstellung sind die Verhältnisse 5 mal grösser angegeben, so dass 1 cm 1 Tag, 5 km Längen-Entfernung und 0,5 m Höhe darstellt, während in der vorliegenden Fig. 1 cm bzw. 5 Tage, 25 km und 2,5 m ist. Ausser den Haupt-Pegelstationen der Weser, deren Null als starke horizontale Linien in den Entfernungen nach km unter einander aufgetragen sind, erscheinen noch einige Stationen der Nebenflüsse Aller, Ocker und Leine und zwar von ihrem Einflusse in die Weser bzw. Aller ab nach dem gleichen Maassstabe, jedoch mit punktirten Linien aufgetragen; die betr. Stationen sind, von unten her aufgeführt: Verden, Ahlden, Winsen a. d. Aller, Schladen a. d. Ocker, Bordenau und Wispenstein a. d. Leine.

Die nach gleichem Höhen-Maassstab aufgetragenen und sich zu stetigen Kurven zusammen setzenden, nach Tag und Stunde angegebenen Wasserstände lassen (im Original) deutlich erkennen, wie viel Zeit die Welle von einem Orte zum andern gebraucht, um wie viel höher sie an einzelnen Orten ansteigt, als an andern (z. B. in Bremen wegen der dortigen Einengung in der Stadt, in Hameln das Unterwasser des Wehres gegen das Oberwasser), welchen Einfluss ein Nebenfluss auf den Hauptfluss ausübt usw. Da die Hochfluthen der in Fig. 299 dargestellten Periode vorzugsweise von geschmolzenem Schnee herrührten und dieser Vorgang im Gebiete der Weser nahezu gleichzeitig eintritt, so zeigen die verschiedenen Nebenflüsse in diesem Falle fast gleichzeitige Anschwellung mit dem Hauptflusse. Im Sommer dagegen treten in Folge örtlicher Vorgänge, insbesondere starker Gewitterregen, auch ungleichzeitige oder nicht allgemeine oder niedrige Anschwellungen auf. Verfasser ist der Ansicht, das durch Verbindung der analogen Punkte ähnlicher Anschwellungen unter einander zunächst die durchschnittliche Kurve des Fortschreitens aller ähnlichen Anschwellungen gefunden werden muss, und dass

mit deren Hilfe und mit Beachtung aller thatsächlichen Umstände früherer grosser Fluthen eine ziemlich genaue Vorherbestimmung nach Zeit und Höhe für untere Punkte des Flussgebiets aus den telegraphisch

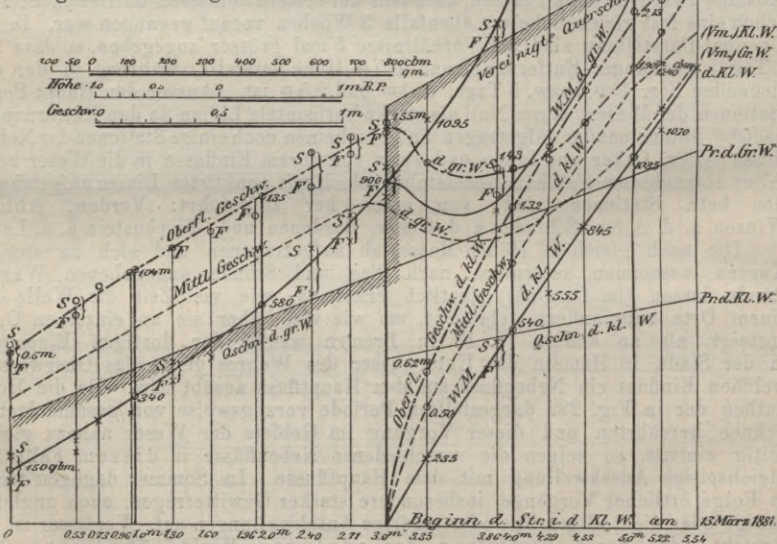
Fig. 300, 301.



überbrachten Mittheilungen einer oben eingetretenen Hochfluth getroffen werden kann. Unter jene zu beachtenden Umstände gehören Jahreszeit, Temperatur, insbes. Schnee-Verhältnisse, zeitweilige Beschaffenheit des Bodens, Verhalten der Nebenflüsse usw.

Die von verschiedenen Seiten versuchte, mehr spekulative als empirische Vorherbestimmung der eintretenden Fluthen hält Verfasser für unsicher.

Tiefenmessungen oder Peilungen dienen dazu, die jeweilige Gestaltung und nach mehrfacher Wiederholung die zeitweiligen Veränderungen des Flussbettes kennen zu lernen. Sie werden immer auf einen bestimmten Wasserstand und zwar, wenn sie zur Darstellung des Flussbettes dienen, auf den mittlern oder gewöhnlichen Sommer-Wasserstand bezogen, die gefundenen Zahlen also demgemäss zurück geführt. Die Aufnahme



geschieht gewöhnlich in Querprofilen, die rechtwinklig zum Stromstriche liegen; nur bei sehr breiten Flüssen misst man die Tiefen in beliebigen Linien, nach denen

dann die Horizontalkurven und Querprofile aufgetragen werden. Die Entfernung der letztern beträgt das Ein- bis Zweifache der Flussbreite, in starken Krümmungen weniger als in graden Strecken, die Entfernung der einzelnen Messungen von einander 5—20 m, je nach den Umständen und dem Zweck; je unebener der Boden, desto kleiner muss dieselbe sein.

Je wichtiger eine öftere Untersuchung des ganzen Flussbettes z. B. während der Ausführung grösserer Regulierungen ist, desto nothwendiger werden die erst in neuerer Zeit angewandten selbstregistrirenden Peil-Apparate. Nur mit ihrer Hülfe wird es möglich, während der Ausführung der Arbeiten fortwährend deren Wirkung und das Verhalten des Flusses genau zu verfolgen und die geeignetsten Maassregeln zu ergreifen.

Geschwindigkeits - Messungen haben vorzugsweise den Zweck: die bei einem bestimmten Wasserstande durch das betr. Profil fließende Wassermenge zu bestimmen. Sie sind deshalb zur Messung der Wassermenge in den meisten Fällen unentbehrlich, mit Ausnahme bei breiten Flüssen im Fluthgebiet, wo wegen der Grösse des Querschnitts und der fortwährend sich ändernden Geschwindigkeit eine grössere Anzahl von einzelnen Geschwindigkeits-Messungen weder praktisch ausführbar, noch von Nutzen ist. Von der Kenntniss der Wassermengen und unter Umständen allein der Geschwindigkeiten hängen die für Regulierungs-Entwürfe zu bestimmenden Abmessungen, z. B. die Normalbreite bei verschiedenen Wasserständen, sowie ferner das kleinste zulässige Hochwasser-Profil, das nothwendige Durchfluss-Profil und die Weite der Brücken usw. ab.

Vereinzelte Messungen der Geschwindigkeit und der Wassermenge haben aber wenig Werth und führen oft irre, wenn aus ihnen auf das Verhalten des Flusses unter andern Umständen, als solche, die bei jenen Messungen vorlagen, geschlossen werden muss. Es empfiehlt sich daher, wie schon oben erwähnt ist, eine Messung zahlreicher, zwischen niedrigsten und höchsten Wasserständen eintretenden Geschwindigkeiten und Mengen vorzunehmen und aus den einzelnen nach gleichen Methoden und thunlichst rasch hinter einander gewonnenen Ergebnissen Kurven zu verzeichnen. Ein Beispiel hierfür giebt die vom Verfasser i. J. 1881 angestellte Messung und graphische Zusammenstellung aller zwischen dem niedrigen Sommerwasser und dem höchsten bekannten Wasserstande liegenden Querschnitte, Geschwindigkeiten und Wassermengen der Weser bei Bremen, welche in Fig. 300 u. 301 dargestellt ist¹⁾. Es ist in dieser Darstellung noch von besonderm Interesse, dass sich erst bei einer gewissen Höhe des Wassers ein Nebenarm an der Abführung desselben betheiltigt und alsdann eine plötzliche Abnahme der Geschwindigkeit im Hauptarm hervor ruft, wogegen bei Addirung der Wassermengen aus beiden Armen eine stetige Kurve erhalten wird.

IV. Flussregulierungs-Arbeiten.

a. Regulirung der obersten Strecke.

Hierüber folgt besondere Besprechung weiterhin, auf welche hier verwiesen wird.

b. Regulirung in den mittlern Strecken.

Die Regulirungsweise der mittlern Flussstrecken ist bei grossen Flüssen entsprechend deren Verschiedenheiten oder auch in ihren einzelnen Strecken sehr verschieden. So herrschen z. B. am obern Rhein, an der obern Elbe ganz andere Bauweisen als an den untern Strecken dieser Flüsse, nur abgesehen von den untersten, den Mündungsgebieten angehörenden. Gefälle, Bauart und Baumaterial sind dabei die wichtigsten Faktoren; daneben haben indess örtliche Gewohnheiten und die Fähigkeiten der Arbeiter eine gewisse Bedeutung.

Die allgemeinsten Grundsätze ergeben sich nach dem oben über die wirthschaftliche Bedeutung der Flüsse Gesagten, unter Berücksichtigung der all-

¹⁾ Vergl. auch Deutsch. Bauzeitg. 1881, S. 570.

gemeinen und Sonder-Eigenschaften und örtlichen Verhältnisse, während die besondern Mittel der Regulirung über die dabei herrschenden Regeln und Ansichten mehr auf Erfahrungen als auf unwandelbaren Grundsätzen beruhen. Die wichtigsten Grundsätze mögen hier zunächst kurz mitgetheilt werden, worauf die Mittel im Einzelnen näher zu besprechen sind.

Um für Abwässerung, Eisabgang, Ufersicherheit ebenso wie für die Schifffahrt einen Fluss zu verbessern, ist ein möglichst gleichmässiges und zwar von oben nach unten hin abnehmendes Gefälle im Bett und Spiegel anzustreben. Starke Gefällwechsel sind stets von nachtheiligen Folgen begleitet. Das zu schwache erzeugt Ablagerungen, das zu starke Abbrüche am Ufer und Ausbolkung des Bettes. Wo starker Wechsel unvermeidlich, ist die Anlage eines Wehres in Betracht zu ziehen.

Da indessen durch die natürliche Gestaltung des Bodens ebenso wenig gewisse grössere Unregelmässigkeiten des Gefälles zu vermeiden sind, als nach Hinzutreten eines grössern Nebenflusses oder auch nur eines viel Geschiebe führenden Baches das Verhalten der Sinkstoffe ein gleichmässiges bleiben wird, so ergiebt sich weiter die Nothwendigkeit, dem unvermeidlichen Wechsel der Gefälle und der Sinkstoff-Verhältnisse auch die Querschnitts-Grösse und damit die Geschwindigkeit anzupassen. Dass die einzelnen Querschnitte ausserdem auch den veränderlichen Wassermengen entsprechend bestimmt werden müssen, ist selbstverständlich; doch ist dabei auf thunlichst zweckmässige Querschnittsform zu achten, damit bei wechselndem Zuflusse auch der jedesmal angefüllte Theil des Querschnitts der betr. Zuflussmenge entspreche und nicht ein hoher Wasserstand ein zu enges und ein niedriger ein zu weites Bett finde.

Wenn im allgemeinen ein möglichst grader Lauf für Abwässerung, Eisabgang, Ufersicherheit und Schifffahrt gleich erwünscht erscheint, so ist doch für jeden Fluss die einmal im grossen Ganzen vorhandene Lage so schwer abzuändern, dass die meisten Krümmungen als unabänderlich hingenommen werden müssen. Aber es ist wenigstens anzustreben, dass die Krümmungen nicht zu scharf bleiben, weil mit der Kleinheit des Halbmessers die Nachteile in allen oben angeführten Beziehungen sowie hinsichtlich der Kosten der Regulirungswerke wachsen. Es kann freilich nicht, wie bei Eisenbahnen, ein bestimmter kleinster Halbmesser allgemein vorgeschrieben werden, weil nicht wie dort eine so grosse Abhängigkeit von andern Stücken vorliegt. Durch den Taueretrieb ist aber auch für Flüsse ein Umstand gegeben, welcher mehr als die Rücksicht auf einzeln fahrende Schiffe die Vermeidung von Halbmessern unter einer gewissen Länge nothwendig macht.

Was die Reihenfolge der Regulirungs-Arbeiten anlangt, so ist dabei zu unterscheiden die örtliche und die nach dem Grad der Vollkommenheit. In erster Hinsicht wird es stets im allgemeinen erwünschter sein, von unten auf reguliren zu können, weil dadurch keine solchen Störungen entstehen können, als wenn z. B. durch eine obere Regulirung grosse Mengen von Sinkstoffen in Bewegung gerathen, die unterhalb in einer mangelhaft ausgebildeten Strecke die Verwilderung noch vermehren. Dagegen ist zu beachten, dass selten die Wahl so einfach liegt, ob oben oder unten gearbeitet werden soll, sondern es wird fast stets für eine längere Strecke die Nothwendigkeit bestehen, an möglichst vielen Stellen, wo das Bedürfniss der Besserung vorhanden ist, gleichzeitig zu arbeiten. Dieses ist aber nicht allein wirtschaftlich, sondern auch in technischer Hinsicht fast stets das Vortheilhafteste. Der Umfang der Arbeiten hängt dabei an jeder Stelle von den vorhandenen Geldmitteln ab. Jedenfalls ist es verkehrt, bei knappen Mitteln einzelne Strecken auch hinsichtlich der untergeordneten und unwichtigeren Arbeiten zu reguliren und daneben andere, fast ebenso bedürftige Strecken unberührt zu lassen. Nur müssen andererseits die begonnenen Arbeiten ihres geringen Umfangs wegen nirgends der Gefahr ausgesetzt sein, durch die Gegenwirkung des Stromes zerstört zu werden.

Die andere Reihenfolge, nach dem Grad der Regulirung, ergiebt sich durch innere Nothwendigkeit fast von selbst. Es kann kaum zweifelhaft sein, dass eine verwilderte Flussstrecke zunächst nur im grossen Ganzen regulirt

werden darf, ehe an die feinere Ausbildung aller Einzelheiten geschritten wird. Man muss also zunächst suchen, den Lauf des Flusses im allgemeinen fest zu legen, die Abführung des Hochwassers und Eises zu sichern und eine grössere Unveränderlichkeit in der Bewegung der Sinkstoffe zu gewinnen, ehe man auf eine Festlegung des Laufes bei kleintem Wasser und eine möglichste Gleichmässigkeit der Sohlentiefe hinarbeiten kann. Die Flüsse in ihrem mittlern Laufe werden also zunächst für Hoch- und Mittelwasser und zuletzt noch für das kleine Wasser zu reguliren sein. Von den erstern Arbeiten sind vorzugsweise die Interessen des allgemeinen Wohles, an den letztern mehr die der Schifffahrt allein betheiligt.

Zu den Flussregulierungs-Arbeiten gehört auch die Herstellung der Ufer-Deckwerke, obwohl gewöhnlich nur solche Arbeiten dahin gerechnet werden, welche die regelmässigeren Gestaltung des Bettes (besonders im Interesse der Schifffahrt und der Abwässerung) zum Zweck haben. Jedoch ist ohne feste Ufer ein guter Zustand des Bettes nicht zu erreichen. Die Befestigung derselben geschieht so lange als möglich durch Bepflanzung und erst wenn dies nicht ausreicht, wendet man künstliche Deckung durch Steine oder Faschinen an. Letztere werden thunlichst nur bis zur Höhe des mittlern Wasserspiegels aufgeführt, mit Steinen usw. bedeckt und, wenn das Ufer höher hinauf reicht, wird dieses abgeschrägt und bepflanzt. Oft ist mit den Uferschutz-Arbeiten zugleich eine Regulirung des Bettes verbunden.

α. Parallelwerke und Buhnen.

Parallelwerke und Buhnen sind die wichtigsten Regulirungswerke; letztere werden auch Stacke, Schlingen, Schlagten, Höfter usw. genannt; die Darstellungen Fig. 302 u. 303 bieten für beide Regulirmittel Beispiele. Durch beide wird die Breite des Flusses eingeschränkt, um dadurch eine entsprechende Tiefe des Bettes zu erzeugen und die Stromrinne möglichst fest zu legen. Bei beiden wird in der Regel die freie Breite, welche aus der Wassermenge, dem Gefälle und der angenommenen Tiefe berechnet wird, nach dem mittlern Wasserstande bestimmt, weil hierdurch die grösste Wirkung zu erzielen ist. Für höhere Wasserstände ergibt sich dabei in der Regel zwar noch eine geringe Einschränkung des Profils, durch dessen regelmässige Gestaltung aber die Leistungsfähigkeit bei der Abführung des Wassers oftmals vergrössert wird. Für erheblich niedrigere Wasserstände fehlt dagegen die Einschränkung noch ganz und es wird nur ein etwas regelmässiger Lauf erzielt; daher bleibt alsdann ein fortdauerndes Serpentiniren der Stromrinne, vorzüglich bei lang anhaltendem kleinen Wasser, und meist eine zu geringe Tiefe, vorzüglich an den Uebergängen, zwischen zwei auf einander folgenden Krümmungen. Aus diesem Grunde genügen Parallelwerke und gewöhnliche Buhnen allein oft nicht, um erwünschte Zustände für die Schifffahrt zu schaffen (daher ihre häufige Missachtung bei dem betheiligten Publikum); sie bedürfen vielmehr nach einiger Zeit eine Vervollständigung ihrer Wirkung durch sogen. Grundschnellen oder Vorlagen, welche auch das kleine Wasser zusammen halten. Sie bilden aber die Grundlage der Regulirung und müssen fast stets voran gehen.

Die Wahl zwischen Parallelwerken und Buhnen hängt von vielerlei Umständen ab. Im allgemeinen sind Parallelwerke theurer in der Anlage und Unterhaltung, besonders bei tieferm Wasser; die von ihnen bewirkte Verlandung ist gering, wenn nicht — was stets zu empfehlen ist — durch Hinterfüllung mit Baggermaterial oder vom Ufer nachgeholfen wird; es bilden sich stehende Wasser hinter denselben, und es tritt bei Hochwasser leicht eine Hinterströmung ein. Erstere sind durch Ein- und Ausströmungs-Oeffnungen, die auch zur Beförderung der natürlichen Verlandung nützlich sind, zu vermeiden; der Hinterströmung muss durch die Anlage von Querdämmen entgegen gewirkt werden.

Dagegen üben Parallelwerke, wenn sie gleichzeitig in grossen Strecken ausgeführt werden, eine raschere und gleichmässiger Wirkung auf das Flussbett aus und sind für die Schifffahrt bequemer als Buhnen. Ihre Anwendung empfiehlt sich besonders bei mässigen Tiefen und wenn der Fluss vorzugsweise

Fig. 302.

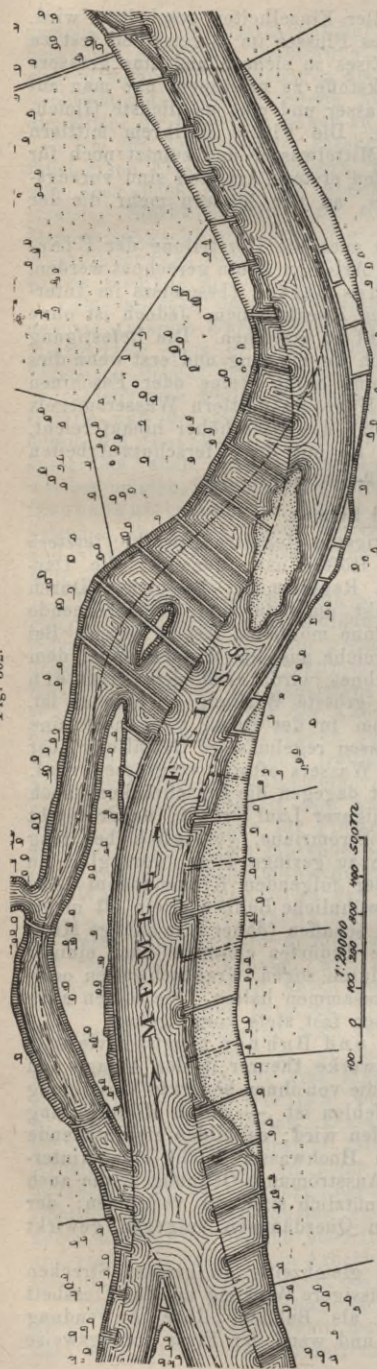
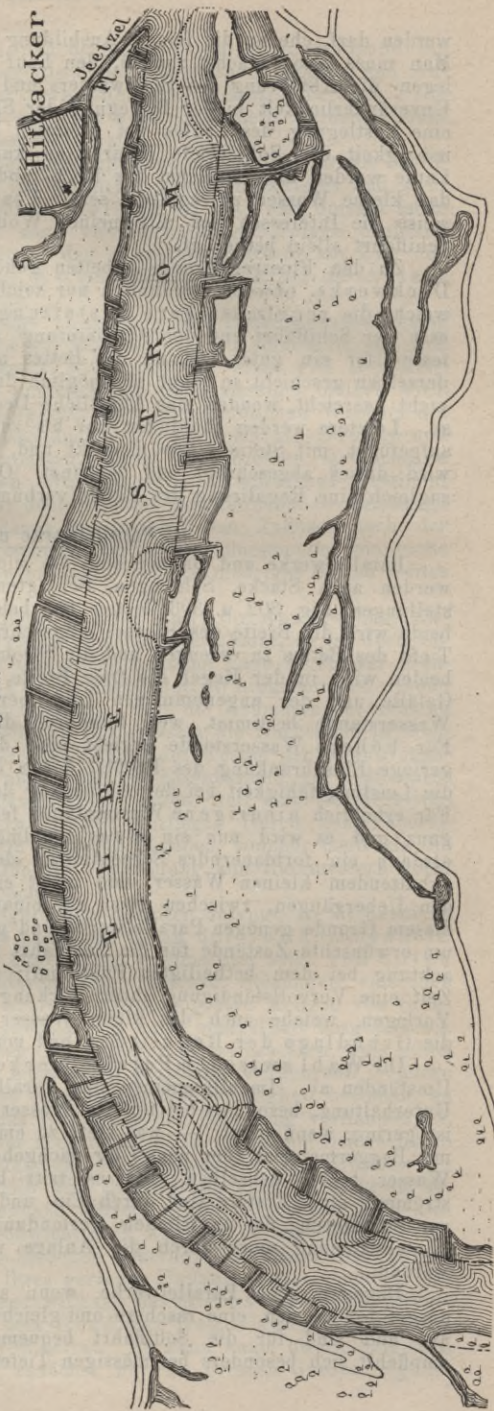


Fig. 303.



grobes Geschiebe führt, welches in die Zwischenräume der Buhnen nur wenig hinein gelangen würde, wenn eine künstliche Hinterfüllung möglich und endlich wo nur geringer Abstand vom Ufer erforderlich ist, in welchem Falle kurze Buhnen auch schlecht verlanden und besonders lästig sind. Wo diese Verhältnisse nicht zutreffen, ist die Anlage von Buhnen vorzuziehen, da diese namentlich bei grossen Strecken durch geeignete Auswahl der zunächst zu bauenden Buhnen eine sparsame Ausführung bei verhältnissmässig bedeutender Wirkung gestatten. Ferner üben dieselben durch Neigung in der Länge und flache Kopfböschung einen günstigeren Einfluss auf die Profilgestaltung aus, sie bewirken eine sehr gute Verlandung bei sehr geringen Unterhaltungskosten, zeigen ein günstigeres Verhalten bei Hochwasser und sind leichter nach Bedürfniss zu verlängern oder zu verkürzen. Letzterer Umstand ist in Fällen, wo die Natur des Stromes entweder noch nicht ausreichend sicher erforscht, oder wo aus andern Gründen für die spätere Zeit weitere Aenderungen in Aussicht genommen werden müssen, endlich auch da, wo wegen spärlich fliessender Geldmittel die Regulierung nur im langsamen Schritt ausgeführt werden kann, von wesentlicher Bedeutung.

Unter geeigneten Umständen sind Buhnen und Parallelwerke in einer und derselben Strecke neben einander anzulegen wie dies z. B. am Memelstrom nach Fig. 299 geschehen ist. Parallelwerke werden möglichst nur vor einem Ufer und so angelegt, dass günstige Linien bei geringen Bautiefen erzielt werden; auch ist möglichste Nähe des Leinpfades erwünscht. Am oberen Ende ist zur Vermeidung der Hinterströmung ein allmählicher oder ein buhnenartiger Anschluss an das Ufer, dagegen stromabwärts kein solcher Abschluss nöthig. Durch diese Ausführungsweise sind an geeigneten Stellen leicht Flusshäfen zu gewinnen; das Parallelwerk muss dann aber so hoch sein, dass es Schutz gegen Eisgang und event. auch gegen Hochwasser gewährt. Querdämme sind je nach der Gefahr der Hinterströmung, die in Konkaven am grössten ist, zu errichten, etwa in Entfernungen gleich der 2—4fachen Flussbreite; oberhalb und unterhalb jedes Querdammes bleibt eine Oeffnung zum Aus- und Einströmen, welche auch der kleinen Schifffahrt dient.

Die äussere Böschung des Parallelwerkes wird je nach dem Angriff und der Konstruktion $1\frac{1}{2}$ —2fach, die innere 1fach angelegt; die Breite richtet sich nach den Umständen und beträgt in der Krone gewöhnlich 2 m.

Die Buhnen werden meist in Gruppen oder „Systemen“, welche sämtliche Buhnen zwischen zwei natürlichen, in die Korrekionslinie fallenden Ufervorsprüngen umfassen, und dabei so angelegt, dass die Köpfe in der sanft gekrümmten oder graden Korrekionslinie enden. Je nach der Krümmung des Flusses, der Bautiefe usw. liegen diese Gruppen nur an einem oder an beiden Ufern; jedoch dürfen die Buhnen nicht so kurz werden, dass die Verlandung erschwert wird; alsdann ist (Fig. 302) ein Parallelwerk anzulegen. Ihre Richtung ist stets inklinant d. h. flussaufwärts, nur in Fluthgegenden senkrecht und bei der Mündung eines Nebenflusses, Kanals usw. möglichst deklinant, so dass sie einen Winkel von etwa 75 — 80° mit der Korrekionslinie bilden; es wird durch die inklinante Richtung die Strömung nach der Mitte gewiesen und eine bessere Verlandung, sowie ein besserer Uferschutz erzielt.

Die Entfernung der einzelnen Buhnen von einander wächst mit der Breite des Flusses und der Buhnen-Länge; sie muss stets so bemessen sein, dass die Strömung noch schwach hinein fällt, damit sie in dem Flussbette nicht wesentlich abgeschwächt werden, aber auch noch Sinkstoffe zwischen die Buhnen treiben können. Sie wird deshalb auch in konkaven Strecken mit starker Strömung bis um die Hälfte geringer als in konvexen angenommen und beträgt etwa das $1\frac{1}{2}$ -, $2\frac{1}{2}$ -fache der Länge der Buhnen.

Wenn nicht aus Rücksichten für die Schifffahrt eine rasche und geschlossene Ausführung einer Gruppe durchaus nöthig, ist eine grosse Ersparung an Baukosten zu erreichen, wenn in einem Jahre nur eine um die andere Bahne gebaut wird und erst nach theilweiser Verlandung die Zwischenbuhnen ausgeführt werden, wie dies mit der Hälfte der linksseitigen Buhnen in der Krümmung, Fig. 302, geschehen ist.

Grössere Inseln sind schwer durch Buhnen von den beiden Ufern aus abzutreiben; sicherer ist es, den einen Arm des Flusses ganz zu schliessen. Kräftige Baggerung ist zur Beschleunigung der Wirkung aller Buhnenanlagen sehr zu empfehlen.

Die Krone der Buhnen reicht am Kopf bis etwas unter den mittlern Wasserstand und steigt nach dem Ufer hin bis etwas über dessen Höhe. Die Breite der Buhnen richtet sich nach der Strömung und wahrscheinlichen Versackung, zuweilen von 6 m am Kopf bis auf 2 m an der Wurzel abnehmend. Die Böschung am Kopf ist in Konkaven mindestens 3 fach, in Konvexen, wo eine Vertiefung erwünscht ist, steiler, an den Seiten vorn $1\frac{1}{2}$ nach dem Ufer zu bis $\frac{1}{2}$ fach abnehmend. Flügel am Kopfe herzustellen, ist verhältnissmässig zu theuer, auch bewirken diese eine schlechte Verlandung. Die Ausführung der Buhnen einer Gruppe geschieht stets von oben nach unten fortschreitend.

β. Grundschwellen.

Sie werden entweder angelegt, um nach ausgeführten Regulirungen durch Parallelwerke oder Buhnen das Bett auch für kleine Wasserstände einzuschränken, oder um überhaupt einzelne besonders tiefe Rinnen im Grunde zu versperrern und zur Auffüllung zu bringen. In dieser Eigenschaft sind dieselben zuweilen auch nützlich zur Einleitung einer folgenden Regulirung mittels Buhnen oder Parallelwerke. Ihre Entfernung richtet sich nach der Strömung, ihre Höhe nach der nöthigen Fahrtiefe bei niedrigem Sommerwasser, die nicht beeinträchtigt werden darf; die Krone ist nicht immer horizontal anzulegen, sondern zuweilen so zu neigen, dass die Strömung mehr nach dem tiefern Ende hingewiesen wird. Die Richtung der Grundschwellen ist stets quer zur Strömung. Die Wirkung der Grundschwellen ist nicht mit gleicher Sicherheit zuvor übersehbar, wie die der Buhnen und Parallelwerke¹⁾.

γ. Sperrdämme oder Kupirungen und Durchstiche

werden in Nebenarmen eines Flusses angelegt, welche geschlossen werden und nur etwa dem Hochwasser noch den Abfluss gestatten sollen. Zur Sicherung des Erfolges ist meistens erwünscht, dass solche Arme verlanden, und ist als dann nöthig, die Kupirung im untern Ende anzulegen und eine mässige Ueberströmung in erster Zeit zu unterhalten, Deshalb, und weil hohe Kupirungen schwer auszuführen sind und durch hohen Uebersturz auch später in Gefahr kommen, ist es zweckmässig, die Kupirungen anfangs nur niedrig (als Grundschwellen) anzulegen und mit fortschreitender Verlandung zu erhöhen oder aber auch einen neuen Damm etwas oberhalb des alten zu erbauen. Die Krone muss an den Ufern stets höher sein als in der Mitte des Flusses.

In langen Armen legt man auch wohl 2 Kupirungen hinter einander, die obere niedriger als die untere. Oder man sucht die Wirkung durch ein Theilungswerk an der Spitze der Insel, wodurch der Strom in den Hauptarm gewiesen wird, zu fördern. Die erzielte Verlandung ist später durch Pflanzung zu verstärken.

Nur im Nothfalle sollte man die Kupirungen gleich auf ihre volle Höhe bringen, aber dann auch stets Material usw. vorräthig halten, um etwaige Schäden rasch beseitigen zu können.

Ein Beispiel bietet die Kupirung des Nebenarms der Unterweser bei Brake, Fig. 304²⁾.

Durchstiche, Fig. 305, sollen bedeutende Krümmungen eines Flusses abschneiden, wenn diese der Schifffahrt lästig sind, grosse Uferbaukosten veranlassen, oder für oberhalb belegene Landstrecken mangelhafte Abwässerung bezw. Ueberschwemmung verursachen.

In allen Fällen wird durch Verkürzung des Laufs das relative Gefälle vermehrt, eine grössere Geschwindigkeit des Wassers und ein grösserer Angriff des Bettes bewirkt, wodurch auch entsprechend der Festigkeit usw. des letztern

¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1884, 1885 und 1887.

²⁾ Näheres in Franzius Projekt zur Korrektion der Unterweser.

eine Vertiefung nach oben entsteht und das relative Gefälle wieder abnimmt. Wo also sehr fester Boden, mit grossen Steinen usw. vorhanden ist, können oberhalb eines Durchstichs sehr gefährliche Stromschnellen erzeugt werden. Ferner ist zu beachten, dass nach unten auf längere Zeit grosse Mengen Sinkstoffe gelangen und auch das Hochwasser unten höher als früher werden kann, wenn oberhalb des Durchstichs grosse Ueberschwemmungen rascher als sonst verlaufen bezw. ganz vermieden werden. Ohne diesen Umstand werden aber

Fig. 304.

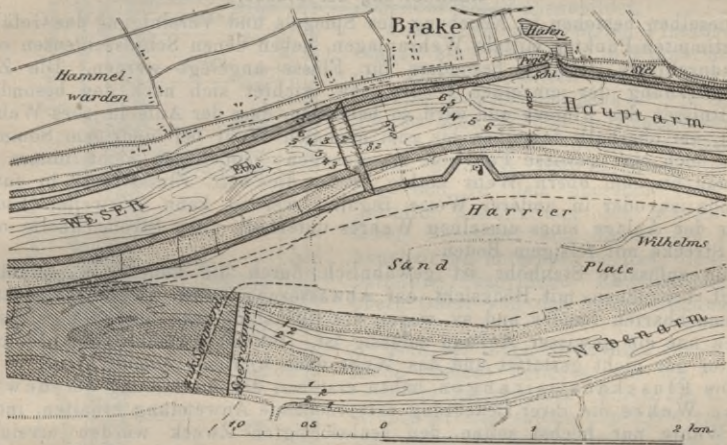
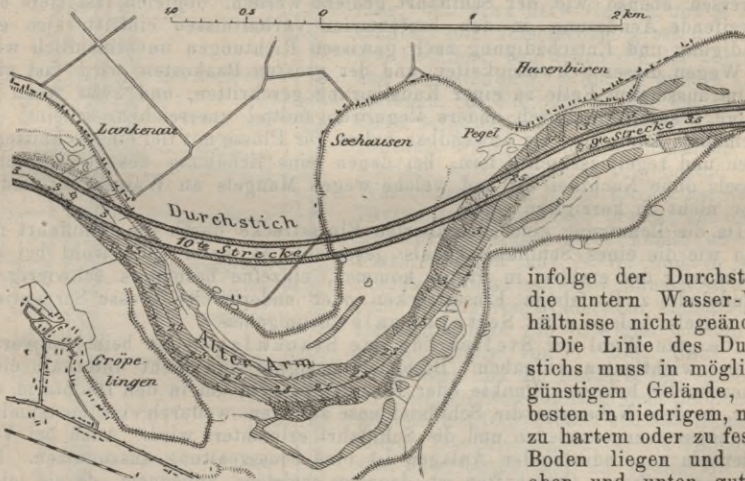


Fig. 305.



infolge der Durchstiche die untern Wasser-Verhältnisse nicht geändert.

Die Linie des Durchstichs muss in möglichst günstigem Gelände, am besten in niedrigem, nicht zu hartem oder zu festem Boden liegen und sich oben und unten gut an

den alten Lauf des Flusses ev. mit sanfter Krümmung anschliessen; sie kann, wenn mit der nöthigen Vorsicht verfahren wird, den alten Lauf selbst mehrfach schneiden. Letzterer ist stets am besten oben und unten zu kupiren und ev. mit Leinpfad-Brücken zu versehen. Um seine Verlandung zu befördern, wird das aus dem Durchstiche gewonnene Material, wenn thunlich, gleich in das alte Bett geschafft, oder vorerst am Rande abgelagert. Unter günstigen Umständen braucht das Profil des Durchstichs der Breite oder meistens besser

der Tiefe nach nur zum Theil ($\frac{2}{3}$ — $\frac{1}{2}$) ausgehoben zu werden, den Rest kann man durch die Strömung beseitigen lassen. Es muss jedoch hierbei darauf geachtet werden, dass nicht Beschädigungen der untern Flussstrecke eintreten, oder der Durchstich eine ungenaue Linie erhält, wenn die eintretende Strömung den alten Lauf wieder zu verfolgen sucht. Die Eröffnung des Durchstichs erfolgt dann bei mässigem Hochwasser, jedoch stets nach zuvorigem Aufsteigen des Grundwassers oder sonstiger allmählicher Anfüllung. Trotz aller Vorsicht hierin muss auch Uferschutz-Material zur Hand sein.

8. Kanalisierung der Flüsse.

Dieselben bestehen in Erhebung des Spiegels und Vereinigung des Gefälles an bestimmten Punkten mittels Wehranlagen, neben denen Schiffsschleusen oder Schiffsdurchlässe, letztere besonders für Flösse angelegt werden. Die Zahl und Entfernung der einzelnen Wehre usw. richtet sich nach den besonderen Verhältnissen des Flusses und wird so bemessen, dass der Aufstau jedes Wehres genügt, um oberhalb desselben bis zum nächsten Wehr bei niedrigem Sommerwasser noch eine gewisse Fahrtiefe zu erzeugen; jedoch ist nicht immer ein Rückstau bis zum obern Wehr nöthig, wenn die betr. Flussstrecke in gutem Zustande ist, oder in anderer Weise regulirt werden kann. Zuweilen bedarf es nur der Anlage eines einzelnen Wehres unterhalb einer Stromschnelle oder einer Strecke mit felsigem Boden.

Die zulässige Stauhöhe ist gewöhnlich durch die höhern Wasserstände bedingt, bei denen mit Rücksicht auf Abwässerung bezw. Ueberschwemmung des benachbarten Landes und ev. wegen des Rückstaus nach oberhalb gelegener Mühlen nur ein gewisser Aufstau zulässig ist. Bei Hochwasser ist ein solcher mitunter gar nicht gestattet und das Wehr dann hiernach einzurichten.

Die Flusskanalisirungen haben erst mit der Ausbildung der beweglichen Wehre die ihrer Bedeutung entsprechende Anwendung erhalten, indem feste Wehre nur höchst selten den beabsichtigten Zweck würden erreichen lassen, ohne grosse Nachtheile im Gefolge zu haben. Bei zweckmässiger Anlage kann durch eine Kanalisierung den landwirthschaftlichen und industriellen Interessen ebenso wie der Schifffahrt gedient werden, obgleich fast stets eine eingreifende Aenderung in den bestehenden Verhältnissen eintritt, also eine Schädigung und Entschädigung nach gewissen Richtungen unvermeidlich wird.

Wegen dieser Schwierigkeiten und der grossen Baukosten wird fast stets nur im äussersten Falle zu einer Kanalisierung geschritten, und zwar wenn die nöthige Wassertiefe durch andere Regulierungsmittel unerreichbar scheint. Im allgemeinen kann man sie anwendbar halten für Flüsse mit tief eingeschnittenen Betten und regelmässigen Ufern, bei denen eine Erhöhung des gewöhnlichen Spiegels ohne Nachtheil ist und welche wegen Mangels an Wasser auf andere Weise nicht zu korrigiren sind.

Da die Benützung einer kanalisirten Flussstrecke durch die Schifffahrt fast genau wie die eines Schifffahrtskanals geschieht, so kann sehr wohl bei der Projektirung der erstern in Frage kommen, einzelne besonders schwierig zu behandelnde z. B. felsige Flussstrecken oder andererseits grosse Serpentine usw. mittels Anlage eines Seitenkanals zu umgehen.

Die gute Wahl der Stellen für die Stauanlagen ist beim Entwerfen eine der wichtigsten Aufgaben. Besonders geeignet sind dicht unterhalb einer Stromschnelle belegene Punkte oder Flusspaltungen, um in den Hauptarm das Wehr, in dem Nebenarm die Schiffsschleuse zu legen, wodurch eine kostspielige Trennungsmauer vermieden und die Schifffahrt erleichtert wird. Auch bei Vorhandensein von industriellen Anlagen ist eine Flusspaltung auszunützen. Die Nähe von grössern Ortschaften ist dagegen meistens un bequem, da sie leicht zu Entschädigungs-Ansprüchen von allerlei Art führt.

Bei der Bestimmung der Stauhöhen ist darauf zu rechnen, dass das aufgestaute Wasser nicht allein durch das Säuwerk zum Abfluss kommt, sondern in den seitlichen Erdboden, dessen Porosität entsprechend, eindringt.

Was die Einrichtung der ganzen Stauanlage anlangt, so ist zunächst das nach den Regeln des Wehrbaues zu erbauende Wehr und die für die Schifffahrt

richtungen zum Durchschleusen auch langer Schiffszüge leicht versehen werden zu können.

Geplant sind ferner die Kanalisierung der Fulda zwischen Münden und Cassel, der Mosel von Coblenz bis zur Reichsgrenze und der Ruhr¹⁾. Die betr. Strecke der Fulda ist 28,0 km lang und hat 17,66^m Gefälle. Da die Wassermenge nur 5,16 cbm bei kleinstem Wasser beträgt, so erscheint eine Regulierung mit andern Mitteln ausgeschlossen, um die Fulda als Wasserstrasse auszubilden, abgesehen von der Schwierigkeit, ein gleichmässiges Gefälle herzustellen. Nach dem vorliegenden Entwurf sind Stauanlagen angenommen, wovon die obersten drei je 2^m, die drei nächsten je 2,46^m und das unterste 3,364^m Gefälle bei N.-W. erhalten sollen. Die kleinste Fahrtiefe ist zu 1^m, die etwa demnächst zu erreichende grössere auf 1-3^m, dabei die Weite der Schleusen zu 7,7^m und die Länge zu 57,0^m angenommen, entsprechend den Schiffsahrts-Verhältnissen des obern Theils der Weser.

c. Regulirung der Mündungsgebiete.

In nicht von Ebbe und Fluth beherrschten Flussmündungen sind nur alsdann besondere, von der Regulirung der mittlern Strecken abweichende Ausführungen nothwendig, wenn eine Delta-Bildung vorliegt. Die Neigung des Flusses, oder der verschiedenen Flussarme, sich seitwärts zu verlängern und zugleich zu verflachen, zwingt hier zu Arbeiten, welche nie einen Abschluss finden können, sondern jenen Aenderungen des Flusses entsprechend auch immer weiter ausgedehnt werden müssen.

Sie können naturgemäss fast stets nur in Anlage von Paralleldämmen bestehen, welche einen oder mehre Flussarme so in ihrer jeweiligen Mündung einschränken, dass das ausfliessende Wasser zur Erhaltung einer gewissen Tiefe genügend zusammen gehalten wird. Da sich aber nach einiger Zeit ausserhalb jener Dämme, also vor der Mündung wieder eine Barre bilden wird, so wird alsdann die abermalige Verlängerung der Dämme nothwendig. Bei der Bestimmung der Weite zwischen den Dämmen ist einerseits die eben genannte Einschränkung, andererseits aber auch zu beachten, dass diese nicht eine schädliche Verminderung des Zuflusses von oben her zur Folge habe. Denn sobald die Einschränkung einen bis über den Trennungspunkt des betr. Armes von dem andern Arme hinaus gehenden Aufstau zur Folge haben wird, muss das Wasser in stärkerm Maasse als bisher dem andern Arme zufließen. In wie weit dies dauernd oder etwa nur bei sehr hohem Wasser zulässig ist, muss nach der Gesammtheit der örtlichen Umstände beurtheilt werden; hierbei sind jedoch zweckmässigerweise nicht nur die augenblicklichen, sondern auch die abschbaren zukünftigen in Betracht zu ziehen, also namentlich die stete Veränderung der Arme.

Das (in Fig. 287 dargestellte) Delta der Donau hat zunächst 72 km vom Schwarzen Meere zwei Hauptarme, den etwa 63 Proz. der ganzen Wassermenge führenden Kilia-Arm und den sich wiederum in Sulina- und Georgs-Arm spaltenden Tultscha-Arm. Nur der etwa 7,4 Proz. abführende Sulina-Arm erschien der 1856 eingesetzten Europäischen Donau-Regulirungskommission geeignet, als Schiffsahrtsarm ausgebildet zu werden und hat 2 ungleich lange Molen in seiner Mündung erhalten, durch welche statt der frühern Tiefe von höchstens 3,6^m ein reichlich 6^m tiefes und 150^m breites Fahrwasser geschaffen worden ist.

Bei den Mündungen des Mississippi (Fig. 289, 290) ist ebenfalls der unbedeutendere Süd-Arm, nach verschiedenen vergeblichen Versuchen an den andern Armen für die wichtige Schiffsahrtsstrasse ausgewählt worden und hat im Jahre 1875 Eads es für die geringe Summe von 5 Mill. Mark unternommen, diesen auf der Barre nur 2,44^m tiefen Arm auf 9^m Tiefe zu bringen und für eine jährliche Summe von 337 500 M. 20 Jahre lang diese Tiefe zu erhalten. Er hat dazu etwa 4,5 km lange, auf der Barre 305^m entfernte, etwas nach Osten

¹⁾ Friedel. Das Projekt der Kanalisierung der Mosel von Metz bis Coblenz; Trier 1885 — und Greve. Die Kanalisierung der Ruhr von Wetter bis Ruhrort; Berlin 1887.

gekrümmte Paralleldämme im wesentlichen aus Sinkstücken angelegt und dadurch i. J. 1879 ein fast durchgehendes, 9^m tiefes, jedoch auf der Barre nur 7,3^m tiefes Fahrwasser geschaffen. Zur Unterstützung der Wirkung dieser Dämme sind auf der Barre des Südarms Baggerungen ausgeführt und in den andern Armen Schwellen aus Sinkstücken gelegt. Es hat dadurch auch die Barre 9^m Tiefe erhalten; doch muss trotz dieses anfänglich guten Erfolges noch abgewartet werden, ob nicht bald eine noch weitere Verlängerung der Dämme erforderlich sein wird.

Indem derartige Anlagen Vieles mit dem Bau von Molen für Hafeneinfahrungen gemein haben (vgl. Häfen usw.) und die dort besprochenen Einzelheiten für die Flussmündung selbst zu beachten sind, so kann auch in vereinzelten Fällen ein Durchstich durch das Delta oder die letzte Barre als das geeignetste Regulierungsmittel erscheinen. Dies ist z. B. bei dem (in Fig. 286 dargestellten) Delta der Weichsel der Fall. Indem es hier besonders darauf ankommt, den Nogat-Arm von Eisstopfungen möglichst zu befreien und den Strom in dem von der Montauer Spitze ab sich von jenem trennenden und etwa zwei mal so bedeutenden Weichsel-Arm zu verstärken, so ist jetzt beabsichtigt, den Stromlauf mittels eines Durchstichs zu verkürzen. Dieser punktiert angedeutete neue Lauf soll dort liegen, wo sich der Weichselarm wieder in die schwächere, ins Frische Haff mündende Elbinger Weichsel und in die stärkere Danziger Weichsel spaltet. Die letztere besitzt etwa 7^{km} oberhalb Danzig die i. J. 1840 durch Hochwasser entstandene neuere Mündung bei Neufähr mit dem zeitweiligen starken Hochwasser Gefälle von 1:2430, durch welche der frühere, bei Neufährwasser, etwa 5^{km} unterhalb Danzig mündende Arm überflüssig für den Abfluss des Wassers wurde, so dass er an seinem obern Ende bei Plehendorf durch einen, mit einer Schiffschleuse versehenen Sperrdamm geschlossen worden ist. Der neue Durchstich wird den Lauf des Weichselarms um 8^{km} abkürzen¹⁾.

Die Regulierung der untern Flussstrecken im Fluthgebiet hat wirtschaftlich von allen Flussregulierungen die grösste Bedeutung, weil durch sie das Bestehen der wichtigsten Seehäfen bedingt wird. Trotzdem giebt es bisher nur wenige Beispiele wirklich gut korrigirter Ströme im Fluthgebiete und daneben mehrere, in denen anfangs oder auch dauernd in fehlerhafter Weise verfahren worden ist. So sind z. B. fast an allen jetzt gut korrigirten englischen Flüssen zuerst Bauweisen angewandt worden, welche jetzt als ganz unzweckmässig gelten.

Der wichtigste Grundsatz der Korrektur im Fluthgebiet ist es, dafür zu sorgen, dass die aus der See kommende Fluthwelle möglichst ungehindert in den Fluss hinein und aus ihm heraus laufe. Es wird dadurch erreicht, dass die sich im Fluthgebiet bewegende Wassermenge eine möglichst grosse ist und mit möglichst grosser Geschwindigkeit sich bewegt, so dass die lebendige Kraft $\frac{M v^2}{2}$ stets den Grösstwerth erreicht. Es liegt hierin der grosse Unterschied

zwischen dieser Regulierung und der von obern Flussstrecken, weil in letztern M und v fast ganz bestimmt gegebene Grössen sind, während es möglichst ist, dieselben im Fluthgebiet stellenweis auf das Doppelte oder Dreifache zu steigern. Die Mittel zur Erreichung dieser Vergrösserung von Wassermenge und Geschwindigkeit sind im allgemeinen die Herstellung eines sich fortwährend, nach einem bestimmten Gesetz, allmählig von unten nach oben bis zur Fluthgrenze verengenden und von allen die Fluthbewegung störenden Umständen freien Flussbettes. Um dieses, so weit möglich, zu erreichen, ist das Fluthgebiet von etwaigen scharfen Krümmungen namentlich im N.-W.-Bett zu befreien; es sind möglichst alle Spaltungen (durch Inseln oder grössere Sandbänke) zu beseitigen, so dass ein einheitlicher Schlauch entsteht; es sind auch alle grössern abgeschnittenen Arme thunlichst von unten her offen zu lassen (s. Fig. 304), damit sie sich mit Fluthwasser füllen können und deshalb sowohl bei Fluth als auch bei Ebbe die durch die untere Flussstrecke strömende Wassermenge vermehren.

¹⁾ Einiges Nähere s. Deutsche Bauzeitg. 1888. S. 133. ff.

Endlich sind die Ufer thunlichst glatt und frei von natürlichen oder künstlichen Vorsprüngen, also z. B. auch Buhnen, zu halten. Denn alle scharfen Krümmungen, Spaltungen und Vorsprünge verzehren einen gewissen Theil der lebendigen Kraft der auflaufenden Fluthwelle. Letztere erhält aber ihren Impuls lediglich aus dem offenen Meere und kann Verlorenes nicht wieder gewinnen. Einem schwachen Fluthauflauf entspricht aber ein gleich schwacher Ebbeauslauf, wenn man von dem Zufluss des Oberwassers absieht.

Während man nach den für die mittlern Flussstrecken gegebenen Regeln das Flussbett für mittleres und kleines Wasser einzunengen hat, damit die Tiefe zunehme oder erhalten bleibe, und während die durch Buhnen und Grundschwellen verursachten Aufstauung oft nützlich sind, um ein zu tiefes Abfallen des kleinsten Wassers zu verhindern, muss im Fluthgebiet ein möglichst tiefes Abfallen des Ebbewassers angestrebt werden, da das tiefe Abfallen der Ebbe und das leichte Auflaufen der Fluthwelle nur die zwei verschiedenen Erscheinungs-Formen einer und derselben Ursache sind.

Die zwischen der Hochwasser- und Niedrigwasser-Linie in jeder Tide sich ablagernde und abfließende Wassermenge wird um so grösser, je grössern Abstand jene Linien haben und je schlanker gestreckt die einzelnen zwischen beiden liegenden Fluthwellen-Linien sind (vergl. Fig. 294, 295). Eine Vergleichung der beiden Figuren zeigt, wie nach der Korrektion der Unterweser die Fluthwellen-Linien weit schlanker sich gestalten, d. h. um wie viel leichter sich das Fluth- und Ebbewasser bewegen, oder um wie viel voller das Bett mit Fluthwasser während der Fluth angefüllt werden wird. Aber erst nach Berechnung der Wassermenge und Geschwindigkeit ergibt sich, dass dieser Unterschied so gross ist, dass z. B. an dem Punkte Farge nach der Korrektion 990 cbm im Durchschnitt der ganzen Tide mit 0,73 m Geschwindigkeit sich bewegen werden, während jetzt vor der Korrektion nur 400 cbm mit 0,33 m Geschwindigkeit dort vorbei strömen. Die lebendige Kraft, oder das sich namentlich auf Fortschreibung der Sinkstoffe äussernde hydraulische Vermögen des Stromes wird daher an der fraglichen Stelle nach der Korrektion sich verhalten zu der jetzigen wie $\frac{900 \cdot 0,73^2}{2} : \frac{400 \cdot 0,33^2}{2} = 12:1$. An und unterhalb jener Stelle ist

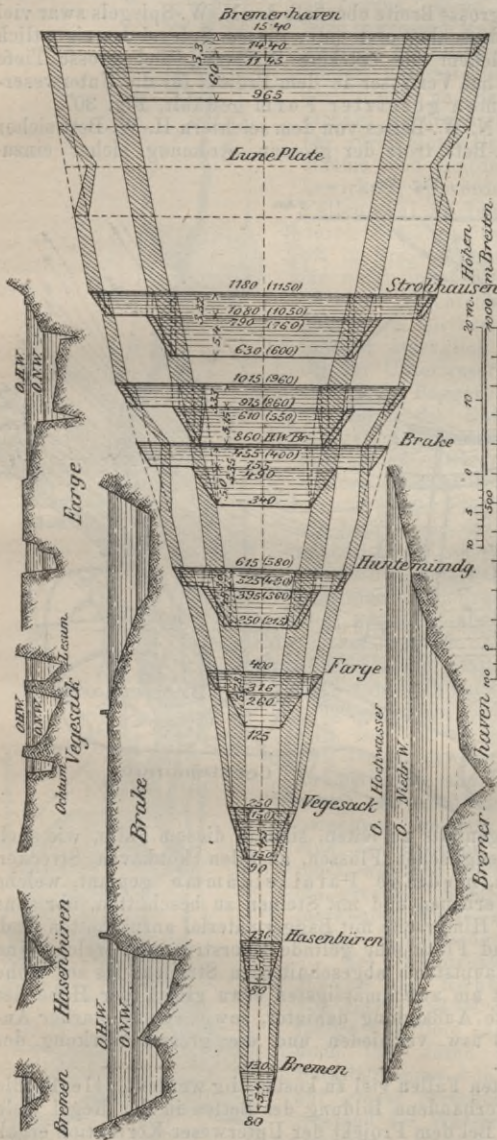
aber jetzt die Stelle, an welcher der Strom aus verhältnissmässig regelmässigem Zustande in einen sehr verwilderten übergeht und deshalb eine grosse Reihe von Sandbänken oder Barren bildet. Diese letztern verhindern aber in gleicher Weise das Auflaufen der Fluth, wie das Abflauen der Ebbe. Nach ausgeführter Korrektion darf aber ebenso wenig eine besondere Verstärkung der Strömung in einer einzelnen Strecke, wie eine besondere Abschwächung vorkommen, damit weder eine unnütze Vertiefung noch eine schädliche Ablagerung oder blosser Verschiebung der Sandbänke erfolge.

Um die demnächstigen neuen Querschnitte bestimmen zu können, müssen die zukünftigen Wassermengen und Geschwindigkeiten bekannt sein. Letztere sind (nach etwaiger mehrfacher Proberechnung) so anzunehmen, dass möglichst eine stetige Zunahme nach unten hin erfolgt, damit um so sicherer Ablagerungen vermieden werden. Die Wassermengen können aber nur aus den zukünftigen Fluthwellen unter gleichzeitiger Einsetzung bestimmter Werthe für die neuen jeweiligen Wasserflächen gefunden werden. Um nun die Fluthwellen mit grösster Wahrscheinlichkeit vorher zu bestimmen, bedarf es der Kenntniss der demnächstigen Fluthkurven. Diese findet man aus einer Planung der neuen Hoch- und Niedrigwasser-Linien und der neuen (durchschnittlichen) Sohlentiefe, sowie einer Berechnung der Fortschrittgeschwindigkeit der Fluthwelle. Hierzu ist der von Green theoretisch gefundene und von Scott Russell¹⁾ durch Versuche bestätigte Satz brauchbar, wonach die Fortschrittgeschwindigkeit v der Fluthwelle in einem regelmässigen Kanal oder Flussbett $= \sqrt{2 g t}$ ist, wo t die Tiefe des Schwerpunktes des betr. Querschnitts unter der Wasseroberfläche bedeutet. Ist also der Querschnitt ein Rechteck, ein Dreieck oder

¹⁾ S. D. Stevenson. Canal- and River-Engineering 150.

eine Parabel usw., so wird: $t = \frac{h}{2}, \frac{h}{3}, \frac{2h}{5}$ usw., wenn h die bezügl. ganze Tiefe bezeichnet. Da nun die Flussbetten meist sehr breit im Vergleich zur Tiefe, so ist in der Regel $t = \frac{h}{2}$ zu nehmen. Wird dann die Fluthkurve des untersten

Fig. 307.



Punktes der Korrektion, wo eine wesentliche Aenderung der Fluth nicht mehr zu erwarten ist, der Höhe nach in gewisse Theile zerlegt, und von jedem dieser Zeitpunkte aus die Fortschritts-Geschwindigkeit, und aus der bekannten Wegelänge die Fortschrittsdauer bis zu den analogen Punkten der nächsten Pegelstation des Fluthgebiets berechnet, so sind für diese Station die Punkte der neuen Fluthkurve bestimmt und kann die Kurve gebildet werden. Aus dieser Kurve werden sodann die Punkte der nächsten Stations-Kurve berechnet.

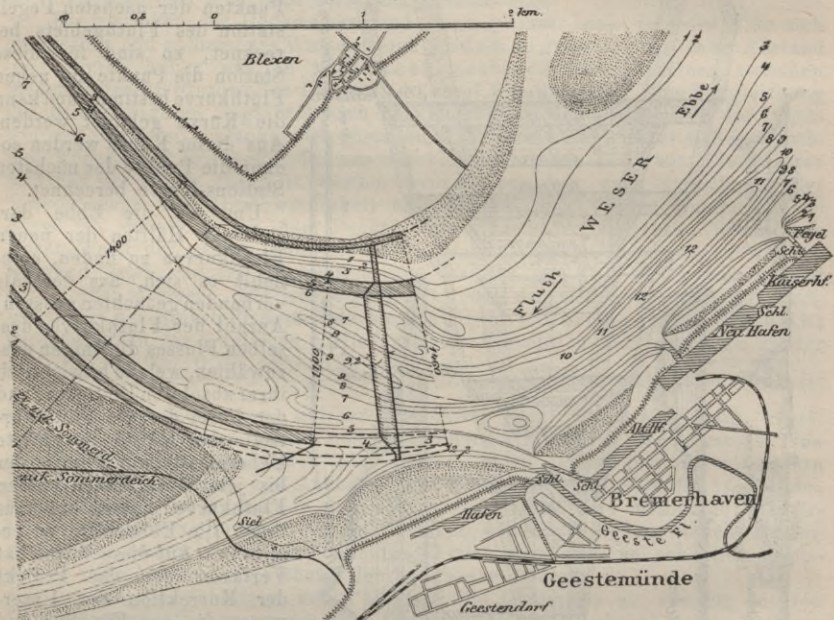
Um die die Ebbe darstellende Hälften der neuen Fluthkurven zu finden, empfiehlt es sich, aus der (als vorhanden gedachten grossen) Anzahl der Fluthkurven desselben Flusses diejenigen auszuwählen, welche hinsichtlich ihrer absoluten Fluthhöhe und der Form der die Fluth darstellenden Hälfte die grösste Uebereinstimmung mit der bis jetzt berechneten halben Fluthkurve haben und aus ihnen die Ebbehälfte zu ermitteln. Auf diese Weise hat Verfasser für das Projekt der Korrektion der Unterweser die aus Fig. 298 und andern erkennbaren neuen Werthe bestimmt und in Rechnung gesetzt, letztere aber stets durch graphische Darstellung begleitet und so lange unter Umständen wiederholt, bis durch Einsetzung neuer wahrscheinlicher Werthe eine augenscheinliche Uebereinstimmung aller Ergebnisse erzielt war. Hierzu gehörte u. A. auch die Berechnung der demnächstigen Spiegelgefälle des N.-W. und Vergleichung mit dem thatsächlich vorhandenen. Um sicher zu sein, dass die angenommene N.-W.-Linie nicht zu tief, also zu günstig für die weitere Berechnung angenommen war, wodurch die weitem Schlüsse um so unsicherer

geworden sein würden, musste die berechnete N.-W.-Linie nach oben hin wesentlich tiefer liegen.

Sind so die allgemeinen Stücke eines Entwurfs theils angenommen, theils durch weitere Berechnung gefunden, so wird die genauere Form des Flussbettes und die genaue Lage der Uferlinien fest zu setzen sein. In Anbetracht des Umstandes, dass die Querschnitte im Fluthgebiet zwischen N.- und H.-Wasser meistens grosse seichte Flächen enthalten und dass eine grosse Breite oberhalb des N.-W.-Spiegels zwar viel Fluthwasser aufnehmen kann, dass aber erst unter diesem Spiegel das eigentlich tiefe Flussbett beginnt, in welchem die stärkere Strömung und grosse Tiefe vorhanden sein kann und soll, hat Verfasser in dem Projekt für die Unterweser-Korrektion Profile von zusammen gesetzter Form gewählt, Fig. 307.

Um die grössere Tiefe des N.-W.-Bettes von dem seichtern H.-W.-Bett sicher zu trennen oder um das N.-W.-Bett trotz der grossen Strömung sicher einzu-

Fig. 308.



fassen und die Strömung nöthigenfalls zu leiten, sind in diesem Falle, wie auch unter ähnlichen Umständen an englischen Flüssen, an allen konkaven Strecken und wo es sonst nöthig schien, niedrige Paralleldämme geplant, welche am besten aus Sinkstücken zu erbauen und mit Steinen zu beschütten, übrigens aber so bald als möglich an der Hinterseite mit Baggermaterial anzuschütten sind. Sie erfahren bei jeder Ebbe und Fluth eine gelinde Querströmung, welche eine völlige Verlandung des vom Hauptstrom abgeschnittenen Streifens bis zur Höhe der Dämme bewirkt. Diese ist am zweckmässigsten etwa gleich der Höhe des N.-W., weil dann eine zu grosse Auflandung dahinter, sowie ein zu starker Angriff durch Strömung und Eis usw. vermieden und die grösste Wirkung der Parallel-Dämme gesichert wird.

Es würde aber in den meisten Fällen viel zu kostspielig werden, alle Profile symmetrisch bilden, weil die vorhandene Bildung des Bettes in der Regel viele unsymmetrische Formen zeigt. Bei dem Projekt der Unterweser-Korrektion ergab sich z. B. gerade nur die Hälfte der zu beseitigenden Erdmenge unter Anwendung der aus den Fig. 307 u. 308 erkennbaren Verschiebung der beiden Profilhälften gegenüber einer völlig symmetrischen Form (vergl. hierzu die in Fig. 307 mit dargestellten Profile des alten Flusslaufs).

welcher in Fig. 309 eine Planskizze gegeben ist, war nach Ausweis eines Höhenplans vom Jahre 1758 die Sohlenanlage nahe unterhalb Glasgow so hoch, dass man bei N.-W. hindurch gehen konnte und bei kleinem Hochwasser kaum 1^m Wassertiefe fand, während jetzt nach der Korrektion an derselben Stelle etwa 8^m Wassertiefe stehen. H.-W. und N.-W. hatten unmittelbar neben der damaligen kleinen Stadt Glasgow nur etwa 0,4^m Höhen-Unterschied, wogegen sie jetzt über 3^m besitzen; dabei ist die Oberfläche des Flusses im obern Theile nahezu doppelt so gross als früher, also die Wassermenge daselbst etwa 16 mal grösser geworden. Die Vermehrung am untern Ende ist selbstverständlich kleiner, doch immer noch so gross, dass auch an der Mündung eine Verbesserung der Tiefe eingetreten ist. In der ersten Zeit der Korrektion, von 1773—1835, ist aber der Fluss ähnlich wie ein tideloser Fluss behandelt und durch 200 Buhnen auf durchschnittl. etwa 60^m Breite eingeengt worden. Erst seit 1835 ist durch Walker eine rationelle Regulirung ins Werk gesetzt, mit niedrigen, sich allmählich von einander entfernenden Leitdämmen unter Zuhilfenahme grossartiger Baggerungen und Felssprengungen, welche letztere noch nicht beendigt sind. Nach Deas¹⁾ waren im Jahre 1873 die Querschnitte des Flusses von Glasgow bis zu dem 22,5^{km} entfernten Dumbarton folgende, wobei die Entfernungen in engl. Meilen (= 1,609^{km}) von der Brücke in Glasgow gemessen sind.

Entfernung von Glasgow . . .	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Querschn. q ^m bei N.-W. . . .	363	363	391	400	437	642	716	549	521	493	679	995
Querschn. q ^m bei H.-W. . . .	698	698	744	763	874	1321	1330	1533	1600	2102	3292	5115

Die nach der Nordsee, nahe an der Grenze zwischen England und Schottland mündende Tyne ist in ähnlicher Weise wie die Clyde regulirt worden²⁾. Eine besondere Schwierigkeit hat aber hierbei das Vorhandensein einer wechselnden Küstenströmung, bei Fluth nach Süden, bei Ebbe nach Norden, gemacht, welche eine gefährliche Barre vor der Mündung erzeugt hatte. Um diese zu durchbrechen und den Schiffen sofort nach dem Passiren der Mündung Schutz zu gewähren, ist die Anlage zweier von den beiden Ufern vorspringender Molen zur Ausführung gebracht worden.

V. Ausführung, Unterhaltung, Konstruktion, Material und Kosten.

Indem fast alle Flussregulirungs-Bauten nur vorüber gehend starke Angriffe auszuhalten haben und vielmehr zum grossen Theil von den Sinkstoffen des Flusses bedeckt werden sollen, bedarf das meiste Material keiner besondern Festigkeit oder Dauerhaftigkeit, sondern nur einer mässigen und vorüber gehenden Haltbarkeit; weil es sich ferner in der Regel um grosse Massen handelt, so darf auch das Material nicht theuer sein. Es gestattet daher nur geringe Transportweiten oder nahe Bezugsquellen und eine rohe Bearbeitung. Bruchsteine, meistens ohne Sortirung, Geschiebe, Kies, Sand und schwere Erde (Klai) einerseits, rohe Pfähle, Stangen, Strauchfaschinen, schlanke Weiden oder sonstige Gerten und Ruthen, Eisendraht und Hanfseile oder Taue andererseits bilden die beiden Hauptarten aller Materialien.

Die erstere Art, die Materialien der Steinkonstruktion, kommt vorzugsweise in den obern, namentlich bergigen Gegenden zur Anwendung, weil die wesentlichern Materialien, Bruchstein und Geschiebe, dort zur Hand sind und sie auch eine leichtere und bessere Verbindung mit dem steinigigen Flussbett gestatten, als die mehr in der untern Gegend vorkommenden Faschinen, welche vorzugsweise durch eingeschlagene dünne Pfähle unter sich und mit dem Boden zu verbinden sind.

Trotz der Rohheit des Materials ist aber namentlich im Faschinenbau die weitere spezielle Verarbeitung und schliessliche Verwendung in manchen Fällen eine überaus künstliche und schwierige, so dass es von Seiten des Ingenieurs sehr genauer Kenntniss und von Seiten der Arbeiter sehr gründlicher Anleitung oder langjähriger Uebung bedarf, um z. B. bei starker Strömung in grosser Tiefe mit Aussicht auf Erfolg eine Buhne oder einen Sperrdamm auszuführen.

¹⁾ On the river Clyde. Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin.

²⁾ S. darüber J. Guthrie. The river Tyne, 1880.

Ein geübter Bühnenmeister ist hierbei mindestens ebenso wichtig, wie die Handwerksmeister bei den Landbauten.

Obwohl beide genannten Konstruktions-Arten ihre besondern Gebiete haben, so können sie sich doch auch mit grossem Vortheil ergänzen. Steine und Erde dienen zur Belastung des leichtern Faschinenwerkes, während dieses, oder Pfahlwerk und Flechtwerk oft dazu benutzt wird, die der Strömung zu sehr ausgesetzten losen Steine in ihrer Lage zu sichern. Wo das Faschinenwerk durch Witterungs-Einflüsse, Eis usw. zu rasch zerstört werden würde, wird es trotz anfänglicher Mehrkosten, aber auf die Dauer mit Vortheil, mit Steinen überdeckt.

Endlich ist nicht allein todttes Material zu verwenden, sondern es wird lebendiges in Form von einzelnen Stecklingen oder ganzen Faschinen (namentlich Weidenarten), zu Hilfe genommen, um durch Wurzelbildung im Boden oder Zweigbildung über demselben das Werk selbst zu festigen und den Angriff des Wassers abzuschwächen.

Bei reiner Steinkonstruktion wird zunächst der untere Theil bis zur Höhe des niedrigsten Sommer-Wasserstandes durch Schüttung hergestellt, bei Parallelwerken und Bühnen der Kostenersparung halber oft mit einem innern Kern aus Kies oder Geschiebe, dem sich nach aussen mehrere Schichten immer grösserer Steine anschliessen, bis zu so grossen und schweren in der Aussenfläche, dass die Strömung nicht im Stande ist, sie fort zu bewegen. Da eine Unterspülung und Beschädigung durch Eis oft nicht zu verhindern ist, so ist eine rechtzeitige Nachschüttung erforderlich.

Die Böschung ist zwar in 1:1 möglich, jedoch wo starker Angriff stattfindet, besser 2fach, bei Bühnenköpfen selbst 3fach zu nehmen. Der Rücken ist am besten rund und wird, so wie alles über N.-W. liegende, nachdem die Schüttung sich gesetzt hat und etwas regulirt worden ist, abgepflastert. Das Pflaster stützt sich gegen ein zu diesem Zweck in Höhe des niedrigen Sommerwassers angeordnetes 0,5–1 m breites Bankett und besteht aus grossen, in der Oberfläche ebenen Steinen, die mit möglichst engen Fugen in Kies gebettet werden.

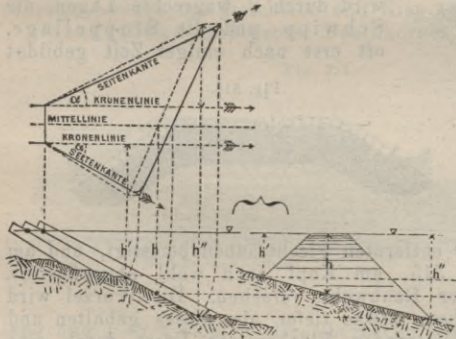
Auf 1 cbm fertige Schüttung rechnet man etwa 1,25 cbm Steine, auf 1 qm Pflaster etwa 0,3 cbm Pflastersteine und 0,3 cbm Kies. Bei Pflaster auf Faschinenwerk sind auf 1 qm 5 Pfähle einzuschlagen.

Bei den Faschinen-Konstruktionen unterscheidet man besonders Packwerk, sodann Senkfaschinen und Sinkstücke, ferner Spreutlage und Rauhwehr mit ihren verschiedenen Hilfskonstruktionen (s. w. u.).

Packwerk, s. Fig. 310, welches besonders zu Bühnen und Parallelwerken verwendet wird, besteht fast stets aus schrägen, 1:2 bis 1:3 geneigten

Schichten oder sogen. Lagen von 0,6–1 m Dicke, welche meistens auf der Oberfläche des Wassers schwimmend zusammengesetzt werden und nach ihrer Belastung durch schwere Erde sich um eine an der vorigen oder untern Lage, bezw. an dem schrägen Ufer befestigte Kante drehen. Diese Kanten liegen etwa in der Höhe des niedrigen Wassers, welches demnach zur Herstellung des Packwerkes abzuwarten ist; ihre Länge quer zur Bühne ist durch deren Kronenbreite und Seitenböschung bestimmt. Die Ausdehnung und Form jeder Lage hängt von ihrer Neigung (am Kopf

Fig. 310



möglichst 1:3), der Wassertiefe h , event. h' und h'' , und dem Maass der Seitenböschung ab (Fig. 310). Dabei werden die beiden Linien der Krone, event. nur die Mittellinie, sowie die Richtungen der Seitenkanten jeder Lage durch Baken

fest gelegt — bei grosser Entfernung der Baken für mehrere Lagen nur ein mal, — nachdem Winkel α nach der Böschung berechnet worden ist.

Die aus sogen. Ausschuss- und Rückschuss-Lage, Fig. 311, gebildete Buschschicht wird nach Fig. 308 mit höchstens 1^m von einander entfernten, rd. 10—15^{cm} dicken, auf jede 20^{cm} durch Bindweiden zusammen geschnürten Würsten, oder mit Flechtbändern (s. w. u.) belegt, die aus 3—4 Flecht-ruthen gebildet werden; diese werden in Abständen von je 50—60^{cm} durch 1,25 bis 1,5^m lange, 5—8^{cm} dicke, zugespitzte Bühnenpfähle befestigt. Der äussere Rand wird durch eine doppelte Randwurst gesichert. Alsdann wird

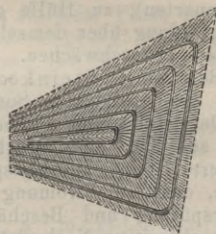


Fig. 311.

Fig. 312.



Fig. 313.



so viel Belastungserde aufgebracht (gekarrt oder vom Schiff geworfen) und eingestampft, bis die Lage eben unter Wasser sinkt, worauf dann mit einer neuen Lage begonnen wird. Wenn der Boden plötzlich abfällt, macht man die einzelnen Lagen wohl vorn dicker als hinten (Pül-Lage) und legt, wenn die neue Lage über die alte weit vortritt, die Ausschusslage auf einen oder zwei Schwimmbäume, Fig. 313.

Jede Bühne muss ohne längere Unterbrechung fertig gestellt werden, wenn nicht die halb schwimmenden Lagen wieder zerstört werden sollen. Für die letzte



Fig. 314.

Lage am Kopf ist es gut, statt der Würste Flechtzäune, und an Stelle der Erde Steine zur Belastung zu verwenden, ausserdem zum bessern Anschluss an das Flussbett und zum Widerstand gegen die Strömung eine Steinschüttung einzubringen, Fig. 314.

Die Krone der Bühnen usw. wird durch 2 wagrechte Lagen, die Schwipp- und die Stoppelage, oft erst nach einiger Zeit gebildet



Fig. 315.

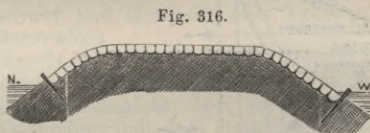


Fig. 316.

und entweder mit 1^m von einander entfernten Flechtzäunen befestigt, und am besten mit Steinen bedeckt, Fig. 315, am Kopf auch wohl abgeplästert, Fig. 316, oder mit Spreutlage oder Rauwehr versehen. Die Wurzel wird etwa 5^m weit ins Ufer eingegraben, etwas tiefer als dieses gehalten und nebst den abzuschragenden, anschliessenden Flächen des Ufers durch eine Spreutlage gedeckt.

Es bietet sich selten Gelegenheit, Packwerk im Trocknen auszuführen; die Ausführung in wagrechten Lagen ist dann aber eine um so solidere und der vor beschriebenen gleich.

Die Sprentlage besteht, je nach ihrem vorüber gehenden oder dauernden Schutze, aus einer etwa 10 cm starken Lage von todttem oder von lebendigem Weidenbusch, welche auf eine rd. 30 cm dicke Schicht von fetter Erde aufgebracht und in Abständen von je 60 cm durch mit 1,0 m langen Spreutpfählen befestigte Würste gehalten wird. Die Sprentlage soll in der Regel auswachsen.

Fig. 313.



Senkfaschinen sind 4–6 m lange, 50–60 cm in der Mitte dicke, zigarrenförmige Körper aus dichtem, mit den Enden verwechselt gelegtem Busch, mit innerem Kern aus Steinen oder event. Erde. Sie werden in Abständen von 0,5 m durch starke Weidenruthen, starken Bindfaden, am besten aber durch Eisendraht mit Hülfe der sogen. Würgekette zusammen geschnürt, Fig. 318, 319.

Die Senkfaschinen dienen zur Verhütung oder Ausfüllung schädlicher Auskolkungen und schmaler Rinnen, zu Grundswellen und zur Ausdeckung des Grundes, wenn während des Bühnenbaues eine Vertiefung desselben zu besorgen ist, besonders unter und vor dem Kopfe der Bühne. Sie werden vom Schiffe aus nach Fig. 320 versenkt und müssen nach der Versenkung etwa im Winkel von 45° schräg gegen die Stromrichtung, möglichst dicht neben einander liegen. Unter Umständen legt man auch mehre Schichten über einander in gleicher Richtung.

Eine besondere Abart bilden die an Gebirgsflüssen zuerst von Gumpen- berg angewandten kontinuierlichen Sinkwalzen, welche zuweilen in Länge von 100–200 m hergestellt und verlegt werden, insbesondere zur Deckung von Ufern, dabei am besten 2 unten und 1 darüber, wobei Zwischenräume und sonstige Lücken mit Geschiebe und Kies ausgefüllt werden¹⁾.

Sinkstücke sind grosse Buschkörper, gewöhnlich 6–8 m breit, 12–18 m

Fig. 318.



Fig. 319.



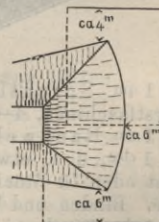
Fig. 320.



Fig. 321.



Fig. 322.



lang und 1–2 m dick, in der Oberfläche mit Steinen beschwert. Im Ebbe- und Fluthgebiet werden sie meist ausschliesslich zur Herstellung von Bühnen usw. gebraucht, ausserdem besonders zum untern Theil von Sperrdämmen (Fig. 321) und zur Ausdeckung des Grundes vor und unter Bühnenköpfen (Fig. 322).

¹⁾ Vergl. auch Deutsche Bauzeitg. 1888, S. 311.

Ihre Herstellung geschieht, wo Ebbe und Fluth herrschen, auf dem schrägen Ufer, sonst auf Gerüsten, die entweder durch Wegschlagen von vorläufigen Stützen um eine Mittelaxe geneigt werden können, Fig. 323, oder gleich mit 1 : 12 geneigt sind und das fertige Sinkstück auf vorher fest gehaltenen Walzen mit quer gelegten Brettern ablaufen lassen, Fig. 324.

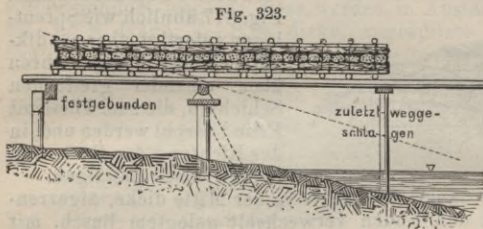


Fig. 324.

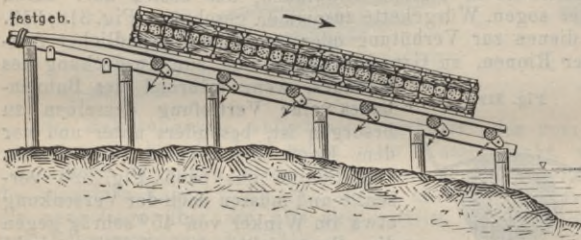
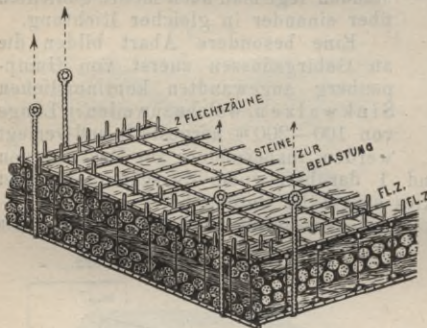


Fig. 325.



Die Sinkstücke erhalten einen untern und obern Rest von kreuzweise in 0,8–0,9 m Abstand gelegten Würsten, von denen eine Anzahl entsprechender Kreuzungspunkte (im Innern je der zweite bis vierte, an den Kanten alle) durch um

Bühnenpfähle geschlungene sogen. Luntleinen mit einander verbunden werden, Fig. 325. Die einzelnen Faschinen werden, mit den Wipfelenden nach innen, in zweifachen Schichten kreuzweis über einander gepackt. Zum Festhalten des Belastungsmaterials werden an den Kanten und ausserdem einige Flechtzäune auf der Oberfläche geschlagen

und an den 4 Ecken feste Punkte durch Taue mit Kauschen gebildet, zur Leitung beim Versenken. Die Versenkung geschieht zwischen zwei, besser vier verankerten Schiffen, von denen auch die Belastung, zunächst an den Kanten, aufgebracht wird.

Der Materialbedarf ist an allen Flüssen etwas verschieden; es erfordert im Durchschnitt:

1 cbm Packwerk erfordert $1\frac{1}{4}$ cbm Faschinen einschl. der Wurstfaschinen, 6–7 Stück Pfähle, 20 Bindeweiden (zu etwa 3 m Würsten), 0,33 cbm Belastungs-erde. Ausserdem Pflaster und Steinschüttung (s. o.). Preise verschieden, etwa 5–7 M. f. 1 cbm.

1 qm Spreutlage = 0,2 cbm grüne Faschinen (etwa 1,5 Stück) einschl. Wurstfaschinen, 4–7 Pfähle (nur etwa 1 m lang).

1 qm Rauhwehr etwa das Doppelte.

1 cbm, d. i. etwa 1 Stück Senkfaschinen 1 cbm Faschinen, 0,5 kg Eisendraht oder 10 Stück 4 m lange Weiden und 0,2 cbm Stein oder event. 0,3 cbm feste Erde. Binden und Versenken kostet etwa 1 M., 1 cbm fertig versenkt etwa 7–9 M.

1 cbm Sinkstück = $1-1\frac{1}{4}$ cbm Faschinen einschl. Wurstfaschinen, 7 Pfähle, 20 Bindeweiden, 3–4 m Luntleine (reichlich 4 mm dick), 0,2 cbm Steine und 3 Stück Flechtstangen. Arbeitslohn mit Versenkung etwa 45 Pf.; dazu für Schiffsmiethe, Taue usw. etwa eben so viel; 1 cbm fertig versenkt etwa 7–9 M.

Die Materialien und Hilfskonstruktionen selbst sind ebenfalls in verschiedenen Gegenden sehr verschieden. Die gewöhnlichern Verhältnisse sind folgende:

Steine sind zu unterscheiden in beliebig geformte oder rohe Schüttsteine und in mehr oder weniger bearbeitete Pflastersteine, welche etwa 25–35^{cm} Seitenlänge haben und in Kies oder festen Thon zu versetzen und bei unregelmässiger Form auszuwickeln sind.

Faschinen, am besten lange von 3–4^m Länge, aber theurer als kurze von 2–3^m Länge; erstere 3–4 mal, letztere 2–3 mal durch Bindweiden fest umschnürt, 25–30^{cm} dick. Von den grössern gehen etwa 9–10 auf 1^{cbm}, von den kleinern die doppelte Zahl. Unbedingt muss bei Ankauf der Inhalt zugrunde gelegt werden, wenn auch nur nach Messung von einzelnen Haufen von einigen Metern Länge und Breite und darnach zu ermittelnder Durchschnittszahl für 1^{cbm}. Das Strauchwerk der Faschine kann von allen Arten Laub- und Nadelholz genommen werden; dasselbe muss jedoch möglichst frisch und biegsam, keinenfalls alt und trocken sein. Die stärksten Aeste sollen am Stammende je nach dem Zweck nicht stärker als 3–4^{cm} sein. Zu den Würsten sowie oft zu Spreutlagen und Rauhwehr dienen am besten grüne Weiden-Faschinen.

Die Würste werden in 12–18^{cm} Stärke als ein beliebig langes Seil (20–30^m) aus den Faschinen hergestellt, indem diese auf einer langen Reihe von zwei sich gabelförmig kreuzenden Stockpfählen (der „Wurstbank“) so ausgebreitet werden, dass sich die Wipfel- und Stammenden möglichst gegenseitig verschiessen, worauf sie in etwa 20^{cm} Abstand mit Bindweiden fest umschnürt werden.

Flechtbänder werden aus 4–6^m langen Gerten von Weiden, Eichen usw. in der Regel in 3 Strängen geflochten, mit verschiessenden Wipfel- und Stammenden.

Flechtzäune erhalten etwa in je 20–25^{cm} Abstand einen Buhnenpfahl, worauf etwa 5–7 Flechtstangen, am besten aus Eichenholz, in wechselnder Lage um die Pfähle herum geflochten und mit Gabeln nieder gedrückt werden. Die Pfähle müssen oben einen natürlichen oder künstlichen Querschnitt erhalten.

Die Pfähle sind für Packwerk und Sinkstücke meist 1,25–1,5^m lang und 5–7^{cm} am Kopf stark, für Spreutlagen und Rauhwehr nur etwa 1^m lang und 5–6^{cm} dick für Flechtzäune, zur Einfassung von Pflaster usw. dagegen, je nach den Umständen, bis 1,6^m lang und 10–15^{cm} dick. Sie werden sämtlich unten scharf zugespitzt, am Kopfe genau rechtwinklig abgeschnitten, zum Theil geflöck (Flechtzäune) und mit hölzernen Hämmern oder Handrammen eingetrieben.

H. Häfen.

I. Allgemeines, insbesondere über Anordnung der Häfen.

Der Zweck aller Häfen mit Ausnahme der Kriegshäfen, Zufluchts- häfen und Quarantäne-Häfen ist der, für die Schiffe einen Ort zu schaffen, an welchem sie nicht nur sicher still liegen, sondern auch ihre Ladung abgeben oder löschen, d. h. los werden oder neue einnehmen und laden können. Zur Ladung im weitern Sinne gehören auch Menschen, indem die Vermittelung des Personenverkehrs für einige Häfen die Hauptaufgabe bildet, während für andere nur ganz bestimmte Handelsartikel in Frage kommen.

Wie die Kriegs- und Zufluchts- häfen haben auch die Handelshäfen den mit Havarie angekommenen Schiffen Gelegenheit zu bieten, ihre Schäden auszubessern. Mit den Schiffsreparatur-Anstalten sind in der Regel auch die zum Neubau der Schiffe dienenden Anlagen usw. verbunden, zumal für beide Zwecke zuweilen dieselben Anlagen benutzt werden könnten.

Trotz der Verschiedenheit der Zwecke haben in baulicher Hinsicht die meisten Seehäfen sehr viel Gemeinsames, wenn man von der, jedem einzelnen Hafen eigenthümlichen Einfahrt absieht; in dieser Beziehung herrschen allerdings die grössten Verschiedenheiten bei Seehäfen für ganz gleiche Zwecke. Diese Häfen liegen zum Theil unmittelbar am offenen Meere und sind dabei entweder jeder Zeit offen oder nur mit Hilfe von Schleusen zugänglich, also entweder offene oder geschlossene (Dock-Häfen). Viele Seehäfen liegen dagegen in der untern Strecke eines Flusses. Ist der Fluss dort noch für Flussschiffe fahrbar, so berühren sich die Seeschifffahrt und die Flussschifffahrt zum Nutzen beider; ein hervor ragendes Beispiel bietet Hamburg. Doch auch kleine, oberhalb des Seehafens kaum noch befahrbare Flüsse bieten Gelegenheit für die Anlage von Seehäfen, wenn sie durch die Wirkung der Fluth und Ebbe oder mit Hilfe eines haftartigen Busens eine tiefe Fahrrinne zwischen Hafen und See gewähren. Als Beispiele dienen die meisten Häfen Englands und einige Häfen an der Ostseeküste.

Die offenen Häfen haben vor den geschlossenen den grossen Vortheil voraus, dass sie, von besondern Störungen, wie Eis usw. abgesehen, jederzeit zugänglich sind und dass die kostspielige Schleuse, die auch im Betriebe umständlich und zeitraubend ist, wegfällt. Bei manchen offenen Häfen ist es aber ein fühlbarer Uebelstand, dass der Wasserspiegel grossen Schwankungen unterliegt; die Uferbefestigungen daher besonders hoch werden und die Schiffe bald hoch, bald niedrig zum Ufer liegen, sowie unter Umständen auch, dass das Hafenbecken selbst an Versandung oder Verschlickung leidet. Wenn bei einem neu zu bauenden Hafen beide Anlagen in Frage kommen, so ist ausser der Abschätzung der Vor- und Nachtheile namentlich zu untersuchen, ob nicht bei lang dauerndem hohen oder niedrigem Aussenwasser der Wasserstand im geschlossenen Hafen ebenfalls einen hohen oder niedrigen Stand annehmen muss und zwar theils wegen der Durchschleusungen, theils wegen der Durchquellung durch den Untergrund.

Nach diesen Erwägungen sind im allgemeinen Häfen an Flüssen mit lang dauernden Anschwellungen des Oberwassers, sowie an fluthlosen Meeren als offene Häfen anzulegen, wogegen Häfen an Punkten mit starkem Ebbe- und Fluthwechsel besser als geschlossene eingerichtet werden. Bei übrigens geschlossenen Häfen werden aber zuweilen für besondere Zwecke, so z. B. für Personenverkehr, Anlande-Vorrichtungen an offenen Wasser hergerichtet, um wenigstens für jene den Zeitverlust des Durchschleusens zu ersparen.

Ob bei geschlossenen Häfen die Anlage von jederzeit, oder nur während längerer Zeit benutzbarer Kammer-Schleusen möglich, oder ob die sogen. Dockschleuse — mit nur einem Haupt — ausreichend bzw. anwendbar ist, hängt von der um die Zeit des N.-W. bestehenden Fahrtiefe ausserhalb des Hafens ab. Offene Häfen, die nur zur Zeit des H.-W. zugänglich sind, heissen Tidehäfen.

Eine systematische Eintheilung der Häfen ist nach mehreren Rücksichten möglich. Nach den Zwecken sind die verschiedenen Haupt-Arten bereits erwähnt; ausserdem werden für bestimmte Waarengattungen noch in grössern Häfen Unterabtheilungen geschaffen, wie z. B. für Petroleum, Wein, Spirituosen usw., welche jedoch nicht füglich als besondere Arten von Häfen anzusehen sind. Bei den Seehäfen sind im wesentlichen nur die Kriegshäfen von den Handelshäfen durch die ihrem Sonderzweck entsprechende Ausstattung, meist auch durch ihre, von Vertheidigungs-Rücksichten beeinflusste Lage zu unterscheiden.

Der tief gehendste Unterschied in bautechnischer Hinsicht besteht zwischen Flusshäfen und Seehäfen, obwohl unter Umständen derselbe Hafen für Flussschiffe und Seeschiffe zugleich dienen kann. Es wird aber in solchem Falle und überhaupt alsdann, wenn ein Hafen für Seeschiffe erreichbar ist, derselbe zu den Seehäfen gezählt, während man mit Flusshafen nur einen solchen bezeichnet, der ausschliesslich für Fluss- oder Kanalschiffe benutzbar ist. Also auch die an Flüssen belegenen, aber für Seeschiffe zugänglichen

Häfen (z. B. London, Hamburg, Bremen usw.) sind hiernach als Seehäfen anzusehen.

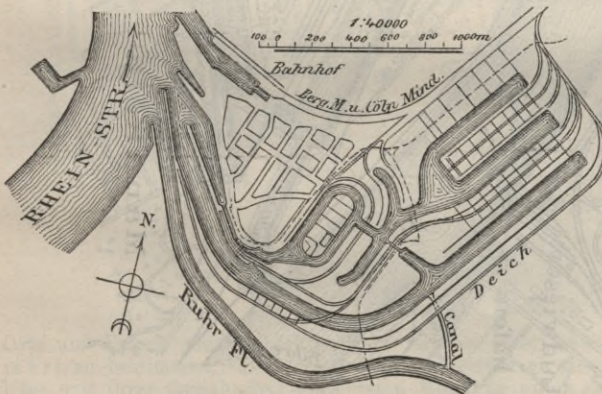
Wegen des wesentlich geringen Tiefganges der Flussschiffe, also der leichter zu erhaltenden Tiefe der Flusssohle, wegen der meist unschwer erreichbaren Beschaffung einer guten Einfahrt, sowie wegen der bequemen Be- und Entladung der Flussschiffe usw. ist die ganze Anlage eines Flusshafens im allgemeinen wesentlich einfacher und leichter als die eines Seehafens von gleicher Bedeutung. Es ist daher auch in bautechnischer Hinsicht eine getrennte Behandlung dieser beiden Arten möglich und zweckmässig und soll dieselben im Folgenden so weit durchgeführt werden, als nicht die auf Ausstattung mit Schuppen, Speichern, Gleisen usw. bezüglichen Erörterungen besser zusammen gefasst erfolgen.

II. Flusshäfen.

Fast überall sind offene, am Strom belegene Anlandestellen oder Löschplätze der Anlage eines eigentlichen Hafens vorauf gegangen und selbst dann noch zuweilen im Gebrauch, wenn sie längst durch einen Hafen hätten ersetzt werden sollen. Es genügt freilich in vielen Fällen für günstige Zeiten, den Flussschiffen an einem offenen Löschplatz Gelegenheit zum Anlegen zu geben, und für geringen Verkehr und unter sehr günstigen Umständen kann eine offene Kaianlage dauernd zweckmässig sein. Wo aber ein regelmässiger grösserer Verkehr entstanden oder zu erwarten ist und wo ausserdem die Verhältnisse des Flusses einem starken Wechsel unterworfen sind, wird ein offener Kai fast stets mit grossen Mängeln behaftet sein. Man muss nämlich wegen des wechselnden Wasserstandes und namentlich mit Rücksicht auf die grösste, vor dem Ufer mögliche Wassertiefe den Uferbefestigungen eine bedeutende Höhe und Stärke geben, kann aber nicht immer verhindern, dass zeitweilig die nutzbare Wassertiefe hinter der notwendigen zurück bleibt. Es werden dann kostspielige Baggerungen erforderlich, während eine nur nach augenblicklichen Umständen gewählte mangelhafte Herstellung der Uferbefestigung durch unerwartete oder zu spät erkannte Vertiefung des Flussbettes zu Zerstörungen von grossem Umfang Veranlassung geben kann.¹⁾

Es muss daher als Regel gelten, dass ein Flusshafen ein vom offenen Strom getrenntes Becken bildet, wobei die Trennung entweder durch einen natürlichen Uferstreifen oder durch einen künstlichen Damm hergestellt wird.

Fig. 326.

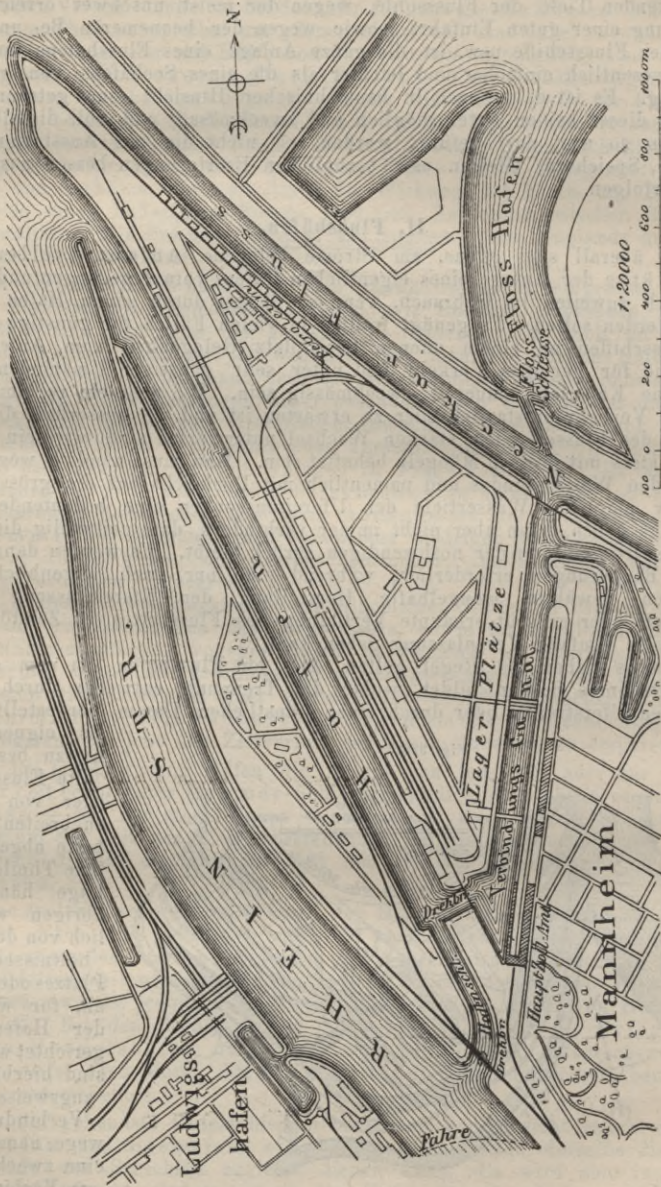


Es eignen sich hierzu besonders alte Flussarme oder von einem zu breiten Flussbette abgeschnittene Theile. Die Lage hängt im übrigen wesentlich von den Verhältnissen des Platzes oder Ortes ab, für welchen der Hafen eingerichtet wird. Es sind hierbei vorzugsweise gute Verbindungswege, namentlich eine zweckmässige Verbindung

¹⁾ In Bremen sind 1881 im ganzen 700^m Länge verschiedene, erst etwa 20 Jahre alte Ufermauern eingestürzt, welche nur etwa bis 3^m unter ord. Sommerwasser gegründet waren, da sich das Flussbett in einigen Tagen etwa 3^m unter seine gewöhnliche Lage vertieft hatte.

mit einer Eisenbahn von Bedeutung, sodann die Vermeidung störender anderer Einrichtungen oder Gegenstände, z. B. fester Brücken, Fähren u. dergl.

Fig. 327.



Auch ist wegen wahrscheinlicher Zunahme des Verkehrs auf die Möglichkeit der Ausdehnung zu achten, zumal die meisten auf Flüssen zu bewegendes Güter sogen. Massengüter sind, die viel Raum erfordern. Grosse

gar unter spitzem Winkel nach aufwärts gekehrten Mündung würde eine starke Versandung unausbleiblich sein und würden lange Schiffe bei starker Strömung in derjenigen Lage, wo sie etwa zur Hälfte im Flusse, zur Hälfte in der Einfahrt sich befinden, stets mit grosser Gewalt gegen das untere Ufer derselben gedrängt werden. Bei jener empfohlenen Lage der Einfahrt dagegen kommen die Schiffe beim Einlaufen mit ihrem Vordertheile flussaufwärts gekehrt und fast genau in der Stromrichtung liegend mit geringer Wendung in die Mündung. Beim Auslaufen dagegen können sie in derselben Linie fahrend flussabwärts gerichtet sein oder, wenn sie flussaufwärts bestimmt sind, die Einfahrt rückwärts („über Steuer“) passiren, um auf dem Flusse die Wendung zu ersparen. Weil aber das Wenden (Schwojen oder Schwajen) auf einem belebten Flusse misslich ist, so sollte schon kurz hinter der eigentlichen Mündung oder wenigstens Anfang des Hafenbeckens die Gelegenheit zum Wenden gegeben werden.

Im allgemeinen wird es für die Sicherheit des Betriebes am zweckmässigsten sein, die Einfahrt grade zu gestalten, damit die sich begegnenden Schiffe sich frühzeitig sehen und vermeiden können. Eine Krümmung jedoch erleichtert zuweilen die Anordnung einer spitzwinkligen Mündung und ist noch zulässig, wenn die Schiffe sich wenigstens auf zwei Schiffslängen sehen können. Der Mündungswinkel kann andererseits bei mässiger Strömung (bis 1^m in der Sek.) bis etwa 60° gehen. Ob die Einfahrt am untern Ende des eigentlichen Hafenbeckens oder mehr nach dessen Mitte hin liegt, ist für den Betrieb fast gleichgültig und muss nach örtlichen Umständen entschieden werden.

Ausgedehntere Flusshäfen werden im Laufe der Zeit (auch unter Umständen gleich anfangs) mehrere Einfahrten erhalten und aus verschiedenen Becken bestehen, wie z. B. die Häfen von Ruhrort und Mannheim. Es ist dabei wie in Ruhrort die Einfahrt wohl so gestaltet, dass sie für zwei oder mehrere dahinter liegende Becken zum Theil gemeinsam ist und einen bequemen Vorhafen zum Wenden abgiebt. Es muss aber in solchem Falle, wie bei jedem grösseren Hafen, die Mündung an der engsten Stelle noch so geräumig sein, dass durch ein etwa in derselben gesunkenes oder fest gerathenes Schiff nicht der ganze Hafen bis zur Beseitigung jenes gesperrt werde. Deshalb empfiehlt es sich, die Einfahrt überall mindestens drei mal so breit als das grösste verkehrende Schiff (etwa vom Raddampfer abgesehen) zu machen.

Hiernach ergibt sich schon, dass die, etwa aus andern Gründen wünschenswerthe Ueberbrückung der Einfahrt meistens unthunlich ist, da feste Brücken wegen der Erschwerung der Schifffahrt (trotz der Möglichkeit die Masten und Schornsteine nieder zu legen) unzulässig sind und bewegliche Brücken wegen der grossen Oeffnung kostspielig und im Betrieb lästig sein werden. Pfeiler, in der Einfahrt stehend, würden die Schifffahrt auch sehr erschweren. Auch diese Rücksicht ist für die Lage der Einfahrt mit bestimmend.

Bei lang gestrecktem Hafenbecken hat eine zweite Einfahrt vorzugsweise an dem der untern Einfahrt entgegen gesetzten oder obern Ende ihren Werth, weil dadurch der Verkehr im Hafen erleichtert wird. Nur muss dann zur Abhaltung der Sinkstoffe die obere Einfahrt meistens mit einer Kammerschleuse versehen werden, wie dies z. B. in Mannheim und Frankfurt geschehen ist. Eine solche Schleuse kann ausserdem zur Verhütung der Fäulniss des Wassers im Hafenbecken dienen, wozu andernfalls etwa besondere Schützwerke anzulegen sind.

Es erscheint selbstverständlich, dass das eigentliche Becken nebst den wichtigeren Anlagen an seinem Ufer gegen Ueberströmung durch Hochwasser und Eis geschützt sein muss. Dieser Schutz muss sich aber auch grossentheils auf die Einfahrt erstrecken, weil sonst eine Versandung derselben unvermeidlich sein würde. Liegt daher das Hafengelände nicht hochwasserfrei (was für manche zum Lagern von Steinen, Kohlen usw. dienenden Theile nicht unbedingt nothwendig ist, so müssen solche Strecken wenigstens mit einem Deiche versehen werden, welcher sich, so weit es wegen der Hochwasser-Abführung des Flusses zulässig ist, bis an die Mündung erstreckt. Oft ist wegen letzterer Rücksicht nur eine geringe Verwallung an der obern Seite der Einfahrt gestattet.

Die Form des Hafens hängt in erster Linie von der Gestaltung des verfügbaren Geländes ab. Lang gestreckte grade Ufer sind wegen bequemer Verholung der Schiffe, besserer Ausnutzung durch dieselben und besonders auch wegen günstigerer Entwicklung von Eisenbahngleisen den mehrfach geknickten Uferlinien vorzuziehen. In letzterer Hinsicht ist namentlich auch die Lage der Einfahrt dann sehr wichtig, wenn sämtliche Uferlinien mit Gleisen versehen werden sollen. Eine Anordnung mehrerer, von der Einfahrt her durch ein gemeinsames Vorbassin verbundener und durch sogen. Zungen von einander getrennten Becken ist im allgemeinen vortheilhaft, indem diese Zungen nach der Landseite hin durch Strassen und Gleise mit einander zu verbinden sind, wozu die Becken an ihren obern Enden zweckmässig etwas verengt werden.

Die Breite der einzelnen Becken ist überall mindestens für drei Schiffsbreiten (2 liegende und 1 ausfahrendes Schiff) einzurichten; doch ist eine grössere Breite für den bequemeren Verkehr stets erwünscht, damit an jeder Stelle zwei Schiffe liegen und zwei sich bequem begegnen können. Für grosse Schiffe von etwa 10^m Breite ergibt dies mit dem nöthigen Spielraum etwa 50—60^m; wo indess der Raum nicht beschränkt ist, erscheint eine grössere Breite fast stets nützlich, damit der Verkehr mit grösster Bequemlichkeit, Schnelligkeit und Sicherheit geführt werden kann. Denn zwischen den Lastschiffen müssen in grossen Häfen sich zahlreiche kleinere Fahrzeuge, namentlich Schleppdampfer, Barkassen usw. mit grosser Geschwindigkeit bewegen können. Wie schon oben erwähnt, ist es erforderlich, dass mindestens an einer Stelle des Hafens die grössten Schiffe wenden können. Die Breite des ganzen Hafens zum Wenden einzurichten, würde zu kostspielig sein.

Die Wassertiefe ist bestimmt durch den Tiefgang der grössten Schiffe und den niedrigsten Wasserstand; darüber hinaus sind noch mindestens 30^{cm} Spielraum erforderlich, damit die unvermeidliche Aufhöhung der Sohle durch Sand, Schlick und missbräuchliches Ausschütten von allerlei Stoffen (Steinkohlenasche usw.) aus den Schiffen nicht oft ein Nachbaggern erforderlich macht oder die Bewegung der Schiffe erschwert. Manche Häfen verflachen jährlich um etwa 20^{cm} und erfordern entsprechende Baggerarbeiten.

Die Uferhöhe braucht nicht unbedingt hochwasserfrei zu sein. Bei grössern Anlagen muss jedoch unbedingt ein Theil hochwasserfrei liegen, um dort alle werthvollern oder trocken zu haltenden Waaren lagern und die wichtigeren Eisenbahngleise, sowie alle Schuppen usw. wasserfrei halten zu können. Wenn jedoch nach Ausweis einer genügend langen (etwa 20 jährigen) Beobachtung die besonders hohen Wasserstände nur selten eintreten, so kann man zur Ersparung von Baukosten für Uferbefassungen und von Betriebskosten wegen vergrösserter Ladehöhe einzelnen Theilen des Hafengeländes zweckmässig eine solche Höhe geben, dass sie für die gewöhnlichen Hochwasserstände grade noch wasserfrei bleiben. Es müssen die betr. Gleise mit den Hauptgleisen durch bequeme Steigung verbunden werden, und es ist auch auf rechtzeitige Entfernung von Eisenbahnwagen, beweglichen Kränen usw. Bedacht zu nehmen. In jedem solchen Falle sind für eine vergleichende Berechnung die örtlichen Verhältnisse besonders massgebend.

Die Ufer selbst gestatten bei Flusshäfen mehr als bei Seehäfen eine verschiedenartige Ausbildung und zwar namentlich deshalb, weil ein etwa 2^m tief gehendes Flussschiff noch an einem merklich schrägen Ufer bei hohem oder niedrigem Wasser liegen und mit Hilfe von Verbindungsstegen löschen oder laden kann. Es sind deshalb die Ufer zum Theil nur mit Böschungen von gepackten oder geschütteten Steinen versehen. Wo aber ein Betrieb mit festen oder beweglichen Kränen beabsichtigt wird, müssen, wie in Seehäfen, nahezu senkrechte Uferbefassungen hergestellt werden. Zwischen Kohlenschüttvorrichtungen, welche unbedingt bis an die Sohle des Beckens reichen müssen, genügen in der Regel einfache Böschungen. (Vergl. unter Uferbau.)

Manche Flusshäfen sind nur sogen. Winterhäfen, in denen die Schiffe im Winter vor Treibeis usw. geschützt, liegen können. In solchen Häfen sind die Ufer meist nur mit Rasen bekleidet, während das Becken an seinen Rändern

und, wenn es breit ist, auch in der Mitte, Reihen von Anbindepfählen (bei grosser Höhe Duc d'Alben) besitzt, damit die zum Theil unbewacht gelassenen Schiffe sicher befestigt werden können.

Eine kurze Beschreibung der in Fig. 326—329 dargestellten Flusshäfen sei hier zum Schluss beigefügt.

Der Hafen von Ruhrort, Fig. 326, ist vorzugsweise für die Verschiffung der westfälischen Steinkohle angelegt, wovon jährlich etwa 1 500 000 bis 2 000 000 t und zwar über 1 Mill. allein flussabwärts nach Holland, verladen werden. Die Kohle kommt grossentheils auf 2 Eisenbahnen und nur zum kleinen Theile auf der Ruhr an. Der Hafen hat nach Vollendung des neuesten südlichen und längsten Beckens, des sogen. Kaiserhafens, 8100 m Länge. Die in ihrer Mitte etwa 1 m über H.-W. liegenden Dämme zwischen den Becken tragen Gleise und dienen mit ihrer, übrigens nur etwa bis zum höchsten schiffbaren Wasser reichenden Fläche zunächst als Lagerplätze für die Kohle, welche daher zeitweilig überschwemmt wird. Von den höher liegenden Eisenbahnen wird die Kohle entweder zunächst auf die Lagerflächen oder mit besondern grossen Kippvorrichtungen unmittelbar in die Schiffe verbracht. Ausserdem gehen von den Lagern kleine Querbahnen für Handkippenwagen oder Karren an die Ufer zur Befrachtung der Schiffe. Die Ufer haben meistens nur eine mit Steinwurf geschützte Böschung von 1:1½, am Kaiserhafen zum Theil Mauern auf Senkbrunnen von im ganzen 7,5 m Höhe. Die Breite der Becken schwankt zwischen 25 u. 90 m. Die grössten Schiffe tragen über 20 000 Z.¹⁾ — In unmittelbarer Nähe von Ruhrort befindet sich der bedeutende, in seiner Form sehr einfache, geschlossene Hafen von Duisburg; ein ähnlicher Kohlenhafen ist der von Saarbrücken²⁾.

Der Hafen von Mannheim, Fig. 327, besteht aus mehreren theils künstlichen, theils natürlichen Becken, wovon das grösste 2100 m lang u. 120 m breit, unten offen, oben aber durch eine 10,5 m weite Kammerschleuse geschlossen ist. Das rechte Ufer des Rheins, sowie das linke Ufer des Neckars dienen als Lade-Ufer, letzteres für Petroleum und sind, ebenso wie alle eigentlichen Hafenufer mit Gleisen versehen. Zwischen dem Haupthafen und dem Neckar besteht ein 900 m langer und 90 m breiter Verbindungskanal mit beiderseitigen Lagerplätzen. Endlich ist vom Neckar aus durch eine nur selten gegen Hochwasser geschlossene Flossschleuse der aus einem alten Flussarm gebildete Flosshafen zugänglich. Auf dem linken Ufer des Rheins liegt der kleine Hafen Ludwigs-hafen.

Der im Jahr 1886 eröffnete Hafen von Frankfurt a. M., Fig. 328, ist im Zusammenhang mit der Kanalisation des Mains zwischen Frankfurt und Mainz ausgeführt worden. Der Hafen liegt oberhalb des obersten Wehres und der Eisenbahnbrücke, welche den auf dem rechten Ufer liegenden Personen- und Zentral-Güterbahnhof mit den linksseitigen Bahnen verbindet. Der etwa 570 m lange, 70 m breite, sogen. Sicherheitshafen ist durch einen Paralleldamm vom offenen Fluss getrennt, unten offen und oben durch eine 12 m weite Schleuse zugänglich, die nur mit einfachen Stemmhühen geschlossen und mit einer Drehbrücke überbrückt ist. Sie lässt sich bei dem geringen Ueberdruck von höchstens 22 cm stets öffnen. Beide Ufer sind mit Gleisen ausgestattet; auf dem rechten befinden sich Lagerhäuser, insbesondere auch für Getreide. Auf dem linken Ufer des Mains, sowie auf dem rechten Ufer oberhalb des eigentlichen Hafens ziehen sich im ganzen etwa 6000 m lange niedrigere Ladeplätze nebst Gleisen entlang. Bei niedrigstem Wasser und nieder gelegtem Nadelwehr beträgt die Sohlentiefe im Hafen noch 2,8 m.

Der Hafen zu Mainz, Fig. 329, besteht aus einem Becken, welches vom Rheine aus durch eine, mittels Drehbrücke überbrückte Einfahrt von etwa 48 m Weite zugänglich ist. Dasselbe hat etwa 750 m Länge und 160 m grösste Breite und wird am obern, mit einer Zunge versehenen Ende als Zollhafen benutzt; das Becken ist ringsum mit hochwasserfreien 8,5 m hohen Mauern eingfasst.

¹⁾ Näheres Deutsche Bauzeitg. 1881 und *Notices sur les installations du port de Ruhrort par Berger etc.* Brüssel 1886.

²⁾ Vergl. hierüber Zeitschr. f. Bauw. 1866.

Beide Ufer sind mit Gleisen, Schuppen usw. versehen. Am untern Ende soll das Petroleum-Lager errichtet werden. Das ausserhalb und namentlich oberhalb des eigentlichen Hafens liegende linksseitige Rheinufer ist in fast 4000 m Länge ebenfalls als Ladeufer ausgebildet und enthält noch einen kleinen ältern Hafen, der vom Flusse durch einen Paralleldamm getrennt ist. Die mit Gleisen versehenen Ladeufer am Rhein wechseln mit 30 bis 60 m Breite und besitzen zwischen einfachen Steinböschungen eine grosse Anzahl besonderer Anlande- und Ladestellen, welche im wesentlichen aus einfachen, jedoch bis 100 m breiten Treppen bestehen, hinter denen zweiflügelige Rampen die Auffahrt von dem niedrigen, nur auf Mittelwasser liegenden Ufer bis zum hochwasserfreien Ufer herstellen.

Unterhalb der Eisenbahnbrücke befindet sich am linken Ufer noch ein etwa 2500 m langer von unten zugänglicher, aus einem alten Rheinarm entstandener natürlicher Hafen, welcher als Flosshafen und Sicherheitshafen für überwinternde Schiffe dient¹⁾.

III. Seehäfen.

a. Einfahrten.

Um die verschiedensten natürlichen Verhältnisse und baulichen Anordnungen der Seehäfen in Kürze und übersichtlich behandeln zu können, mögen zunächst die Einfahrten besprochen werden und zwar möglichst der Reihe nach zunächst von solchen Häfen, welche an einem Flusse liegen und deshalb mit den Flusshäfen manches gemein haben, sodann von solchen, die am offenen Meere oder nahe demselben liegen. In beiden Fällen sollen dabei die offenen Häfen den geschlossenen voran gehen. Um ausser den im Nachstehenden bildlich dargestellten Häfen auch andere Anlagen unter Berücksichtigung dieser Eintheilung studieren zu können, seien jene vorab angeführt.

Von den deutschen Häfen sind besonders zu nennen: Königsberg am Pregel mit seinem am Seegatt des Frischen Haffs belegenen Vorhafen Pillau, Fig. 341 (S. 217). Dass Frische Haff nimmt ausser dem Pregel auch den östlichen Arm der Weichsel, die Nogat, auf.

An dem östlichen und Hauptarm der Weichsel liegt zunächst der Hafen Neufahrwasser, Fig. 342, (S. 218) und weiter flussaufwärts Danzig.

An der Pommer'schen Küste liegen die kleinen Häfen Stolpmünde, Rügenwaldermünde und Kolbergermünde an den Ausflüssen der drei kleinen Flüsse Stolpe, Wipper und Persante.

An der Oder selbst liegt Stettin, dessen Fahrwasser durch das Grosse Haff wesentlich mittels Baggerung hergestellt und zu erhalten ist, während Swinemünde, Fig. 343, (S. 217) an der Mündung des mittlern und stärksten Armes der Oder, der Swine, durch den in das Grosse und Kleine Haff ein- und ausgehenden Spülstrom seine Tiefe erhält.

Am Sund zwischen Rügen und dem Festlande liegt Stralsund mit unbedeutender Fahrtiefe.

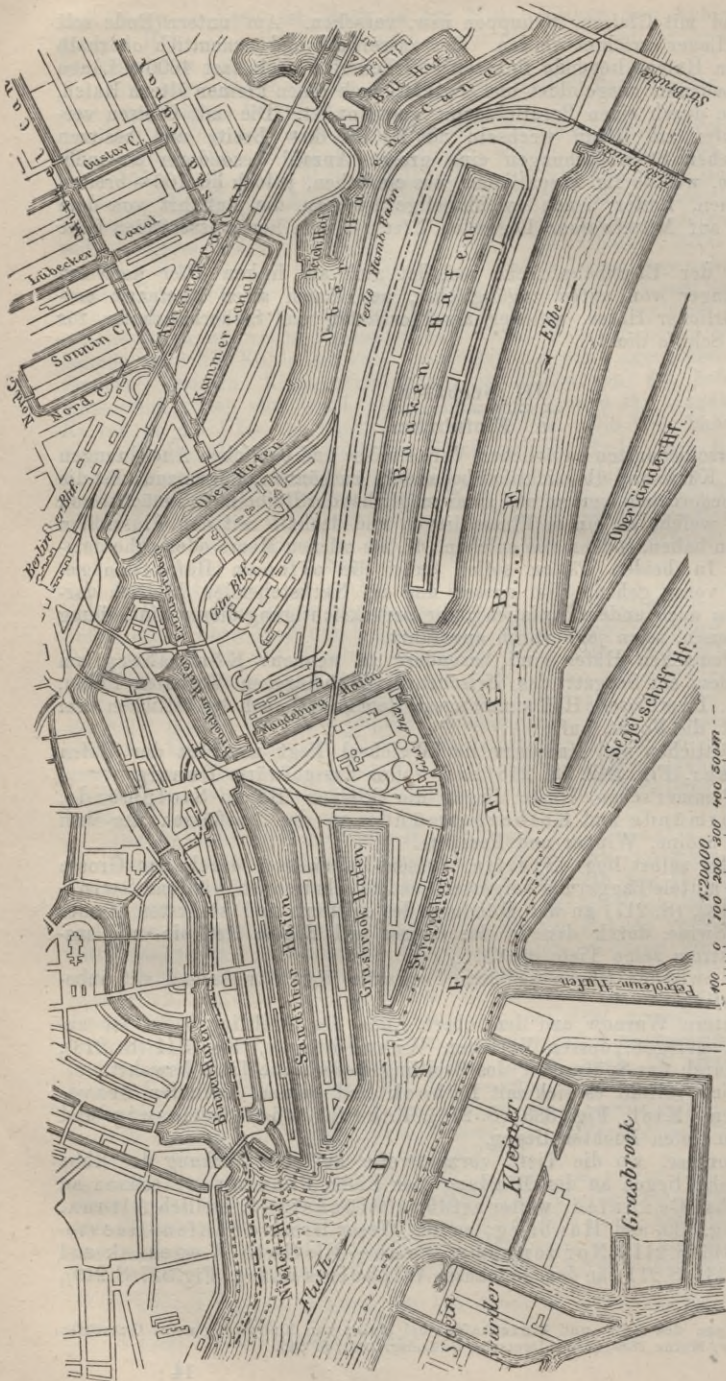
An der untern Warnow und dem obern Ende des Breitling-See's, ist zunächst Rostock gelegen, dessen Vorhafen Warnemünde, Fig. 344 (S. 218), vorzugsweise durch das Spülwasser des Breitling-See's seine Tiefe bewahrt.

Ganz ähnlich verhält es sich mit Lübeck und seinem Vorhafen Travemünde, während Kiel, Fig. 333 (S. 213), Eckernförde, Schleswig und Flensburg an tiefen Buchten liegen.

An der Nordsee, wo die Tiefe vorzugsweise auf der Wirkung der Ebbe und Fluth beruht, liegen an der Mündung der Eider Tönningen; sodann an der Elbe zunächst Cuxhafen, weiter aufwärts Glückstadt, endlich Altona, Hamburg, Fig. 330, und Harburg; an der Weser Bremerhafen-Geestemünde, Fig. 346 (S. 211), Nordenhamm, Brake, Elsfleth, Vegesack und Bremen, Fig. 331 (S. 211), an dem Jadebusen Wilhelmshafen, Fig. 347 (S. 219),

¹⁾ Vergl. Anlage des Zoll- und Binnenhafens bei Mainz von Kreyssig nebst Gutachten von L. Franzius, Mainz 1880, sowie Deutsche Bauzeitg. 1881, S. 343.

Fig. 330. Hafen von Hamburg.



an der untern Ems, deren Mündung durch den Dollart eine grosse Tiefe erhält, zunächst Emden, Leer und Papenburg.

Von den ausserdeutschen Häfen ist im allgemeinen hervor zu heben, dass fast alle grössern Häfen an den mit besonders starkem Fluthwechsel versehenen, übrigens sehr unbedeutenden Flüssen liegen: London an der Themse, Fig. 348 (S. 216), u. 349, (S. 220) Hull, Fig. 350, (S. 220)

am Humber, Newcastle nebst Nord- und Süd-Shields, Fig. 338, (S. 215) an der Tyne, Glasgow, Fig. 332, (S. 212) an der Clyde, Liverpool-Birkenhead am Mersey, während von den grössern französ. Häfen Havre, Fig. 345 (S. 219), nebst Rouen an der Seine, St. Nazaire an der Loire und Bordeaux

an der Garonne, u. z. alle im Fluthgebiet.
 Cherbourg, Brest, Fig. 336, (S. 214)
 Marseille, Fig. 334, (S. 213) und Toulon

Fig. 331. Hafen zu Bremen.

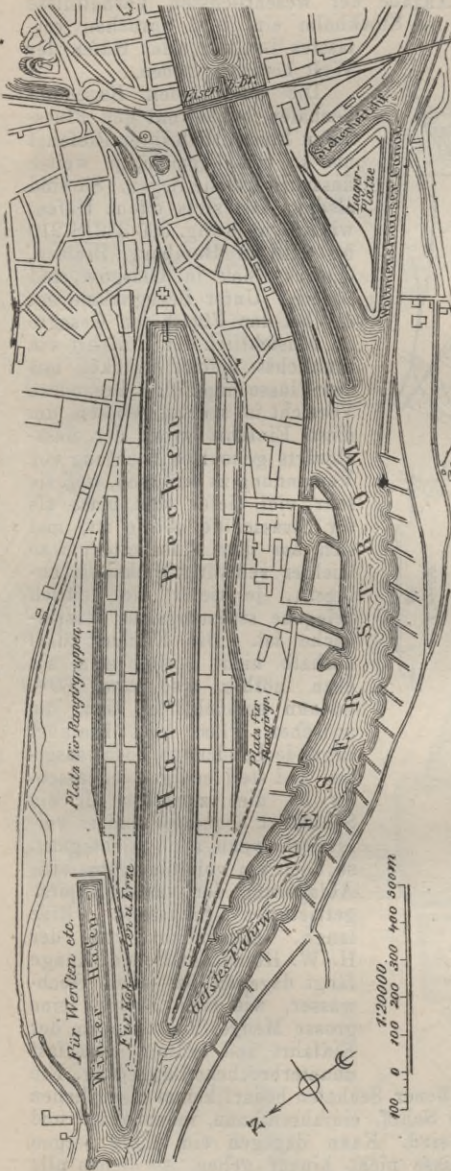
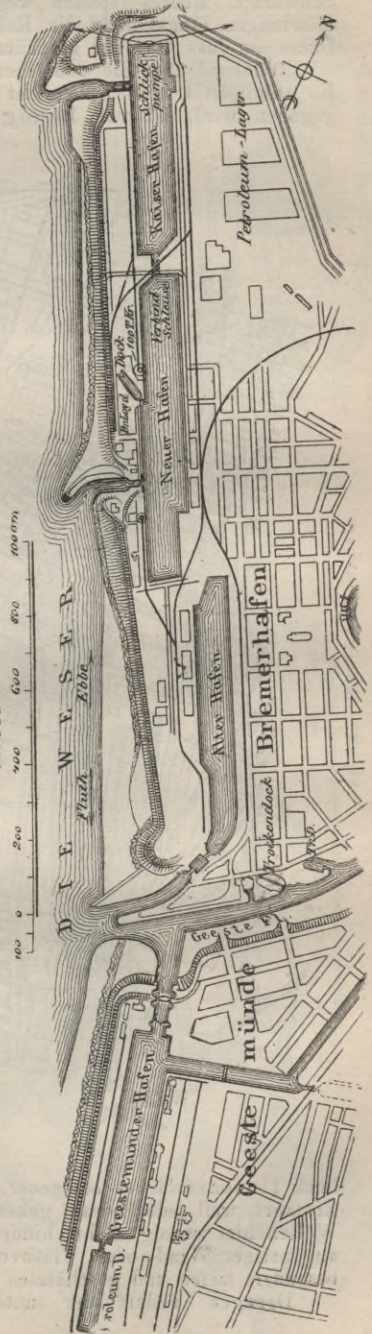


Fig. 346. Bremerhafen.

1:20000



sind Seehäfen mit unmittelbarer Lage
 am Meere. — An der ganzen Mittel-
 meerküste, einschl. des Adriatischen und

Schwarzen Meeres spielen wegen Mangels an wirksamer Fluth die Flussmündungen längst nicht die Rolle wie an der Nordsee und dem Atlantischen Ozean, so dass dort nur geschützte Buchten für Hafenplätze in Betracht kommen.

Während über die deutschen Häfen usw. vom hydrographischen Amt der K. Admiralität eine Uebersicht und Angabe der wesentlichsten Verhältnisse gegeben wird, ist von Landgreen zu Stockholm ein in 4 Sprachen verfasstes Lexikon aller Häfen der Welt heraus gegeben.

Die an Flüssen liegenden

Seehäfen haben mit den Fluss-

häfen hinsichtlich ihrer Einfahrt

um so mehr gemein, je weiter

flussaufwärts sie liegen. Sie sind

alsdann fast stets offene Häfen,

wiez. B. nach Fig. 330-332 (S. 210

bis 212) in Hamburg, Bremen,

Queens-Dock in Glasgow und

andere. Unter Bezugnahme auf

das bei den Flusshäfen Gesagte

sei hinsichtlich der Einfahrt ein

thunlichst spitzer Winkel mit

dem Flusse empfohlen. Besondere

Vorsicht ist sodann geboten, um

diese Einfahrt trotz der fluss-

abwärts gekehrten Richtung vor

Versandung zu schützen, weil sie

sehr viel tiefer sein muss als

für Flussschiffe nöthig ist, und

sich aus dem Flussbette um so

leichter seitwärts Sinkstoffe ab-

lagern, je tiefer die seitlich

belegene strömungslose Wasser-

fläche ist. Die Einfahrt darf

deshalb nicht breiter sein, als

eben nöthig, also etwa 60m.

Sodann empfiehlt es sich, die

zwischen Fluss und Einfahrt

liegende Landzunge hochwasser-

frei und steil endigen zu lassen.

Es ist dies zunächst für die

Schifffahrt bequemer und es ver-

hindert, wenn auch nicht ganz,

so doch am vollständigsten eine

Ablagerung der um die Spitze

getriebenen Sinkstoffe. Eine

lange, allmählich von der

H.-W.-Höhe abfallende Zunge

fängt dagegen bei jedem Hoch-

wasser, wie eine Bühne, eine

grosse Menge Sinkstoffe in der

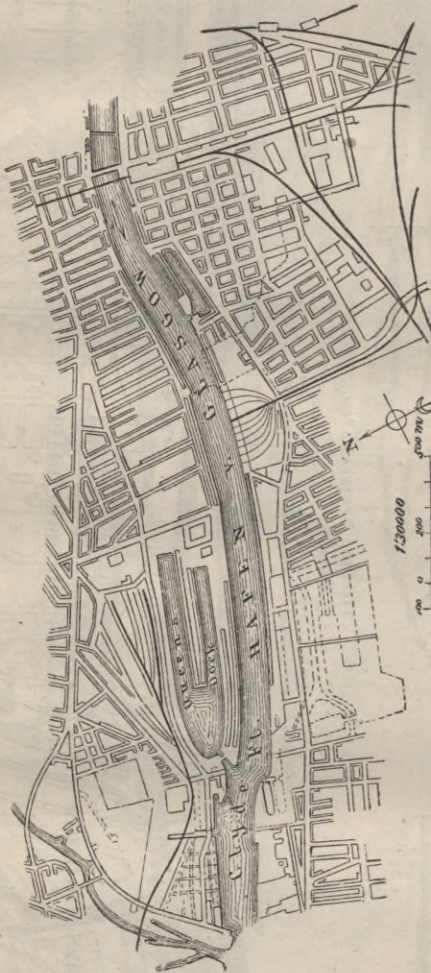
Einfahrt und bedingt eine fast

ununterbrochene Baggerung. Ein

hoch flussaufwärts belegener und offener Seehafen bedarf keiner eigentlichen Einfahrt, weil jedes herauf gekommene Schiff, einfahren kann, indem Wind und Wellen hier wenig mehr hinderlich sind. Kann dagegen ein Schiff wegen ungünstiger Wind- oder Fluthverhältnisse nicht hinauf gehen, so dienen alle besonders tiefen und geschützten Theile der untern Stromstrecke als Rhede.

Dagegen bedarf der unten belegene, meistens geschlossene Hafen

Fig. 332. Hafen von Glasgow.



in der Regel einer Rhede, weil die Schiffe nicht stets sofort nach Ankunft in den Hafen einlaufen und ausserdem unterhalb des Hafens nicht genügend sicher liegen

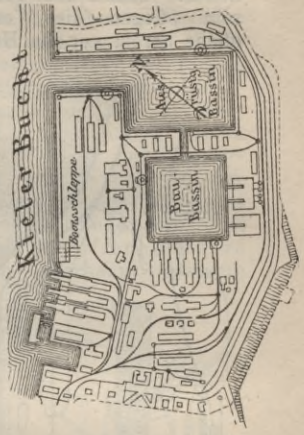


Fig. 333. Kieler Hafen.

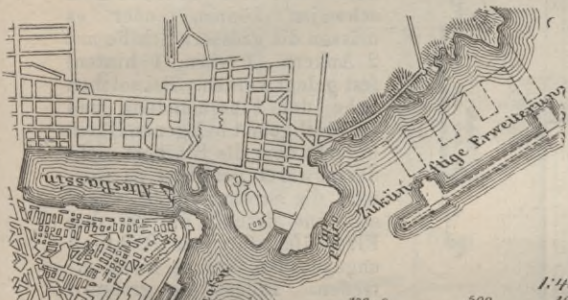


Fig. 334. Hafen von Marseille.

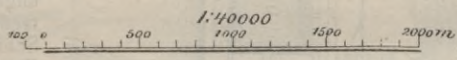
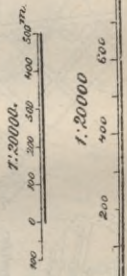
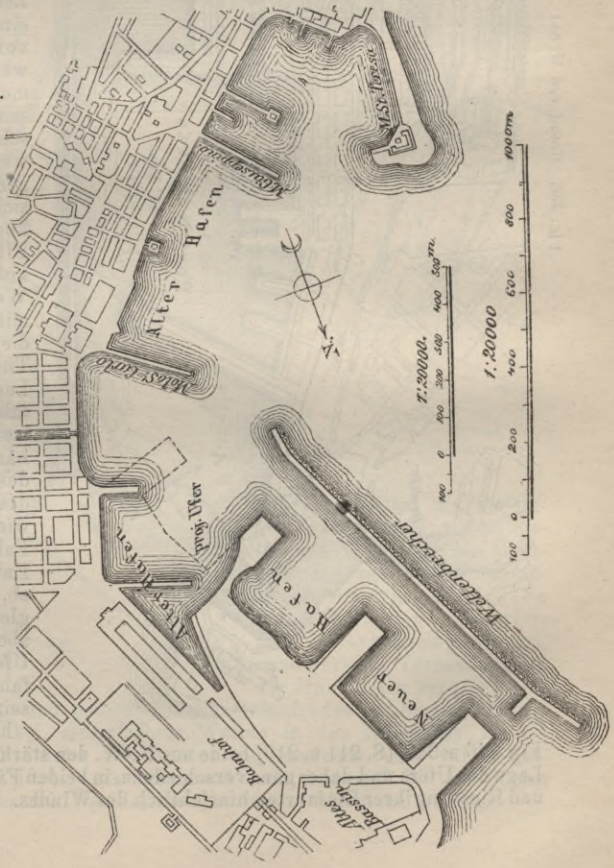


Fig. 335. Hafen von Triest.



können. Indem aber Fluth haltende Flüsse in ihren untern Strecken sehr breit zu sein pflegen (die Weser bei Bremerhaven z. B. 1800^m), so eignet sich der offene Strom vor dem Hafen oder in der Nähe mei st sehr gut als Rhede, wie z. B.

auch bei mehren oben genannten Häfen. Es muss nurentweder so viel Platz vorhanden sein, dass grosse Schiffe mit etwa 100^m weit ausgestreckter Ankerkette bei dem Fluthwechsel schwojen können, oder es müssen die grössern Schiffe mit 2 Ankern (1 vorn, 1 hinten) fest gelegt werden. Bei solchen nahe der Flussmündung und im Fluthgebiet belegenen Häfen braucht aber die Einfahrt nicht flussabwärts gerichtet zu sein, weil die Stromrichtung wechselt und deshalb die bei den Flusshäfen für jene Richtung angegebenen Gründe nicht zu treffen. Indem die grössern Schiffe fast stets nur um die Zeit des Hochwassers aus- oder einlaufen können (etwa 1 Stunde vor und 1 Stunde nach Hochwasser) und alsdann die Strömung zwar gering, aber verschieden gerichtet ist, so erscheint eine nahezu rechtwinklig gegen das Ufer liegende Einfahrt in dieser Hinsicht am zweckmässigsten. Es kommt jedoch in den untern Flussstrecken schon die Wirkung des Windes und der Wellen mit in Betracht, und mit Rücksicht hierauf bedarf die Richtung des untersten Theiles der Einfahrt eine solche Lage, dass die ein- und ausfahrenden Schiffe möglichst wenig belästigt werden. Dies hängt aber von der Richtung des stärksten Windes, der Lage des Ufers zu dieser Richtung, wie auch der Beschaffenheit des Fahrwassers, namentlich der Entfernung der tiefern Rinne ab, so dass in zwei Fällen bei gleicher Richtung des Windes aber verschiedener Lage des Ufers die zweckmässigste Einfahrtsrichtung sehr verschieden sein kann. Es haben z. B. Bremer-

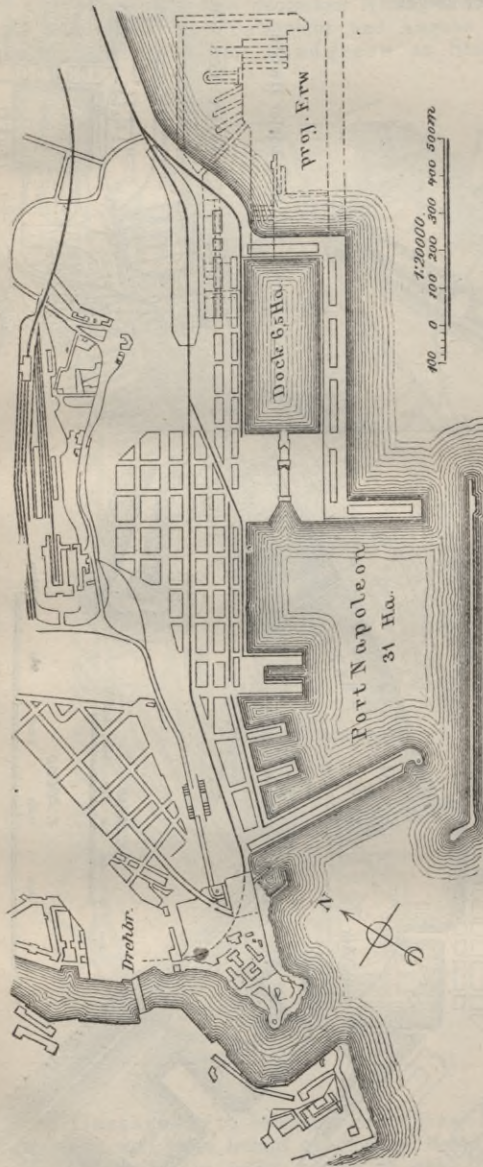


Fig. 336. Hafen von Brest

Fig. 346 u. 347, (S. 211 u. 219) beide aus N.-W. den stärksten Wind aber verschiedene Lage des Ufers und daher ganz verschiedene, in beiden Fällen aber zweckmässige Lage und Richtung ihrer Einfahrten hinsichtlich des Windes. Eine in England sehr beliebte

Form der Einfahrt von Häfen an Flussmündungen ist in Fig. 349 (S. 220) (Tilbury-Dock an der Themse) angegeben, wobei die eigentliche Mündung zwischen zwei kurzen, stark divergierenden Hafendämmen oder Leitwerken liegt und nach der Windrichtung oder Strömung das Ein- und Auslaufen in sehr verschiedenen Richtungen gestattet. Diese kurzen Hafendämme würden aber bei ihrer Trichterform am offenen Meere wegen der Verstärkung der Wellen in der Mündung absolut ungeeignet sein. Die Einfahrten bei Häfen am offenen Meere bieten überhaupt grössere

Fig. 398. Hafen von Shields u. Newcastle.

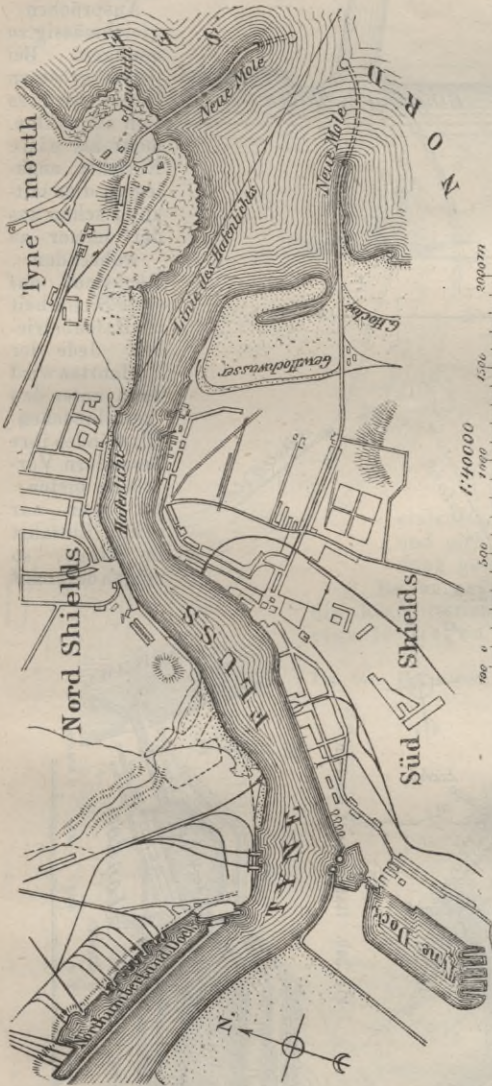
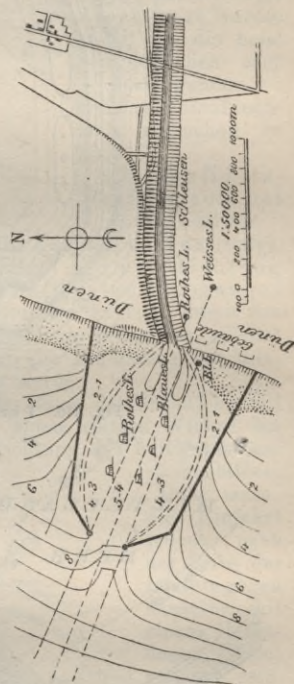
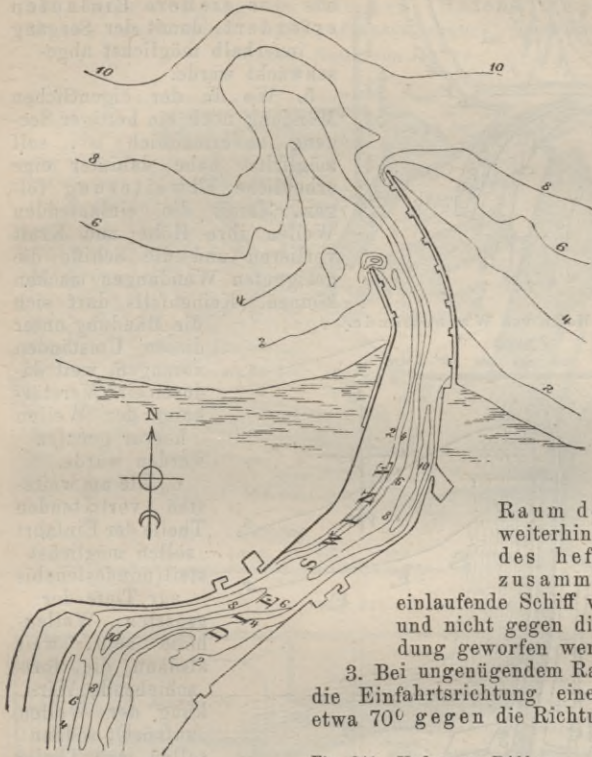


Fig. 399. Hafen von Ymuiden.



Schwierigkeiten, als diejenigen von landeinwärts gelegenen Häfen, da sie einerseits den aus- und einlaufenden Schiffen gegen Wellen und Strömung die erforderliche Sicherheit gewähren, andererseits Versandungen der Mündungen verhüten sollen. In ersterer Beziehung sind namentlich die einlaufenden Schiffe zu berücksichtigen, weil dieselben bei stürmischem Wetter in der Nähe des Hafens oft ausser Stande sind, die hohe See wieder zu gewinnen und daher entweder scheitern oder den Hafen erreichen müssen, während die im Hafen befindlichen Schiffe meistens das Nachlassen des Sturms abwarten können.

Fig. 343. Hafen von Swinemünde.



Berücksichtigung der einzelnen Sonder-Verhältnisse folgende Hauptregeln dienen:

1. Die Mündung soll möglichst weit seawärts liegen, damit den Schiffen bei etwaigem Verfehlen des richtigen Einlaufens seitwärts der nöthige Seeraum zu Gebote stehe, um die hohe See gewinnen oder doch wenden und den Einlauf nochmals versuchen zu können.

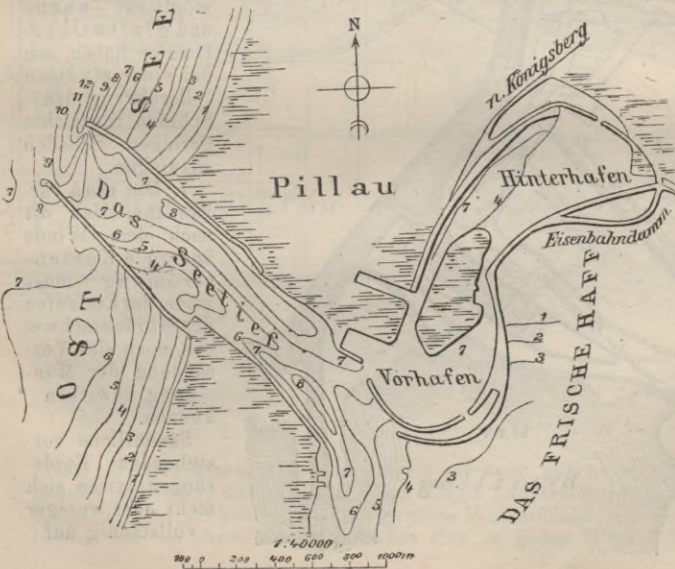
2. Die Einfahrtsrichtung soll bei genügendem

Raum des Vorhafens (vergl. weiterhin) mit der Richtung des heftigsten Seeganges zusammen fallen, damit das

einlaufende Schiff von demselben geleitet und nicht gegen die Einfassung der Mündung geworfen werde.

3. Bei ungenügendem Raum des Vorhafens soll die Einfahrtsrichtung einen spitzen Winkel bis etwa 70° gegen die Richtung des heftigsten Seeganges bilden.

Fig. 341. Hafen von Pillau.



Dabei muss die Einfahrt jedoch nach der Seite der letztern gegen denselben mit einem Hafendamm (Mole) gedeckt sein, damit das Schiff nach etwaiger Wendung gegen den Seegang mit geringer Geschwindigkeit, aber im ruhigen Wasser einlaufen könne; vergl. die Einfahrten von Bremerhaven und Havre.

4. Die Mün-

Fig. 342. Hafen von Neufahrwasser.

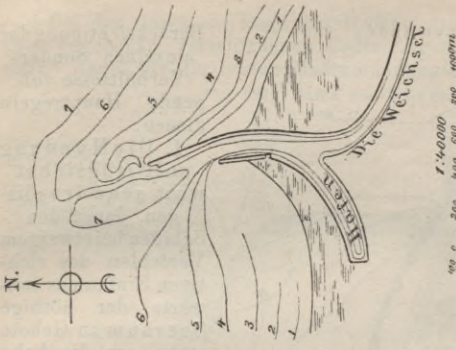


Fig. 344. Hafen von Warnemünde.



dung soll nie weiter sein als das sichere Einlaufen erfordert, damit der Seegang innerhalb möglichst abgeschwächt werde.

5. Wo in der eigentlichen Mündung noch ein heftiger Seegang unvermeidlich ist, soll möglichst nahe dahinter eine erhebliche Erweiterung folgen, damit die einlaufenden Wellen ihre Höhe und Kraft verlieren und die Schiffe die geeigneten Wendungen machen können. Keinenfalls darf sich

die Mündung unter diesen Umständen verengen, weil dadurch eine Verstärkung der Wellen hervorgerufen werden würde.

6. Die am weitesten vortretenden Theile der Einfahrt sollen möglichst steil (mindestens bis zur Tiefe der grössten Wellenhöhe sein, weil alsdann die fortschiebende Wirkung der Wellen aufhört); sodann sollen jene Theile möglichst ebene und glatte Oberfläche haben, um bei einer etwaigen Berührung den Schiffen thunlichst geringen Schaden zuzufügen.

7. Die etwa vorhandene, sich oft nach dem Winde ändernde Küstenströmung muss weder das Einlaufen der Schiffe erschweren, noch eine Versandung der Mündung bewirken können.

Sämmtliche vorstehenden Forderungen lassen sich mehr oder weniger vollständig auf

künstlichem Wege, so weit nicht etwa die Natur einige davon schon erfüllt hat, durch Anlegung von Dämmen (Hafendämmen), Wellenbrechern, Molen, engl. *piers, jetties*, französ. *digues, brise-lames*, erfüllen, welche im

Fig. 345. Hafen von Havre.

wesentlichen entgegen der Uferausseerwärts oder parallel zur Küste gerichtet sein können. Erstere Art findet vorzugsweise da Anwendung, wo das Ufer grade gerichtet und seicht ist, wogegen die zweite Art vorzugsweise zur Abschliessung einer natürlichen oder etwa mit Hilfe jener vorspringenden Dämme entstandenen künstlichen Bucht

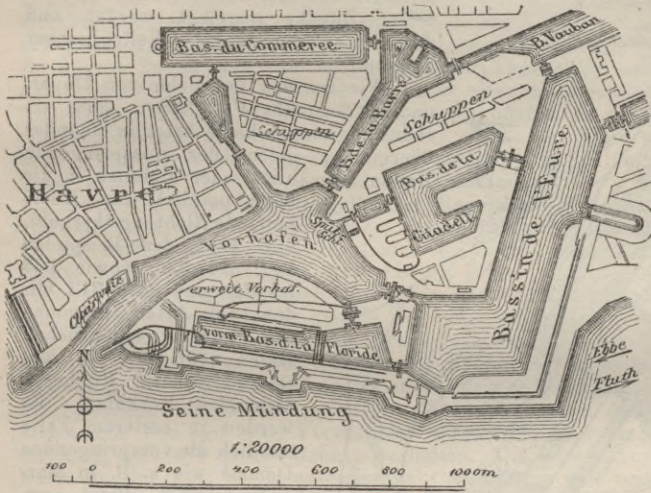
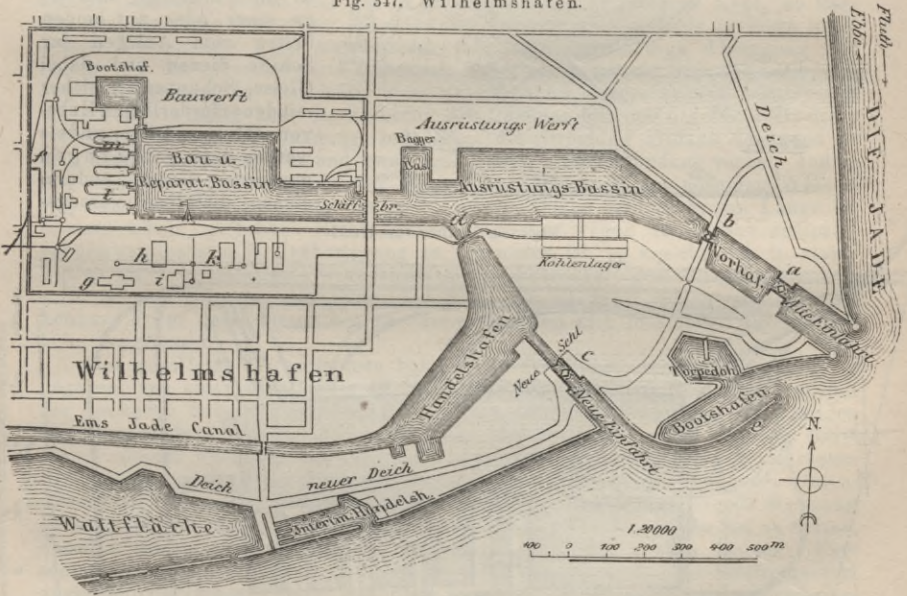
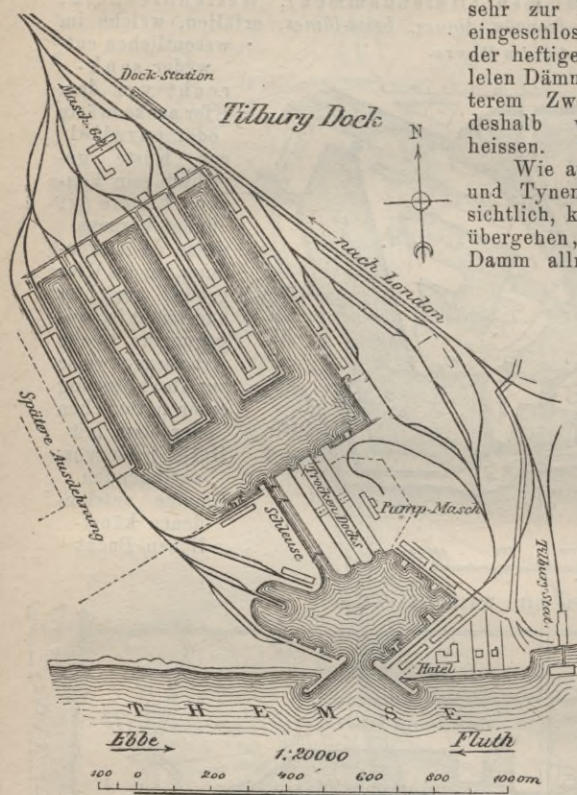


Fig. 347. Wilhelmshafen.



dent. Erstere kommen sowohl einzeln als auch paarweise vor, gewähren demgemäss entweder nur in ihrer Nähe Schutz und Gelegenheit zum Anlegen von Schiffen; oder sie schliessen eine gewisse Wasserfläche von zwei Seiten ein und lassen nur an ihren äusseren Enden eine im tiefen Wasser liegende Einfahrt.

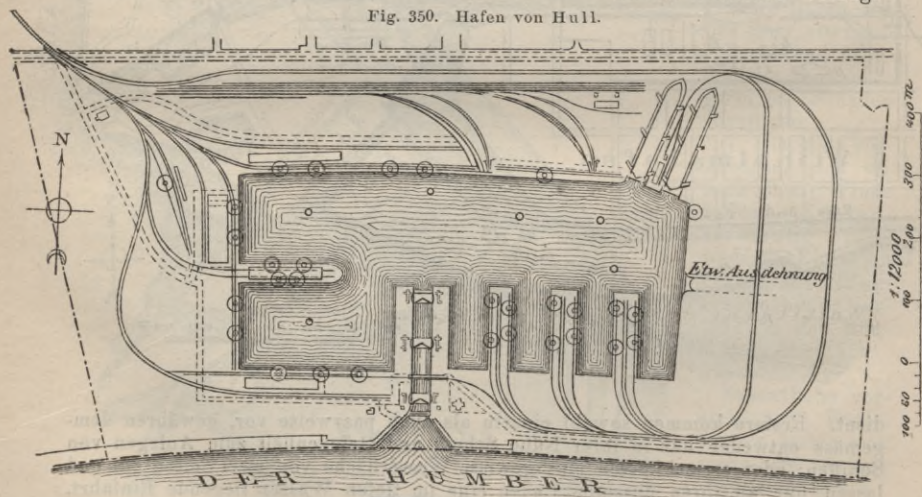
Fig. 349. Hafen von London.



In letzterem Falle dienen sie ebenso sehr zur Erhaltung der Tiefe in der eingeschlossenen Fläche als zur Abwehr der heftigen Wellen, wogegen die parallelen Dämme fast ausschliesslich zu letzterem Zwecke angelegt werden und deshalb vorzugsweise Wellenbrecher heissen.

Wie aus den Beispielen von Dover, und Tynemouth, Fig. 337 u. 338, ersichtlich, können beide Arten in einander übergehen, indem der vorspringende Damm allmählich oder plötzlich in die mehr parallel zur Küste laufende Richtung übergeht, und nach den Beispielen Fig. 334, 336, sowie 337 bis 340 und 341—343 bilden beide Arten zusammen den ganzen eigentlichen Hafen oder nur den zum ersten sichern Einlaufen dienenden Vorhafen. Es werden in ersterem Falle nämlich die vorspringenden Dämme wie z. B. in Marseille, Triest, Brest usw. so breit angelegt, dass sie an einer oder auf beiden Seiten zum Anlegen der Schiffe dienen und dabei Gleise, Schuppen, Speicher mit den erforderlichen Hebevorrichtungen tragen und sie werden dann wohl Zungen genannt. Unter anderm dienen dieselben vorzugs-

Fig. 350. Hafen von Hull.



weise (wie z. B. in Dover) zum Anlegen von Personendampfern und sind mit besonders bequemen Treppen und ausserdem mit wenigstens einem Eisenbahn-Gleis versehen.

An den Enden sind sowohl die vorspringenden (nicht zum Anlegen und Löschen der Schiffe dienenden) als auch die parallelen Dämme meistens mit sichtbaren Seezeichen (Leuchtfeuern, Baken usw.) versehen, weil die bei Nacht ankommenden Schiffe die richtige Entfernung von ihnen inne halten müssen. Zu diesem Zweck und zur ungefährliehen Annäherung erhalten sie daselbst ausser einer etwaigen Verbreiterung meist einen kreisförmigen Abschluss.

Hinsichtlich der kleinsten Weiten der an offener See durch derartige Dämme eingeschlossenen Mündungen sei bemerkt, dass die Weite um so grösser sein muss, je heftiger der Seegang und je grösser die Schiffe sind; sie schwankt daher zwischen 33—100 m, je nach den Umständen.

Nach den vorstehend mitgetheilten Regeln erscheinen die seawärts sich zusammen ziehenden Molen (s. Tynemouth und Ymuiden, Fig. 338 u. 339) für das sichere und bequeme Einlaufen der Schiffe wesentlich günstiger als die früher mehr gebräuchlichen parallelen Molen, bei denen vorzugsweise das bessere Zusammenhalten der aus- und eingehenden Strömung eines Flusses oder Hafes bezweckt wird, um die Versandung der Einfahrt zu verhüten (vergl. Fig. 341—343). Dieser nicht zu verkennende Vortheil wird jedoch schon durch die aus Vorstehendem sich ergebenden Nachteile, insbesondere das geringe Abnehmen der Wellenbewegung, meistens völlig aufgewogen; ausserdem bewirken aber parallele und alsdann meistens rechtwinklig gegen das Ufer vorspringende Molen mit der Zeit eine Versandung ausserhalb, weil sie gegen die Küstenströmung sich wie grosse Bühnen verhalten. Die Versandung entsteht vorzugsweise an der dem Strom entgegen gekehrten Seite und verlegt das Ufer nach einer von der Länge der Molen, der Strömung und den vorkommenden Sandmassen abhängigen Zeit von der Wurzel der Mole nach deren Kopf, so dass die ursprüngliche Bedeutung der letztern dadurch gressentheils verloren geht. Solche Versandung kann zwar durch möglichst vollständige Abfangung des Sandes an der stromaufwärts belegenen Uferstrecke mittels Strandbühnen oder durch Baggerung in der Nähe des Hafendamms eingeschränkt werden; je mehr stumpfwinklig aber die Richtung des Damms mit der des Ufers ist, desto geringer wird die Versandung sein, weil die Strömung alsdann den Sand an dem Damm entlang treibt und zwar schliesslich an der Mündung vorbei. Indem nun aber ein gradlinig geführter Damm für Erreichung der nöthigen Wassertiefe und zur Einschliessung der gewünschten Fläche eine zu grosse Länge erfordern würde, plötzliche Richtungsänderung aber wegen der daraus entspringenden ungünstigen Wellenbewegung zu vermeiden ist, so ergibt sich in vielen Fällen als zweckmässigste Grundrissform die eines sanft geschwungenen S, wie z. B. bei der Mündung der Tyne (Fig. 338). Es ist dabei jedoch eine wirklich konkave Form nach aussen hin zu vermeiden, weil sich in solcher die Wellenhöhe vergrössert.

Den parallelen Hafendämmen hat man in der Regel eine sanfte Krümmung gegeben, und zwar auffallender Weise bei Swinemünde und Neufahrwasser mit der konkaven Seite der regelmässigen Küstenströmung, sowie dem herrschenden Nordwestwinde entgegen. Dabei ist ferner der östliche Damm um etwa 400 m länger als der westliche und zwar wohl hauptsächlich deshalb, weil die stärksten Stürme aus nordöstlicher Richtung wehen. Bei solcher Krümmung der Hafendämme gegen den Küstenstrom wird aber nur dann, wenn die ausgehende Strömung gross genug ist, um sich ausserhalb der Dämme noch eine Rinne frei zu halten, daselbst eine ungünstige Lage der Fahrrinne vermieden werden können. Eine schwach ausgehende Strömung würde dagegen durch einen starken Küstenstrom sofort ausserhalb der Dämme abgelenkt werden, so dass dadurch eine plötzliche Richtungsänderung der Fahrrinne entstehen würde. Es ist daher in den meisten Fällen zweckmässiger, die Krümmung so zu legen, dass der ausgehende Strom mit dem Küstenstrom sanfter zusammen trifft, weil alsdann die gradere und einheitliche Bildung der Rinne befördert wird. Es ist eine solche Anordnung z. B. nach

Fig. 344 bei Warnemünde getroffen. Hier ist zum Schutz gegen die herrschenden Winde der westliche Hafendamm der längere; man hat sich jedoch vorbehalten, den östlichen Damm unter Wasser so weit fortzusetzen, dass der ausgehende Strom bis dicht neben dem Kopf des westlichen Dammes zusammen gehalten wird.

b. Die Vorhäfen.

Ebenso verschieden wie die Einfahrten sind auch die Vorhäfen. Sie fallen bei offenen Häfen an Flüssen ganz fort, haben bei so belegenen aber geschlossenen meist nur kleinste Ausdehnung, etwa für 1 oder 2 Schiffslängen und erreichen dagegen bei Häfen am offenen Meere ihre grösste Ausdehnung und Bedeutung. Sie sind um so nothwendiger, je mehr der eigentliche Hafen ohne den Vorhafen dem Angriff der grossen Meereswellen ausgesetzt sein würde. Es kann also auch am Meere ein eigentlicher Vorhafen durch schützende Ufervorsprünge, Inseln, oder eine natürliche oder künstliche Rhede entbehrlich gemacht werden, indem der Zweck des Vorhafens nur der ist, die einlaufenden Schiffe so weit zur Ruhe kommen zu lassen, dass sie mit Sicherheit an ihre Lösch- oder Liegeplätze gelangen können. Auch bei dem Auslaufen der Segelschiffe ist ein Vorhafen von Bedeutung, damit dieselben, sei es durch ihre Segel oder mit Hilfe von Schleppdampfern mit genügender Geschwindigkeit und davon abhängiger Steuerfähigkeit das tiefe Wasser erreichen.

Die Länge der Vorhäfen am ganz freien Meere beträgt etwa 2000 m, wenn die meisten schnell einfahrenden Schiffe in ihrer Fahrrichtung allmählich zur Ruhe kommen sollen; zum „Beidrehen“ dagegen ist nur etwa 300 m Breite nöthig. In seltenen Fällen lässt man bei kurzer Länge die Schiffe auf eine hierzu geeignet gelegene Schlickbank laufen; doch bleibt dies nur ein sehr unvollkommenes Auskunftsmitel.

Der künstliche Vorhafen wird fast stets durch vorspringende oder parallele Hafendämme gewonnen. Auch hierfür erweisen sich zwei in grosser Länge parallel geführte Dämme am ungünstigsten, weil zwischen ihnen eine Abstillung des Wassers nicht eintritt. Dagegen bilden die in grösserer Entfernung von einander beginnenden und seewärts sich einander nähernden, so wie die parallel zur Küste geführten Dämme oft schon einen ausreichend ruhigen und als Vorhafen zu benutzenden Raum.

Der in Fig. 345 dargestellte vordere Theil des Hafens von Havre zeigt, wie seit 1874 die ältere Form des Vorhafens mit grossen Opfern nachträglich so umgestaltet worden ist, dass die einfahrenden grössern Schiffe gleich hinter der eigentlichen Einfahrt mehr Spielraum (Seeraum) gewinnen können und dass namentlich Zusammenstösse ein- und auslaufender Schiffe dadurch besser vermieden werden, als zwischen den alten, nahezu parallelen Ufern. Um hier den lästigen Seegang zu mässigen, waren früher schon auf der nördlichen Seite durchbrochene Ufer (*diques à claire voie*) hergestellt, hinter welchen sich die einlaufenden Wellen etwas ausbreiten mussten, um so für die weiter aufwärts liegende Strecke des Vorhafens einen Theil ihrer Kraft und Höhe zu verlieren.

In solchen Häfen, wo ein grosser Fluthwechsel mit Schlickfall stattfindet, würde ein offener Vorhafen zur Zeit des N.-W. wenig nützen, wenn nicht etwa durch Strömung die Verschlickung in engen Grenzen gehalten wird. Wo aber dies nicht zu erwarten und wo andererseits schon eine gute Rhede vorhanden ist, wird statt des offenen Vorhafens ein sogen. Halbtide-Hafen angelegt, welcher durch eine geräumige Dockschleuse bei niedrigem Wasserstande etwa bis zur halben Fluth geschlossen ist, bei höhern Ständen geöffnet wird und alsdann allen Schiffen das Einfahren und Liegen gestattet, bis sich um die Zeit des H.-W. auch die innern Dockschleusen öffnen lassen und die Schiffe bequem in die verschiedenen Becken einfahren können. Weil die Schiffe eine Schleuse überall nur mit sehr geringer Geschwindigkeit durchfahren können, so bedarf ein Halbtide-Hafen nur eine der Anzahl der zu erwartenden Schiffe entsprechende Grösse. In England ist die Einrichtung von Halbtide-Häfen wegen des Zusammentreffens der erwähnten Umstände eine besonders häufige.

c. Hafenbecken.

Die eigentlichen Hafenbecken unterscheiden sich im wesentlichen nur dadurch, dass sie entweder offene oder geschlossene Dockbassins sind, wogegen sie im übrigen von der Lage zur See wenig beeinflusst werden. Bei den offenen Häfen dient gewöhnlich ein gewisser Theil als Vorhafen und ist von dem eigentlichen Liege-Becken nicht wirklich getrennt.

Eine bestimmte zweckmässige Form für die Hafenbassins giebt es nicht, und es richtet sich in jedem einzelnen Falle die zu gebende allgemeine Form nach dem vorhandenen Platze und den Mitteln, welche zu Gebote stehen um die natürlichen Linien zu ändern. So schliessen sich kleinere Häfen, nach Sicherung der Einfahrt, im übrigen fast ganz den natürlichen Ufern an, indem dicht vor denselben nur die nöthigen Kaimauern mit thunlichst graden Linien gebaut werden, wogegen bei grossen Häfen (z. B. Marseille, Fig. 334) mit bedeutenden Kosten nicht allein die Uferlinien geregelt, sondern auch durch vorspringende Hafendämme das alte Ufer nebst den eigentlichen Hafenfächern erst in den nöthigen Schutz gebracht werden, so dass der Hafen fast ganz künstlich geschaffen wird.

Die offenen Häfen zeigen wegen ihrer Entstehung die grössten Verschiedenheiten in den Formen, indem die nöthigen Becken bei weichem angeschwemmten Boden fast stets durch Ausgrabung (S. Fig. 330, 331, Hamburg, Bremen), bei felsigem Boden dagegen durch Umschliessung der offenen Wasserflächen mit Hafendämmen entstehen, wie z. B. bei Marseille. Bei geschlossenen Häfen sind die innern Becken schon wegen der schwierigen Gründung und Herstellung der äussern Schleusen fast stets künstlich hergestellt und bilden deshalb meist ziemlich regelmässige Rechtecke. (Vergl. Fig. 333 und 345—350.)

Eine lang gestreckte rechteckige Form bietet die Vortheile, dass Wasserfläche und Uferfassung möglichst gleichmässig und vollständig ausgenutzt und vortheilhaft mit Gleisen umschlossen werden können. Aber ein zu langes Bassin kann für die Schiffe wegen des langen Weges von der Einfahrt bis zum Ende unbequem werden; es bietet nicht so leicht Gelegenheit zu einer Trennung nach gewissen Waarengattungen oder besondern Zwecken und es werden auch für gewöhnliches Fuhrwerk die Entfernungen lästig.

Letztere Nachtheile vermeidet ein durch mehrere Zungen in verschiedenen Abtheilungen zerlegter Hafen (vergl. Fig. 334 bis 336 und 349, 350) wogegen bei solcher Anordnung gewisse Theile der Uferfassungen, insbesondere die an vorspringenden Ecken und einspringenden Winkeln, fast nutzlos bleiben, weil die Schiffe nicht beliebig an jeder Stelle anlegen können.

Während bei grossen Häfen die einzelnen Becken meistens unmittelbar mit einander in Verbindung stehen, so dass die Schiffe ohne Schwierigkeit von dem einen in das andere „verholt“ werden können, sind geschlossene Becken ihrer Entstehung nach ursprünglich meist von einander getrennt. Eine offene Verbindung würde aber unter Umständen nachtheilig oder gefährlich werden können, selbst wenn die Becken unter derselben Verwaltung stehen. Es werden daher die für die Schiffsbewegung erwünschten Verbindungen dieser Becken fast stets mit Hilfe von Kammerschleusen geschaffen, jedoch wegen des nöthigen Landverkehrs mit beweglichen Brücken überbrückt.

Wo grosse Mengen von Petroleum oder ähnlichen feuergefährlichen Stoffen umgeladen werden, pflegt man ein besonderes Bassin von der übrigen Hafensfläche durch ein nur in der Oberfläche einen Abschluss bewirkendes unverbrennbares Ponton abzuschliessen, wie z. B. am Ende des Hafens zu Geestemünde (Fig. 346) und ähnlich später in Hamburg. Eine solche Vorrichtung verhindert das Austreten von etwa brennenden und auf dem Wasser schwimmenden Petroleum aus dem betr. Bassin.

Bei Kriegshäfen (Fig. 333 u. 347, Kiel und Wilhelmshafen) pflegt überall eine Eintheilung in mehrere getrennte Becken die Regel zu bilden. Dies schon mit Rücksicht auf die Sonder-Verwaltungen, welchen die verschiedenen Haupttheile (Ausrüstung, Schiffsbau und Reparatur usw., Liegehafen) eines Kriegshafens unterstehen. Die wesentlichen dauernden Be-

dingungen sind stete und sichere Zugänglichkeit und zwar mindestens der Rhede und des Vorhafens bei etwaiger Nothwendigkeit geschlossener Hauptbecken. Von letztern liegt zunächst an, oder sehr nahe der Einfahrt das Ausrüstungs-Becken, in dessen vordern Theil die zum Auslaufen bereiten Schiffe liegen, während in dem hintern Theil die Schiffe ausgerüstet, bezw. ausser Dienst gestellt werden. Hierzu sind auf dem Ufer, besonders in englischen Kriegshäfen, die betr. nach den einzelnen Gegenständen getrennten Magazine vorhanden. Zuweilen findet sich die Anordnung, dass Liege-Becken und Ausrüstungs-Becken getrennt sind. Für das Ausrüstungs-Becken ist wesentliche Bedingung eine möglichst grosse Uferlänge, damit ausreichende Magazine in unmittelbarer Nähe des Ufers gestellt und eine rasche, so wie möglichst vielfache Verbindung zwischen Schiffen und Magazinen herstellbar sei. Diese Forderung ist bei Kriegshäfen um so wesentlicher, weil Aus- und Abrüsten der Kriegsschiffe vorwiegend unter Verwendung von Handarbeit sich vollzieht. Dem Ausrüstungsbau liegt benachbart das Bau- und Reparatur-Becken, in welchem die im Bau begriffenen oder zu reparirenden Schiffe Platz haben und mit welchem die nöthigen Hellinge für den Neubau und Trockendocks für gründliche Reinigung und Reparatur verbunden sind. An diesem Becken erhalten die sämtlichen Werkstätten ihren Platz. Erst in grösserer Entfernung von den Becken stehen Kasernen und sonstige Gebäude, abgetrennt vom Hafen durch eine Mauer, oder eine andere dichte Umschliessung. — Ein besonderes, wenn auch unbedeutendes Becken für Handelsschiffe ist erforderlich, damit unter Aufrechthaltung strengster Zucht die nöthige Versorgung des Hafens möglich sei.

Die verschiedenen Abmessungen der Hafenbecken hängen hinsichtlich der Ausdehnung zunächst von der Grösse und Zahl der zu erwartenden Schiffe und hinsichtlich der Tiefe ebenfalls von der Grösse, sodann aber namentlich von den Wasserverhältnissen ab. Von einigem Einfluss ist auch die Art des Verkehrs.

Abgesehen von den nur als Zufluchthäfen oder Vorhäfen dienenden Becken, wobei nur die zu belegende Wasserfläche in Frage kommt und die Lage der Schiffe fast gleichgültig ist, verlangt man von gut eingerichteten Häfen, dass die Schiffe nahezu in ihrer ganzen Länge, so weit wenigstens die Ladeluken aus einander stehen, in unmittelbarer Nähe parallel zum Ufer liegen, bei jedem Wasserstande flott bleiben und löschen oder laden können. Es ist demnach die nutzbare Uferlänge der wichtigste Maassstab für die Leistungsfähigkeit des Hafens. Bei regelmässiger Form steht freilich die Wasserfläche in einem ziemlich festen Verhältnisse hierzu. Es muss nämlich die Breite eines längern Hafenbeckens zunächst für zwei zu beiden Seiten liegende Schiffe genügen und sodann müssen zwei sich begegnende Schiffe dazwischen den nöthigen Platz finden. Da auch im Hafen Berührungen oder gar Zusammenstösse von Seeschiffen wegen der grossen Massen und lebendigen Kräfte fast stets nachtheilig oder verderblich wirken, so müssen die Spielräume zwischen den Schiffen gross genug bemessen sein. Da ferner die Gefahr mit der Grösse der Schiffe wächst, so möge auf jedes Schiff die gleiche Breite als nöthiger Spielraum in einem Hafen empfohlen sein. Für vier Schiffe von je 10^m Breite, das ist die kleinere Gattung Segelschiffe und Schraubendampfer (Raddampfer kommen wegen ihrer geringen Zahl hierbei nicht in Betracht), würde also ein Hafenbassin 80^m breit zu nehmen sein. Da die grössten Schiffe etwa 18^m breit sind, so genügt für vier derselben eine Breite von 144^m. Bei diesen Breiten ist nahezu auch die Möglichkeit gegeben, dass ein grösstes Schiff zwischen den freien Ufern des Hafenbeckens wenden kann, jedoch nur dann, wenn dazu geeignete Vorrichtungen vorhanden sind und die Wendung mit besonderer Vorsicht ausgeführt wird. Deshalb ist es zweckmässig, hierfür an einer Stelle eine Verbreiterung von etwa 20^m zu geben.

Nach diesen Breiten-Verhältnissen wird also auf 100^m Länge des Beckens oder auf 200^m beiderseitiger Uferlänge eine Wasserfläche von 0,8–1,44 ha kommen, zwischen welchen Verhältnissen die meisten Häfen mit regelmässigen Becken schwanken. Selbstverständlich ist bei unregelmässigen und offenen Häfen die Uferlänge meist kleiner im Verhältniss zur Wasserfläche, während

umgekehrt bei den ältern und kleinern geschlossenen Häfen meist eine sehr viel grössere Uferlänge sich findet. Es können daher Zusammenstellungen von ältern Häfen wenig sichern Anhalt für das Entwerfen neuerer Häfen geben indem in jenen die Segelschiffe (mit unselbständigster Bewegung und geringster, Geschwindigkeit im Hafen) fast allein massgebend waren, während jetzt Schraubendampfer (mit eigener Bewegung und mässiger Geschwindigkeit) den Ausschlag geben.

Mehr noch als durch die Aenderung in dem Bau der Schiffe hat sich in den letzten Jahren durch Vervollkommnung der Hebevorrichtungen das Verhältniss zwischen der in 1 Jahr bewegten Waarenmengen und der nutzbaren Uferlängen geändert. So hat sich z. B. in Antwerpen die Leistung für 1^m Kai folgendermassen gestellt: In den Jahren 1842, 1855, 1864, 1873 u. 1876 wie: 113, 175, 237, 245, 300 t.

Die Tiefen der Häfen hängen von den zu erwartenden grössern Schiffen und den Schwankungen des Wasserspiegels ab. Der Tiefgang eigentlicher Seeschiffe fängt mit etwa 2,75^m an und geht, abgesehen von vereinzeltten Ausnahmen, bis etwa 8^m. Bei geringerm Tiefgang ist stets auf zukünftige Vergrösserung durch Verbesserung des Aussenfahrwassers Bedacht zu nehmen. Dem Tiefgang ist zur Bestimmung der Wassertiefe noch der nöthige Spielraum zwischen Schiffskiel und Sohle beizufügen, welcher bei völlig ruhigem Wasser und fester Sohle, sowie für ausnahmsweise niedrige Wasserstände auf etwa 30^{cm} hinab gehen darf. Wo aber noch ein das Schiff bewegendes Wellenschlag stattfindet, muss etwa das Maass der Wellenhöhe statt jenes kleinsten Spielraumes genommen werden, damit bei dem Stampfen des Schiffes der Grund nicht berührt werde. Dies gilt namentlich für Rheden und Einfahrten, wo unter Umständen eine um mehrere Meter grössere Tiefe, als der Tiefgang der grössten Schiffe beträgt, vorhanden sein muss. Um den Anker bei stürmischem Wetter auf ungeschütztem Wasser fest zu halten, damit das Schiff nicht „vertreibe“, ist sogar eine Tiefe von etwa 20^m erforderlich, indem bei geringerer Tiefe der Grund durch Wellen aufgelockert werden kann.

Alle Tiefen beziehen sich auf denjenigen niedrigsten Wasserstand, bei welchem die Schiffe noch fahren oder liegen können; an Tidehäfen ist also nicht der niedrigste Wasserstand maassgebend. In geschlossenen Häfen nimmt man zur Sicherheit nicht den normalen, etwa 50^{cm} unter gewöhnlichem H.-W. liegenden, sondern einen etwas niedrigeren, durch besonders geringe Fluthen oder ungünstige Zufälle bedingten Stand an. Bei weichem Boden hat man noch darauf Rücksicht zu nehmen, dass grosse Schraubendampfer durch die Bewegung der Schraube mittelbar den Boden aufwühlen und zur Seite schieben.

Die Höhe der Uferbefestigungen, namentlich der Kaimauern, richtet sich nach dem höchsten zu erwartenden Wasser und der zweckmässigsten Höhe für das Laden der Schiffe. Um die Schiffe bei sehr hohem Wasser noch gut befestigen zu können (s. w. u.) und die Eisenbahngleise, Schuppen usw. unbedingt wasserfrei zu halten, ist in offenen Häfen mindestens eine Höhe von 50^{cm} über höchstem, aber ruhigem Wasser erforderlich. Wenn jedoch auch Wellenschlag vorhanden, so ist die Höhe entsprechend grösser zu nehmen. In geschlossenen Häfen würde die mittlere Höhe der Schiffsdecke in beladenem Zustand am passendsten sein, d. i. etwa 2^m über normalem Wasserspiegel. Grosse Schiffe überragen dabei zwar in unbeladenem Zustand die Mauer um mehrere Meter; doch würde eine wesentlich grössere Höhe der letztern die Anlagekosten bedeutend vermehren.

d. Hafendämme.

Dieselben müssen die aus ihrer Lage sich ergebenden grössten Angriffe der Wellen, zuweilen auch der Strömungen im ganzen sicher ertragen können, wobei freilich kleinere Beschädigungen durch besonders starke Stürme nicht als ausgeschlossen gelten. Die Forderung völliger Sicherheit gegen zeitweilig eintretende Beschädigungen würde in vielen Fällen die Ausführungskosten unerschwinglich machen.

Die Angriffe der Wellen erfolgen zunächst bei ihrem Anlaufen als

unmittelbarer Stoss und zwar besonders wagrecht und aufwärts, sodann beim Abfallen der Welle, insbesondere auf niedrig liegende Theile abwärts gekehrt und endlich beim Zurücklaufen der Welle durch Unterwaschung. Ueber die unmittelbare Wirkung des Drucks der Wellen vergl. die Angaben S. 9. Zur Ergänzung derselben ist hinzu zu fügen, dass sich die Stosswirkung, wenn auch allmählich abnehmend, noch auf grosse Höhe erstreckt. Auf den Scilly-Inseln ist von einem Leuchthurm in 30 m Höhe eine 150 kg schwere Glocke herunter geschleudert worden und an der norwegischen Küste bei Wasbergen hat man beobachtet, dass zusammen hängende Wassermassen bis 120 m Höhe empor geschleudert wurden.

Aus dem, was S. 8 u. ff. über „Wellen“ mitgetheilt worden, ergibt sich, dass Wellen vor senkrechten Wänden keinen wagrechten Stoss ausüben und z. B. auch nicht branden oder sich überschlagen, wogegen bei schrägem Anlaufen eine Welle in ihren obern Theilen eine vorwärts gerichtete Bewegung der ganzen Wassermasse annimmt und eine entsprechende Stosskraft entwickelt. Hiernach ergibt sich, dass sowohl zum Schutz der Hafendämme, als auch der sich denselben nähernden Schiffe die vortheilhafte Gestalt der Dämme nach aussen, wenigstens im obern Theile, eine nahezu senkrechte Begrenzung zeigt. Wegen der verschiedenen Umstände, wie Stärke und Höhe der Wellen, Beschaffenheit und Tiefe des Grundes, verfügbaren Materials usw., ist jedoch weder eine einzige beste Bauweise noch auch eine äussere Form der Hafendämme als beste angebbar.

Dämme in flachem Wasser bei festem angeschwemmtem Grunde sind in der Unterhaltung im allgemeinen am schwierigsten, weil die Wellen meist stark wagrecht stossen und den Grund auflockern, also mittelbar und unmittelbar zerstörend auf den Damm wirken. Es muss also hier namentlich eine gute Verbindung der einzelnen Theile gesucht und die zeitweilige Auflockerung des Vorgrundes unschädlich gemacht werden. Einzelne, wenn auch grosse Steinblöcke würden, wenn nicht geschützt liegend, allmählich in den Grund einsinken und ausser Verband gerathen. Es sind daher für solche Fälle eingerammte, dicht schliessende Pfahlwände an den Kopfen der Dämme, wo der grösste Angriff der Wellen und der Strömung stattfindet und eine schräge Böschung unzulässig sein würde, zweckmässig, während nach dem Lande zu mehr eine den Untergrund in grosser Fläche bedeckende und sich demselben gut anschliessende Busch-Unterlage vortheilhafter und hinsichtlich der Schifffahrt zulässig wird. Wenn das Einrammen langer und starker Pfähle besondere Schwierigkeit bietet, so hat man zur Umschliessung der den Kern des Damms bildenden Steine die sog. Senkkisten oder Steinkisten angewandt und zwar besonders oft an der Ostsee, hier aber vorzüglich in früherer Zeit, bevor Dampfrahmen in ausgedehnten Gebrauch kamen. Die mit einem rostartigen Boden am Strande zusammen gezimmerten Kisten werden leer an Ort und Stelle gebracht und alsdann mit Steinen gefüllt und versenkt. Die Seitenwände bestehen entweder aus dicht an einander gelegten Bohlen oder sind rostartig, je nach der Grösse des Füllmaterials.

Fast umgekehrt verhalten sich Dämme in tiefem Wasser mit festem Untergrund. Hier sind, namentlich mit Hilfe der verbesserten Taucherei und vollkommener Hebevorrichtungen, von unten auf nahezu steil aus einzelnen grossen Blöcken aufgeführte Mauern jetzt fast allgemein geworden. Die Steine sind oft künstlich aus Beton geformt, also in jeder Gegend beschaffbar, für besonders angreifbare Flächen, also oben und aussen, wird man jedoch natürliche Steine vorziehen. Früher suchte man die Dämme in tiefem Wasser und bei billigem Steinmaterial bis an die Oberfläche des Wassers vorzugsweise aus Schuttsteinen herzustellen. Diese Anordnung hat aber neben dem nöthigen grossen Querschnitt den Mangel, dass wegen der grossen Böschungsfäche die Wellen bei Sturm eine zu grosse wagrechte Kraft erreichen und die äusseren Steine trotz ihrer Grösse fortstossen und oft über den Damm schleudern. Aus demselben Grunde erleiden dann auch die oben auf dem Damm befindlichen Theile, wie Brustwehr usw. leicht grosse Beschädigungen. Man schränkt daher die Schüttungen jetzt mehr und mehr ein, und zwar thunlichst bis zu der Tiefe,

in welcher die Wellenbewegung nur noch unbedeutend, das ist etwa gleich der Höhe der höchsten an der betr. Stelle vorkommenden Wellen ist, und benutzt die Schüttung im wesentlichen zur Herstellung einer gleichmässigen Tiefe für die darauf zu setzenden regelmässigen Blöcke der steil aufgeführten Mauer.

Unter besondern Umständen (s. w. u.) kommen auch Hafendämme von durchbrochener Bauart zur Anwendung, wenn nämlich die Bewegung des Wassers bis zu gewissem Grade durch die Dämme hindurch gehen soll. Es kann z. B. zwischen zwei solchen Dämmen eine aus- und eingehende Strömung zur Spülung des Fahrwassers erzeugt oder verstärkt werden, ohne dass der etwa rechtwinklig dazu gerichtete Küstenstrom ganz abgeschnitten wird. In andern Fällen lässt man durch einen durchbrochenen Damm, z. B. in einer von starken Wellen heimgesuchten Einfahrt (Havre, Calais usw.), die Wellen von der Seite hindurch treten, um sie in der Richtung des Fahrwassers abzuweichen.

Endlich könnten auch solche Bauten, welche wie Brückenjoche aus Holz oder Eisen in allerleichtester Form hergestellt werden und blos zum Anlegen von Personendampfern dienen, zu den Hafendämmen gezählt werden. Dieselben werden bei den Anlande-Vorrichtungen beschrieben.

Bei der weitern Ausbildung der Hafendämme ist hinsichtlich der Höhe vorzugsweise zu unterscheiden, ob dieselben blosse Wellenbrecher sind oder auch zum Anlegen der Schiffe und namentlich von Personendampfern dienen sollen. Im ersten Falle genügt oft schon eine bis zum H.-W. reichende Höhe, so dass nur noch der obere Theil der Wellen hinüber schlägt, die Wasserfläche dahinter aber genügend abgestellt wird. Nur in seltenen Fällen ist eine geringere Höhe zulässig und zwar, wenn der Damm vorzugsweise nur zur Zusammenhaltung der Strömung dient, dagegen nicht von hohen Wellen getroffen wird. Er liegt alsdann auf der Leeseite eines höhern Dammes, welcher insbesondere das Fahrwasser gegen Wellen zu schützen hat. Solche niedrigen Dämme können meistens in einfachster und rohester Weise aus Sinkstücken gebildet werden. Die etwaige Steinbedeckung muss nur so gross sein, dass sie nicht von den Wellen fortgerissen und namentlich nicht ins Fahrwasser geworfen wird.

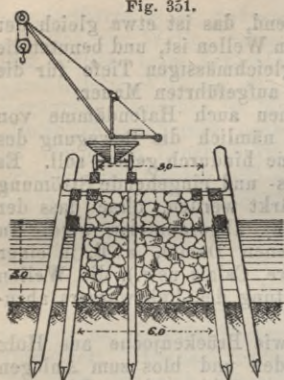
Die Krone der auch zum Anlegen von Schiffen dienenden Dämme muss mindestens 1 m über dem höchsten Wasserstande liegen; es ist aber alsdann nach der Seeseite hin noch eine Brustwehr, in der Regel aus einer 1 bis 2 m dicken Brustmauer, von etwa 2 m Höhe erforderlich, damit der auf der Krone stattfindende Verkehr gegen überschlagende massige Wellen (nicht Spritzwasser) geschützt sei. Wenn man die dem Verkehr dienende Oberfläche wesentlich höher legt, sei es in massiver oder durchbrochener Bauart, so wird die Brustmauer entbehrlich. Bei grössern Anlagen kann dieselbe als Seitenwand zur Ueberdeckung des Hafendammes nutzbar gemacht werden, wie z. B. in Fig. 356 beim Hafendamm von Dover. Dort ist die Aussenbegrenzung des Profils der Brustmauer so gestaltet, dass die Wellen möglichst in sich zurück fallen. In andern Fällen sind die überdachten Räume durch Querwände zur Aufnahme von Waaren eingerichtet worden.

Den Zwecken entsprechend ist die Breite der Hafendämme sehr verschieden: von der geringsten, für die Sicherheit des Baues noch gerade ausreichenden Breite, bis zu Breiten, welche die Aufnahme mehrerer Gleise, Strassen und Schuppen gestatten. Die geringste zulässige Breite ist nach Maassgabe des stärksten Wellenstosses zu berechnen und bei ungenügender Grundlage hierfür nach andern, unter ähnlichen Umständen erbauten Dämmen zu bemessen. Selbstredend kann die Breite eines und desselben längern Dammes an verschiedenen Stellen verschieden sein.

Als Beispiele der verschiedenen Bauweisen mögen die in den folgenden Figuren dargestellten Hafendämme von:

Friedrichsort an der Kieler Bucht, Fig. 351, für die Mississippi-Mündung, Fig. 352, Dämme in Holz mit Buschwerk und Füllsteinen; von Portland, Fig. 353, Marseille, Fig. 354, von Tynemouth, Fig. 355, für Dämme von besonders grossartiger Steinschüttung; von Dover, Fig. 356, und vom Amsterdamer See-

Fig. 351.



kanal, Fig. 357, für Dämme von steiler Form aus versenkten Blöcken und endlich von Bayonne, Fig. 358, am Adour, für durchbrochene Bauart dienen.

Zu der Bauweise Fig. 355 ist zu bemerken, dass die obersten seitlichen Theile des Dammes einheitliche Betonmassen bilden; desgleichen ist auch bei der Bauweise Fig. 357 die obere Abdeckung des Dammes als einheitliche Betonmasse hergestellt. Es finden sich also in beiden Fällen grosse fugenlose und daher starre Massen auf Materialmassen gelagert, welche nicht unbeweglich sind, sondern unter dem Stoss der Wellen mehr oder weniger grosse Bewegungen ausführen können. Es wird durch diese Verschiedenheit das Zerreißen der oberen starren Lagen begünstigt, weshalb die Wahl einer derartigen, nicht homogenen Bauweise in sorgfältige Ueberlegung zu nehmen ist.

Fig. 352. 1:400.



Fig. 353.

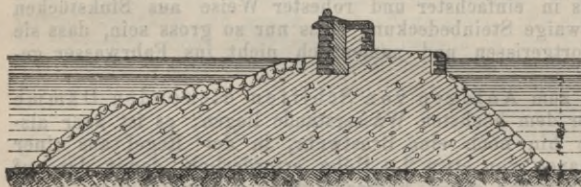


Fig. 354.

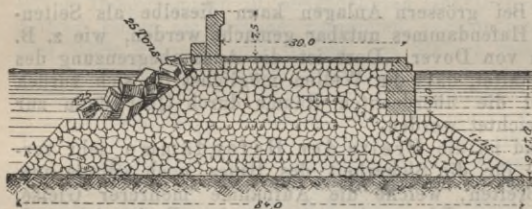
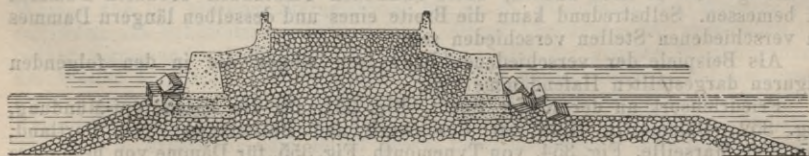


Fig. 355.



Hinsichtlich der Ausführung der Hafendämme ist zu den einzelnen Arten derselben, insbesondere in Betreff der

Bildung und Versenkung grosser Blöcke noch Folgendes zu bemerken:

Die Steinschüttungen fallen nach eingetretener Senkung durch Wellenbewegung am dichtesten aus, wenn ungleich grosse Steingemische oder die Zwischenräume grosser mit nachträglich geschütteten kleinen (oder Sand und Kies) gefüllt werden. Bei allen Dämmen von kleinem Querschnitt ist die dichteste Schüttung zu empfehlen. Bei Schüttungen auf weichem Grunde ist zweckmässig erst mit Sand oder kleinen Steinen zu beginnen, weil

erfahrungsmässig dabei das Setzen des ganzen Dammes weniger gross ausfällt. Wo in solchem Falle bei genügend ruhigem Wasser vorher Sinkstücke verwendbar sind, ist deren Anwendung gleichfalls vortheilhaft.

Bei allen Umschliessungen von Hafendämmen mit Holz ist darauf zu sehen,

Fig. 356.

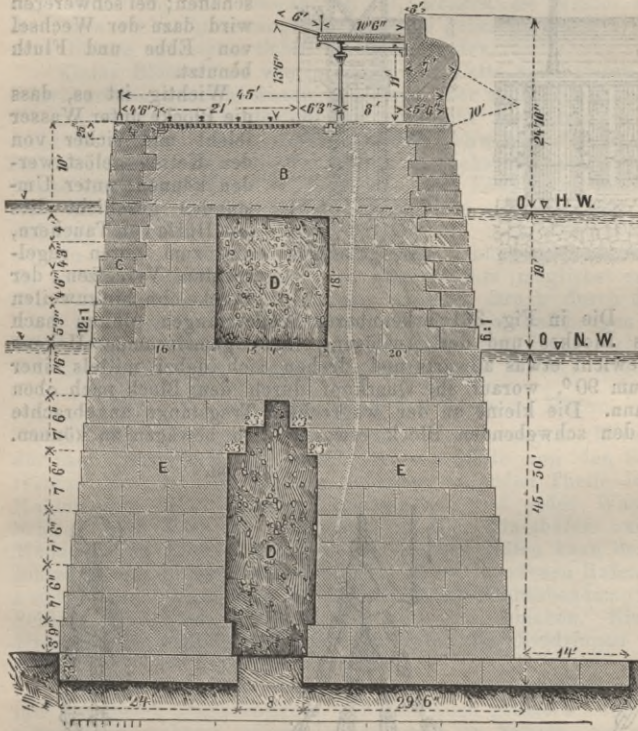
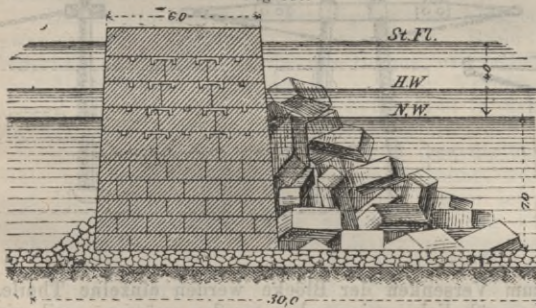


Fig. 357.



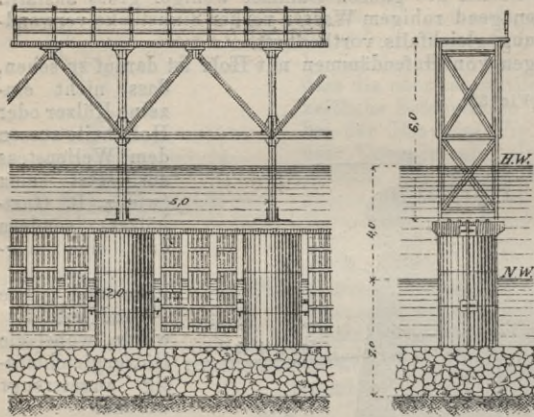
seitwärts durch zeitweilig eingelegte Hölzer Rillen gebildet, in welche während des Transports Ketten eingezogen werden können; oder es werden durch vorläufig eingemauerte Stäbe 4 senkrecht oder etwas schräg hindurch gehende Röhren oder Schächte zur Anbringung eiserner Anker geformt, Fig. 360. Indem alsdann

dass nicht einzelne Hölzer oder Holztheile aussen dem Wellenstoss ausgesetzt seien (wie z. B. Gurt-hölzer), sondern dass eine möglichst einheitliche und glatte Wand gebildet werde, wobei die Hölzergleichmässig angestrengt werden.

Die zu versenkenden Blöcke werden entweder aus Mauerwerk oder Beton gebildet. Die Blöcke sind in der Regel 10—20 cbm gross (neuerdings sind indess auch Blöcke von über 100 cbm angewendet worden) und werden in regelrechten Reihen am Lande hergestellt und nach genügender Erhärtung (etwa nach 6 Wochen

entweder zunächst zum Lagerplatz oder unmittelbar zur Verwendungsstelle geschafft; eine nicht zu magere Mörtelmischung, sowie eine längere Lagerungszeit und während derselben ein häufiges Anfeuchten der Blöcke sind zur guten Erhärtung wesentlich. Um die Blöcke bequem fassen und fortschaffen zu können, werden bei der Herstellung unten und

Fig. 358, 359.



Schienengleise für Transportwagen, sowie für fahrbare Krähne über oder neben den Blockreihen laufen, lassen sich die Blöcke gewöhnlicher Grösse leicht fort-

schaffen; bei schwereren wird dazu der Wechsel von Ebbe und Fluth benutzt.

Wichtig ist es, dass die Blöcke unter Wasser leicht und sicher von den Ketten gelöst werden können; unter Umständen geschieht dies mit Hilfe von Tauchern, die zum guten regelrechten Versetzen der Blöcke ohnehin zuweilen

unentbehrlich sind. Die in Fig. 361 erkennbaren Ankerstangen gleiten nach dem Aufsetzen des Blockes und der Auslösung ihres gemeinsamen Hakens durch das Eigen-Gewicht etwas abwärts und drehen sich dabei mittels einer Schraubenführung um 90° , worauf ihr Querkopf durch den Block nach oben gezogen werden kann. Die kleine an der wagrechten Tragstange angebrachte Kette dient dazu, den schwebenden Block etwas seitlich bewegen zu können.

Fig. 360.

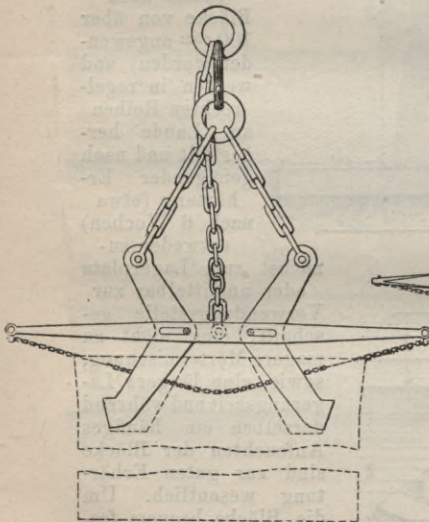
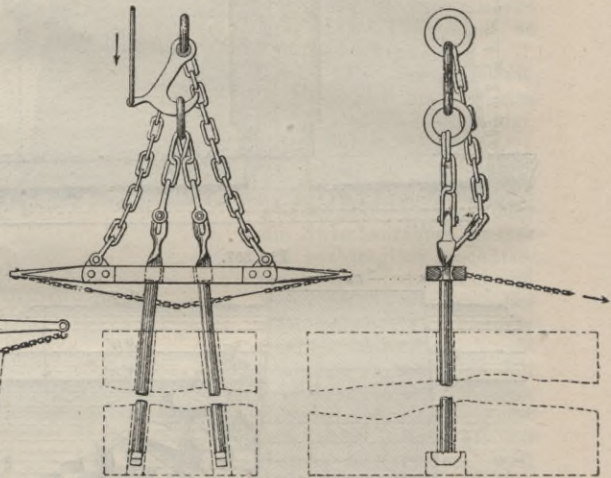


Fig. 361.



Von den Rüstungen zum Versenken der Blöcke werden einzelne Theile, namentlich die Tragständer gewöhnlich preisgegeben werden müssen, weil sie im Grunde oder im Körper des Hafendamms selbst feststecken. In Marseille und Suez sind beim Versenken mässig grosse Blöcke von etwa 25 cbm , in New-York für grosse Blöcke von 100 cbm und in Dublin für die grössten bis jetzt angewendeten Blöcke von 350 cbm schwimmende Krähne angewendet worden.

In Brest hat man die Blöcke von reichlich 110 cm^3 Grösse unter Schiffe gehängt, die mit 4 entsprechenden Schachten versehen waren. Die auf einer Art Helling erbauten und ins Wasser gelassenen Blöcke wurden mit Hilfe der Fluth aufgehoben und an Ort und Stelle gebracht. Die in 1:16 geneigten Hellinge bestanden aus 3 parallel gestreckten Balken von 115 m Länge, auf welchen Schlitten mit den darauf liegenden Blöcken mittels einer Kette ohne Ende sich bewegten. Die nach unten gelangten Schlitten wurden nach Anhebung der Blöcke durch jenes Schiff frei und schwammen auf, wonach sie wieder an das obere Ende der Bahn zur Aufmauerung neuer Blöcke gebracht wurden. Es konnten täglich zwei Blöcke mit einem Schiff versenkt werden.

Kleine Blöcke sind wie in Algier und Cette von Flüssen, die mittels Tonnen schwimmfähig gemacht wurden, versenkt, aber nicht regelmässig versetzt worden.

Das Versetzen der Blöcke geschieht fast stets in regelrechten wagrecht Schichten, jedoch ohne den zu schwer ausführbaren und ausserdem nicht haltbaren Längen-Verband, aber möglichst mit Querverband. Bei geringer Breite lässt man wohl die Blöcke mit ihrer Länge quer hindurch reichen. Um trotz des etwa unregelmässigen Versenkens eines Dammes in seiner Längsrichtung und ohne Längenverband noch die benachbarten Blöcke auf einander wirken zu lassen, hat man die einzelnen Schichten sämtlich etwas geneigt. Es ist nicht unwichtig, dass der Fugenschluss möglichst enge sei, weil durch den Wellenschlag das Wasser mit grossem Druck durch die Fugen gepresst wird, und vermöge der Mitführung von grossen Sandmengen hier stark reibend wirken kann. Auf diese Ursache sind öfter Schäden zurück zu führen, welche sich an Dämmen aus mangelhaft geschichteten Blöcken zeigen.

e. Erhaltung der Tiefe in Häfen.

Alle Hafenbecken erleiden Tiefen-Verminderungen. Ursachen sind zunächst die nach Umständen sehr verschiedenen Abfälle von den Schiffen, wozu auch insbesondere die beim Löschen nebenbei fallenden Theile loser Ladungen, wie Kohlen und dergl. gehören; sodann hat fast jedes Wasser Schwebestoffe, Schlick usw. Dies ist namentlich in allen Flusshäfen und Seehäfen an der Mündung von Flüssen der Fall. In solchen Häfen kann der jährliche Niederschlag in geschlossenem Becken über 30 cm , in offenen Hafentheilen selbst über 1 m betragen. Dazu kommt, dass namentlich Schraubendampfer solchen weichen Schlick aufwühlen und in Haufen seitwärts schieben. Eine der schlimmsten Ursachen ist endlich bei einzelnen Häfen das Eindringen von Sand während zeitweiliger oder dauernder Strömung.

Gegen alle diese Ursachen dient jetzt als das üblichste Mittel Baggerung mit geeigneten Dampfbaggern. In fast allen grösseren Seehäfen sind beständig einer oder mehrere grosse Dampfbagger in Betrieb, wovon für Schlick sich namentlich die Pumpenbagger bewährt haben¹⁾.

Das zweite Mittel zur Beseitigung der Ablagerungen ist Strömung und zwar entweder natürliche oder künstliche. Beide sind im wesentlichen nur innerhalb der engern Theile des Hafens, namentlich der Einfahrt, anwendbar, weil die Spülkraft abhängig ist von dem Verhältniss der bewegten Wassermenge zum durchströmten Querschnitte, und in den meisten Fällen schon für die Einfahrt jenes Verhältniss ungünstig ist.

Unter natürlicher Spülung versteht man die durch einen Fluss, oder durch Ebbe und Fluth unmittelbar gegebene Strömung, wogegen die künstliche Spülung erst durch Spülbecken, in denen das Wasser zeitweilig aufgespeichert werden muss, geschaffen wird. Eine scharfe Trennung beider Arten ist aber alsdann nicht möglich, wenn z. B. ein Hafen vermöge seiner Lage durch Ebbe und Fluth durchströmt, jedoch ausserdem durch künstliche Anlage die Menge des Ebbe- und Fluthwassers vermehrt wird. Dies ist z. B. nach Fig. 362 bei dem Hafen von Nieuwediep am Helder in Nordholland der Fall, wo durch Anlegung eines parallel zum festen Ufer geführten Dammes von etwa 1950 m Länge und eines zu diesem Damme unter spitzem Winkel angelegten anderseitigen Dammes, der

¹⁾ Ueber Pumpenbagger vergl. S. 30 ff.



in die Zuyder See sich hinein erstreckt und 3375 m Länge hat, vorzugsweise das Ebbe-wasser des genannten Meer-bussens gezwungen wird, eine tiefe Rinne — den Hafen — von etwa 150 m Breite zu durchströmen. Die anfänglich sehr geringe Tiefe vor dem alten Ufer von etwa 3–4 m ist dadurch auf reichlich 10 m und an einzelnen Stellen auf 20 m gebracht worden. Die etwa 2 m über gewöhnlicher Fluth hohen Dämme bestehen im wesentlichen aus mit Steinen und unten mit Busch bedecktem Sande.

Andere Beispiele von Verbindung natürlicher Strömung mit künstlicher Nachhülfe geben die S. 217 ff. besprochenen Häfen von Pillau, Swinemünde und Warnemünde. Bei diesen Häfen ist die zeitweilig von der offenen See im angrenzenden Haff ein- und ausströmende Wassermenge die Hauptursache, dass sich die Tiefen der Hafemündungen erhalten, wozu

allerdings der beständige Ausfluss der in jene Haffe zunächst sich ergießenden Flüsse wesentlich beiträgt. Die künstliche Nachhülfe besteht hier in der Herstellung fester Ufer-Einfassungen, wodurch die ein- und ausgehende Strömung gezwungen wird, sich auf einer bestimmten Breite zusammen zu halten.

Eine genaue Berechnung des Erfolges solcher Stromwirkungen wird fast nie möglich sein, weil z. B. während eines Jahres die Umstände fortwährend sich ändern, jede einzelne Aus- und Einstromung sich von der andern nach Dauer, Heftigkeit usw. unterscheidet. Thatsächlich ändern sich auch die Tiefen nach jeder etwas längeren Zeit, in welcher Einstromung oder Ausstromung wesentliche Aenderungen erlitten haben. Es ist namentlich zu beachten, und zwar hier wie bei der rein künstlichen Spülung, dass der erste Erfolg stets rasch und leicht eintritt, weil der Querschnitt am kleinsten ist und die oberste Ablagerung weit weniger fest liegt als die untere.

Die künstliche Spülung beruht darauf, dass der Inhalt eines möglichst hoch angefüllten Beckens zur Zeit des niedrigen äussern Wasserstandes plötzlich abgelassen wird, um im kleinsten Querschnitt der Hafeneinfahrt die dort entstandenen Ablagerungen loszureissen und dem Meer zuzuführen. Um auf diese Weise wirksam spülen zu können, muss der Unterschied zwischen H.-W. und N.-W., sowie das Spülbecken recht gross, der Querschnitt und die Länge des zu spülenden Hafentheiles möglichst klein sein. Wo nur etwa 2–3 m Fluthhöhe vorhanden, wie an der deutschen Nordseeküste, hat die künstliche Spülung wenig Bedeutung, wogegen sie namentlich an den französischen Häfen des Kanals fast die Regel bildet, indem hier die Fluthhöhe besonders gross ist. Es besitzen hier die meisten Häfen besondere Spülbecken nebst einer Spülschleuse.

Ein Spülbecken, sofern es nicht zugleich als Hafenbecken dient, muss möglichst gross sein, am besten halbkreisförmig mit der Schleuse als Mittelpunkt, seine Tiefe braucht nicht wesentlich grösser als das N.-W. zu sein, weil

ein tiefes Ablassen unmöglich. Es leidet aber bei häufiger Füllung sehr an Verschlickung.

Die Spülschleuse, wenn sie nicht etwa zugleich Schiffsschleuse ist, besteht aus einer, durch eine Drehthür verschliessbaren Oeffnung; ihre Schwelle liegt meistens in der Höhe des niedrigsten Wassers, da eine grössere Tiefe nicht viel Werth hat und bei jener Tiefe noch ohne Abdämmung Reparaturen vorgenommen werden können. Die um einen senkrechten mittlern Drehpfosten drehbare Thür ist in zwei ungleiche Hälften nach dem Verhältniss 5:7 oder 6:9 getheilt, damit nach aufgehobener Hemmung die grössere Hälfte nach aussen schlägt und trotz des Gegendrucks die kleinere Hälfte nach innen geht. Im Durchschnitt kommt bei den französischen Häfen etwa 0,47^m Thürweite auf 1^{ha} Spülbecken-Grösse. Es wird jedoch nicht die ganze Weite der Schleuse frei, weil die Thür sich stets etwas schräg stellt und zwar um so mehr, je geringer der Breiten-Unterschied der Thürhälften ist. Die grössere Hälfte kann keine Anschlag an die Schwelle haben, sondern muss mit etwa 3^{cm} Spielraum darüber fortgehen. Es findet daher stets ein Wasserverlust bei geschlossener Schleuse statt. Grössere Weiten als 6^m sind zu unbequem in der Handhabung, weshalb oft mehrere Schleusen neben einander gelegt werden, die man unter Umständen nach einander öffnet. Vor jeder Schleuse muss ein sicheres Sturzbett vorhanden sein, wie bei einem Wehr und zwar in etwa 20—30^m Länge. In der Regel wird nur zur Zeit der Springfluthen an einigen Tagen gespült, weil dann die Wirkung am grössten ist und sie für die Zwischenzeit fast aufhört.

Um bei breiten Hafeneinfahrten die Wirkung auf einzelne Theile derselben zu verstärken, hat man in Frankreich bewegliche Leitdämme oder Spülflösse hergestellt in Gestalt von etwa 10^m langen und 6—7^m breiten Flössen, welche in grösserer Zahl vor der Spülung schwimmend in eine bestimmte Reihe gebracht und sodann mittels Windwerken an ihrer einen Längs-Kante auf beweglichen Beinen gehoben werden, so dass sie eine der zu spülenden Fläche zugeneigte Ebene bilden. Die auf der andern Seite der Flösse liegende Fläche kommt dadurch in Schutz vor dem ausgehenden Spülstrom und um so heftiger wird die erstere Fläche angegriffen. Durch Versetzung der Flösse kann bald diese, bald jene Abtheilung der Einfahrt kräftiger vertieft werden.

Zu den Mitteln, die Kraft des Spülstroms zu verstärken, gehören endlich auch Eggen, Pflüge und Kratzmaschinen, die jedoch neuerdings durch Dampfbagger nahezu verdrängt worden sind¹⁾.

IV. Zubehör und Ausstattung der Häfen.

a. Schiff-Bau- und -Reparatur-Anstalten.

Diese bilden in Kriegshäfen einen Haupttheil, in jedem grössern Handelshafen ein kaum zu entbehrendes Glied, sind aber in letzterm Falle stets in Händen von Privatpersonen, so dass die Verwaltung des Hafens alsdann vielleicht nur bei der Wahl des Platzes mitzuwirken hat.

Fast alle Anlagen für den Neubau sind auch für Reparatur brauchbar, wogegen für letztern Zweck einige besondere, und grade die in baulicher Hinsicht interessantesten Einrichtungen dienen.

Die wesentlichste Einrichtung zum Neubau von Schiffen führt den Namen Helling, auch „Helgen“ und besteht aus einer geneigten Ebene, auf der das Schiff entweder in der Richtung seines Kiels oder — seltener — quer zu derselben erbaut wird und nach Fertigstellung des Rumpfes abläuft. Die geneigte Ebene erhält entweder nur in der Linie des Kiels einen 1 $\frac{1}{2}$ —3^m breiten Holzbau aus starken Pfählen, über welche Lang- und Querholme gestreckt sind, und sodann nur an einzelnen Stellen Holzbalken ähnlicher Art, welche quer durch die ganze Breite der geneigten Ebene sich erstrecken und die zum sichern Aufstellen von Stützen, zum Festlegen von Haltetanen usw. bestimmt sind. Oder es wird die Sohle des Hellings in ganzer Breite in Steinbau ausgeführt

¹⁾ Vergl. hierzu S. 35.

und werden in diesen stellenweise Holzschwellen eingefügt, um an beliebigen Stellen Haltepunkte zu gewinnen.

Der Schiffskörper ruht während des Baues mit dem Kiel auf 1,0–1,5 m entfernten Stapelklötzen, welche vor dem Ablauf durch das Ablaufgerüst ersetzt werden. Dieses besteht bei dem spitzen Ablauf aus einem fest liegenden, durch Querschwellen, Pfähle oder Mauerwerk unterstützten und muldenförmig gestalteten Holme, dem eigentlichen Helling, auf welchem während des Ablaufens mit Seife beschmierte kleine Hölzer (Schmierkissen) gleiten, die mittels eines langen Holzes, des Schlittens oder der Wiege, den Kiel des Schiffes unterstützen. Der Schlitten wird bis zum Augenblick des Ablaufs durch eine Hemmvorrichtung gehalten, welche in der Regel durch Kappen eines einzigen Taues an einem Punkte oder auch an mehreren gelöst werden kann. Das Schiff wird durch Aufkeilen von den Stapelhölzern allmählich auf das Ablaufgerüst gehoben. Bei dem Querablauf ist eine grössere Anzahl von Ablaufgerüsten vorhanden, welche den Kiel an einzelnen Punkten unterstützen. Das ganze Verfahren ist dabei umständlicher und findet meistens nur alsdann statt, wenn das Schiff bei spitzem Ablauf nicht die nöthige Wasserfläche vor sich findet. Es sind zu letzterem Zwecke die Hellinge sehr oft unter spitzem Winkel zum Ufer gelegt worden. Da, wo dies nicht ausreicht, wird das Schiff während des Ablaufens durch ein sogen. Stopptau allmählich gedreht, um nicht dasjenige Ufer oder andere Schiffe zu berühren. Bei schweren Schiffen kann auch durch Flösse, aus Rundhölzern oder Busch bestehend, dem zu weiten Lauf ein entsprechender Widerstand entgegen gesetzt werden; dies Mittel ist da gut anwendbar, wo der Helling eine Mauer oder andere steile Uferbekleidung gegenüber liegt. Bei spitzem Ablauf ist fast stets das Hintertheil des Schiffes dem Wasser zugekehrt, weil dasselbe leichter verwundbar durch Hängenbleiben als das Vordertheil ist und alsdann sicherer geschont wird. Bei dem Abflauen wird allmählich das Schiff von dem unter Wasser sich eine Strecke weit fortsetzenden Theile des Hellings (Vorhelling) durch den allmählich zunehmenden Auftrieb des Wassers abgehoben. Wäre die Neigung des Hellings zu gross, so würde in Folge eines Ueberschusses an lebendiger Kraft trotz des Auftriebes das Hinterdeck des Schiffes unter Wasser gerathen; bei zu kleiner Neigung würde der Ablauf zu schwierig werden. Je grösser das Schiff ist, desto geringer braucht die Neigung zu sein. Sie ist daher bei kleinen Schiffen etwa 1:8 und geht bei grossen Schiffen bis 1:14. Bei grösseren Kriegsschiffen, welche wesentlich schwerer sind als gleich grosse Handelsschiffe, ist die Neigung der festen und in der Regel gemauerten Sohle des Hellings etwa 1:12. Da beim Querablauf sowie das Schiff ins Wasser eintritt, fast plötzlich ein beträchtlicher Auftrieb sich der Weiterbewegung entgegengesetzt, so hat man auch Querhellinge mit veränderlicher, d. h. am untern Ende grösserer Neigung gebaut, indess nur sehr vereinzelt.

Wenn bei starker Neigung des Hellings ein langes Schiff von einer sogenannten Wiege vorzugsweise nur im mittlern Theil seiner Länge beim Ablauf unterstützt wird, und für einen Augenblick, bevor es vollständig schwimmt, vermöge des Auftriebes nahezu wagrecht zu liegen kommt, so drückt es mit dem Vorderende heftig auf den Helling und ist alsdann, umgekehrt, der Vordersteven des Schiffes einem heftigen Drucke ausgesetzt. Streng genommen müsste jeder Helling so lang sein, dass das ganze Gewicht des Schiffes vom Wasser aufgenommen wird, ehe das Schiff den Helling verlässt. Doch würde dies in den meisten Fällen zu kostspielig werden, und man verkürzt daher gern, unter etwaiger Abrundung des untersten Endes, den Helling und lässt das Schiff gegen Ende seines Laufes in das hierfür genügend tiefe Wasser springen. Bei Handelsschiffen hört man meistens mit dem untersten Punkt des Hellings in etwa 2 m Tiefe, bei Kriegsschiffen dagegen erst in 4–6 m Tiefe auf. Um für grosse Schiffe (namentlich Kriegsschiffe) die Länge des unter Wasser liegenden Vorhellings möglichst auszunutzen, wird mit Hilfe eines Abschluss-Pontons und künstlicher Ausschöpfung der Stapelhelling bis weit unter Wasser verlängert, folglich derselbe nach oben hin, sowie auch der unbenutzte Theil des Vorhellings entsprechend kürzer. Statt des Abschlusses mittels Ponton wird

häufig auch für den einmaligen Zweck ein Abschluss mittels Fangedamms hergestellt, wobei es zuweilen unschwer möglich ist, für den vorüber gehenden Zweck eine mehr oder weniger grosse Verlängerung des Vorhellings zu schaffen.

In Kriegshäfen werden die Hellinge oft mit hohen Dächern — zuweilen auch mit Abschluss der Seiten — überbaut, um die Arbeiten am Schiffskörper auch in kalter Jahreszeit fortsetzen, bezw. dort auch solche Arbeiten ausführen zu können, welche des Schutzes gegen Regen usw. bedürfen. Die zwischen 2 neben einander liegenden Hellinge befindliche Zunge wird dann gleichfalls, aber niedriger überbaut und dient als Werkstatt-Raum zur Aufstellung von Arbeits-Maschinen.

Ausser dem sichern Ablaufen ist für die Richtung des Hellings noch zu beachten, dass hölzerne Schiffe am gleichmässigsten während des Baues austrocknen, wenn der Kiel von Nord nach Süd gerichtet ist, und dass eiserne Schiffe ebenfalls thunlichst diese Richtung während des Baues erhalten, damit die magnetische Axe mit der Längensaxe zusammen falle. Erstere bildet sich allmählich während des Baues und giebt später zu den lästigen Erscheinungen der Deviation oder Abweichung der Magnetnadel vom richtigen magnetischen Norden Veranlassung. Dieselbe ist bei jeder Lage des Schiffes eine andere und verlangt die Aufstellung der sogen. Deviations-Tabelle und die Anbringung von ausgleichenden (kompensirenden) Magneten.

Die Fig. 363 und 364 geben Grundriss und Längenschnitt der in Massivbau auf Pfahlrost ausgeführten zwei Hellinge im Kriegshafen Wilhelmshafen. Die Sohlenlänge beträgt rd. 100 m; sie ist später, um Schiffe von grösserer Länge aufstapeln zu können, am obern Ende um ein Stück vermehrt worden. Die Sohle der Helling hat die Neigung von 1:12; am untern Ende stehen auf derselben, wenn ungeschlossen, 5,65 m Wasser, während das obere Sohlenende nur rd. 0,5 m aus dem Wasser heraus tritt.

Der Abschluss erfolgt durch ein Schwimmthor, welches sich gegen einen Anschlag legt; das ausserhalb des Anschlags befindliche kurze Sohlenstück fällt mit stark vergrösserter Neigung ab, um das Schiff beim Uebergang ins Wasser „springen“ lassen zu können. Zum Trockenlegen der beiden Hellinge dient ein gemeinsames Pumpwerk von nur geringer Grösse, welches am untern Ende der Zunge zwischen den beiden Hellinge halb unterirdisch erbaut ist; das Wasser wird in das Hafenbecken übergehoben.

Die Sohlenbreite der Helling ist 11,7 m; im untern Theil der Sohle liegen in Abständen von 2,4 m in ausgearbeiteten Falzen, mit Bolzen befestigt, starke Schwellstücke zum Festlegen von Hülfsrichtungen, und es sind für gleichen Zweck in der Sohle auch zahlreiche Eisenringe angebracht worden.

Die Seitenwände sind im untern Theile mit etwa 2:3 geneigt, im obern senkrecht ausgeführt; im mittlern Theil, wohin die grösste Schiffsbreite trifft, treten dieselben etwas zurück. Zwei sogen. Sohlbänke, zum Aufstellen von Stützen und Arbeitsgeräthen dienend, sind fast der ganzen Sohlenlänge nach durchgeführt; im obern Theil sind die Wände mit Absätzen (Gallerien) hergestellt, welche die Zugänglichkeit zu allen Theilen des Schiffes erleichtern; für den Niederstieg auf die Hellinge-Sohle dienen mehre in der Wand liegende Treppen. Für den Zweck der Schaffung von Haltepunkten sind im vordern schrägen Theil der Seitenwände schwere Schiffsringe angebracht, deren Nutzen indess ein weit geringerer ist, als der von sogen. Pollern (eisernen Haltepfählen), welche oben auf den Mauern stehen. Die aus den rückseitigen Mauerfluchten vortretenden bezw. am obern Ende für sich stehenden Mauerpfiler sind als Fundamente für die Aufstellung der Ueberdachungs-Stützen vorgesehen worden. —

Als eigentliche Anstalten zur Reparatur von Schiffen dienen für kleinere Fahrzeuge und unbedeutende Arbeiten an der Aussenseite der Schiffe zunächst die Kielhol-Brücken. Sie bestehen im wesentlichen aus einem, dicht über dem, nahezu gleichbleibenden Wasserspiegel befindlichen Holm und einer zwischen diesem und dem nahen Ufer liegenden Laufbrücke. An dem Holm werden an geeigneten Punkten Flaschenzüge befestigt, deren Tawe am obern Ende der Untermasten angreifen. Es wird dadurch das Schiff in eine geneigte Lage übergeholt, in der es durch Steifen und Tawe erhalten wird.

Die Neigung kann bei den meisten Schiffen so weit gebracht werden, dass der Kiel aus dem Wasser tritt, so dass von Flössen aus Reparaturen am ganzen Aeussern des Schiffes vorgenommen werden können. In Wasser mit veränderlichem Wasserstande kann man sich statt der festen Kielbank einer schwimmenden bedienen; auch kann man bei hohem Stande Schiffe auf ein geeignetes Ufer setzen und dort nach abgefallenem Wasser im Trocknen daran arbeiten. Dies einfache aber rohe Verfahren nennt man banken.

An grössern und werthvollern Schiffen werden dagegen alle unter der Wasserlinie auszuführenden Arbeiten mit Hilfe der Trockendocks, schwimmenden Docks, hydraulischen Docks und Patentslips beschafft, weil dabei die Schiffe geschont werden und die völlige Trockenlegung am raschesten geschehen kann.

Trockendocks haben vor allen andern den Vorzug, dass ihr Boden beinahe unbeweglich ist und keinen wesentlichen Veränderungen unterliegt, was sehr wichtig, aber bei den andern genannten Vorrichtungen für sehr schwere Schiffe nicht immer zu erreichen ist. Trockendocks bilden ein für ein oder mehrere Schiffe geräumiges Becken, in welches das Schiff bei genügend hohem Wasserstand frei einfährt, worauf die Verschlussvorrichtung des Docks eingelegt und letzteres trocken gelegt wird, während dessen das Schiff auf eine sogen. Kielstapelung zu stehen kommt und von den Seiten aus abgestützt wird. Der vordere Theil des Docks heisst die Kehle; häufig werden, um nicht durch Schäden am dichten Schluss der Thore im Dockbetriebe Schwierigkeiten zu erfahren, in der Kehle mehrere Anschläge oder auch Falze angebracht, welche genügend weit auseinander liegen müssen, um zwei Verschluss-Vorrichtungen gleichzeitig anbringen zu können; es ist dann auch die Möglichkeit gegeben, an dem innern Verschluss, selbst nach Trockenlegung des Docks an beiden Seiten Reparaturen, Dichte- und Anstricharbeiten usw. ausführen zu können. Die Dockkammer hat meistens nur die zur Aufnahme eines grössten Schiffes erforderliche Länge und Breite; bei lebhaftem Betriebe wird jedoch die Länge sowohl als auch die Breite vergrössert und zwar bis zur Verdoppelung beider Abmessungen. Dies bedingt jedoch entweder unnützes Warten eines der zugleich eingedockten beiden Schiffe oder eine erhebliche Vermehrung bezw. auch Verlängerung der Trockenlegungs-Arbeit. Letztere ist in allen Fällen bei Trockendocks, die mit der offenen See in Verbindung stehen, um so geringer, je grösser der Fluthunterschied. Dock-Anlagen sind daher da am zweckmässigsten, wo der Fluthwechsel am grössten.

Die Docktiefe ist durch den Tiefgang der zu dockenden grössten Schiffe bestimmt; zu dieser Tiefe muss ein Spielraum von reichlich 1^m unter dem Kiel für die Kielblöcke (auch Stapelklötze genannt) hinzu treten.

Die Dockbreite ist weniger bestimmt vorgeschrieben. Eine grosse Breite ist günstig für Luft und Licht im Dock, was bei fast allen Arbeiten am Schiff, namentlich für Anstrich-Arbeiten von grossem Werth ist. Grössere Breite erleichtert auch bis zu einem gewissen Grade das Arbeiten am Schiff, wiederum erschwert dieselbe das seitliche Absteifen und die Wasserschöpfung.

Aus diesen Andeutungen ergibt sich, dass die günstigste innere Umrisslinie des Querschnitts diejenige ist, welche sich der Form des Hauptspants des grössten einzudockenden Fahrzeugs mit einem für die Möglichkeit des Arbeitens am Aeussern erforderlichen Spielraum von ein paar Metern anschliesst. Nach dieser Regel werden die Seitenmauern im untern Theile des Docks meist mit einigen breiten, aber wenig hohen Sohlbänken beginnen, während sie im obern Theile steilere Abtreppungen (Gallerien) zeigen, auf denen die Stützen zum Halten des Schiffes gestellt werden. Bei der grössern Höhe, welche die einzelnen Gallerien haben, sind noch Treppen erforderlich, welche am ganzen Umfange des Docks zweckmässig vertheilt werden. Um Materialien (besonders Hölzer) in das Dock hinab zu lassen, werden Rutschen (muldenförmige Gleitbahnen) hinab geführt; im Dockscheitel liegt immer eine Gleitbahn, während sie an den Seiten zuweilen fehlen. Die Docksohle muss der Trockenlegung wegen Gefälle sowohl nach dem einen Ende hin als seitlich erhalten; beiderlei Gefälle brauchen jedoch nur gering zu sein, etwa 1:200—1:300. Aus Rück-

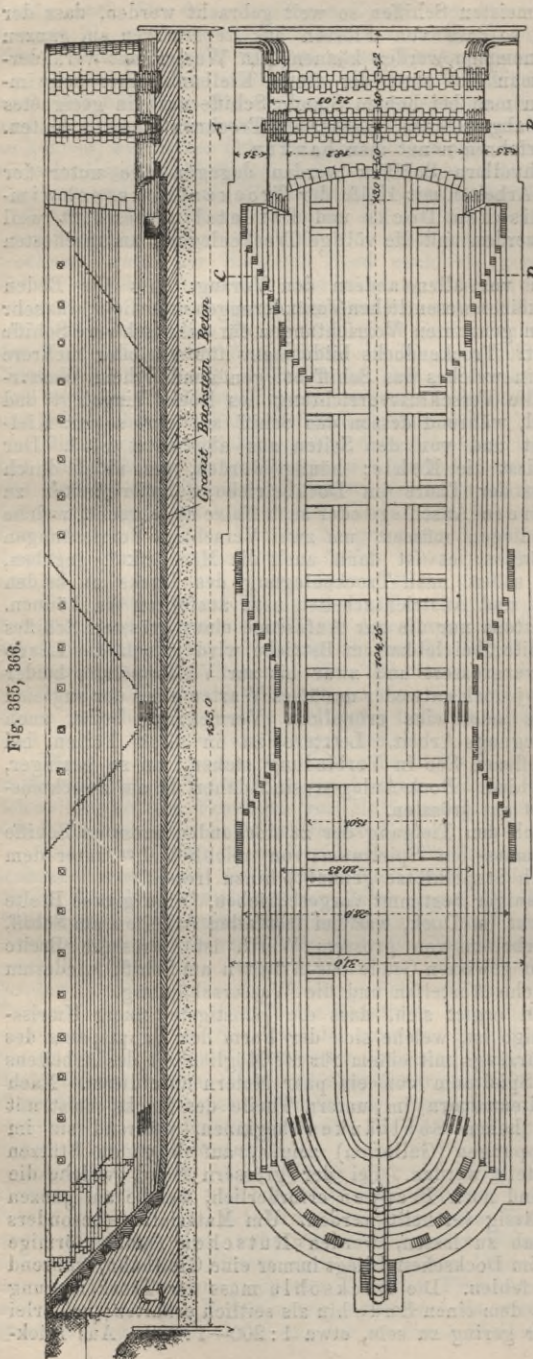


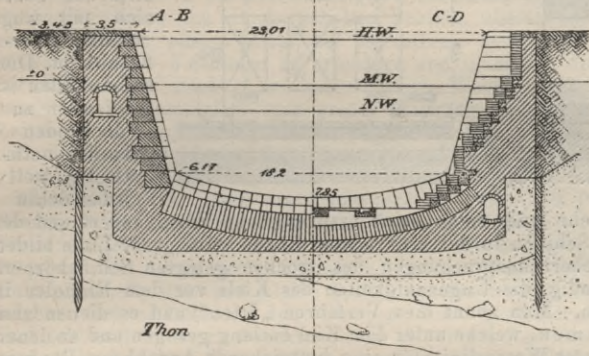
Fig. 365, 366.

sicht darauf, dass das Vorderende der Schiffe den geringern Tiefgang hat, legt man das Längengefälle der Sohle meist so, dass dasselbe der Richtung des einfahrenden Schiffes entgegen, also der Dockkehle zugewendet ist. Das Quergefälle kann entweder von der Mitte nach den Seiten oder umgekehrt gewendet sein; erstere Anordnung ist günstiger mit Bezug sowohl auf die Reinhaltung der Docksohle als auch wegen des bequemern Anschlusses an die Entleerungs-Kanäle des Docks, welche gewöhnlich in den Seitenmauern, seltener quer zur Axe des Docks in der Sohle der Dockkehle liegen. Für die Neigung der Docksohle von den Seiten nach der Mitte hin spricht der Umstand, dass dabei die Umrisslinie des Docks mit der Schiffsform besser als sonst im Einklang steht, wie auch dass die Sohle die Form eines umgekehrten Gewölbes behält.

Die Fig. 365 u. 366 geben eins der Trockendocks aus dem Kriegshafen zu Kiel; dasselbe ist auf Beton gegründet, in der Hauptmasse aus Ziegel-Mauerwerk hergestellt, welches durchgehends eine starke Verkleidung aus Granitplatten und Quadern erhalten hat.

Da im leeren Zustande ein Trockendock, wenn es in wasserdurchlässigem Boden erbaut ist, ein Hohlgefäß bildet, welches nicht nur einen beträchtlichen Auftrieb erleidet, sondern dessen Sohle auch stark auf Biegung beansprucht wird, weil die Eigenlast sehr ungleichmässig auf die Grundfläche vertheilt ist, so ist auf

Fig. 367.



die Bestimmung der Sohlenstärke eines Trockendocks sowohl als auf die gute Ausführung des Sohlenmauerwerks ganz besondere Sorgfalt zu verwenden. Dies gilt in noch verstärktem Maasse, wenn ein Dock nicht nur für Schiffs-Reparaturen, sondern auch zum Neubau von Schiffen benutzt werden soll, weil dabei die Dauer, während welcher das Dock seine grösste Beanspruchung erleidet, am längsten ist, unter Umständen sogar einige Jahre währen kann.

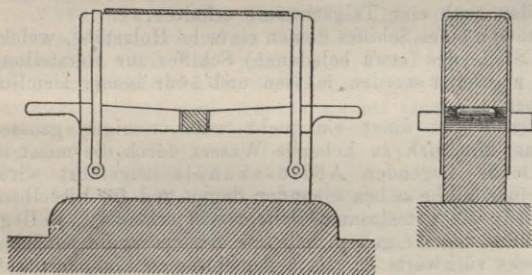
In jedem Falle wird die Frage auftreten, welcher der beiden Wege: Schutz der Sohle gegen den Zutritt des Aussenwassers oder Bemessung der Sohlenstärke mit Rücksicht auf den vollen Druck des Aussenwassers der vortheilhaftere ist?

Eine Trockendock-Ausführung unter sehr schwierigen Bodenverhältnissen hat Nieuwediep aufzuweisen. Dieselbe ist nebst den grossen Schäden, welche das Dock später erlitten hat, und dem Abhülfsmittel beschrieben in Bd. XV der Zeitschr. d. Hann. Archit.- u. Ing.-Vereins. Aehnliche Schäden wie hier haben sich an einem der Wilhelmshafener Trockendocks eingestellt. Zur Abhülfe ist hier wie dort die Docksohle mit einer erheblichen Last von Ballasteisen beschwert worden.

Entlang einem Trockendock und in 5–10 m Entfernung vom Lande müssen zum Verholen und bezw. Festlegen der Schiffe Capstans und Poller aufgestellt werden.

In den meisten Fällen werden Trockendocks in Massivbau herzustellen sein; nur bei besondern Bodenverhältnissen — undurchlässiger Thon — kommt Holzbau vor. In solchem sind auch die in Bremerhaven-Geestemünde zahlreich erbauten hölzernen Trockendocks am Geestefusse hergestellt¹⁾.

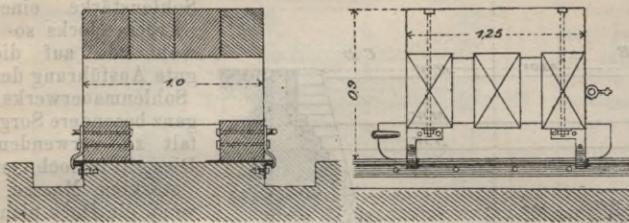
Fig. 368, 369.



Während des Dockens wird das Schiff durch Kielblöcke, Kimm-schlitten und Steifen unterstützt, welche in kleinen Docks sehr einfach und roh, in grossen Docks dagegen zusammengesetzter Art und sorgfältig durchgebildet sind. Die Kielblöcke liegen in etwa 1 m Entfernung. Sie bestehen entweder aus gutem Eichenholz mit Zuhülfe-nahme von Eisentheilen oder fast ganz aus Eisen. Dreitheilige Kielblöcke letzterer Art zeigen Fig. 368, 369. Die zwei obersten Blöcke sind keilförmig gestaltet, so dass

¹⁾ Genauere Mittheilungen über Trockendocks in Steinbau vergl. Zeitschr. f. Baukunde (Antwerpener Trockendocks); Zeitschr. f. Banw. 1888 (Trockendocks in Spezia).

Fig. 370, 371.



durch das Fahren mehr und mehr seine ursprüngliche Form ändert und der Kiel also bei älteren Schiffen in der senkrechten Ebene keine grade Linie bildet. Es ist daher, um Ueberbeanspruchungen des trocken gelegten Schiffskörpers zu vermeiden, nothwendig, die Ungenauigkeiten des Kiels vor dem Einholen in das Dock zu ermitteln. Man nennt dies Verfahren „fitten“ und es dienen zum Fitten offene Holzrahmen, welche unter dem Kiel entlang gezogen und an denen die Tiefe des Kiels unter Wasserlinie für eine hinreichende Anzahl von Punkten vermerkt wird. Nach diesen Angaben wird dann möglichst genau im leeren Dock die obere Fläche der Kielblöcke hergerichtet, so dass das eingefahrene Schiff eine möglichst gleichmässige Unterstützung findet. Doch ist fast stets noch eine genauere Einstellung der Kielblöcke nach der Entleerung des Docks erforderlich. Der in Fig. 370, 371 oben liegende Block ist Eichenholz; dieser obere Block wird regelmässig Holz sein, weil man einer gewissen Nachgiebigkeit beim Aufsetzen des Schiffs bedarf. Doch wird der Block, um gegen Zerdrücken geschützt zu sein, mit einer starken Blechplatte belegt; die Verbindung zwischen dem obersten und untersten Block muss so sein, dass der obere Block beträchtliche Bewegungen der Höhe nach ausführen kann.

Hölzerne Kielblöcke nur mit Zuhilfenahme von Eisen sind ganz gleichartig den beschriebenen eingerichtet, jedoch gegen Auftrieb an der Docksohle zu befestigen.

Ausser durch Kielblöcke, die der ganzen Kiellänge nach liegen, wird ein Schiff mit seinem mittlern Theil von Kimmschlitzen unterstützt, die in 8–10^m Entfernung und in etwa 1,5^m Länge und Breite unter das Schiff zu beiden Seiten in der Nähe der Kimming gebracht werden, u. z. durch Bewegung auf Gleitbahnen, wozu meistens Flaschenzüge dienen, deren Endseile von oben angezogen werden. Die obere Abdeckung des Schlittens muss möglichst genau der Spantenform entsprechen, damit nicht beim Aufsetzen Schäden an der Schiffshaut oder den Spanten entstehen können. Die Kimmschlitzen werden aus Eichenholz gezimmert und bewegen sich meist auf Gleitbahnen aus Holz, welche glatt gearbeitet sind, zuweilen auch eine Talgschmiere erhalten.

Als Steifen zum Abstützen eines Schiffes dienen einfache Holzstäbe, welche nach Bedürfniss an jeder Stelle des (etwa beladenen) Schiffes zur Herstellung des nöthigen Gegendrucks angesetzt werden müssen und zwar immer ziemlich paarweise einander gegenüber.

Zur Trockenlegung des Docks dient ein mehr oder weniger grosses Schöpfwerk, welchem das künstlich zu hebende Wasser durch die meist in der Seitenwandung des Docks liegenden Abflusskanäle zugeführt wird. Wenn mehrere Docks in einer Reihe neben einander liegen und für dieselben, wie in der Regel zweckmässig, ein gemeinsames Schöpfwerk erbaut ist, so liegt dieses meist am Dockscheitel und es gehen dann die Abflusskanäle zunächst von den Eingängen des Docks rückwärts zu einem gemeinsamen Pumpensumpf, gegen welchen jeder einzelne Kanal durch Schützen nach beiden Richtungen hin absperrbar sein muss.

Zum Füllen des Docks befinden sich Einlasskanäle unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel in der Dockkehle, welche durch sichere Schützen zu schliessen sind.

Für die Grösse des Schöpfwerks ist zunächst die Menge des zu hebenden

durch das Antreiben des mittlern der oberen sich mit waggerter Oberfläche hebt. Dieses Ankeilen ist bei allen zu dockenden Schiffen nothwendig, weil jedes Schiff

— nicht selbstthätig abfliessenden — Wassers und sodann die Zeit maassgebend, innerhalb welcher die Trockenlegung geschehen muss; diese Zeit wiederum ist durch die Geschwindigkeit bestimmt, mit welcher die sichere Abstützung eines ins Dock geholten Schiffes ausführbar ist. Die Abstützung grosser Schiffe pflegt selbst bei Anstellung zahlreicher Arbeiter einen Zeitaufwand von 3—6 Stunden zu erfordern und innerhalb dieser Zeit der Fortgang der Arbeit noch stark zu wechseln. Diesen Wechseln muss das Pumpwerk sich anschliessen, namentlich eine grosse Wirkung ausüben können, in demjenigen Zeittheil, wo das Schiff grade im Begriff ist, sich auf die Kielblöcke zu stellen und eine geringe, wenn der Wasserspiegel eine Höhenlage hat, bei welcher gleichzeitig eine grosse Anzahl von Stützen gesetzt werden soll. Meistens wird man für ein Dock ein Pumpwerk von 60—80 Pfdkr. bedürfen; seine Bauart ist durch die vorstehend angedeuteten Rücksichten bis zu einem gewissen Grade vorgeschrieben. Hinzu kommt noch die Bedingung, dass der Gang der Pumpen nicht durch grobe Sinkstoffe, die das Wasser enthält, auch nicht durch Holzspähne, Splitter und kleine Klötze gestört werden darf, da die Zuführung solcher Gegenstände zu den Pumpen beim Dockbetriebe unvermeidbar ist. Und schliesslich ist zu beachten, dass es für die Raschheit des mittels Schiebe- oder Schwimmthor hergestellten wasserdichten Abschlusses des Docks von grosser Bedeutung ist, dass die Pumpe beim ersten Angehen dem Dock mittels weniger Hübe eine erhebliche Wassermenge entziehe, damit der zum festen Anlegen des Thors erforderliche äussere Ueberdruck rasch in Wirksamkeit trete

Als Pumpensysteme sind sowohl Kolbenpumpen wie Zentrifugalpumpen in Anwendung gekommen; letztere scheinen wegen der Vervollkommnung ihrer Bauweise neuerdings vorwiegend angewendet zu werden. Sehr wichtig ist es, dass die leicht verletzbaren Theile der Pumpe, von deren Zustande der Betrieb des Werkes abhängt, jederzeit zugänglich sind, um Schäden mit Leichtigkeit abstellen zu können. Diese Anforderung schliesst die Anordnung von Kreisrädern in tiefer Lage unter dem Wasserspiegel aus.

Zum Herausschaffen von Sickerwassern wird man, wenn der Dockbetrieb nicht ein sehr wechselnder ist, oft mit Vortheil eine besondere kleine Pumpe — die sogen. Lenzpumpe — mit Maschinenstärke von einigen Pferdekraften aufstellen. Diesem kleinen Werke wird zweckmässig auch die Förderung des letzten Theils der Dock-Wassermenge zugewiesen, indem man dadurch diejenige Tiefe etwas einschränken kann, bis zu welcher das Saugrohr der Haupt-Pumpe hinab reicht. Bei der Geringfügigkeit der Sickerwasser-Mengen geschieht deren Förderung durch das Hauptwerk meist sehr unökonomisch und es wird die Einrichtung der Lenzpumpe für eine tiefe Saugfähigkeit ihre Anlage nur unwesentlich vertheuern, während jeder auch nur kleine Zuwachs an Saugtiefe die Kosten des Haupt-Pumpwerks erheblich vermehrt. —

Verschlüsse der Trockendocks (und Vorhellinge). Bei den älteren Trockendocks wurden zum Verschluss regelmässig gewöhnliche Schleusenthore angewendet. Für den vorliegenden Zweck haften denselben einige Mängel an. Die Dockkehle, d. h. der kostspieligste Theil des Docks, wird nicht nur länger, sondern auch weiter als bei einem anderen Verschluss und alsdann kommt auch die beschränkte Benutzbarkeit der Schleusenthore für den Verkehr von der einen Seite des Docks zur andern oft sehr erheblich in Betracht. Während bei Anordnung eines Schiebe- oder auch Schwimmthors für die Dockkehle eine Länge gleich der Thorbreite genügt, bedarf das Schleusenthor an Dockkehlen-Länge reichlich die halbe Dockkehlen-Weite, und während bei jenem eine starke Abböschung der Kehlmauern (von 6:1 bis 4:1), d. h. eine Verminderung der Kehlenweite in Drempehöhe zweckmässig ist, müssen bei Anwendung von Schleusenthoren die Kehlmauern in ihrem vorderen Theile senkrecht aufgeführt werden. Dadurch entsteht aber eine Vermehrung der Drempe-Länge, verbunden mit einer entsprechenden Vermehrung der Baukosten. Dass endlich für die zuweilen gebotene Ueberführung von Wagen- oder Gleisanlagen über die Dockkehle fast nur ein die Dockaxe rechtwinklig schneidender Weg, wie ihn ein Schiebe- oder Schwimmthordeck bietet, benutzbar ist, liegt

auf der Hand. Endlich bieten Schwimm- und Schiebethore noch den Vortheil, dass Anstrichs-Erneuerungen und Reparaturen bei ihnen ungleich leichter als bei den Schleusenthoren ausführbar sind. Im übrigen besitzen letztere, die als Dockverschlüsse verwendet, keinerlei Abweichungen von gewöhnlichen Schleusenthoren zeigen, vor den anderen genannten Verschlüssen den Vorzug, dass sie ohne Rücksicht auf die Lage des Docks an offener See, an einem Tidebassin oder einem Dockbassin, anwendbar bleiben, während die stete und leichte Betriebsfähigkeit von Schwimmthoren bei Docks an offener See und an Tidehäfen nicht überall gesichert erscheint.

Schwimmthore, auch Pontons genannt, sind Schwimmkörper nach wechselnden Formen hergestellt, die nur hinsichtlich der Eigenschaft in aufrechter Lage zu schwimmen, mit gewöhnlichen Schiffskörpern übereinstimmen, im übrigen ganz selbständige und wechselnde Formen zeigen, welche den beiden Zwecken angepasst sind, sowohl einseitigen Druck aushalten zu können, als auch Flächen für den dichten Abschluss des Aussenwassers zu bieten. Letzterem Zwecke dient ein breiter Kiel, der sich in gleicher Form, gewissermassen als Steven, auch an beiden Enden bis zur Deckhöhe des Pontons hinauf erstreckt. Er wird, damit das Ponton in beiden Lagen benutzbar sei, an beiden Seiten mit einer etwas konvex gehobelten Bohle aus Hartholz belegt; da, wo vermöge der Beschaffenheit der Anschlussflächen die Bohle nicht ausreichend dichtet, wird dieselbe mit einem 10–15^{cm} breiten getheerten Flechtwerksstreifen aus Flachs oder Hanf, oder auch einem Gummistreifen benagelt; die Flechten-, bzw. Streifendicke muss $1\frac{1}{2}$ –2^{cm} betragen. Da die Haltbarkeit von Gummi in Seewasser sehr beschränkt ist wird die Flechte meist den Vorzug verdienen. Im übrigen leisten Rundstricke oder hohle Gummischnüre, zu zwei in einigem Abstände auf die Holzleiste genagelt, dieselben Dienste wie ein breiter Flechtwerks- oder Gummistreif, sind jedoch leicht Beschädigungen beim Versenken oder Aufsteigen des Pontons unterworfen. — Die Breite der in hartem Steinmaterial auszuführenden Anschlagflächen wird etwa 30^{cm}, die Tiefe der Falze und Anschläge daher mindestens 40^{cm} betragen müssen. Damit die Pontons sich rasch ausheben, wird man die Tiefe der Falze möglichst beschränken und ebenso die Kanten derselben stark runden oder abschrägen. — Sowohl Rücksichten der Betriebs-Sicherheit, als auch um es zu ermöglichen, ein Reserve-Thor im Schutz des ersten Thors repariren und streichen, endlich auch um beim Gebrauch des Docks für Schiffe von geringerer Länge den Wasserinhalt des Docks möglichst zu verkleinern, führen dazu, mehrere Falze in kleinen Abständen anzuordnen, in der Regel zwei, seltener drei; immer aber kommt am Anfang der Dockkehle noch ein sogen. vorderer „Anschlag“ hinzu.

Dem Zwecke, gegen einseitigen Druck zu wirken, dienen wagrecht im Thorkörper angeordnete Aussteifungen aus Façoneisen, wie ebenso ausgesteifte Blechböden, welche letztere übrigens noch dem weiteren Zwecke entsprechen, Ballastwasser in das Schwimmthor einnehmen zu können. Neben den wagrechten Aussteifungen, welche als Träger gegen den, aus einer Wasserschicht von gewisser Höhe herrührenden Horizontaldruck wirken, kommen die Spanten nur als Konstruktionsglieder zweiten Ranges in Betracht, da sie auf die Aufgaben beschränkt sind, die Uebertragung des Wasserdrucks auf die wagrechten Aussteifungen — Balken — zu bewirken. Als Auflager dieser Balken sind Steven und Kiel anzusehen. Wegen der Zunahme des Wasserdrucks mit der Tiefe würde die den kleinsten Materialaufwand liefernde Querschnittsform des Schwimmthors annähernd diejenige sein, bei der eine Zunahme der Breite mit der Tiefe stattfindet. Da indessen diese Form ungünstig für die Schwimmfähigkeit des Thors ist, wird sie weniger oft angetroffen, als andere, mit Bezug hierauf günstigere, bei welchen entweder die Breite des Thors auf der ganzen Höhe gleich bleibend ist, oder bei welchen das Thor entweder in der Schwimmebene oder auch in Deckhöhe die grösste Breite hat. Das aufrechte Schwimmen des Thors wird meist durch Einbringen einer entsprechenden Menge von festem Ballast in den Kielraum erzielt. Hierzu tritt in höherer Lage ein beweglicher und wechselnder Ballast, zu dem Zwecke, um das Thor ausheben und versenken zu können. Bei der einfachsten Anordnung wird zur

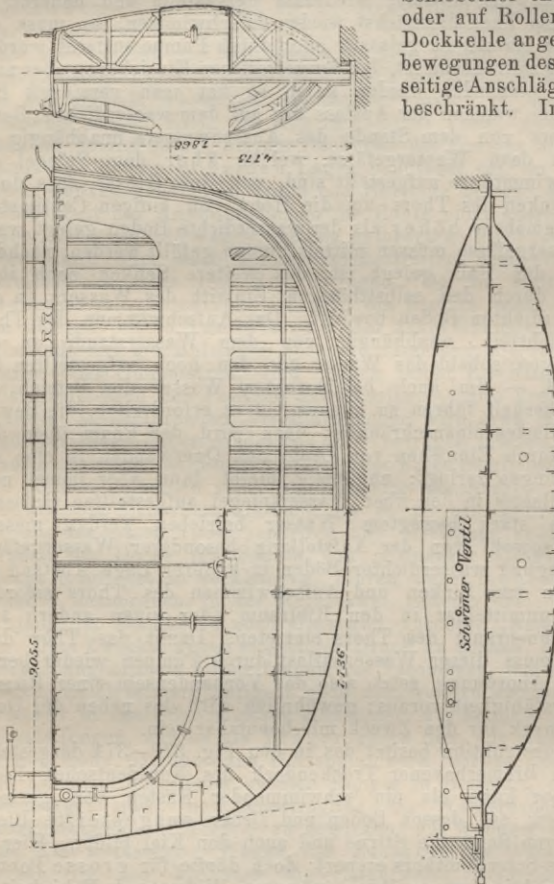
Aufnahme des Wasserballastes wenige Centimeter unter der Schwimmbene ein wasserdichter Boden eingelegt, auf den man, nachdem das Thor in den Falz gebracht, durch Oeffnen eines oder mehrerer Ventile das Aussenwasser treten lässt. In gleichem Maasse, wie der Zutritt erfolgt, senkt sich das Thor; es ist aber nöthig, die Senkung nicht weiter gehen zu lassen, als so weit, dass dasselbe noch eben in schwimmendem Zustande erhalten wird, weil durch das etwaige Aufsetzen des Kiels auf die Sohle des Falzes das feste Anlegen an die Dichtungsflächen verhindert sein würde. Nachdem dann beim Leeren des Docks der dichte Abschluss erzielt ist, kann durch Oeffnen des betr. Ventils die Verbindung mit dem Aussenwasser wiederum hergestellt und dauernd erhalten werden. Soll das Thor demnächst wieder aufschwimmen, so muss der Wasserballast entweder einfach ausgelassen oder durch Pumpe entfernt werden. Da das Auspumpen sehr zeitraubend ist, bei der getroffenen Einrichtung aber nicht immer mit Sicherheit vermieden werden kann, so hat man vereinzelt Einrichtungen getroffen, bei welchen der Auslass des auf dem wasserdichten Boden stehenden Ballastwassers von dem Stande des Aussenwassers unabhängig gemacht ist. Es dienen dazu Wassergefässe, welche über dem Spiegel des Aussenwassers im Schwimmthore aufgestellt sind, von einer Grösse, dass durch ihre Füllung ein Einsinken des Thors um die Höhe von einigen Centimetern (um welche die Schwimmbene höher als der wasserdichte Boden gelegt ward) erzielbar ist. Die Wassergefässe müssen mittels Pumpe gefüllt werden, nachdem das Schwimmthor in den Falz gelegt ist; das weitere Senken nach ihrer Füllung wird wie vor durch den selbstthätigen Eintritt des Wassers in den Raum über dem wasserdichten Boden bewirkt. Das Aufschwimmen des Thors wird wie leicht ersichtlich, unabhängig von dem Wasserstande zu den Seiten des Thors erfolgen, sobald das Wasser aus den hoch aufgestellten Gefässen abgelassen wird. — Um auch bei bewegtem Wasser den Betrieb der Schwimmthore mit Sicherheit führen zu können, ist es erforderlich, die Beweglichkeit des Wasserballastes einzuschränken; dazu wird der Raum über dem wasserdichten Boden durch Einziehen von Lang- und Querwänden in eine Anzahl kleinerer Abtheilungen zerlegt; ungünstig bleibt dann aber immer noch die hohe Lage des Ballastes in den über Wasserspiegel aufgestellten Gefässen. Bei Pontons, die in stark bewegtem Wasser betrieben werden müssen, hat man daher häufig sowohl von der Aufstellung besonderer Wassergefässe, als auch von der Einlegung wasserdichter Böden in tieferer Lage Abstand genommen und lässt den zum Sinken und Aufschwimmen des Thors erforderlichen Wasserballast unmittelbar in den Kielraum oder einen andern tief liegenden Theil vom Innenraum des Thors eintreten. Damit das Thor dann aufschwimmen kann, muss dieser Wasserballast durch Pumpen wieder heraus gehoben werden. Die Anordnung setzt also das Vorhandensein einer Pumpe von grösserer Leistungsfähigkeit voraus; gewöhnlich wird das neben der Dockkehle liegende Schöpfwerk für den Zweck mit benutzbar sein.

Eine besondere Konstruktion besitzt das in den Fig. 372—374 dargestellte Schwimmthor für das Bremerhavener Trockendock des Norddeutschen Lloyd in Bremen. Das Thor kann als ein schwimmender Kasten von geringer Höhe angesehen werden, auf dessen Boden und Decke ausgesteifte Blechwände gesetzt sind, deren Saum die Stirne und auch den Kiel bildet. Hier ist eine der Blechhäute des Schwimmthors erspart; doch dürfte für grosse Pontons die gewöhnliche Konstruktion wegen ihrer grösseren Widerstands-Fähigkeit im Vorzuge sein. Betriebsfähig dürfte ein derartiges Schwimmthor selbst in stark bewegtem Wasser sein.

Wenngleich auch durch die oben besprochenen Anordnungen der Bebalastung die Betriebsfähigkeit der Schwimmthore erheblich gesteigert ist, so reicht dies doch nicht aus, um an Stellen mit einigermaßen bewegtem Wasser den Gebrauch eines Schwimmthors als zweckmässig erscheinen zu lassen, da bei heftigeren Bewegungen des Schwimmthors sowohl Beschädigung der Anschläge, als auch solche des Schwimmthors selbst gefürchtet werden müssen. Hinzu kommt, dass durch kleine Ungenauigkeiten in der Lage des Thors der Verkehr über das Deck desselben — besonders wenn letzteres Eisenbahngleise trägt —

sehr beeinträchtigt werden kann. Diese Umstände haben in den neueren englischen Häfen zur Einführung der Schiebethore Anlass gegeben. Ihre Querschnittform ist überall die rechteckige und überall fehlen auch Steven und Kiel, da die Dichtung an dem Wandsaume selbst angebracht wird. Der Innenraum der Schiebethore ist abgesehen von den Queraussteifungen ungetheilt, er enthält unten eine entsprechende Menge festen Ballast; eine geringe Menge von Wasserballast ist wechselnd um das Thor zum Aufsetzen auf seine Unterstüztungen bezw. zum Schwimmen, zu bringen, da dasselbe nur im schwimmenden Zustande gut zu dichten vermag. Wenn mit Wasserballast beschwert ruht das Schiebethor entweder auf Gleitflächen oder auf Rollen; die in der Sohle der Dockkehle angebracht sind; die Seitenbewegungen des Thors sind durch beiderseitige Anschläge auf wenige Centimeter beschränkt. Im dienstlosen Zustande liegt das Thor in einer quer zur Dockaxe gerichteten

Fig. 372—374.



Nische, in die es durch Maschinenkraft mittels Kette ohne Ende hineingezogen wird; auf dieselbe Weise erfolgt das Vorlegen vor das offene Dock. Die erforderliche Maschinenstärke ist nicht besonders gross, weil die Ballastmenge des Thores so bemessen ist, dass dasselbe nur mit einem kleinen Theile seines Gewichts aufrucht und der bei weitem grösste Theil durch den Auftrieb aufgehoben wird. Damit die Thornische in den Dockmauern nicht ein Hinderniss für den Verkehr bilde, wird dieselbe gewöhnlich überdeckt. Da bei solcher Ueberdeckung das Deck des Schiebethors um eine gewisse Höhe

tief^r liegen muss als die Dockkrone, ordnet man, wenn jenes als Weg für Fahrzeuge benutzbar bleiben soll, eine besondere von Hebeln gestützte Fahrbahn auf demselben an, die mittels Maschinenkraft niedergelegt, bezw. aufgerichtet werden kann. — Es leuchtet ein, dass ein Schiebethor weil dessen Auftrieb nur ein sehr geringer ist auch für den Verkehr schwerer Lasten über sein Deck eine grössere Sicherheit bietet, als ein Schwimmthor dessen Gleichgewicht von mancherlei Umständen beeinflusst wird und daher viel empfindlicher als das des Schiebethors ist.

Ein Mittelding zwischen Schleusenthoren und Schiebethoren bilden drehbare Pontonthore wie sie im Hafen von Dundée sowohl als Hafens-

verschluss als auch als Trockendock-Verschluss neuerdings ausgeführt worden sind. In Form und Beballastungsgrösse stimmen diese Drehpontons mit den Schiebethoren überein; bei einem derselben wird aber die zum Oeffnen und Schliessen notwendige geringe Hebung durch Verdrängung einer gewissen Wassermenge aus einem Hohlraum des Pontons hervor gebracht. Die Drehachse besteht aus einem einfachen sogen. Durchsteck-Bolzen. Die in der Dockmauer vorhandenen eingemauerten Oesen bestehen aus Gusseisen während die am Ponton angebrachten Oesen von langen schmiedeisernen konsolartig geformten Armen getragen werden; der Bolzen gestattet die erforderlichen geringen Hebungen und Senkungen. Das Gelenk ist schwach und wohl eine sehr sorgfältige Vertheilung der Last im Ponton erforderlich um Ueberanstrengungen desselben zu vermeiden. Im ganzen stehen diese drehbaren Pontonthore den Schleusenthoren näher als den Schiebepontons, so dass man sie als eine Rückkehr zu ersteren betrachten könnte; unvortheilhaft sind sie jedenfalls mit Bezug auf die sehr grosse Länge der Dockkehle, welche sie erfordern, da diese für diejenige Seite an der das Gelenk liegt, das Doppelte von den bei gewöhnlichen Stemthoren erforderlichen erreicht, während an der anderen Seite diese Ueberlänge allerdings fehlen kann. —

Als Schwimmdocks, Schraubendocks und hydraulische Docks werden Anlagen sehr verschiedener Art bezeichnet die nur das Eine gemeinsame haben, dass sie dazu dienen, ein Schiff in senkrechtem Sinne aus dem Wasser zu heben.

Das Schwimmdock in seiner ursprünglichen, heute nur noch vereinzelt vorkommenden Ausführungsweise besteht aus einem hölzernen Bodenkasten auf den sich an den Langseiten feste Wände setzen, während die kurzen Seiten durch Stemthore oder auch Drehthore mit wagrecht liegender Achse verschliessbar sind. Durch Einlassen von Wasser wird der Dockkörper so tief versenkt, dass ein Schiff einfahren und über die Stapelung (S. 239) gebracht werden kann. Werden alsdann die Thore geschlossen und wird die Dockkammer leer gepumpt so hebt sich das Dock entsprechend und kommt das Schiff trocken zu liegen. Der Hauptmangel dieser Einrichtung besteht in der sehr erschwerten Zugänglichkeit des eingedockten Schiffs, da man zu demselben nur durch Uebersteigen der hohen Seitenwände oder der Thore gelangen kann. Dieser Mangel ist in der von Gilbert angegebenen Konstruktion das sogen. Balance-Docks beseitigt, bei welchem die Thore des alten Docks dadurch zum Fortfall gebracht sind, dass der Bodenkasten mehrere Meter hoch und die Seitenwände als Hohlkästen ausgeführt, daher zum Tragen ebenfalls geeignet sind. Das zu dockende Schiff fährt ein und wird alsdann durch Leerpumpen von Seiten- und Bodenkästen über Wasserspiegel gehoben.

Die Länge eines Balance-Docks muss zwar der Länge des Kieles vom grössten in Frage kommenden Schiffe gleich sein. Doch ist das Balance-Dock nicht immer ein einheitlicher Körper, sondern besteht oft aus zwei oder drei selbstständigen Abtheilungen, von denen eine allein ein kleineres Schiff oder selbst eine der andern Dock-Abtheilungen aufnehmen kann, während für das Docken eines grossen Schiffes zwei oder drei Abtheilungen erforderlich sind. Die Zerlegung des Docks ist sparsam und für die Erhaltung des Docks selbst, insbesondere des Bodens, nützlich, doch für das Docken grosser und schwerer Schiffe wegen der nicht völlig steifen Verbindung der Theile nicht so gut wie die Einheitlichkeit desselben; das getheilte Dock erfordert auch mehr als das einheitliche ruhiges Wasser, wogegen allerdings Reparaturen am Boden eines einheitlichen grossen Docks das Vorhandensein eines besonderen, wenn auch flachen doch sehr weiten Trockendocks oder günstiger natürlicher Verhältnisse erforderlich machen.

Jedes grössere Schwimmdock wird jetzt ähnlich wie die Fig. 375, 376 zeigen, aus Schmiedeisen und zwar sowohl im Boden als auch in den Seitenwänden mit zahlreichen wasserdichten Abtheilungen hergestellt. Boden und Seitenwände werden mit Bohlen in Stufenform bekleidet. Um die schwersten Schiffe docken zu können, kann der Auftrieb des Bodens noch um die Höhe der Drenpelwände an den beiden Enden von etwa 0,75 m vergrössert werden. Die Schöpf-

maschine liegt an einer der beiden Seiten; es laufen die Röhren aus den einzelnen Abtheilungen dort in einem gemeinsamen Pumpensumpf zusammen und sie enthalten zur beliebigen Ausschöpfung der einzelnen Zellen Schützen oder Schieber. Für das Füllen der Zellen sind Ventile und Steigrohre zum Entweichen der Luft vorhanden. Mit 4 Kolbenpumpen und einer 20 pferdigen Maschine kann man ein Dock für drei Schiffe von 2500 bis 3500 t Grösse in 2—3 Stunden ausschöpfen und heben. Grosse Docks von 120 m Länge, 30 m äussere Breite, 15 m Höhe und 90 pferd. Maschine kosten etwa 3 Millionen M.

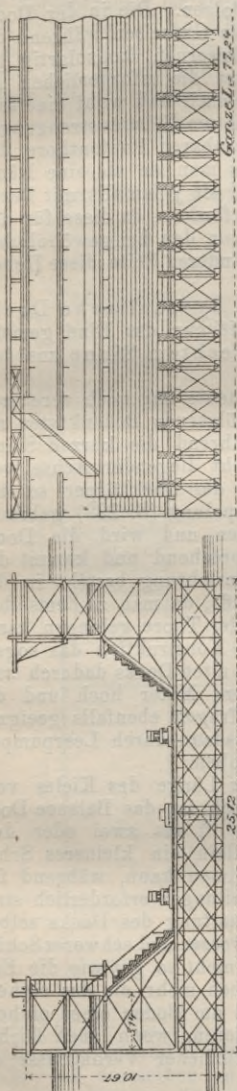
Es sind in neuerer Zeit verschiedene andere Anordnungen des Balance-Docks ausgeführt, wovon besonders die zu Nikolajeff von Clark & Standfield angewandte zu erwähnen ist. Das Dock von Nikolajeff ist in seiner Längsaxe getrennt, so dass es aus zwei selbstständigen Hälften besteht. Beide Hälften zusammen dienen zum Docken einiger, ausnahmsweise mit 36 m Breite gebauten, fast runden Panzerschiffe; während jede Hälfte für sich ein gewöhnliches Schiff heben und ausserdem von der alsdann offenen Seite aus auf das Ufer absetzen kann. Es besteht nämlich der Boden in seinen unteren Theilen aus 4 einzelnen, der Quere nach gelegten Pontons, die zwischen sich etwa 2 m breite offene Zwischenräume lassen. Am Ufer befinden sich diesen Zwischenräumen entsprechend gestellte verholte Pfahlreihen. Das zu dockende Schiff ruht mittels einer Plattform auf jenen Pontons und setzt sich, nach der Verschiebung des Docks an das Ufer, nebst jener Plattform auf die Pfahlreihen, sobald die Pontons durch Einlassen von Wasser etwas zum Sinken gebracht werden.

Bei einer von Lauria erfundenen Form trägt der Bodenkasten lang vortretende starke Querbalken, auf welchen das Schiff ruht. Wird das Dock zwischen zwei unter Wasser liegende Mauern geführt und etwas gesenkt, so legen sich die Querbalken auf jene Mauern auf. Das Schiff steht dann für die Ausführung der Reparatur bereit.

Mittels Schraubendocks und hydraulischer Docks hat man eine Hebung der Schiffe aus dem Wasser mittels aufgehängter Plattformen erreicht. In beiden Fällen hängt die Plattform zweiseitig in einfachen Reihen oder Doppelreihen von Ketten, welche entweder von Schrauben oder den Querhäuptern von Wasserdruckpressen bewegt werden. Das von Clark erfundene und in den Victoria-Docks zu London ausgeführte hydraulische Dock, Fig. 377, kann mit 32 in 2 Reihen stehenden Pressen auf einem 1440 t wiegenden Ponton ein Schiff von 4000 t Last in $\frac{1}{2}$ Stunde heben. Sämmtliche Presskolben haben zusammen 1,62 qm Fläche

und arbeiten unter einem Druck bis 400 Atm., welcher durch 12 Pumpen mittels einer 50 pferd. Maschine erzeugt wird. Die Betriebskosten sollen wesentlich billiger sein als bei andern Dockungsarten. Das auf den Querbalken ruhende und bei genügender Hebung wasserleer werdende Ponton kann mit dem Schiff von der Hebestelle fortgeführt, und in besonderen flachen Becken

Fig. 375, 376.



mit niedrigen Ufern zur beliebig langen Reparatur gestellt werden, während die Hebevorrichtung zum Heben weiterer Schiffe benutzt wird. Zu diesem Zweck ist eine Anzahl verschieden grosser Pontons vorhanden.

Im Prinzip übereinstimmend mit dem hydraulischen Dock sind die neuer-

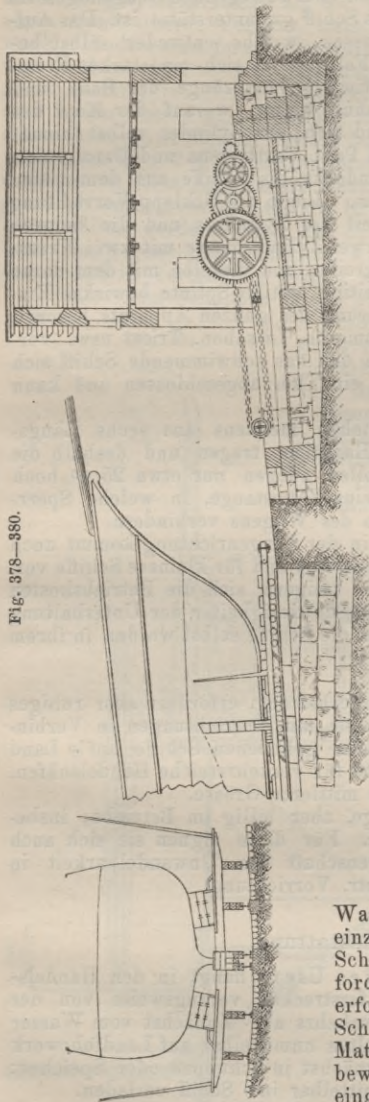


Fig. 377.

Fig. 378-380.

dings an Stelle von Schleusen ausgeführten grossen Schiffs-Hebewerke von La Louvière in Frankreich und Les Fontinettes in Belgien. Erstere Anlage vermittelt einen Höhenunterschied von zwei Haltungen im Kanal du Centre von 15,40 m, für Schiffe von 6000 Z Lade-fähigkeit. Die zur Aufnahme derselben dienende — bewegte — Kammer mit Thorabschluss an den beiden Enden hat 43 m Länge 5,8 m Weite und 2,40 m

Wassertiefe. Die Hebung geschieht mittels eines einzigen Presskolbens von 2,06 m Durchm. Für Schiffe grösserer Länge dürften zwei Kolben erforderlich sein, weil der, bei nur einem Kolben erforderliche weite Ueberstand der Träger der Schleusen-kammer zu einem unverhältnismässigen Material-Aufwande nöthigen würde. Wenn die beweglichen Schleusen-Kammern zum Entleeren eingerichtet sind und mit Stapelung versehen werden, sind sie mit den Schwimmdocks der

alten Form übereinstimmend. (Vergl. Deutsche Bauzeitg. 1888 S. 625 ff.)

Aufschlepp-Vorrichtungen dienen dazu, das Schiff vom Wasser aus unmittelbar oder mittelbar eine geneigte Ebene hinauf zu führen bis es trocken liegt. Die einfachste Art dieser Vorrichtungen kann bei kleinen Schiffen auf jedem Helling mit Hilfe von Flaschenzügen und Winden hergestellt werden

Doch ist dies Verfahren um so weniger gut für die Dichtigkeit des Schiffes, je schwerer dasselbe ist.

Um auch grössere Schiffe in unschädlicher Weise aufzuschleppen hat daher Morton die nach ihm benannte Schleppe Fig. 378—380 erfunden, auf der das Schiff zunächst auf einen, auf Eisenbahngleisen sich bewegenden Wagen gesetzt wird, welcher eine Stapelung trägt, so dass das Schiff gut unterstützt ist. Das Aufschleppen geschieht mittels Wasserdruck-Pressen, welche entweder selbst beweglich oder fest stehend sind. Im ersteren Falle stützt sich ein starker Presszylinder mit seitlichen Ansätzen gegen bestimmte Vorsprünge der Bahn und zieht den Wagen jedesmal um einen Kolbenhub weiter, worauf der Kopf des Kolbens gegen die Bahn festgelegt wird und sich der Zylinder selbst hinauf schiebt. Derartige Ausführungen sind z. B. in Pola, Carthagena und Danzig vorhanden, wo ausserdem mittels eines Schwimmdocks die Schiffe aus dem tiefen Wasser vor die Schlepfbahn geführt werden. Liegt die Schleppe-Vorrichtung fest, so werden die Wechsel in der Thätigkeit des Zylinders und die dadurch entstehenden Zeitverluste vermieden, indem zwei Zylinderpaare mit zwei Kreuzköpfen abwechselnd in die Schleppekette eingreifen und dieselbe mit dem daran hängenden Wagen heran ziehen. Das rechtzeitige, mittels Splinte bewirkte Eingreifen der Kreuzköpfe wird durch die Steuerung des ganzen Apparats besorgt. Diese Einrichtung ist z. B. in Spezia, Portsmouth, Lissabon, Triest usw. vorhanden. An letzterem Orte ist der Raum, in den das schwimmende Schiff sich vor die feste Schlepfbahn legt, noch durch ein Thor abgeschlossen und kann als Trockendock benutzt werden.

Die Wagen solcher Schlepfbahnen bestehen meistens aus sechs Längsbalken, von denen die zwei mittleren die Hauptlast tragen und deshalb die doppelte Zahl von Rollen besitzen. Die Rollen pflegen nur etwa 25 cm hoch zu sein. Zwischen den Mittelschienen liegt eine Zahnstange, in welche Sperrhaken einfallen die das etwaige Zurücklaufen des Wagens verhindern.

Ausser dem Aufschleppen von Schiffen in der Längenrichtung kommt auch Aufschleppen in der Querrichtung, freilich nur selten und für kleinere Schiffe vor.

Bei den Aufschlepp-Einrichtungen steigern sich die Betriebskosten mit der Grösse der Schiffe sehr erheblich; die Schwierigkeiten der Unterhaltung der Schlepptmaschinerie nehmen stark zu und die Schiffe selbst werden in ihrem Verbands gelockert. —

Schwimmdocks sind theurer in der Unterhaltung, erfordern aber ruhiges Wasser. Sie sind sehr leistungsfähig, wenn sie mit Vorrichtungen in Verbindung stehen, mittels deren die aus dem Wasser gehobenen Schiffe auf's Land gesetzt werden können, eignen sich daher gut für verkehrsreiche Handelshäfen, indess insbesondere doch nur für Schiffe bis mittlerer Grösse.

Feste Docks sind theuer in der Anlage, aber billig im Betriebe; insbesondere für schwere und schwerste Schiffe. Für diese eignen sie sich auch deshalb noch besonders, weil sie die Eigenschaft der Unwandelbarkeit in höherem Maasse besitzen, als jede andere betr. Vorrichtung.

b. Kais und Kai-Ausstattung.

Die Ausbildung und Ausstattung des Ufers hängt in den Handelshäfen und deren einzelnen Becken oder Uferstrecken vorzugsweise von der Gattung der Waaren und der Art des Verkehrs ab. Zunächst vom Wasser aus gerechnet geht die Waare vom Schiffe selten unmittelbar auf Landfuhrwerk oder Eisenbahnwagen über, sondern meist zunächst in Schuppen oder Speicher; umgekehrt wird öfter vom Wagen aus unmittelbar in's Schiff verladen.

Bei allen grösseren Dampfschiffen, bei denen die Waaren mit geringstem Zeitverlust aus- und einzuladen sind, pflegt am Ufer zunächst ein geräumiger Schuppen zum Entladen nothwendig zu sein, damit das im Schiff durcheinander liegende Gut (von ungetheilten Ladungen abgesehen) zunächst nach den einzelnen zusammen gehörenden Theilen gesondert, untersucht und etwa hinsichtlich seiner Verpackung, Bezeichnung abgesondert oder vervollständigt werden kann.

Soll bei rascher Entladung (durch Krahn) und bei naher Lage der Schiffe ein Ufer-Schuppen ausreichende Fläche bieten, so muss derselbe eine Breite von 20–40^m besitzen. Die Lage der Schuppen unmittelbar am Wasser ist nur noch in einzelnen Fällen zweckmässig, weil jene die Legung von Gleisen am Ufer auf einer grösseren Länge als die des Schuppens selbst verhindert und somit einen unmittelbaren Verkehr zwischen Eisenbahnwagen und Schiff unmöglich macht. Indem nun ferner die vollkommeneren Krahn bis 10^m weit ausladen und die Last eben so weit nach der entgegen gesetzten Seite herum schwingen, so ist es für ihren Betrieb fast gleichgültig, ob sie die Last vorn auf's Ufer oder weiter über 1 oder 2 Gleise fort in den Schuppen oder auf dessen Perron schwenken. Aus diesem Grunde legt man in allen grossen neueren Häfen zunächst am Ufer 2 Gleise und erst dahinter den Schuppen, an. Noch zweckmässiger ist diese Anordnung, wenn fahrbare Krahn neuerer Konstruktion angeordnet werden, welche für die Bewegung der Eisenbahnwagen kein Hinderniss bieten. Das vordere Gleis ist dann zweckmässig das Passagegleis, das am Schuppen liegende das Ladegleis, weil dieses ebensowohl mit dem Schuppen als dem Schiff in Verbindung gesetzt werden kann.

Hinter dem Schuppen folgen abermals zwei für gleiche Zwecke wie vor bestimmte Gleise und sodann eine Fahrstrasse.

Es ist stets unangenehm für beide Arten des Verkehrs, wenn Gleise in der Fahrstrasse liegen, so dass an derselben Stelle des Schuppens bald Eisenbahnwagen, bald Landfuhrwerke aus- und einladen. So weit als es irgend thunlich ist, sollte man beide Verkehrsarten trennen.

Da ein grösseres Schiff selten eine einheitliche Ladung enthält und diese auch ausserdem einer gewissen

Behandlung bedarf, so empfiehlt es sich nur selten, Speicher oder mehrstöckige Lagerhäuser unmittelbar an das Ufer zu setzen.

Eine Ausnahme hiervon machen die einer bestimmten Waarengattung dienenden Speicher, wie Getreide-Speicher, oder solche, welche einzelnen

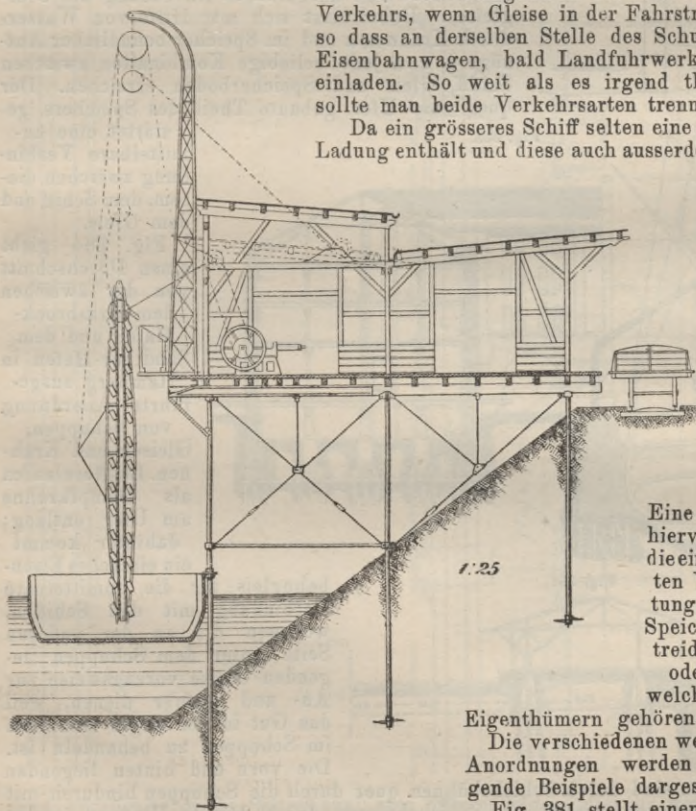
Eigentümern gehören.

Die verschiedenen wesentlichsten Anordnungen werden durch folgende Beispiele dargestellt.

Fig. 381 stellt einen im Bremer Sicherheitshafen über der Böschung

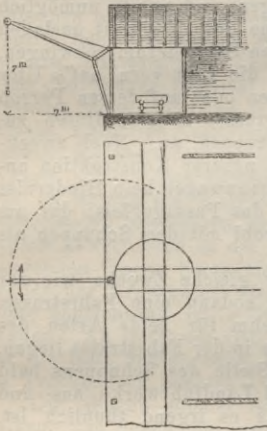
auf Schraubenpfählen errichteten Schuppen dar. Es sollte dabei eine künstliche Uferbefestigung erspart und das nächste Eisenbahngleis erst hinter dem Schuppen

Fig. 381.



angelegt werden. Die Ladung aus den Schiffen wird mit Hilfe hoher Windeböcke und Gaskraft-Maschinen gehoben und in die Luke des Schuppens geholt. An demselben Windeböck kann auch ein Kornbagger gehängt werden, wie dies in Fig. 381 angedeutet ist. Derselbe wird zeitweilig hoch gehoben und, mit seinem unteren Ende voran, in den Schuppen gezogen, um Platz für andere Lasthebungen zu machen. Das Dach dieses Schuppens ist wegen besonderer Umstände anstatt eines gewöhnlichen Satteldaches zweitheilig geformt.

Fig. 382.



In Fig. 382 ist eine in Great Grimsby ausgeführte eigenthümliche Verbindung von Schuppen und Gleis dargestellt. Je zwei quer zum Ufer gerichteten einzelnen Schuppen haben eine Wand gemeinsam und sämtliche Schuppen werden von dem vorderen Ufergleis durchschnitten. In jeden Schuppen hinein führt mittels Drehscheibe ein Quergleis. An jedem Giebel steht ein durch Wasserdruck betriebbarer Krahn.

Fig. 383 zeigt eine ähnliche für Speicher in Geestemünde ausgeführte Anordnung des Ufergleises. Dabei lässt sich mit Hilfe von Wasserdruck-Krahnen *a* und im Speicher befindlicher Aufzüge *b*, *c*, *d* jede beliebige Kombination zwischen Schiff, Gleis und Speicherboden erreichen. Der quer zum Ufer gebaute Theil des Speichers gestattet eine unmittelbare Verbindung zwischen diesem, dem Schiff und dem Gleis.

Fig. 383.

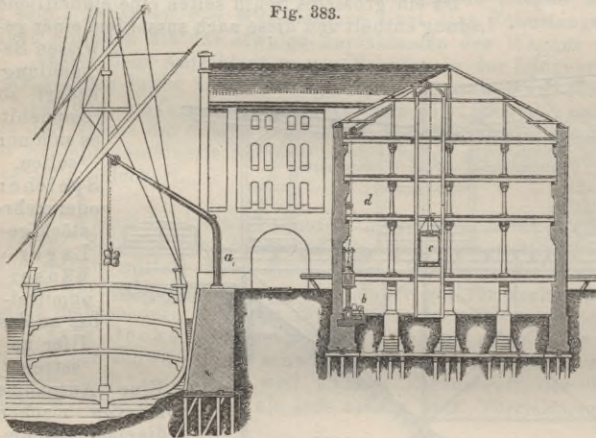


Fig. 384.

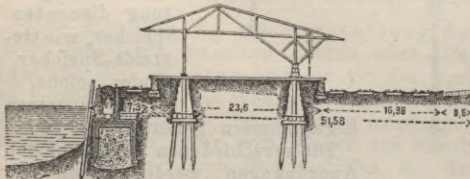
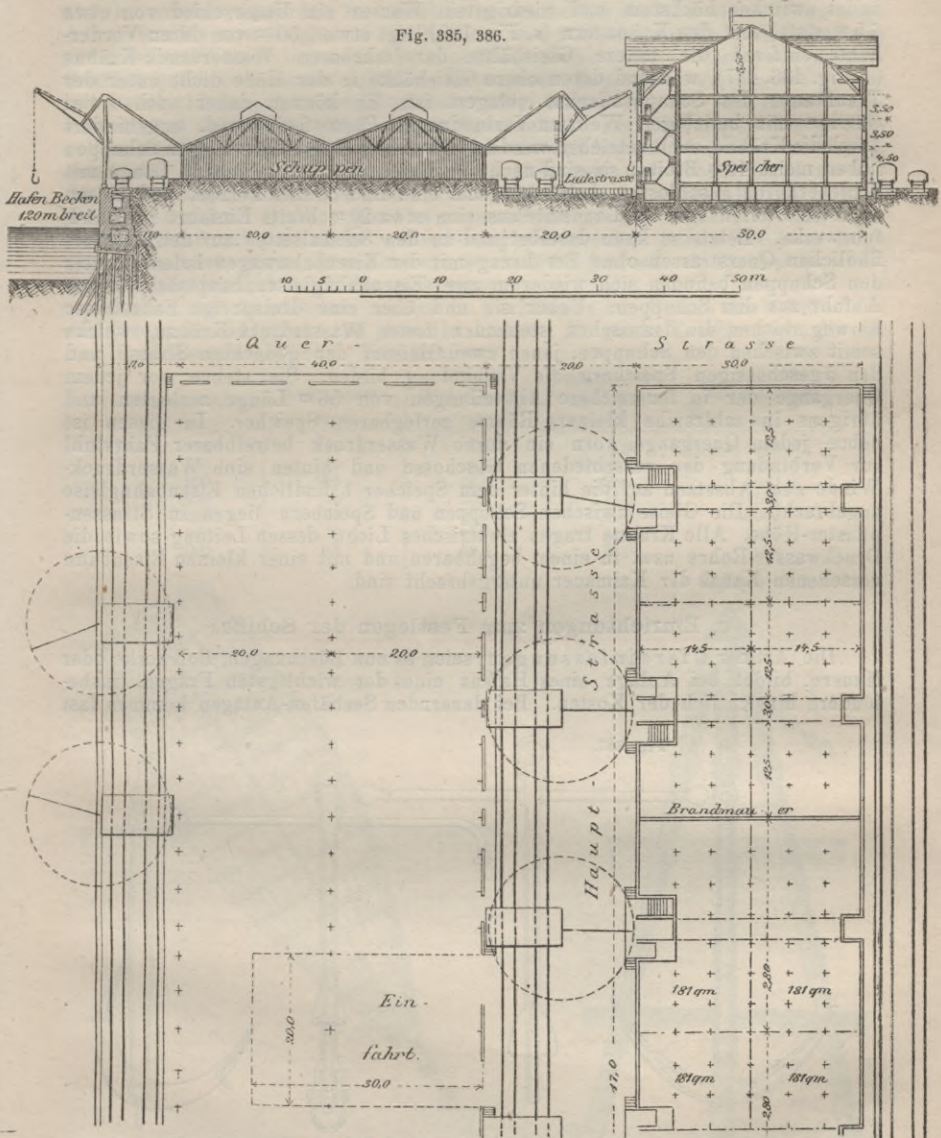


Fig. 384 giebt einen Durchschnitt von der zwischen dem Grasbrook-Hafen und dem Sandthor-Hafen in Hamburg ausgeführte Anordnung von Schuppen, Gleisen und Krahnen. Letztere laufen als Dampfkrahne am Ufer entlang; dahinter kommt ein einfaches Eisenbahngleis für die unmittelbare Verbindung mit den Schiffen, wogegen die an der anderen Seite hinter dem Schuppen liegenden Gleise vorzugsweise zur An- und Abfuhr dienen, weil das Gut in der Regel erst noch im Schuppen zu behandeln ist. Die vorn und hinten liegenden Gleisgruppen sind durch Schiebebühnen quer durch die Schuppen hindurch mit einander verbunden, wobei die Schiebebühnen durch leichte Klappen in der Höhe des Schuppenbodens überbrückt sind.

In den neueren Hafentheilen Hamburgs, zwischen Sandthorhafen und Binnenhafen (s. Fig. 330) sind auf der einen Seite statt der Schuppen mehrbodige

Speicher errichtet, welche wasserseitig unmittelbar am Ufer stehen. Dasselbe liegt jedoch nur an einem für sogen. Schuten befahrbaren Kanal, der von beiden Seiten mit Speichern besetzt ist. Der nördlich davon liegende Wasserlauf, der alte Binnenhafen und Oberhafen wird, demnächst innerhalb der Zollgrenze lie-

Fig. 385, 386.



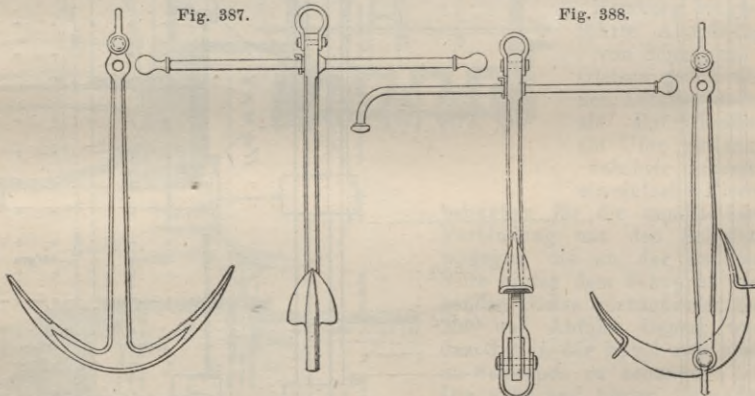
gend, vorzugsweise als Seitenkanal zum offenen Flusse dienen, welcher in der dargestellten Strecke sich innerhalb des sogen. Freihafengebiets befindet.

Als Beispiel eines neueren Hafens, in welchem ein möglichst rascher Lös- und Ladebetrieb und eine möglichst leistungsfähige Verbindung aller Betriebs-einrichtungen beabsichtigt ist, sei der in den Jahren 1885—1887 erbaute Hafen

in der Stadt Bremen¹⁾ dargestellt, welcher ausserhalb der älteren Anlagen als Freihafen dient und in Verbindung mit der Korrektion der Unterweser zur Ausführung gekommen ist. Indem der Hafen (Fig. 331) am oberen Laufe des Flusses etwa an dessen Fluthgrenze liegt, und demgemäss ein offener ist, so findet zwischen höchstem und niedrigstem Wasser ein Unterschied von etwa 6,5 m statt. Auf den Kaimauern (s. Fig. 125) liegt etwa 0,50 m von deren Vorderkante entfernt die untere Gleishälfte der fahrbaren Wasserdruck-Krähne (s. Fig. 436, 437), während deren obere Gleishälfte in der Höhe dicht unter der Traufkante des Schuppendaches gelagert ist. Es können daher auch zwei Gleise mit beliebigen Weichen-Verbindungen Platz finden und, ungehindert durch die Krähne, auch betrieben werden. Die in der Regel 170 m langen Schuppen haben meist 40 m Breite; sie sind nach der Hafenseite fast in ganzer Länge mit Schiebethüren geschlossen, haben ringsum eine Ladebühne, Perron, und an geeigneten Stellen von der Landseite aus eine etwa 20 m breite Einfahrt für Landfuhrwerke. Letzteres kann daselbst und an den Schmalseiten auf den dort befindlichen Querstrassen ohne Berührung mit den Eisenbahnwagen laden. Hinter den Schuppen befinden sich wiederum zwei Eisenbahngleise, hauptsächlich zur Abfuhr aus den Schuppen. Ueber sie und über eine dreispurige Fahrstrasse hinweg reichen die dazwischen stehenden festen Wasserdruck-Krähne, welche somit zwischen den Schuppen, jenen zwei Gleisen, der gedachten Strasse und den 5geschossigen Speichern die Verbindung bilden. Sie stehen vor jedem Quergange der in feuersichere Abtheilungen von 56 m Länge zerlegten und übrigens in zahlreiche kleinere Räume zerlegbaren Speicher. In diesen ist neben jedem Quergange vorn ein durch Wasserdruck betreibbarer Fahrstuhl zur Verbindung der verschiedenen Geschosse und hinten eine Wasserdruck-Winde zum Absetzen auf die hinter dem Speicher befindlichen Eisenbahngleise angebracht. Die Gleise zwischen Schuppen und Speichern liegen in Strassenpflaster-Höhe. Alle Krähne tragen elektrisches Licht, dessen Leitung sowie die Druckwasser-Rohre usw. in einem begehbaren und mit einer kleinen Eisenbahn versehenen Kanal der Kaimauer untergebracht sind.

c. Einrichtungen zum Festlegen der Schiffe.

Die Art der Uferereinfassungen, seien es nun Böschungen, Bollwerke oder Mauern, bildet bei Anlage eines Hafens eine der wichtigsten Fragen, insbesondere hinsichtlich der Kosten. Bei dauernden Seehäfen-Anlagen kommen fast



ausschliesslich Mauern zur Anwendung, während bei vorübergehenden Anlagen für Seeschiffe, sowie bei vielen Flusshäfen Böschungen oder leichtere Bollwerke vorwiegend sind.

¹⁾ Neuer Hafen zu Bremen. Zeitschr. d. Archit. u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1889, auch gesondert.

Die Befestigung der Schiffe geschieht auf offenem Wasser, der Rhede, durch die eigenen Anker des Schiffs, in den Häfen an besonderen Vorrichtungen. Die Anker sind gewöhnlich zweiarmig, bestehen aus einem geschmiedeten Schaft (Fig. 387 u. 388) nebst rechtwinklig durchgestecktem Ankerstock, welcher ausserdem rechtwinklig zu den beiden Armen steht. Einarmige Anker werden ausnahmsweise für Bagger- und ähnliche Schiffe gebraucht, die auf seichtem Wasser liegen und bei denen ein vortretender zweiter Arm anderen Schiffen gefährlich werden könnte. In neuerer Zeit sind verschiedene Anker mit beweglichen Armen konstruirt, wobei letztere leichter und fester in den Ankergrund eingreifen, wie z. B. die Konstruktion Fig. 388 zeigt. Einige derselben greifen mit beiden Armen zugleich ein und bedürfen keines Ankerstocks, indem der Anker wegen seiner Form sich stets mit der Ebene der Arme auf den Grund legen muss, dies findet z. B. statt bei dem Anker nach Patent Inglefield & Lenox. Endlich giebt es sogen. Schirmanker von Hut- oder Pilz-Form, welche mit dem etwas wellenförmig geschweiften Rande bei jeder Lage eingreifen, aber wegen ihrer Schwere weniger für fahrende als für fest liegende, Schiffe und für ähnliche Fälle, sich eignen.

Anker und Ankerketten müssen im Verhältniss zur Grösse des Schiffes und der besondern Ansprüche an dasselbe stehen. Folgende Tabelle giebt die für die Handelsmarine üblichen Verhältnisse.

Schiffsgrösse	Kettenstärke	Ketten- Probirgewicht	Bruchgewicht der Kette	Ankergewicht
	mm	t	t	kg
50	15	5,25	8,0	300
100	19	9,0	12,5	500
200	25	16,5	22,0	1050
300	28	20,5	27,0	1500
400	32	26,0	35,0	2000
500	35	32,0	44,0	2850
1000	44	52,0	65,0	5000

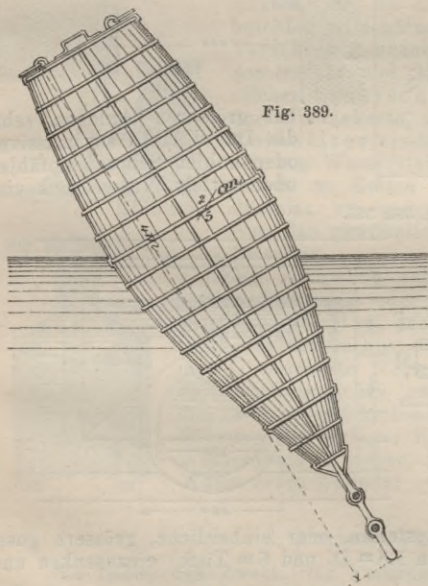


Fig. 389.

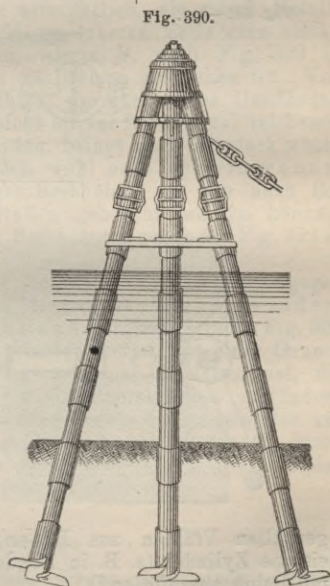


Fig. 390.

Ankerketten werden gewöhnlich in Längen von 15 Faden gefertigt und zu 90 bis 120 Faden zusammen geschäkelt.¹⁾ In bestimmten Abständen werden

¹⁾ Ein Schäkkel ist ein jederzeit lösbares Glied.

unter Umständen Wirbel eingesetzt um die sogen. Kinken (d. h. Verdrehungen) der Kette zu beseitigen. Schwere Ankerketten haben in der Mitte jedes Gliedes eine sogen. Stütze (Steg und werden darnach auch Stegketten genannt).

Wenn die Schiffe weder ankern, noch an einem festen Ufer liegen können, müssen sie mit Tauen oder Ketten an einer schwimmenden oder verankerten Tonne (Fig. 389) oder Boje oder an sogen. Duc d'Alben befestigt werden. Die Ankerboje muss in solchem Falle eine durch ihre Axe gehende Stange oder eine Kette besitzen und im Grunde durch einen grossen Stein, Betonblock oder eine Ankerschraube befestigt sein. (Vergl. in Grundbau S. 150 ff.) Ein Stein wird nöthigenfalls eingebaggert. Unter Umständen liegen mehrere Bojen an einer versenkten und nur an den beiden Enden verankerten Kette. Statt eines drehbaren Ringes haben die Bojen auch wohl einen kronenförmigen Aufsatz von mehreren fest stehenden Ringen. Senkrechte Lage der Axe und eine glatte obere Fläche erleichtern der mit einem Boote die Tauen oder Kette anbringenden Mannschaft die Arbeit der Befestigung. Kleine Ketten am oberen Rande erleichtern das Anholen des Bootes an die Boje mit Bootshaken.

Die Duc d'Alben, Fig. 390, werden meistens aus mehrern zusammen gestellten Pfählen (3—9 Stück) gebildet, welche in ihrer Mitte den senkrechten und etwas höher aufragenden Königspfehl umgeben und über Wasser durch Ketten und Gurthölzer zusammen gehalten werden. Weil aber das Holz durch Luft, Wasser, sowie den Angriff der Bootshaken sehr rasch abgenutzt wird, empfiehlt sich

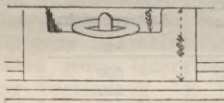


Fig. 391—393.

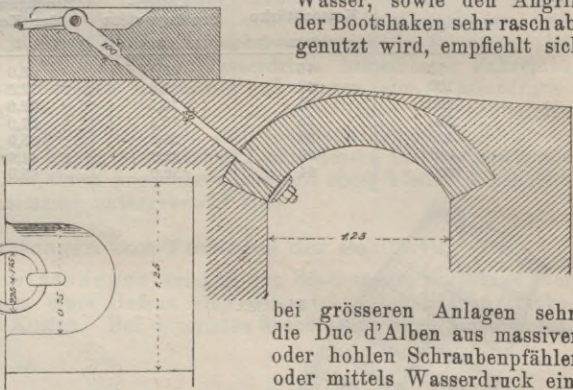
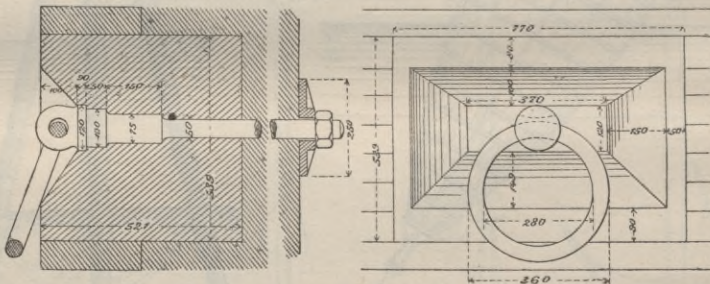


Fig. 394, 395.

bei grösseren Anlagen sehr, die Duc d'Alben aus massiven oder hohlen Schraubenpfählen oder mittels Wasserdruck ein-



gespülten Pfählen aus Eisen herzustellen, oder einheitliche, grössere guss-eiserne Zylinder (z. B. in London von 1,8 m D. und 6 m Tiefe) einzusenken und mit Beton auszufüllen.¹⁾

Für kleinere Schiffe, sowie in Flusshäfen genügen statt der Duc d'Alben einfache Holzpfähle.

¹⁾ Ueber die zweckmässigste Form und Stellung der Duc d'Alben und ihre Stellung zum Uferande vergl. u. a. Deutsche Bauzeitg. 1885, S. 349.

Zur Befestigung der Seeschiffe am Ufer selbst dienen Schiffsringe und Haltepfähle. Erstere liegen bei stark wechselndem Wasserspiegel in verschiedenen Höhen in der Uferwand, meist jedoch, und in Dockhäfen ausschliesslich, auf der Mauerkrone. Die Fig. 390 bis 395 geben zwei Arten der, z. B. in Bremen, ausgeführten Ringe, wovon die senkrecht angebrachten in je 18^m Entfernung, die anderen in je 30^m Entfernung liegen. Letztere sind vorzugsweise für die grösseren Schiffe bestimmt.

Haltepfähle, in einiger Entfernung vom Ufer stehend, werden jetzt fast stets als hohle gusseiserne Körper hergestellt und mit einem Mauerklotz verbunden, Fig. 396, 397.



Fig. 397.

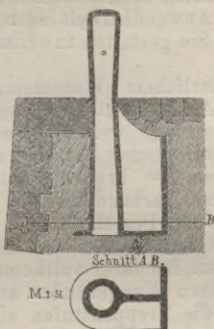


Fig. 398.

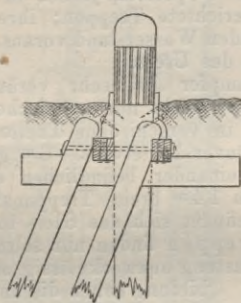


Fig. 398 stellt einen im Erdufer stehenden Haltepfahl dar. Für kleinere Schiffe und bei weichem Ufer lässt sich das Hinüberziehen des Haltepfahls dadurch bekämpfen, dass nahe unter der Oberfläche ein Querholz vorn, und in grösserer Tiefe ein solches hinter den eingegrabenen Haltepfahl gelegt und befestigt wird.

Zuweilen dienen die Haltepfähle gleichzeitig als sogen. Prellpfähle oder Reibhölzer, welche die Schiffe von der Berührung mit der Mauer abhalten sollen und in etwa 10^m Entfernung stehen müssen. Es ist alsdann erforderlich, sie durch Metallbeschlag zu schützen, und am oberen Ende eine starke Verankerung anzubringen, wie z. B. nach Fig. 399 in Amsterdam und ähnlich in Bremen geschehen ist. Vor solchen Senkrecht-Pfählen, die auch unter Umständen durch verankerte, aber nicht bis zur Sohle hinab reichende Reibhölzer ersetzt werden, bringt man bei stark wechselndem Wasserstande auch wohl noch schwimmende, jedoch an Ketten gelegte Reibhölzer an, die nach Bedürfniss zu anderen Stellen gebracht werden können. Von den gewöhnlichsten Reibhölzern geben die Fig. 121 ff. Beispiele.

Fig. 399.

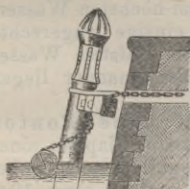
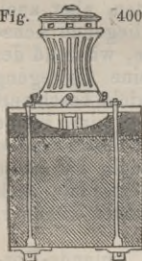


Fig. 400.



Zum Anholen schwerer Schiffe und namentlich gegen heftige Strömung oder Wind dienen stehende Winden, meist Gangspills, auch Cabstans genannt. Nach Fig. 398 trägt eine senkrechte, starke, schmiedeiserne, mit einer Grundplatte verankerte Welle eine gusseiserne Windetrommel, die durch Handspeichen gedreht wird. Sperrklinken verhindern den Rücklauf und kleine Rollen oder Kugeln dienen zuweilen zur Führung mit geringer Reibung. Diese Spille werden oft durch Wasserdruck betrieben, indem unter denselben 2 oder 3 kleine Wasserdruck-Zylinder angebracht werden.

d. Anlande-Vorrichtungen.

Sie haben den Zweck, für Personen, Vieh, Wagen usw. einen sicheren Verkehr zwischen Schiff und Ufer zu vermitteln. Grosse Anlande-Vorrichtungen sind nur dort erforderlich, wo Personen-Dampfer anlegen; für Lastschiffe werden keine besonderen Einrichtungen nothwendig, da für den Verkehr der geringen Besatzung mit dem Lande einfache Treppen und selbst Steigeleitern genügen.

Steigeleitern sind eiserne Leitern, welche in Nischen liegen. Zur Sicherheit des Besteigens ist am oberen Ende eine geeignete Handhabe erforderlich, die indess wegen etwaiger Kollision mit Schiffstauen, Kraneen nur geringe Höhe haben darf und eine abgerundete Form erhalten muss.

Bei langen Ufermauern sind feste Treppen erwünscht, die zur eigenen Sicherheit in einen Einschnitt des Ufers zu legen sind, und zwar in der Regel so, dass ihre Neigung der Uferkante parallel läuft. Alsdann wird freilich oft die Breite der Treppe durch andere Rücksichten (Gleise, Krane usw.) auf ein geringes Maass beschränkt. Je höher die Treppe, desto nothwendiger werden Absätze, etwa in 2^m Höhe und die Anbringung eines Handläufers, wenn auch nur an der Landseite. Bequemer, jedoch in Häfen selten zulässig, sind rechtwinklig zum Ufer gerichtete Treppen; ihre Anwendbarkeit setzt aber einen nahezu gleich bleibenden Wasserstand voraus. Sie gestatten zuweilen eine Ueberdeckung in der Nähe des Ufers.

Wo Personen-Dampfer bei sehr veränderlichem Wasserstande anlegen sollen, muss die Treppe nicht nur mehrfache Absätze enthalten, sondern durch grössere Plattformen in verschiedene Theile zerlegt werden. So ist z. B. an dem Anlegeplatz in Dover bei etwa 5–6^m gewöhnlicher Fluthschwankung eine Treppe mit 5 über einander befindlichen etwa 3^m breiten Plattformen vorhanden, welche durch 1,4^m breite Treppenarme verbunden sind. Neben der obersten Plattform befindet sich das Gleis für den Personenzug.

Bewegliche Treppen finden nur selten Anwendung, weil sie für grosse Häfen und starke Belastung unzuweckmässig sind. Bei ihrer vollkommensten Aus-

bildung ruhen die unteren Wangenenden auf Rollen auf einem Schiffskörper; die Treppenstufen sind an ihrer Vorder- und Hinterkante um eine Achse drehbar und an der anderen Kante durch Hängestangen mit oberem Gelenk an den zugleich als Geländer dienenden oberen Lagern aufgehängt. Eine solche Treppe, in Fig. 401 dargestellt, hat immer wagerechte Lage der Stufen, die bei dem höchsten Wasserstande nahezu eine einzige wagerechte Ebene bilden und bei tiefstem Wasser nahezu senkrecht unter einander liegen können.



Fig. 401.

Brückenklappen ohne Ponton können entweder wie die Klappen einer sogen. Wippbrücke gebildet sein, wobei der längere und freie Arm etwa 10^m weit vor das Ufer vortreten, aber auch um eine in der Uferkante liegende Achse steil gestellt werden kann, während der kürzere, hintere Arm seine Bewegung

in einer Mauernische ausführt und durch ein entsprechendes Gewicht beschwert ist. Zwischen dem Hinterrande und dem festen Ufer muss noch eine kleine Klappe zur Ausgleichung vorhanden sein. Wo nur langsame Schwankungen im Wasserspiegel vorkommen, kann die an zwei Schraubenspindeln hängende Klappe auch durch ein festes Gerüst unterstützt sein, wobei jene Spindeln nach Bedürfniss gedreht werden. Solche Klappen kommen bei Flussfähren häufiger, an der See dagegen nur selten vor.

Eine grossartige und in ihrer Art vereinzelt dastehende Anlande-Vorrichtung mit Brückenklappe ohne Ponton ist in Fig. 402, 403 dargestellt. Es ist die Vorrichtung für die Dampffähre von Egremont bei Birkenhead über den Mersey, an welchem Wasserstands-Unterschiede bis 10,76^m zu überwinden sind. Während hierzu auf der Seite von Liverpool die weiter unten zu besprechende Vorrichtung mit grossartigen Pontons dient, ist hier eine 24,38^m lange Klappe am vorderen Ende an einen Bock gehängt, von welchem aus sie mit Hilfe eines Wasserdruck-Hebewerks gehoben und gesenkt werden kann. Ihre Bewegung geht aber nur bis zur Höhe der halben Tide hinab. Eine kleine

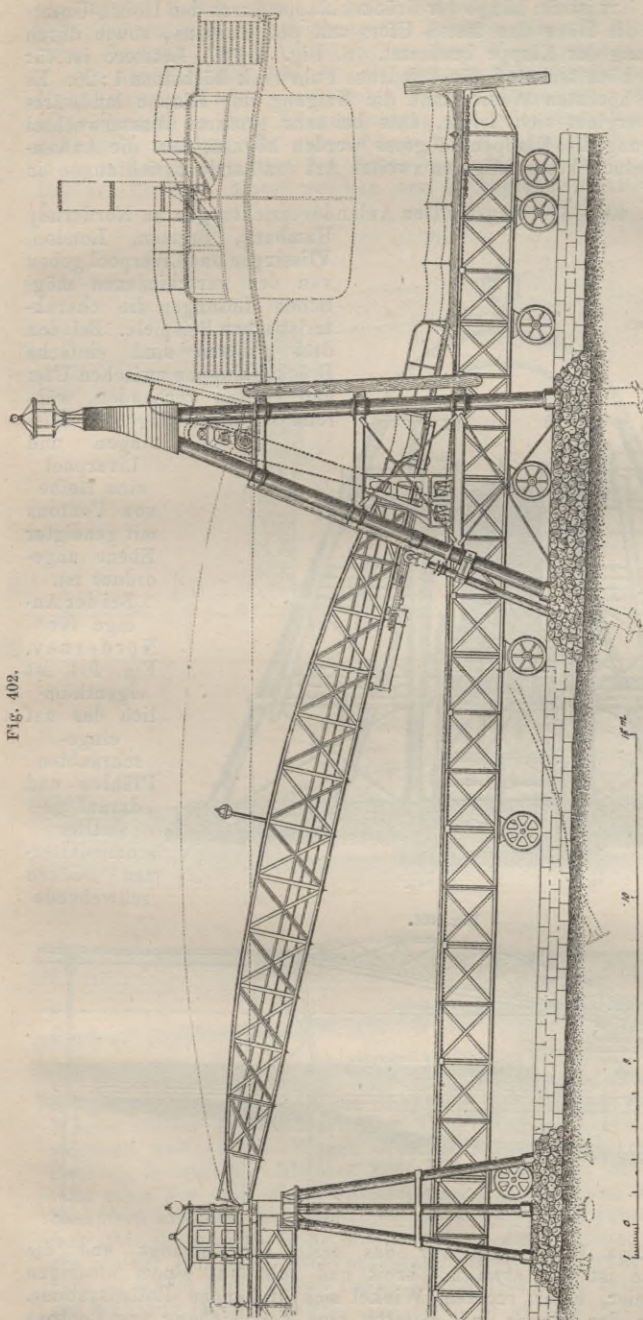


Fig. 402.

Hilfsklappe vermittelt die Verbindung zwischen Hauptklappe und, entweder dem Schiff, bei hohen Ständen, oder dem auf geneigter Ebene beweglichen Wagen bei niedrigen Ständen. Dieser 112,9 m lange Wagen läuft auf 3 Gleisen und ist oben mit einem Bohlen-Belage und vorn mit starken, auch zum Befestigen der Fährdampfer dienenden Reibhölzern ausgestattet. Er wird von der festen Brücke aus nach Bedürfniss bewegt. In der Figur ist er in seiner höchsten Lage dargestellt. Näheres s. Deutsche Bauzeitg. 1881, S. 315.

Anlandebrücken mit Ponton bilden an grösseren Flüssen und an der See die weitaus gebräuchlichsten Vorrichtungen, und zwar besonders deshalb, weil sie für jeden Wasserstand sich selbstständig einstellen. Die gewöhnlichere Art besitzt eine oben am Ufer befestigte und unten vom Ponton aus unterstützte Brückenklappe, während eine seltener vorkommende Art aus einer ganzen Reihe von hinter einander, in geringen Entfernungen liegenden Pontons besteht, welche unter sich durch kleine Brücken verbunden sind, über einer geneigten Ebene liegen und bei niedrigem Wasserstande zum grossen schwimmen.

Theil auf jener Ebene aufsitzen, bei hohem Wasser dagegen

Bei der ersteren Art ist die Länge der Brückenklappe durch den Höhen-Unterschied des Wassers die Höhe des festen Ufers und des Pontons, sowie durch die zulässige Neigung der Klappe bestimmt. (S. Fig. 404 ff.) Letztere ist für Menschen und Vieh höchstens 1:5 für beladenes Fuhrwerk höchstens 1:20. Es darf jedoch für den höchsten Wasserstand die Neigung der Klappe landwärts gerichtet sein. Es ergibt sich leicht, dass bei sehr grossem Wasserwechsel und schwacher Neigung die Klappen so gross werden können, dass die Anwendung der im allgemeinen kostspieligeren zweiten Art von Landevorrichtungen in Frage kommt.

Die in den Fig. 404—414 dargestellten Anlandevorrichtungen zu Norderney

Fig. 403.

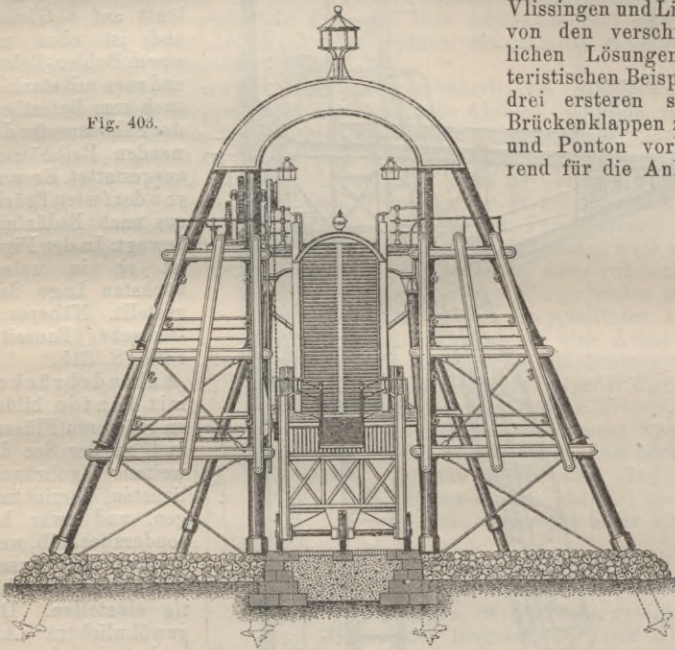
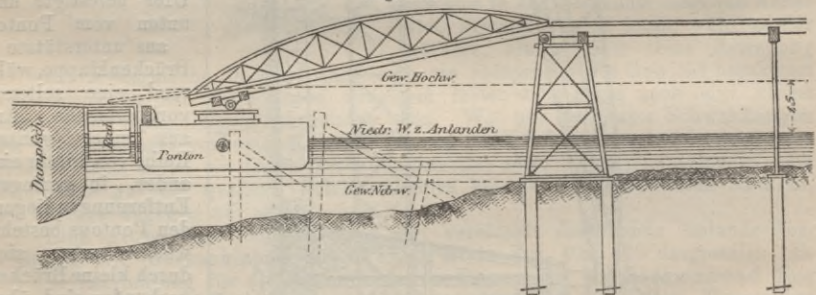


Fig. 404.



Gerüst, welches etwa 100 m weit vor das feste Ufer springt und die Klappe trägt. Diese ist nur etwa 2 m breit und ruht auf einem niedrigen Ponton mittels zweier, unter rechtem Winkel sich drehenden Rollensysteme. Das obere sitzt an der Klappe und gestattet eine Verschiebung des Pontons durch Gegenstossen des anliegenden Schiffes in der Längsrichtung der Klappe

Hamburg, Bremen, London, Vlissingen und Liverpool geben von den verschiedenen möglichen Lösungen die charakteristischen Beispiele. Bei den drei ersteren sind einfache Brückenklappen zwischen Ufer und Ponton vorhanden, während für die Anlagen zu Vlissingen und Liverpool eine Reihe von Pontons mit geneigter Ebene angeordnet ist.

Bei der Anlage für Norderney, Fig. 404, ist eigenthümlich das auf eingeschraubten Pfählen und darauf gestellten schmiedeeisernen Böcken schwebende

die unteren Rollen liegen in Form von langen Walzen zwischen zwei Platten und gestatten eine Verschiebung des Pontons quer zur Klappe. Hölzerne elastische Gerüste (Duc d'Alben) halten diese Verschiebungen in engen Grenzen.

In den Fig. 405, 406 ist die Anlande-Vorrichtung im untern Theile des Hamburger Hafens am freien Strome dargestellt. Es sind dabei 8 einzelne Pontons in ihrer Längenrichtung mit gelenkigen Verbindungen zusammen gekuppelt, so dass die ganze Länge 205 m beträgt. Die Brückenklappen von je 23 m Länge und etwa 7 m Breite verbinden die Pontons zunächst mit festen Brücken-Pfeilern, hinter welchen erst in ungleichem Abstände das feste Ufer folgt.

Fig. 405.

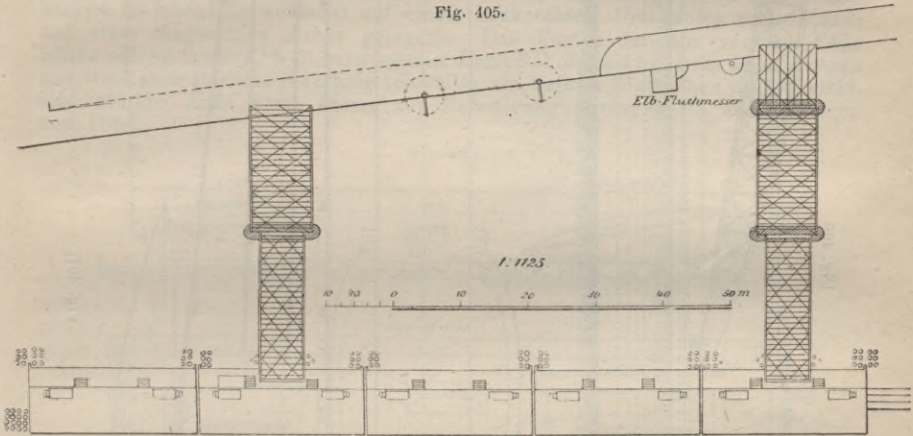
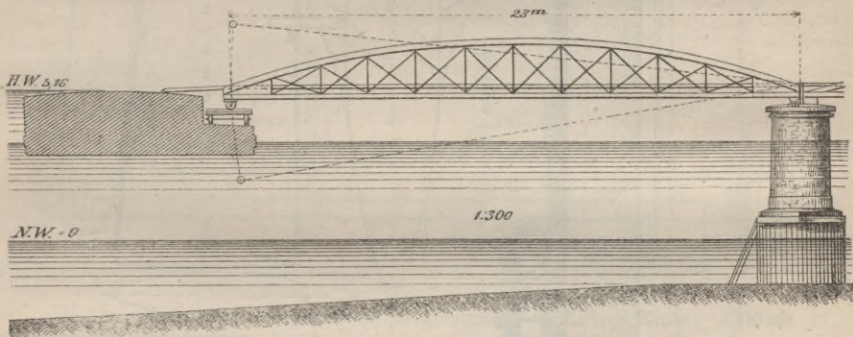


Fig. 406.



Die Klappen haben am oberen Ende feste Lager, unten zwei Rollen, welche auf einem kleinen, quer zur Richtung der Klappe auf Schienen laufenden Wagen ruhen, so dass auch hier Verschiebungen nach beiden Richtungen ermöglicht sind. Jener Wagen läuft auf dem niedrigeren, hintern Theile des Pontons, welcher für kleinere Böte usw. zugänglich ist, während die Vorderseite etwa 2 m hoch über Wasserspiegel liegt und zum Anlegen von Personen-Dampfern kleinerer Art dient. Die Brückenklappe bewahrt bei dieser Anordnung fast stets die gleiche Höhe mit dem Deck des Pontons; dennoch ist auch hier ein kleiner Hilfssteg zur Verbindung beider angeordnet. Jedes Ponton lehnt sich an einem Ende gegen starke Duc d'Alben und besitzt daselbst einen Dorn zur Führung (S. Grundriss). Die Endpontons sind mit besonders starken Duc d'Alben verbunden. Während die Pontons gewöhnlich quer zur Klappe liegen

Fig. 409

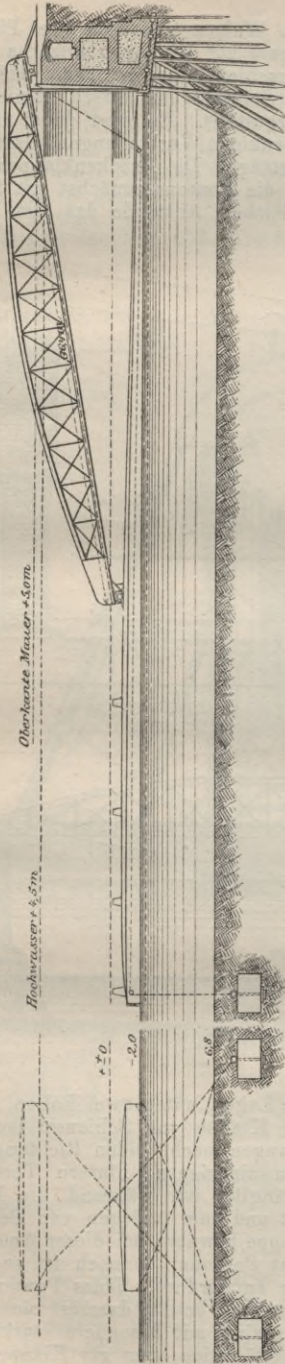


Fig. 408.

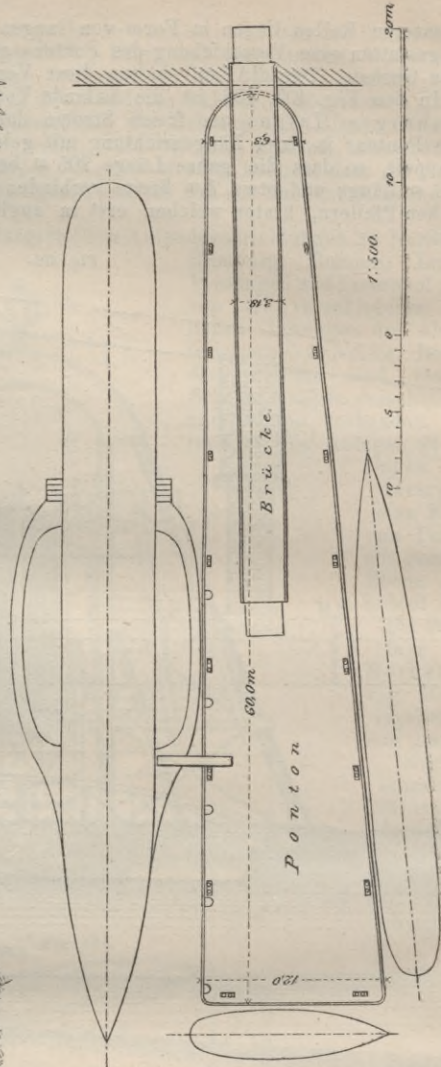
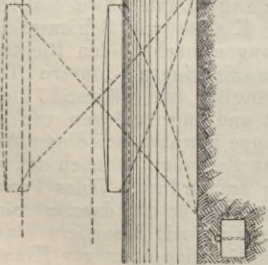


Fig. 407.

ist in der in Fig. 407, 408, 409 dargestellten Anlandevorrichtung im Freihafen zu Bremen wegen der Lage am Ende des Hafenbassins dem Ponton die gleiche Längenrichtung mit der Klappe gegeben. Es sollen dabei längere Dampfer seitwärts anlegen, während die kleineren und ununterbrochen laufenden Fährdampfer an der nur 12 m breiten Vorderseite des trapezförmigen Pontons landen und wieder abfahren, und zwar ohne dass sie zu wenden brauchen. Um das Ponton

gegen das Anstossen der Schiffe zu sichern und dabei feste Duc d'Alben zu vermeiden, welche für den Schiffsverkehr mindestens lästig sind, ist das Ponton durch verankerte Ketten fest gelegt, welche über Leitrollen bis zur Ufermauer reichen und bei dem etwa 6,5 m betragenden grössten Wasserstands-Unterschiede stets die nöthige Spannung erhalten, aber eine mässige seitliche Verschiebung gestatten. Aus diesem Grunde ist das Ponton nur in senkrechtem Sinne an der Mauer befestigt und geführt. Es befindet sich nämlich, an der Mauer eine senkrecht angebrachte Schiene, welche von einem zangenförmigen Haken, der selbst um einen senkrecht stehenden Bolzen drehbar ist, umfasst wird. Die Brückenklappe ist ebenfalls zunächst auf einem senkrechten Drehzapfen und darnach auf einer wagrechten Achse gelagert. Das Ponton ist am vordern Ende höher als am hintern, weil vorn zumeist Dampfschiffe mit höherem Deck anlegen und weil auch stärkere Belastung zeitweilig ein tieferes Eintauchen dort bewirkt. Das hintere Ende dient ausser zur Befestigung vorzugsweise zum Anlegen von Böten.

Fig. 410, 411.

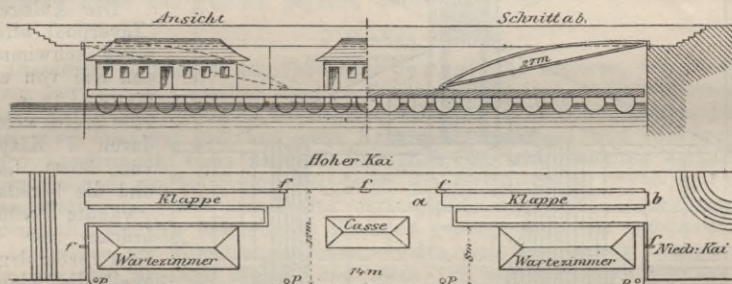
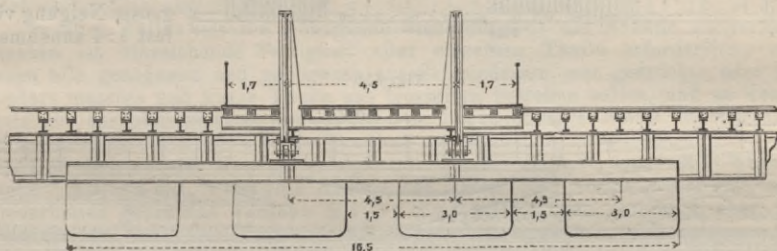


Fig. 412.

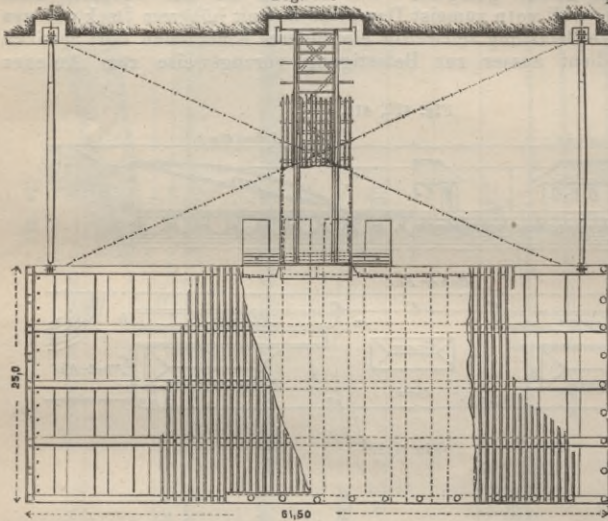


Die in Fig. 410, 411 gegebene allgemeine Anordnung einer, ähnlich in grosser Zahl vorhandenen Lande-Vorrichtung an der Themse in London zeigt, wie die zur Abfertigung grosser Menschenmengen erforderlichen Anlagen zweckmässig anzuordnen sind. Es besteht zunächst das Ponton nicht mehr aus einem einzigen grösseren Schwimmkörper, sondern aus einer grossen Zahl kleinerer Pontons, welche durch Einlassen von Wasser gesenkt und behufs der Reparatur unter der verbindenden Plattform hervor gezogen werden können. Die schwimmende Plattform trägt die Baulichkeiten zu 2 Warteräumen und zwar getrennt für die in Zeitabständen von fünf Minuten von beiden Seiten kommenden sogen. Omnibus-Dampfer. Die zwei Brückenklappen liegen je in einem Mauerwerks-Schlitz und sind zugänglich durch etwa 2 m hohe, feste Treppen. Die Plattform wird an drei Stellen an dem nischenförmigen Mauerwerk geführt und zwar ähnlich wie im vorbeschriebenen Beispiel. (Wo bei anderen Anlande-Vorrichtungen eine solche Nische fehlt, wird die mit wagrecht liegendem Dorn versehene Plattform durch Duc d'Alben gesichert und geführt.) An der Vorder-

kante dieser Plattform, befinden sich Poller zum Festlegen der Dampfer. Leichte aushakbare Stangen bilden das Geländer.

Besonders grossartige Ponton-Landevorrichtungen, welche auch wohl schwimmende Kais genannt werden, befinden sich in Vlissingen und in Liverpool. Die erstgenannte Anlage, welche der älteren in Liverpool nachgebildet ist, besteht nach Fig. 412, 413 aus 16, einzelnen durch Längsträger zusammen gekuppelten, 23 m bzw. 30 m langen Pontons, von denen die 4 längeren zum Auflager der 26 m langen Klappen dienen. Die Längsträger sind wieder durch Querträger und diese mit Bohlenbelag überdeckt. Bemerkenswerth ist, wie das Ponton durch Spreizen und Ketten gegen das Ufer so fest gelegt ist,

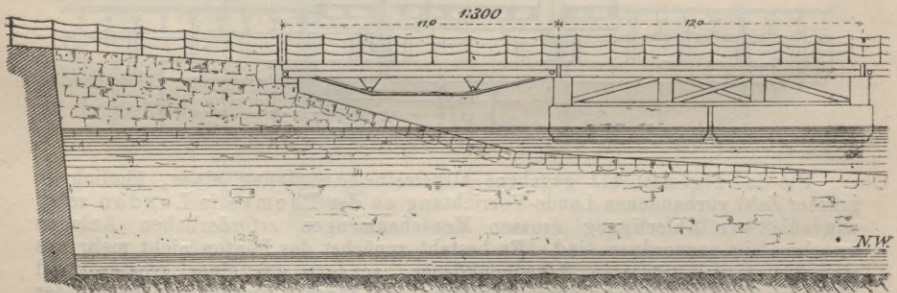
Fig. 413.



dass nur eine Bewegung der Höhe nach möglich bleibt. Näheres s. Deutsche Bauzeitg. 1878, S. 294.

Die Anlage in Liverpool bildet einen schwimmenden Kai von etwa 600 m Länge und 25 m Breite, welcher durch 7 Klappen von 35 m Länge und die bereits erwähnte Pontonbrücke mit dem Ufer verbunden ist. Weil die Klappen beim tiefsten Wasserstande des Mersey die sehr grosse Neigung von fast 1:4 annehmen.

Fig. 414.



so ist in Liverpool (wie gleicherweise in Birkenhead) für Fuhrwerk nachträglich eine etwa 170 m lange Pontonbrücke mit einer stärksten Neigung von 1:20 angelegt worden. Diese Brücke, wovon Fig. 414 den oberen Theil zeigt, besteht aus 7, je 12 m langen Pontonjochen aus je 8 Pontons gebildet und dazwischen schwebenden 11 m langen Brückenbahnen. Die 8 Pontons eines Joches sind in der Längsrichtung zu je 2 hinter und in der Querrichtung zu je 4 neben einander gekuppelt. Die schwebenden Brückentheile hängen mit Gelenkhaken auf Achsen an der Kante der die Pontons verbindenden Querkörper.

Jedes einzelne Joch kann sich auf die mit 1:20 geneigte, aus Mauerwerk hergestellte Ebene aufsetzen, so dass nur der unterhalb desselben befindliche Theil der ganzen Brücke nachschwimmt. Die Brückenbahn wird aus 2 Fahrbahnen mit eisernen Radspuren und 2 daneben liegenden Fusswegen gebildet. Näheres in Zeitschr. f. Bauw. 1863 und Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. z. Hannover, Bd. II sowie Jahrgang 1882.

Auf einer zu Seacombe am Mersey später ausgeführten Lande-Vorrichtung sind zwei Wasserdruck-Aufzüge am Rande des Ponton-Flosses angeordnet, mittels deren auch beladene Eisenbahnwagen auf dasselbe abgesetzt werden können.

d. Vorrichtungen zum Ent- und Beladen der Schiffe.

Bei der grossen Mannigfaltigkeit der betr. Vorrichtungen, welche in Bezug auf ihre wesentlichen Theile dem Gebiet des Maschinenbaues angehören, soll hier nur eine kurze übersichtliche Zusammenstellung der gebräuchlichen und wichtigern Arten und Formen gegeben werden.

a. Krahne.

Dieselben sind entweder fest oder beweglich: ersteres, wenn bei geringem Verkehr an einzelnen Punkt-n Krahne nöthig sind, wenn ein besonders grosser Krahn nur für selten vorkommende Lasten (z. B. Schiffsmasten, Dampfkessel usw.) bestimmt ist, und wenn Krahne an Speichern und sonstigen Gebäuden anzubringen sind; dagegen beweglich, wo ein lebhafter Verkehr zu bewältigen und wo bei Seeschiffen durch die verschiedenen Luken des Decks (deren Entfernung sehr wechselnd ist) gleichzeitig geladen oder entladen werden soll. Zu den beweglichen Krahnern gehören auch die schwimmenden.

Im Wesen der Konstruktion unterscheiden sich die Krahne besonders dadurch, ob ihre Ausleger drehbar und zwar voll um 360°, oder nur um etwa 180° bis 270°, dabei in der Grösse der Auslage gleichbleibend oder veränderlich oder ob ihre Ausleger ganz unbeweglich (wie bei den gewöhnlichen Masten-krahnern), also nur zum Heben und Senken, oder daneben etwa zum Vor- und Rückwärtsneigen eingerichtet sind.

In allen Fällen ist für genügende Standfähigkeit der Krahne zu sorgen; daneben ist hinreichende Festigkeit aller einzelnen Theile erforderlich, von denen alle gezogenen und gebogenen aus Schmiedeseisen, nur gedrückte oder besonders massige und kurze Theile aus Gusseisen bestehen sollen, und zu denen Holz nur ausnahmsweise zu verwenden ist. Wegen etwaiger Stösse, Rosten usw. ist mindestens die 3 bis 4 fache gewöhnliche Sicherheit zu erfordern.

Der Betrieb der Krahne erfolgt mit Hand-, Dampf-, Gas- und Wasserdruck. Mit Hand, wenn die Krahne nur selten oder vorzugsweise nur zum Niederlassen gebraucht werden; mit Dampf bei häufigem Gebrauch aber für eine geringe Zahl von Krahnern; mit Wasser (anfangs in der Regel nur bei festen Krahnern) wenn eine grössere Anzahl derselben mittels einer Rohrleitung von einem Punkte aus mit Druckwasser versehen werden kann, endlich mit Gas, wo dieses billig zu haben und feste Krahne genügen.

Die richtige Wahl der Betriebskraft ist fast in jedem Fall eine schwierige und nur aufgrund vergleichender Berechnungen zu lösende Aufgabe. Es kommen dabei zunächst alle örtlichen Umstände in Betracht, wobei namentlich die Art, Grösse und Entwicklung des Verkehrs zu berücksichtigen sind. Um in der Berechnung auch die Zukunft zur Geltung zu bringen, scheint es zweckmässig, sowohl für die anfängliche Beschränkung der fraglichen Anlage, als auch für die zu erwartende grösste Ausdehnung die einzelnen Faktoren fest zu stellen. Dabei ist es jedoch zulässig, nur die ausschlaggebenden in Rechnung zu ziehen, untergeordnete, oder nahezu gleich bleibende aber wegzulassen. Massgebend sind die Anschaffungs-Kosten, die Verzinsungs-, Unterhaltungs- und Tilgungskosten, sodann der Verbrauch an Kohlen usw.

Nachstehendes Beispiel enthält die wesentlichen, bei der Wahl der Betriebskraft im neuen Freihafen zu Bremen in Betracht gezogenen Zahlenwerthe

Für die in grösster Ausdehnung, freilich ohne Rücksicht auf Kohlensturze, Drehscheiben und stehende Winden (Spille oder Cabstans) gedachten Anlagen wurden im ganzen 44 fahrbare Uferkrahne und 56 feste Speicherkrahne dagegen für den Anfang nur 36 Uferkrahne und 16 feste Krahne, alle von durchschnittlich 1500 kg Tragkraft als Bedarf angenommen. Für die fahrbaren Uferkrahne kam nur Dampf- und Wasserdruck-Betrieb, für die festen Krahne aber letzterer und Gasbetrieb zur Vergleichung. Gasbetrieb erschien hier aufgrund längerer Erfahrung besonders vorthellhaft und wegen Vermeidung der Feuergefährdung ähnlich erwünscht wie Wasserdruck-Betrieb. Für die zahlreichen Uferkrahne musste im Falle des Dampfbetriebes eine besondere Reparatur-Werkstätte für die vielen Kessel und Einzelmaschinen vorgesehen werden, deren Kosten nach einer überschläglichen Ermittlung denjenigen der Zentralstation einer Wasserdruck-Anlage gleich gerechnet wurde, indess ohne deren Maschinen-Ausstattung. Für die Berechnung der letzteren war angenommen, dass jeder Krahn täglich 400 Hübe von 7 m Höhe mache und bei der erwähnten Belastung von 1500 kg 0,04 cbm Wasser von 50 Atm. Druck für das Heben und 0,005 cbm für das Drehen, zusammen also 0,045 cbm für jeden Hub oder bei 10 stündiger Arbeit $\frac{400}{60 \cdot 10} \cdot 0,045 = 0,03$ cbm in 1 Minute verbräuche. Demnach würde die Maschine

für 100 Krahne 3 cbm in 1 Minute liefern oder $\frac{3 \cdot 1000 \cdot 50 \cdot 10}{60 \cdot 75} = 333,3$ Pfdkr.

stark sein müssen. Für diese Maschine aus zwei völlig gleichen und selbstständigen Theilen bestehend, nebst Kesseln und Akkumulatoren ist je rund 200,000 M. und für das zugehörige Rohrnetz von 6000 m Länge nebst allem Zubehör 250 000 M. veranschlagt, d. h. für die allgemeinen Kosten der Druckwasser-Anlage 450 000 M., oder für 1 Krahn 4500 M. Es sind ferner für jeden Uferkrahn besonders 6000 und für jeden Speicherkrahn 5000 M. auf Herstellung des Einzelapparates gerechnet, so dass auf dieselben im ganzen 10 500 und 9500 M. Kosten bei der angenommenen grössten Ausdehnung der Anlage entfallen.

Für die beschränkte Ausdehnung waren dagegen in ähnlicher Weise nur 312 000 M. allgemeine Kosten gerechnet, welche auf nur 52 Krahne vertheilt 6000 M. für jeden Krahn ergaben, mithin im ganzen für jeden Uferkrahn 12 000 und für jeden Speicherkrahn 11 000 M.

Den Wasserdruck-Krahnen wurden fahrbare Ufer-Dampfkrahne zu je 12 000 M. und feste Gaskrahne in den Speichern zu je 6000 M. Anschaffungskosten gegenüber gestellt.

Zur Ermittlung der dauernden ausschlaggebenden Kosten wurden sodann die Wartungskosten überall gleich gerechnet, — zweifellos zu gunsten der Dampfkrahne, welche in der Wartung theurer als Wasserdruck-Krahne sind, — sodann die Zinsen und Tilgungskosten für Wasserdruck-Krahne zu 8%, Dampfkrahne zu 10% und Gaskrahne zu 10% angenommen, da erstere Art wesentlich einfacher und derber ist als letztere beiden Arten. — Zu den angeführten Kosten sind noch die ausschlaggebenden Betriebskosten hinzu zu setzen. Bei den Uferkrahnen sind 300 Arbeitstage mit nur 200 Hüben, oder nur 150 Tage mit je 400 Hüben und für den Speicherkrahn 300 Tage mit nur 50 Hüben, oder 37½ Tage mit 400 Hüben der Rechnung zugrunde gelegt, indem schon hierbei ein klares Ergebniss erzielt wurde.

Für je 1000 Hübe der verschiedenen Krahne sind berechnet:

bei den Dampfkrahnen 600 kg Kohlen à 1,5 Pf. = 9,00 M.

bei den Wasserdruck-Krahnen 45 cbm Wasser von 50 Atm.

Druck, 1 cbm = 4 kg Kohlen à 1,5 Pf. = 2,70 "

bei den Gaskrahnen 135 cbm Gas à 16 Pf. = 21,06 "

Demnach ergeben sich unter Annahme der nur beschränkten Ausdehnung des Hafens an jährlichen Hauptkosten:

für die Uferkrahne:

1. für 1 Dampfkrahn, 10% Zinsen und Tilgung v. 12000 M. = 1200 M.

60000 Hübe, 1000 zu 9 M. = 540 "

im ganzen 1740 M.

2. für 1 Wasserdruck-Krahn, 8% Zinsen und Tilgung von		
12 000 <i>M.</i>	=	960 <i>M.</i>
60 000 Hübe, 1000 zu 2,70 <i>M.</i>	=	162 "
	im ganzen	1122 <i>M.</i>

für die Speicherkrahn:

1. für den Gaskrahn, 10% Zinsen und Tilgung v. 6000 <i>M.</i> =	600 <i>M.</i>
15 000 Hübe, 1000 zu 21,06 <i>M.</i>	= 324 "
	im ganzen 924 <i>M.</i>

2. für den Wasserdruck-Krahn, 8% Zinsen und Tilgung von	
11 000 <i>M.</i>	= 880 <i>M.</i>
15 000 Hübe, 1000 zu 2,70 <i>M.</i>	= 40,05 "
	im ganzen 920,05 <i>M.</i>

Diese zwar nicht genaue, aber zur Vergleichung ausreichende Rechnung zeigt, dass bei zunehmendem Verkehr die Einrichtung des Wasserdruck-Betriebes vortheilhafter wird, als bei den der Rechnung zugrunde gelegten Annahmen eines beschränkten Verkehrs und namentlich dann, wenn ausser den Krahnern noch Drehscheiben, Spille und Kohlensturze mit Wasserdruck betrieben werden. —

In der nachstehenden Beschreibung der wichtigern Arten und Formen der Krahn sollen die einfacheren und älteren in der Regel den mehr verwickelteren neueren voran gestellt werden; dabei soll jedoch bald die Betriebsart, bald die Konstruktion oder der Zweck die Reihenfolge in der Besprechung bestimmen.

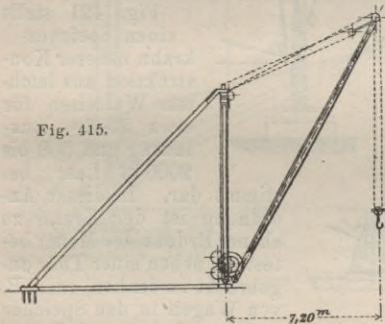


Fig. 415.

In Fig. 415 sind das wagrechte Holz und die Strebe doppelt zu denken und kann die in einer Pfanne drehbare Krahnssäule nebst dem Ausleger einen Drehwinkel von etwa 270° beschreiben. Durch Flaschenzug kann der Ausleger in seiner Ladeweite veränderlich gemacht werden. Die Ausführung ist vielfach in Holz üblich und wird daher oft für vorüber gehende Zwecke verwendet.

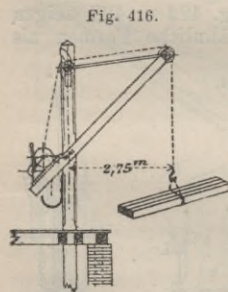


Fig. 416.

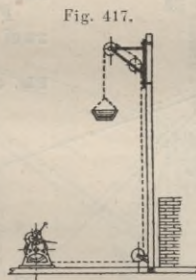


Fig. 417.

Fig. 416 zeigt einen besonders bei Bauten als sogen. Richtbaum üblichen Krahn, ebenfalls in Holz auszuführen. Die Säule dreht sich in einem Halslager und hat unten ein Spurlager. Auslegerweite und Last sind nur mässig, letztere etwa 600 kg. Statt des bei ähnlicher Anordnung sonst wohl üblichen Flaschenzuges mit Pferdebetrieb, — der viel freien Platz erfordert — ist hier eine Stauffer-Megy'sche Sicherheits-Winde benutzt, wodurch bequemer und sicherer Handbetrieb möglich wird.

Fig. 417 zeigt eine ebenfalls bei Bauten zum Fördern von Material zweckmässige Anordnung, bei der an einem festen Baum ein kleiner eiserner Schwenkkrahn angebracht ist, welcher nach Bedürfniss erhöht werden kann.

Fig. 418—420 zeigen zwei Formen von festen Drehkrahn, wie sie auf Baustellen öfter gebraucht werden. Bei beiden wird das obere Halslager der Krahnssäule durch Drahtseile oder Taue gehalten. In Fig. 418 ist angegeben, wie mit einer grösseren Anzahl dieser Krahn eine gewisse Grundfläche beherrscht wird. Bei Fig. 420 behält das Krahnreieck seine Form dauernd, während die

Last durch 2 Flaschenzug-Seile und deren Winden gesenkt oder gehoben, bezw. der Säule genähert oder von ihr entfernt werden kann. Bei Fig. 419 bringt das von links zum Flaschenzug gehende Seil die Last zum Steigen oder Sinken, wogegen das von rechts über eine Rolle am Kopfe des Auslegers gehende und die Achse der oberen (mit Laufrollen versehenen) Flasche erfassende Seil, in Verbindung mit dem erstern, die wagrechte Bewegung der Last hervor bringt.

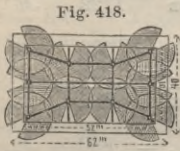


Fig. 418.

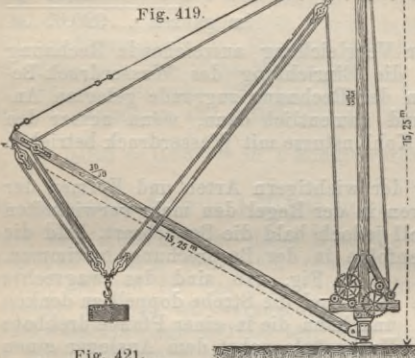


Fig. 419.

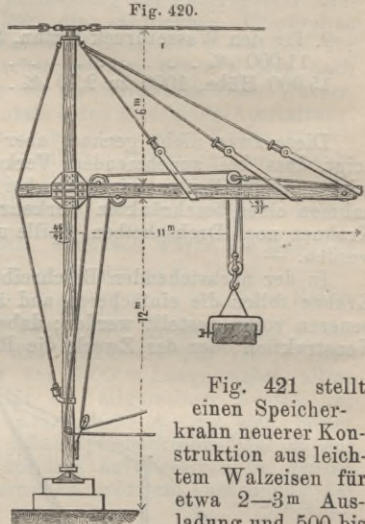


Fig. 420.

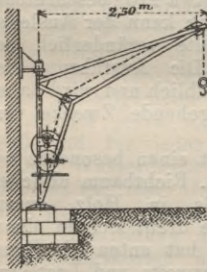


Fig. 421.

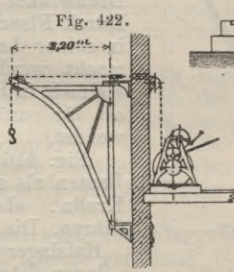


Fig. 422.

Fig. 421 stellt einen Speicherkrahn neuerer Konstruktion aus leichtem Walzeisen für etwa 2—3m Ausladung und 500 bis 2000 kg Last bestimmt dar. In dieser Anordnung ist der Krahn zu ebener Erde an der Mauer befestigt, neben einer Thür angebracht zu denken, um z. B. von Wagen in den Speicher und umgekehrt zu laden.

Fig. 422 u. 423 zeigen zwei ähnliche Formen als

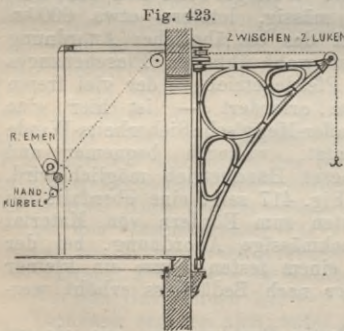


Fig. 423.

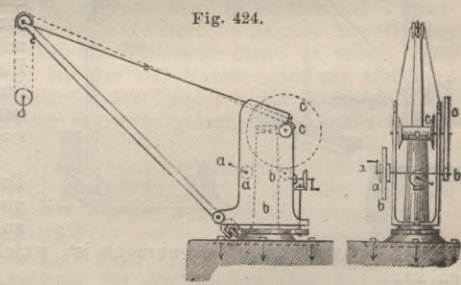


Fig. 424.

sogen. Wandkrahn, aber in der Höhe eines obren Bodens angebracht. Ausser dem Handbetrieb mittels einer gewöhnlichen Winde nach Fig. 422, welche am besten unmittelbar neben der Mauer steht, ist in Fig. 423 ein Betrieb mittels einer oben durch den Speicher gehenden Transmissions-Welle aus mit Riemen angedeutet.

Fig. 424 u. 425 stellen feste Uferkrahne für Handbetrieb aus Guss- und Schmiedeisen dar, in dieser Form für Lasten von 1000 bis 10 000 kg üblich, voll drehbar, bei niedrigem Ufer auch auf einen kegelförmigen Unterbau zu setzen, um alsdann bequem grosse Lasten in Eisenbahnwagen zu heben.

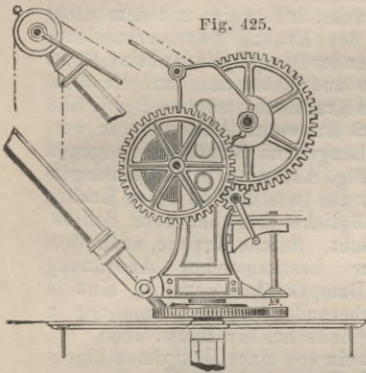


Fig. 425.

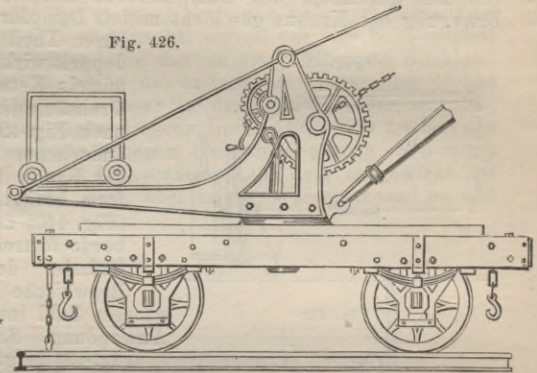


Fig. 426.

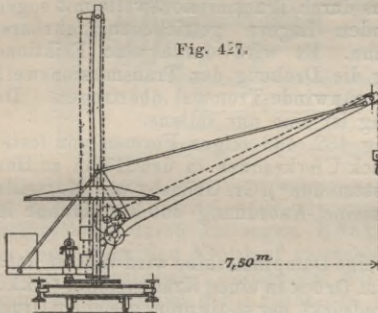


Fig. 427.

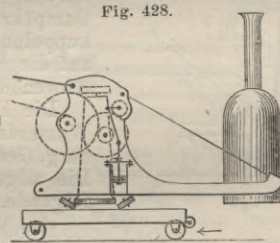


Fig. 428.

Fig. 426 stellt einen ähnlichen Krahn dar, auf dessen, dem Ausleger entgegen gesetzten Ende ein Gegengewicht mit, der Lastlage entsprechender Verschieb-

barkeit angebracht ist.

Fig. 427 ist ein fahrbarer Handkrahn neuerer Form (Weserbahnhof Bremen, System Neukirch), welcher mit besonderem Vortheil zum Absetzen der Lasten (bis 1500 kg) in Schiffe dient. Zur Zeiterparniss läuft die Kette sofort nach Lösung der Last selbstthätig wieder zurück, indem ein Gegengewicht vorher durch die sinkende Last gehoben worden ist. Eine kräftige Bremse dient als Sicherungsmittel beim Sinken der Last.

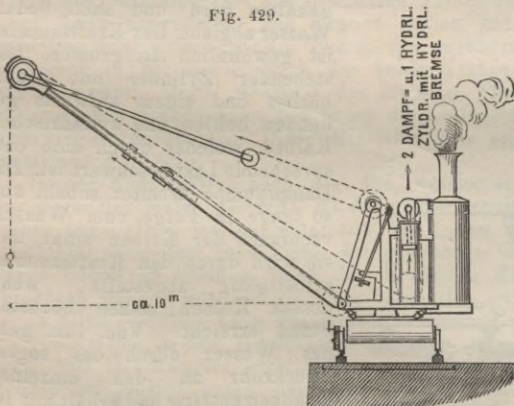


Fig. 429.

Fig. 428 zeigt einen gewöhnlichen fahrbaren Krahn mit Dampftrieb, wobei der einfache Dampfzylinder mittels Lenkstange eine Winde treibt.

Fig. 429 und 430 geben die üblichen neueren Formen von fahrbaren Dampfkrähen, gewöhnlich für etwa 1500, jedoch auch bis etwa 5000 kg Hebekraft. Zwei durch ein gemeinschaftliches Querhaupt verbundene Dampfzylinder schieben die lose Flasche eines 3scheibigen Flaschenzugs

in die Höhe, wodurch die Last am freien Ende der Kette um das Sechsfache des Kolbenweges gehoben wird. Gegen Eintritt zu grosser Geschwindigkeit, sowie zum Bremsen dient ein zwischen den beiden Dampfzylindern eingeschalteter Wasserdruck-Zylinder mit Scheibenkolben, dessen Kolbenstange mit dem Querhaupt des Dampfkolbens fest verbunden ist. Auch die Drehbewegung des Krahns geschieht mittels Dampfdrucks, indem ein, mit dem drehbaren Theil des Krahns fest verbundener doppelt wirkender Dampfzylinder seine Kraft mittels Kette und Kettennuss auf die feste Drehsäule des Krahns überträgt. — Der Krahn nach Fig. 429 hat einen Ausleger von veränderlicher Länge und Kopfhöhe, wogegen der Krahn Fig. 430 eine solche Auslegerform besitzt, die (wie die Fairbairn-Krahne (Fig. 440) möglichst frei über hohe Schiffsborde fortreicht. Solche Krahne, nach dem Erfinder der bestimmenden Anordnung

Fig. 430.

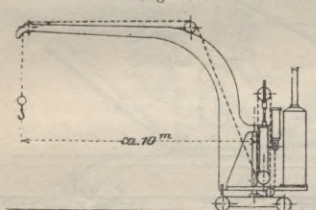


Fig. 431.

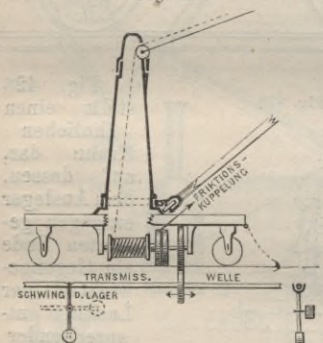
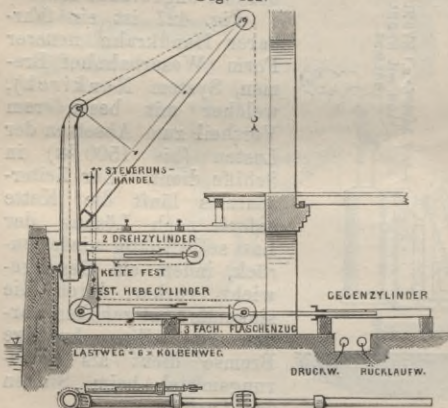


Fig. 432.



wohl zu dem Hub- als dem Drehzylinder führt. Der jeweiligen Öffnung der Schieber entsprechend bewegen sich die Kolben, bezw. die Last- und die Kraftsammler rasch oder langsam. Die Kolbenstange des Hebezylinders trägt, an einem

Brown'sche Dampfkrähne genannt, sind in grosser Zahl insbesondere auch in Hamburg in Anwendung. S. Zeitschr. für Bauw. 1868.

Fig. 431 zeigt ein von einer Dampfmaschinen-Anlage aus durch Transmissionswelle mit sogenannten schwingenden Lagern getriebenen fahrbaren Dampfkrahn. Es wird durch eine Friktionskuppelung die Drehung der Transmissionswelle auf die Krahnwinde-Trommel übertragen. Die Anwendung ist eine nur seltene.

Die Fig. 432, 433 zeigen Formen von festen Wasserdruck-Uferkrähnen in den Häfen zu Hamburg, Geestemünde*), Gr. Grimsby und Marseille. Die allgemeine Anordnung solcher Krähne ist folgende.

Durch eine Dampfmaschine wird Wasser unter 40—50 Atm. Druck in einen Kraftsammler (Akkumulator) gedrückt, der stetig unter gleichem Druck gehalten wird und nach Bedarf Wasser abgibt. Der Kraftsammler ist gewöhnlich ein grosser, fest stehender Zylinder mit Stopfbüchse und einem aufwärtsgehenden hohlen und zylindrischen Kolben, welcher durch eine entsprechende Last beschwert ist. Die

Dampfmaschine arbeitet sobald und so lange in Folge vom Wasserverbrauch der Kolben sinkt und sie wird durch den Kraftsammler selbstthätig abgestellt, wenn dessen Kolben seinen höchsten Stand erreicht. Von ihm geht das Wasser durch das sogenannte Druckrohr an den einzelnen Krähnen entlang und erhält mit jedem eine Rohrverbindung, die so

*) Vergl. Zeitschr. d. Hannov. Archit.- und Ingen.-Ver., Bd. VI und Bd. XII.

Querhaupt befestigt, die feste Hälfte eines Flaschenzuges, an dessen anderer Hälfte die Last hängt. Der Hub des Zylinders (1,5—2 m) wird in der Krahnkette in der Regel versechsfacht. Die Drehzylinder liegen oft paarweise so, dass wenn der eine Kolben ausgehenden Lauf hat, der andere zurück geht und eine an beiden Kolben befestigte Kette eine Kettenscheibe dreht. Um bei Hebezylindern gegen Stosswirkung der zu rasch auf- und niedergehenden Last zu sichern, sind sogen. Stossventile angebracht, wovon das eine beim raschen Sinken sich nach dem Druckrohr öffnet, also das zu stark gepresste Rücklaufwasser dorthin ausströmen lässt, wogegen das andere bei zu raschem Heben nach abgesperstem Druckrohr-Rücklauf-Wasser in den Treibzylinder eintreten lässt. Gegengewichte oder kleinere sogen. Gegenzylinder (Fig. 432) treiben den Treibkolben des Hauptzylinders nach geschehenem Hub wieder zurück. Wo reines Wasser billig zu haben ist, wird das Druckwasser nach dem es gewirkt hat einfach aus dem Zylinder abgelassen; wenn aber reines Wasser theuer ist und

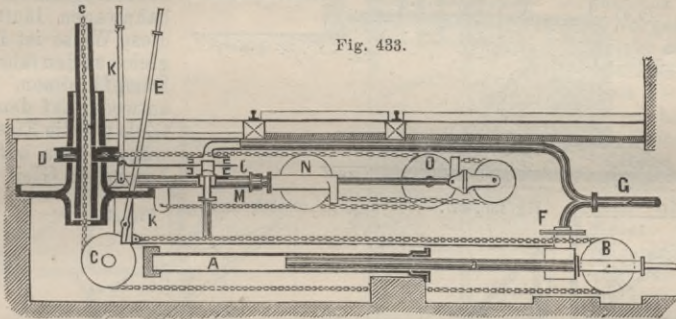


Fig. 433.

naamentlich wenn zur Verminderung der Gefahr des Einfrierens dem Wasser ein Zusatz von Spiritus oder Glycerin gegeben wird, geht das Wasser aus dem Treibzylinder durch das sogen. Rücklaufrohr zurück zu der Pumpmaschine, um von neuem den Kreislauf zu machen. Alle Rohre müssen frostsicher liegen und die eigentlichen Treibapparat mit Entwässerungshähnen versehen sein, die sofort bei Stillstand der Krähne das Wasser austreten lassen.

In Fig. 432 sind fast alle genannten Theile des Krähnes in ihrer gewöhnlichen Lage dargestellt. Die Krähne stehen auf den Ufermauern vor dem Zwischenpfeiler zwischen zwei Thüren des zugehörigen Speichers. Die Krahnkette geht in der Achse durch die hohle Krahnsäule deren fester Theil auf dem Mauerwerk steht, während der drehbare Theil, der den Ausleger trägt, sich um jenen drehen kann und unten die Kettenscheibe für die Kette der zwei Drehzylinder aufnimmt. Diese Einrichtungen zeigt in etwas vergrössertem Maassstabe Fig. 433.

In der Konstruktion nach Fig. 434, welche einen Wasserdruck-Krahn aus dem Marseiller Hafen darstellt, ist der ganze Apparat auf einem fast 8 m hohen Aufbau angeordnet, welcher einerseits das Laden bei hoch liegenden Schiffen erleichtert, ausserdem dazu dient, die gehobenen Güter nach Belieben auf die oberen Böden zu bringen, wozu der Krahnbau durch eine Brücke mit verschiedenen Bahnen mit dem Speicher verbunden ist. —

In allen 3 Fällen kann der Krahn auch ein Ufergleis bedienen.

Wengleich in den Wasserdruck-Krahnen zum Heben der kleinsten Last ebenso viel Druckwasser verbraucht wird als zum Heben der grössten Last, so ist doch bei grosser Anzahl der Betrieb von Wasserdruck-Krahnen vorzugsweise durch die einfache Zentralanlage, durch das System der Aufspeicherung und durch die vortheilhafte Uebertragung der Kraft auf grosse Entfernung (keine grössere Geschw. im Druckrohr als etwa 0,2 m in 1 Sek.) ein vortheilhafterer als bei Dampf- oder Gaskrahnen, bei denen der Verbrauch an Dampf, bezw. Gas der Grösse der Last sehr nahezu entspricht. Trotz mancher Betriebs-Schwierigkeiten und grösserer Kosten ist daher in neuerer Zeit der Wasserdruck-Krahn auch

fahrbar gemacht und zwar u. A. zunächst von Ritter, bei dessen Krahn indess eine besondere Druckpumpe angebracht ist, so dass das System des zentralisirten Betriebes verloren geht.*)

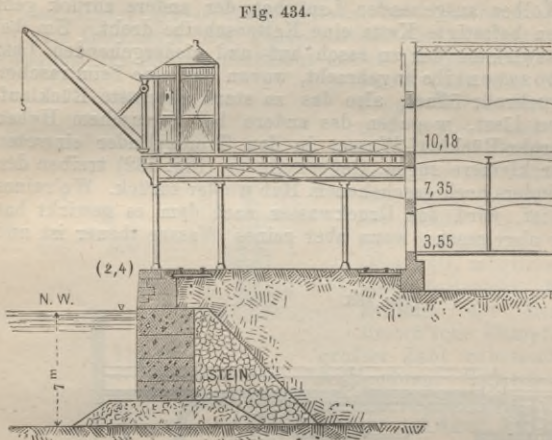


Fig. 434.

Fig. 435 zeigt die seit 1882 in Antwerpen und ähnlich in Rotterdam, Amsterdam und zahlreichen englischen Häfen eingeführte Form der fahrbaren Wasserdruck-Krahne. Sie sind am Fuss gabelartig so ausgebildet, dass zwischen den beiderseitigen Beinen ein Schienengleis für Eisenbahnwagen läuft. Auf diese Weise ist im Vergleich zu den fahrbaren Dampfkrähnen, welche entweder auf demselben Gleis wie die Eisenbahnwagen, oder auf einem besondern Gleis laufen,

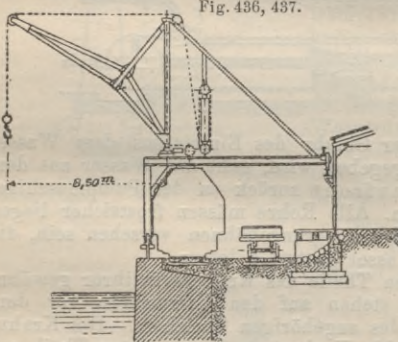


Fig. 436, 437.

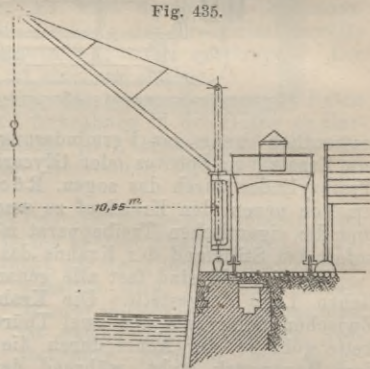
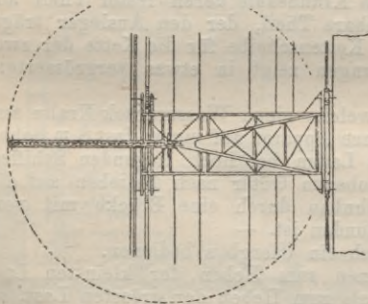


Fig. 435.



der Wagenverkehr am Ufer hindernisslos. Der eigentliche Treibmechanismus liegt in den vordern, dem Hafen zugekehrten Krahnbeinen.

Bei einigen ähnlichen Kränen befindet sich die Krahnssäule in der Mitte des ganzen Apparats, bei welcher Lage aber die nothwendige Auslegerweite nach dem Wasser hin wächst. Die Einlässe des Druckwassers (Hydranten) für die einzelnen Kräne befinden sich in einem kleinen Schacht zwischen dem Krahn-

gleis und haben ein, mit kupfernen Kugelgelenken versehenes, meistens dreitheiliges Gelenkrohr, welches nach Belieben mit dem Krahn zu verbinden und zu lösen ist. Es gestattet eine Verschiebung des Krahns um etwa 8 m.

In den Fig. 436, 437 ist die für den neuen Hafen zu Bremen ausgeführte Anordnung der fahrbaren Wasserdruck-Uferkrahne angegeben, wobei in noch

*) Zeitschr. f. Bauw. 1868.)

weiterem Maasse als bei der Anordnung Fig. 435 der Raum auf dem Kai für alle andern Zwecke insbesondere für den Verkehr auf den zwei, durch Weichen verbundenen Eisenbahngleisen frei gehalten wird. Der drehbare und maschinelle Theil dieser Krähne ruht auf einem Unterbau, dessen eine Laufbahn auf der Kaimauer etwa 50 cm von deren vorderer Kante, die andere aber in rd. 10,5 m Entfernung und um etwa 4 m höher an der Aussenseite der Schuppen liegt. Die Laufräder auf jeder Bahn liegen etwa 5 m von einander entfernt, wogegen die Plattform, die den eigentlichen Krahn trägt nur etwa 3,5 m breit ist und an der Schuppenseite einem dreieckförmigen Zug- und Druckstangen-System zum Stützpunkt dient, welches die Krähnsäule oben in ihrer Lage erhält.

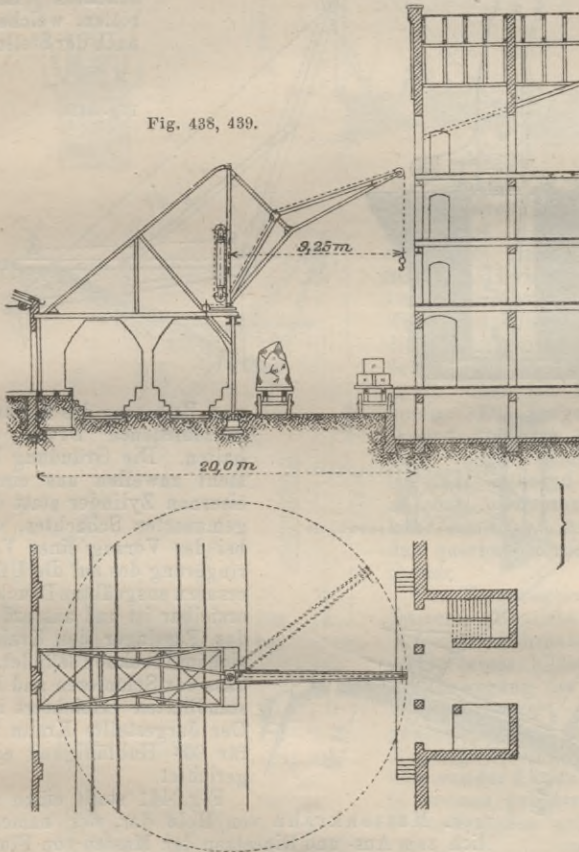


Fig. 438, 439.

Für die hinter dem Schuppenliegenden Speicher sind, Fig. 438, 439 ähnliche Krähne vorgesehen, welche auf festem eisernem Gebälk etwa 2 m vor der Speicherwand frei über der 12 m breiten Lade-strasse laufen und, ohne auf dieser im geringsten den Verkehr zu stören, die Perrons von Schuppen und Speichern, ein am Schuppen liegendes Eisenbahn-gleis, sowie die ganze übrige Fahrbahn beherrschen. Bei ihrer grossen Höhe und vermöge besonderer Einrichtung der Luken oder Thüren im Speicher könnensiesowohl in das Kellergeschoss der Speicher als in den obersten Boden desselben laden, so dass besondere Aufzüge in den Speichern entbehrlieh sind. —

Als Theile eines Wasserdruck-Krahns sind auch die fahrbaren Wasserdruck-Winden oder Jigger zu betrachten, welche jedoch fast stets zum Betriebe von Aufzügen dienen und deshalb weiterhin besonders beschrieben sind.

Fig. 440 stellt einen sogen. Fairbairn-Krahn dar, welcher gewöhnlich für Handbetrieb eingerichtet wird. Krähne dieser Art kommen gewöhnlich nur vereinzelt in Häfen vor und sind zum Heben grösserer Lasten bestimmt; sie können bis etwa 8 m Ausladung erhalten. Ihr wesentlichster Vorzug ist der nahezu

quadrantförmige freie Raum zwischen Fuss und Kopf unter dem gekrümmten Ausleger. Zur Minderung der schwierigen Arbeit wird auch wohl in gewisser Höhe über dem Kai ein abgerundeter Knick angeordnet und erhalten der obere und untere Theil grade Form. Der ganze Krahn besteht fast nur aus vollem Blech oder aus Faconeisen mit Gitterwerk. Die Krahnkette bedarf mehrerer Führungsrollen; ihr Ende ist gewöhnlich am Krahnkopf fest, wobei unter demselben ein Flaschenzug hängt. In der Oberfläche des Kais liegen Kränze von wagrecht und senkrecht angebrachten [Laufrollen, welche je nach der Stellung

Fig. 440.

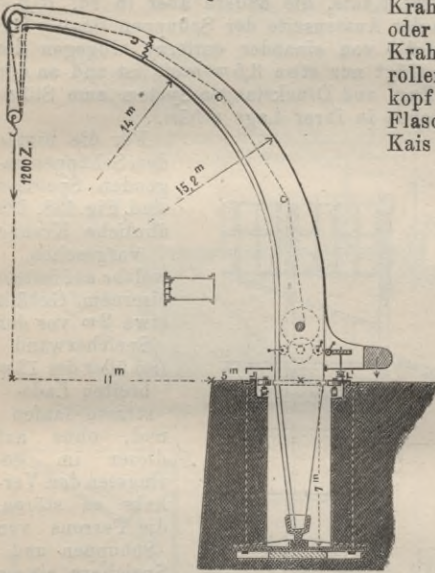


Fig. 441.

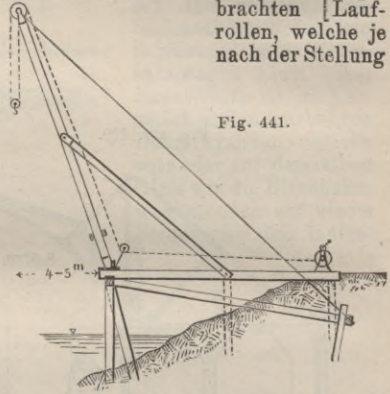
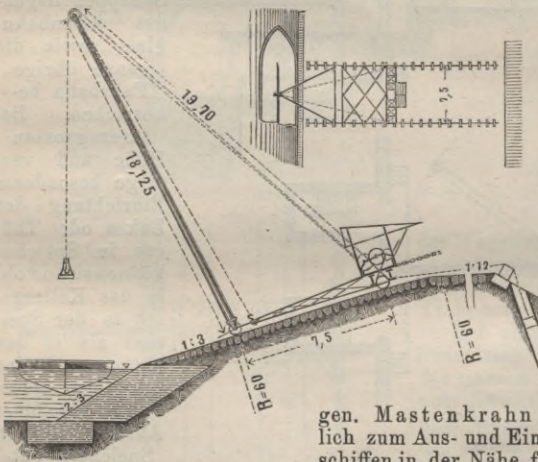


Fig. 442, 443.



und Belastung des Krahn es verschiedenen Druck erhalten. Die Gründung besteht zuweilen aus einem eisernen Zylinder statt des gemauerten Schachtes, wobei der Vorzug einer Verringerung des auf die Ufermauern ausgeübten Druckes erzielbar ist und ausserdem das Fusslager des Krahn sich im Trocknen befindet, so dass das Schmieren und Instandhalten erleichtert ist. Der dargestellte Krahn ist für 60 t Hubfähigkeit eingerichtet.

Fig. 441 stellt einen sogenannten Mastenkrahn von Holz dar, der namentlich zum Aus- und Einsetzen der Masten von Flussschiffen in der Nähe fester Brücken usw. gebraucht wird. Der Ausleger besteht aus einem zweibeinigen Bock, der zwar unbeweglich sein soll, jedoch wegen etwaiger Verbiegungen unten in Scharnieren oder offenen Lagern ruht. Nach hinten ist er durch zwei Drahtseile verankert und gegen Wind usw. durch zwei Hinterstreben versteift. Die Winde kann, wenn Leitrollen angebracht werden, eine beliebige Stelle erhalten. Statt auf festen Unterbau wird unter besonderen Umständen derselbe Krahn auf einen Wagen gestellt, der auf geneigter Bahn zu heben und zu senken ist; von dieser Art zeigt Fig. 442, 443 ein Beispiel, Fig. 444 stellt eine zweckmässige An-

ordnung solcher Krane dar, wenn dieselben mitten im Strome auf einem Brückenpfeiler stehen müssen und nach beiden Seiten gleiche Dienste leisten sollen.

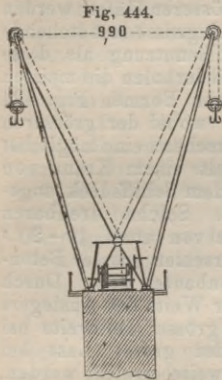


Fig. 444.

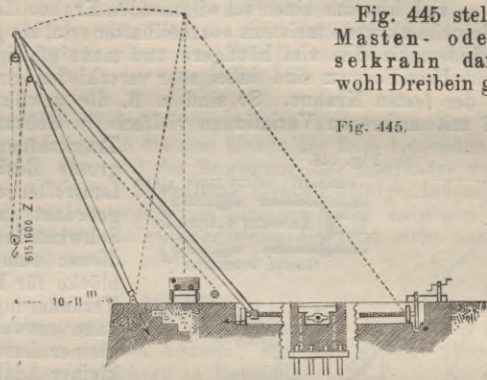


Fig. 445 stellt einen Masten- oder Kesselkrahnen dar, auch wohl Dreibein genannt,

Fig. 445.

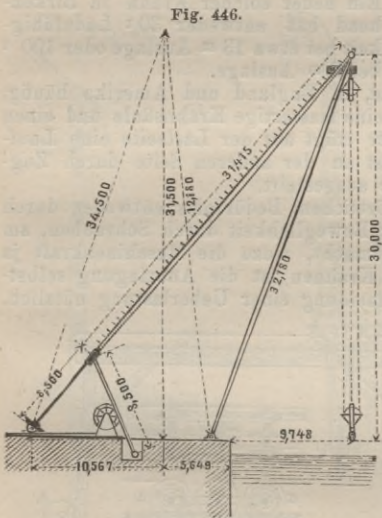


Fig. 446.

für Seehäfen, in dieser Form z. B. in Bremerhaven mit etwa 80 t Hebekraft ausgeführt. Er lässt sich mittels der, auf einer wagrecht gelagerten Schraube zwischen festen Führungen laufenden Mutter, welche den untersten Theil des Hinterbeins bildet, bis über die Schiffsmittle neigen und neben der Last wieder über das Ufer, z. B. über ein Eisenbahngleis zurück holen. Die lange, durch Hand oder Dampf drehbare Schraube liegt während des Nichtgebrauchs verdeckt, ist aber während des Gebrauches frei zu legen, und unterbricht dabei den Verkehr am Ufer. Auch ist die Führung der querhauptförmigen Schraubenmutter theuer.

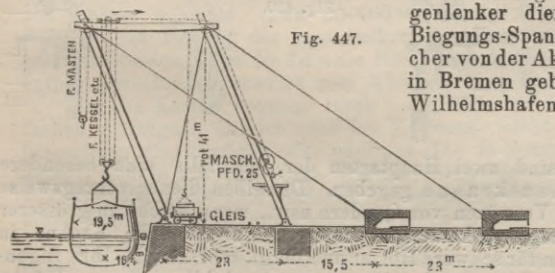


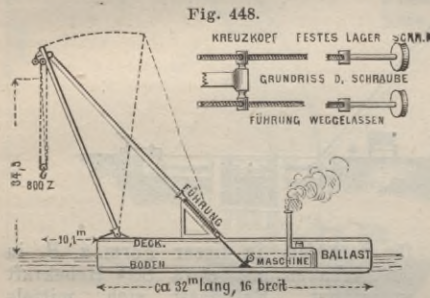
Fig. 447.

Die Konstruktion Fig. 446 zeigt in letzterer Hinsicht eine Verbesserung, indem die Schraube eine Fortsetzung des Hinterbeines bildet und dieses je nach der Bewegung des Krannkopfes verkürzt oder verlängert. Ein bockartiger Gegenlenker dient dazu die Schraube von Biegungs-Spannung zu entlasten. Ein solcher von der Aktien-Gesellschaft „Weser“ in Bremen gebauter Krann ist zuerst in Wilhelmshafen aufgestellt worden. In andern Fällen hat man statt des Gegenlenkers einen Bock angewendet, in welchem die Schraube mit fester Neigung ihrer Achse gelagert wird.

Die Konstruktion Fig. 447 enthält zwei gleiche Böcke hinter einander, welche mittels einer festen Brücke verbunden sind, auf der sich eine sogen. Laufkatze bewegt. Die in Scharnieren ruhenden Böcke werden

werden nach hinten durch Drahtseile verankert. Ein solcher Krahn, theuer aber sehr sicher, befindet sich in Toulon für Lasten bis 70 t*)

Fig. 448 giebt eine, der in Fig. 446 dargestellten ähnliche Konstruktion; nur handelt es sich hier um einen schwimmenden Krahn. In grösseren Häfen werden grosse Schwimmkrahne meistens vortheilhafter sein, als gleich grosse fest stehende Krahne indem sie eine viel häufigere und mannigfaltigere Benutzung als diese gestatten. Ihre Formen sind dabei sehr verschieden und wiederholen die meisten Formen der festen Krahne. So sind z. B. die gewöhnlichen Formen Fig. 424 und 427 mit mehreren Variationen vielfach in Gebrauch, wobei der grösseren



Tragkraft entsprechend eine möglichst grosse Basis mit einem Kranz von Laufrollen auf dem Schiffsdeck angeordnet wird. Solche drehbaren Schwimmkrahne von etwa 10–20 t dienen zum Versetzen grosser Betonblöcke für Molenbauten usw. Durch Veränderung der Weite des Auslegers kann entweder grosse Ladeweite bei kleiner Last oder grosse Last bei kleiner Ausladeweite erreicht werden. Ein neuer solcher Krahn in Birkenhead hat entweder 30 t Ladefähigkeit bei etwa 13 m Auslage oder 100 t bei 2 m Auslage.

Eine andere Form der Schwimmkrahne, in England und Amerika häufig, hat auf einem voll drehbaren Untergestell eine mastartige Krahnssäule und einen wagrechten raafenformigen Ausleger. Dieser trägt auf der Lastseite eine Laufkatze, ladet 7–8 m (über Bord) aus und ist an der anderen Seite durch Zugseile nach oben und unten gegen die Säule ausgesteift.

Die Schwimmkrahne werden je nach örtlichem Bedürfniss entweder durch andere Fahrzeuge geschleppt, oder in ihrer Beweglichkeit durch Schrauben, am besten Zwillingsschrauben, selbstständig gemacht, wozu die Maschinenkraft ja vorhanden ist. Bei allen solchen grossen Krahnen ist die Anbringung selbstthätiger Waagen an der Lastkette zur Vermeidung einer Ueberlastung nützlich.

Fig. 449.

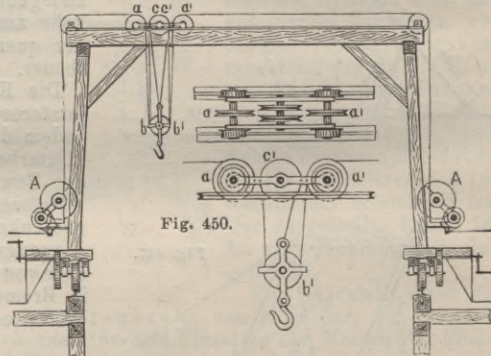
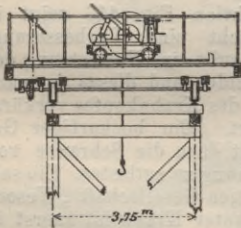


Fig. 450.

In Fig. 448 u. 449 sind zwei Hauptarten der, ebenfalls eine besondere Gruppe bildenden sogen. Laufkrahne gegeben. Dieselben dienen vorzugsweise bei Bauausführungen zum Versetzen von Quadern usw., wenn solche in grösserer Zahl und regelmässiger Lage vorkommen. Ausserdem sind solche Krahne in Fabriken sowie in Schuppen für schwere Hölzer und dergl. sehr häufig. Ihre Eigenthümlichkeit besteht darin, dass sie eine längere, rechtwinklig geformte Fläche

*) Nouv. ann. de la constr.

beherrschen und über dieser eine gewisse Ladung frei bewegen. Sie haben einen sogen. grossen oder auch nur kleinen Wagen, welcher letzterer in Fig. 449 auch Laufkatze genannt wird. Der grosse Wagen läuft entweder, wie bei Fig. 449, auf einer hoch liegenden Bahn, also auf einem Gerüst, während er bei Fig. 450 auf einem niedrig liegenden Schienengleis sich bewegt. Je länger die Bahn, desto vortheilhafter ist im allgemeinen die letztere Krahnart. Die Bewegung des grossen Wagens erfolgt in jedem Fall durch eine besondere Winde und mit Hand.

In Fig. 449 ist der kleine Wagen von den auf ihm stehenden Arbeitern unmittelbar zu bewegen, welche auch die zum Heben der Last dienenden Windenkurbeln drehen, wogegen in Fig. 450 die Bewegung der Laufkatze durch zwei auf jeder Seite des grossen Wagens befindliche Winden erfolgt, indem dieselben je nach der betr. Anordnung, entweder im gleichen oder entgegen gesetzten Sinne gedreht werden. Dadurch steigt oder sinkt die Last nicht nur, sondern rückt auch gleichzeitig nach rechts oder links.

β Aufzüge.

Aufzüge sind Vorrichtungen, mit welchen Lasten im allgemeinen nur senkrecht auf- oder niedergelassen werden können; hier kommt nur ihre vorzugsweise Verwendung in hohen Speichern in Betracht.

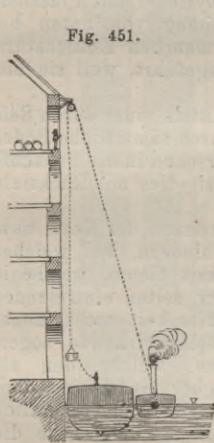


Fig. 451.

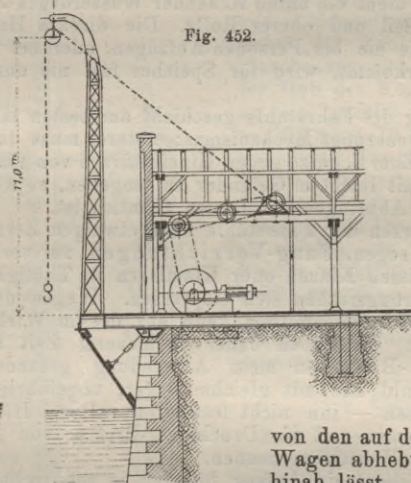


Fig. 452.

Die einfachste Form ist die in manchen alten Speichern noch übliche, wobei lediglich eine feste Rolle ausserhalb des Gebäudes über der Strasse sich befindet, über welche ein mit einer einfachen Winde und selbst zuweilen direkt mit der Hand gezogenes Tau geht und die Lasten (Säcke, Fässer usw.)

von den auf der Strasse stehenden Wagen abhebt oder zu denselben hinab lässt. Zur Sicherung der auf dem betr. Boden stehenden Bedienungsmannschaft werden in

den Luken schmale, etwa 50—60 cm breite Klappen angebracht, welche während der Hebung der Last senkrecht stehen und mittels Ketten erst niedergelassen werden, wenn die Last die Höhenlage der Klappe erreicht hat. Die Winde enthält zweckmässigerweise zum Absetzen eine Bremse.

Um die Lasten bequem rasch und sicher zu fassen wird bei solchen einfachen Aufzügen, ähnlich wie bei Kränen, nicht das Windetau sondern ein besonderes ringförmiges oder endloses Tau in Form einer Schlinge um die Last gelegt, und in das eine Auge dieser Schlinge der Haken des Windetaus gehakt.

Fig. 451 giebt eine einfache Anordnung eines Speicher-Aufzuges der mittels einer beweglichen Dampfwinde betrieben wird.

Fig. 452 zeigt die in Bremen am sogen. Weserbahnhofe, sowie ähnlich am sogen. Sicherheits-Hafen daselbst mehrfach ausgeführte Anordnung von Aufzügen. Es sind dabei vor den Thüren der Schuppen hohe eiserne Böcke errichtet, welche zum Theil einige Meter weit über die Vorbauten der Ufermauer hinaus ragen; sie tragen eine Kettenrolle, über welche die Aufzugskette läuft. Im Schuppen

ist hinter jedem Bock eine Winde im Dachgebälk aufgestellt. Der Betrieb der Winden geschieht mittels eines an der Vorderwand des Schuppens angebrachten Wellenleitung durch Gaskraftmaschinen, von denen je eine Spferdg. Maschine zwei oder drei Winden bis 1500 kg Tragkraft treibt. Ihre Anordnung hat sich gut bewährt.

Den vorbesprochenen einfachen Aufzügen stehen solche andere gegenüber, bei denen die Last von einer Plattform aufgenommen wird. Eine derartige Einrichtung, in den meisten Fällen Fahrstuhl genannt, gestattet das Heben aller Arten von Lasten mit Ausnahme von losen Gebinden und dergl., macht also namentlich Säcke oder Fässer entbehrlich.

Dagegen ist es zur Vermeidung von Schwankungen der Plattform unentbehrlich, dieselbe zu führen. Dies geschieht meist an, einander gegenüber liegenden Seiten oder Ecken, seltener an allen vier Seiten oder Ecken. In den meisten Fällen bestehen die Führungen aus Holzzimmerung und sind mit dünnem Schmiedeeisen beschlagen; hierzu werden aber auch \perp oder \sqcup oder $\perp\perp$ Eisen mit eingreifenden oder umfassenden Lappen angeordnet. Oft geht die Plattform in ein kastenartiges Gehäuse über.

Bei schweren Aufzügen sind die Plattformen oben und unten an den vier Ecken mit diagonal gestellten Leitrollen versehen, wobei die Führungsständer mit Façoneisen beschlagen sind.

Zum Betriebe dient ein unten stehender Wasserdruck-Zylinder mit Flaschenzug, Kette oder Seil und oberer Rolle. Die direkte Hebung von unten her mittels Kolben wie sie bei Personen-Aufzügen, oder bei manchen Kohlensturz-Vorrichtungen vorkommt, wird für Speicher fast nie ausgeführt, weil sie hier zu kostspielig ist.

Die Bedienung des Fahrstuhls geschieht am besten mittels eines durch Seilzug betriebenen Steuerungs-Mechanismus; ersterer muss durch sämtliche Böden geführt werden. Zum Schutze gegen Hineinstürzen von Personen in die Schachte ist die Oeffnung mit leichtem Geländer zu umgeben, so weit dies mit Rücksicht auf das Auf- und Abbringen der Lasten thunlich ist.

Das Herabstürzen der Fahrstühle nach etwaigem Zerreißen der Kette usw. sucht man durch sogen. Fang-Vorrichtungen zu verhindern, bei welchen nach jenem Zerreißen Klauen oder Klammern in Thätigkeit treten, welche in das Holz der Führungsruthen sich einpressen. Wegen der selten eintretenden Funktion dieses Sicherungsmittels kann auf dessen Wirksamkeit nicht immer gerechnet werden. Es haben daher in neuerer Zeit selbstwirkende sogen. Sicherheitsfall-Bremsen mehr Anwendung gefunden, welche den abstürzenden Fahrstuhl nur mit gleichmässiger, ungefährlicher Geschwindigkeit hinab gleiten lassen — ihn nicht festhalten sollen. Hiervon sind namentlich die Zentrifugal-Bremse und die Drucklager-Bremse von E. Becker, sowie die Klemmbremse von Weston zu nennen.

In der Regel dient ein Aufzug für den in senkrechter Linie auf- und abgehenden Transport; doch kann es wünschenswerth sein, an gewissen Stellen eines Speichers usw. Güter lediglich abwärts zu fördern. Die Betriebsmaschine beschränkt sich dann im wesentlichen auf eine Trommelwelle nebst Bremse und es wird das leere Seil usw. durch ein Gegengewicht hoch gezogen.

Werden Plattformen oder Förderschalen von einigem Gewicht angewendet, so kann sich die bei Personen-Aufzügen oft vorkommende Anordnung eines Gegengewichts, welches die Last der Förderschale ausgleicht, empfehlen. Zum Fahrstuhlbetrieb ist ein einfacher stehender Wasserdruck-Zylinder mit Flaschenzug am besten geeignet. Wenn dabei das lose Ende des Seils oder der Kette, statt unmittelbar zur Last, zunächst über eine lose Rolle geführt wird, so wird der Lastweg verdoppelt. Kann die lose Rolle beliebig ausgeschaltet werden, so ist es möglich mit derselben Vorrichtung in sparsamer Verwendung der Kraft leichtere Lasten bis auf die obersten Böden und schwerere Lasten auf die unteren Böden zu heben. Eine solche Einrichtung befindet sich z. B. in der zollfreien Niederlage in Harburg.*)

*) S. Zeitschr. Hann. Archit.- u. Ingen.-Ver. 1860.

Neben den festen Wasserdruck-Zylindern sind in neuerer Zeit mehrfache fahrbare durch Wasserdruck betriebene Winden (Jigger) in Anwendung gekommen, welche ähnlich den fahrbaren Wasserdruck-Krahnen mit einem beliebigen Auslass der Druckleitung in Verbindung gebracht werden und so an verschiedenen Stellen arbeiten können. Sie bestehen, Fig. 453, aus einem, auf einem 4rädrigen Gestell in schräger Lage ruhenden Zylinder nebst Flaschenzug, dessen loses Ende über eine Trommel von geringem Durchmesser geschlungen ist und sich aufwickelt, sobald der Kolben ausgeschoben wird. Auf der Trommelachse sitzt eine grosse Scheibe, auf welcher im umgekehrten Sinne wie jenes Ende des Flaschenzuges ein Seil geschlungen ist, dessen loses Ende nach einer beliebig entfernten über dem Aufzug angebrachten festen Rolle geht. Das Uebersetzungs-Verhältniss zwischen Trommel und Scheibe ist etwa 1:5 und in demselben Verhältniss vermehrt die Zahl der Rollen des Flaschenzuges den Lastweg, so dass der Hub des Kolbens nur mässig zu sein braucht, z. B. bei 6 Rollen nur 0,5^m um 15^m Förderhöhe zu erreichen. Gewöhnlich heben die Jigger 1000 kg. mit 1^m Geschwindigkeit in 1 Sek. Beim Niederlassen braucht kein Druckwasser gegeben zu werden, da der Apparat als Bremse wirkt und das im Zylinder befindliche Wasser mittels Schieber entweder mit der Rückleitung in Verbindung gebracht oder frei ausgelassen wird.

Fig. 453.

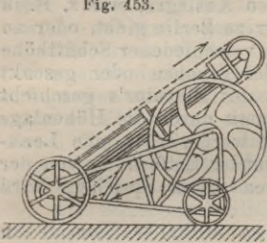
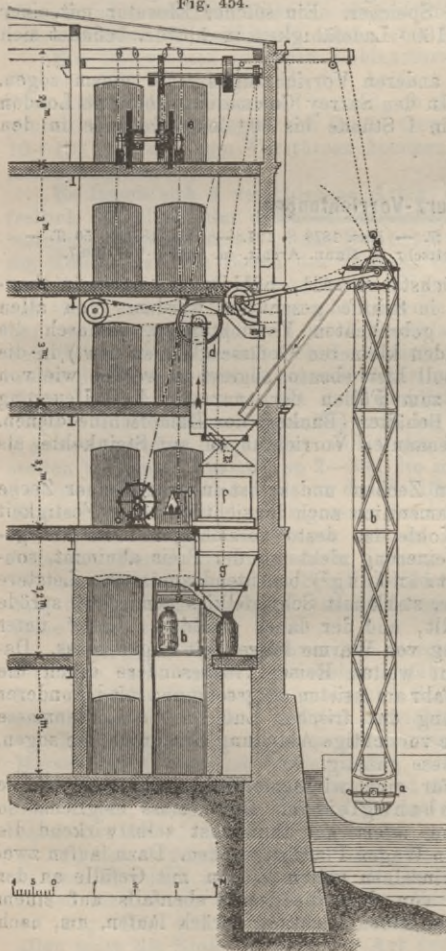


Fig. 454.



entweder auf eine Bandleitung (zuweilen vorher durch eine Reinigungs-Maschine gehend) zum Weitertransport in den Speicher oder in untergehaltene

γ. Elevatoren.

Zum Heben von Getreide, welches lose im Schiffsraum liegt, sind die sogenannten Elevatoren die gewöhnliche Form der Hebewerke geworden. Sie bestehen aus einem endlosen Gurte (in neuerer Zeit Kette), worauf (wie bei dem Eimerketten-Bagger) kleine Eimer oder Becher befestigt sind, die sich unten füllen und oben, nach dem Uebergang über die Trommel auskippen. Das Werk ist in der Regel völlig umkleidet, und findet sich eine Oeffnung etwa über dem zweituntersten Becher zum Einfüllen und oben unter dem zweitobersten Becher eine zum Entleeren. Aus letzterer tritt mittels Schüttrinnen das Getreide aus,

Säcke. In letzterem Fall geht es oft vorher durch eine selbstwirkende Waage mit Zählapparat, welche den Säcken genau das gleiche Gewicht von Getreide zumisst.

Der Elevator hängt fast stets an einem einarmigen Ausleger, wie z. B. in Fig. 454, welcher die Anordnung im Viktoria-Speicher zu Berlin giebt, oder an dem einen Ende eines zweiarmigen Balanzier's, um bei verschiedener Schütthöhe des Getreides im Schiffsraume oder des Wasserstandes gehoben oder gesenkt werden zu können. Der Betrieb der oberen Trommel des Elevator's geschieht mittels Riemscheiben durch eine Dampfmaschine. Damit durch die Höhenlage des Elevators die Länge des Riemens nicht beeinflusst werde, hält eine Lenkstange den Kopf des Elevators immer in gleich bleibender Entfernung von der Vorgelegswelle. Jeder der 3 vorhandenen Elevatoren dieses Speichers wird durch eine besondere Dampfmaschine betrieben.

Derartige Elevatoren mittlerer Grösse heben etwa 40000 kg Getreide in 1 Stunde. Sie sind zuweilen auf Fahrzeugen schwimmend erbaut und laden von einem Schiff in's andere oder in Speicher. Ein solcher Elevator mit einer Betriebsmaschine von 100 Pfdkr. u. 160 t Ladefähigkeit in 1 Stde. befindet sich z. B. in Bordeaux.

Loses Getreide wird auch mit anderen Vorrichtungen z. B. einem sogen. Priestmann'schen Bagger, gehoben. In den Surrey Commercial Docks in London werden mit einem solchen Apparat in 1 Stunde bis 60 t loses Getreide in den Speicher gefördert.

δ. Kohlensturz-Vorrichtungen.

Litteratur: Deutsche Bauztg. 1877 S. 505 ff. — Das. 1878 S. 127. — Das. 1881 S. 50 ff. — Zentralbl. d. Bauverwtg. 1883. — Zeitschr. d. Hann. Archit.- u. Ingen.-Ver. 1887.

Mittels dieser soll Kohle möglichst schnell, billig und dabei in thunlichst unzerkleinertem Zustand in Schiffe geschüttet werden. Von allen auf den Kohlenzechen selbst gebrauchten Vorrichtungen, wodurch die Füllung der aus der Grube kommenden kleineren Gefässe (Wagen usw.) in die Eisenbahnwagen ausgestürzt wird, soll hier ebenso abgesehen werden wie von denjenigen Einrichtungen, welche zum Füllen der, nur zur Kesselfeuerung dienenden Kohlen in die besondern Behälter (Bunker) der Dampfschiffe dienen. Darnach beziehen sich die hier genannten Vorrichtungen auf Steinkohle als Ladung ganzer Schiffe.

Die Kohlen sind fast aus allen Zechen und selbst innerhalb einer Zeche von verschiedenen Eigenschaften, namentlich auch hinsichtlich ihrer Festigkeit gegen Zerfallen. Je spröder die Kohle ist desto vorsichtiger muss sie geschüttet werden, weil mit der Zerkleinerung nicht nur der Preis abnimmt, sondern auch die Gefahr der Selbstentzündung¹⁾ bedeutend zunimmt. Letztere wird namentlich gross, wenn feuchte, stark mit Schwefelkies gemischte, spröde Kohle aus grösserer Höhe herab fällt, und der dabei gebildete „Grus“ unter starkem Druck und unter Einwirkung von Wärme lange Zeit liegen muss. Daher sind im allgemeinen grosse auf weiten Reisen, insbesondere durch die Tropen, begriffene Dampfer dieser Gefahr am meisten ausgesetzt und mit besonderer Vorsicht zu beladen. Die Zuführung der frischen Luft in die Kohlenmasse scheint dabei ungünstig, dagegen die vorsichtige Ableitung der durch die sogen. trockene Destillation entwickelten Gase günstig.

Ein wesentlicher Nebenfaktor für eine wirksame Kohlenschüttung ist die regelmässige Verbindung mit Eisenbahngleisen. Diese muss möglichst so sein, dass der ausgeschüttete Wagen sofort und thunlichst selbstwirkend die Stelle verlässt, um rasch einem andern Wagen Platz zu machen. Dazu laufen zwei Gleise oft so zusammen, dass die einzelnen vollen Wagen mit Gefälle an der Schütt-Vorrichtung ankommen und von dort die leeren ebenfalls auf einem andern geeigneten Gleis in nahezu derselben Richtung zurück laufen, um, nach

¹⁾ Report of the Royal Comissioners appointed to inquire into the spontaneous combustion of Coal in ships. London 1876. Vergl. auch Deutsche Bauzeitg. 1878.

einem gewissen Lauf zu einem Zuge gesammelt, weiter verfahren zu werden. Auch ziehen wohl die vollen hinab gehenden Wagen die leeren, auf parallel laufenden Gleisen wieder hinauf. Oder endlich, es werden die Wagen von der Sturz-Vorrichtung selbst bis zur nöthigen Höhe gehoben und laufen leer gezogen, auf einem geneigten Gleis zurück.

Die grossartigsten Gleisanlagen finden sich in den englischen, sowie in den amerikanischen Häfen. In Hoboken, bei New-York und in Richmond laufen auf grossen zungenartigen und hohen Holzbauten, die mit Sturzvorrichtung in nächster Verbindung stehenden Gleise rechtwinklig zum Ufer und zwischen diesen Zungen finden die Kohlenladung suchenden Schiffe den nöthigen Liegeraum um in kürzester Zeit, oft in wenigen Stunden, ihre Ladung von einigen 1000 t Kohlen einzunehmen.

Als selbstverständliche Voraussetzung leistungsfähiger Kohlensturze muss die passende Einrichtung der Eisenbahn-Kohlenwagen gelten. Und zwar muss der Wagen, je nach der Art der Sturzvorrichtung, entweder mit Kopfklappen oder mit Bodenklappen eingerichtet sein. Die in Deutschland vorzugsweise üblichen Seitenklappen setzen eine Entladung mit Handbetrieb voraus.

Ein Unterschied zwischen Kohlensturzen für Flussschiffe und Seeschiffe ist füglich nicht zu machen, da für beide u. A. ganz gleiche Vorrichtungen am Platze sind. Auch kann der Umstand, ob nur kleine, unmittelbar aus den Kohlenruben kommende Wagen von 2—3 t Gewicht oder grosse Eisenbahnwagen von 10—15 t Fassung zum Verstürzen kommen, für die Art des Verstürzens nicht massgebend sein.

Es lassen sich 4 verschiedene Arten von Kohlensturzen unterscheiden, die freilich zuweilen unter einander verwandt oder gradezu mit einander vereinigt werden. Es sind dies: 1. das Schüttrinnen-System (engl. spout), wobei die Kohle aus dem Boden des Wagens in geneigt liegende Rinnen fällt und aus diesen in's Schiff gleitet; 2. das Kippsystem (engl. tip) wobei die Wagen auf einer, sich um eine wagrecht liegende Achse drehenden Plattform stehend und mit dieser gekippt sich durch Kopfklappen unmittelbar, oder mittels kurzer Schüttrinne mittelbar in's Schiff entleeren; 3. das Krahnsystem (engl. drop) wobei die Wagen mittels eines krahnartigen Auslegers vom Ufer bis über die Mitte des Schiffs geschwenkt dort thunlichst gesenkt und entweder aus Bodenklappen oder, nach zuvoriger Kippung, aus Kopfklappen entleert werden; 4. das Kastensystem (engl. box) wobei die Kohlen in besonderen, auf Wagengestellen stehenden Kasten von 2—3 t, die mit Bodenklappen versehen sind, herangefahren und mit diesen bis in den Schiffsraum durch Krahne versenkt werden. Hierher gehört auch das für grossen Betrieb unvortheilhafte System, bei welchem die Kohlen aus grossen Wagen erst in grosse Kasten eingeschauft werden. Letzteres Verfahren hat jedoch alsdann Bedeutung, wenn nur zunächst ein höherer Schüttungskegel im Schiff gebildet und dadurch verhindert werden soll, dass die mit einer der drei andern Arten verschütteten Kohlen aus zu grosser Höhe herab stürzen.

Im allgemeinen bezeichnet die vorstehend eingehaltene Reihenfolge auch diejenige, mit welcher die Leistungsfähigkeit der Einrichtung abnimmt, die Schonung der Kohle aber zunimmt. Selbstverständlich ist erstere noch wesentlich von der ganzen übrigen Einrichtung abhängig.

Das Schüttrinnen-System wird vorzugsweise da angewandt, wo grosse Massen rasch verstürzt werden sollen, die Zerkleinerung der Kohle entweder nicht eintritt oder nicht zu scheuen ist und eine besondere maschinelle Hebung der Wagen, ausser etwa durch Lokomotiven, nicht nöthig oder nicht leicht zu beschaffen ist.

In den folgenden Figuren sind die wesentlichsten Formen der 4 Systeme dargestellt; doch ist mindestens die dreifache Anzahl von Formen vorhanden, selbst dann, wenn nur alle grösseren Variationen in Betracht gezogen werden.

Fig. 455, 456, 457 geben verschiedene Formen von Schüttrinnen. Bei allen muss die Rinne je nach der Art der Kohle 30—40° Neigung haben, damit jene noch rutscht. In Fig. 455 schüttet der Wagen durch Bodenklappen in eine feste trichterförmige Rinne, welche durch Schliessung einer Klappe den

Inhalt des ersteren aufnehmen kann, ohne dass schon das Schiff seine Lage eingenommen zu haben braucht. Diese Rinnen liegen z. B. in Saarbrücken längs grosser Uferstrecken.*) Fig. 456 zeigt eine Anordnung, bei welcher die Schüttrinne

Fig. 455

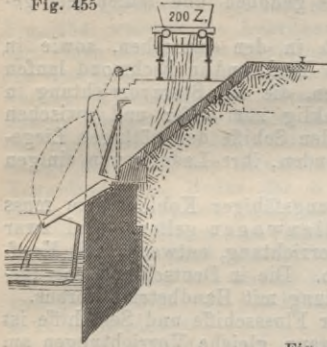


Fig. 456.

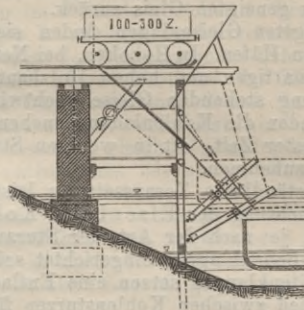
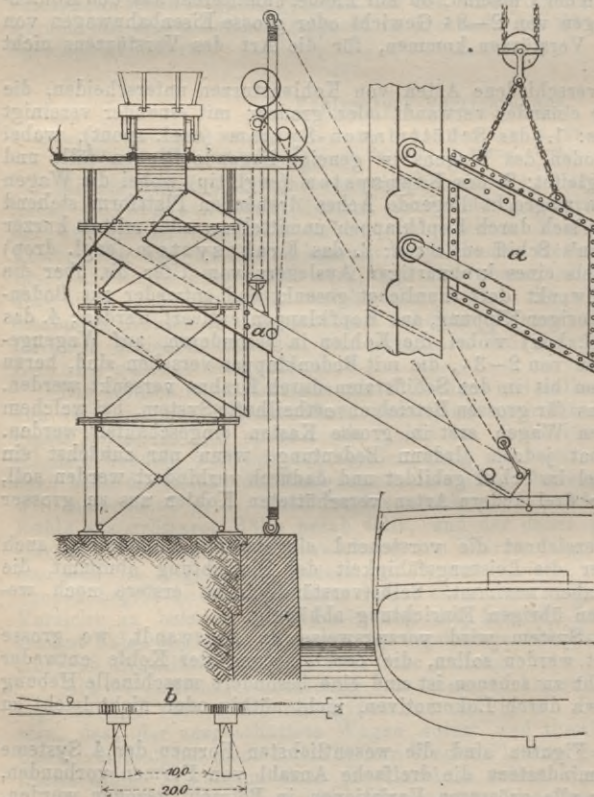


Fig. 457.



je nach dem Wasserstande telescopartig verkürzt oder verlängert werden kann. Bei der in Fig. 457 dargestellten Vorrichtung zu Sunderland sind wegen Veränderlichkeit der Fallhöhe mehrere feste Schüttrinnen über

einander angebracht, vor welchen eine bewegliche Rinne in passender Höhe mit einem besonderen Verbindungsstück *a* eingestellt werden kann. Die zur Zeit nicht benutzten festen Rinnen werden durch eine Klappe geschlossen, welche für die benutzte den Anfang der Rinne bildet. Die Fallhöhe vom Wagen in die Rinne ist gleich bleibend.

In ähnlicher Weise sind an anderen Orten die festen Schüttrinnen bis zur Zahl von sieben über einander gradlinig verlängert, was jedoch theurer ist und die Aufstellung des zu entleerenen Wagens an verschiedenen

Stellen bedingt. Meistens stehen zwei bis drei solcher Vorrichtungen in etwa 15^m Entfernung neben einander, um gleichzeitig in zwei oder drei Luken eines

Schiffes zu schütten. Um dann jedoch den Verschiedenheiten der Luken-Entfernung zu entsprechen, ist das die bewegliche Schüttrinne tragende Gestell nach der in kleinerem Maasstabe beigefügten Grundriss-Skizze *b* etwas drehbar, so dass die Spitze der Rinne sich um etwa 5^m wagrecht hin und her bewegen lässt. Es kann dadurch in Luken von 10—20^m Entfernung gleichzeitig geschüttet werden. Die Einfalltrichter sind in der Richtung der Wagengleise so lang, dass zwei Wagen gleichzeitig entleert werden können. Damit die Kohle in geschlossener Masse hinab gleitet (was das Zerspringen der grösseren Stücke verringert), wird die bewegliche Rinne unten, so oft es nöthig ist, durch eine Klappe geschlossen. Zur Bedienung einer solchen, etwa 10 000 *M.* kostenden Vorrichtung sind 4 Mann erforderlich. Bei Wagenladungen von 8^t und der Benutzung zweier Schüttrinnen neben einander wird deren Leistung auf 400—500^t in 1 Stunde angegeben. Die durchschnittliche Tagesleistung wird jedoch 1500^t nicht übersteigen.

Fig. 458.



Fig. 459.

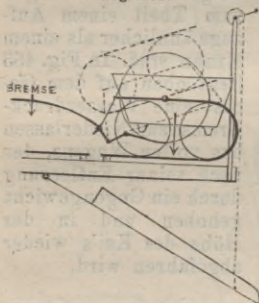
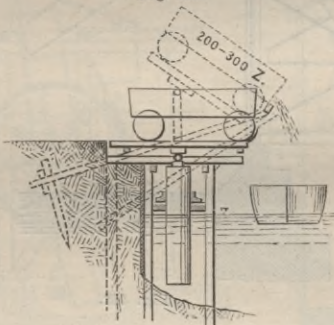


Fig. 460.



Die Fig. 458, 459 u. 460 geben einige Formen des Kippsystems und zwar Fig. 458 u. 459 für kleine Bergwerkswagen bei Luisenthal an der Saar. Dabei gilt die erstere für grosse Schwankungen des Wasserspiegels und Fig. 459 für gleich bleibende Höhenlage desselben. Die selbstwirkende Drehung des ganzen

Wagens sobald derselbe über den Aufhängepunkt des letzten bügelförmigen Gleisstückes mittels natürlichen Gefälles gelaufen ist, wird mit Hilfe einer Bremse gemildert, deren Scheibe ihren Mittelpunkt in jenem Punkte hat.

Fig. 460 zeigt einen möglichst einfachen Kipper mit

Hebung durch Wasserdruck, jedoch nur für geringen Wasserwechsel und Flussschiffe¹⁾, wogegen Fig. 461 einen in England sehr gebräuchlichen, aber verwickelten Kipper für Seeschiffe darstellt.²⁾ Der Kohlenwagen wird von Kaihöhe ab durch einen grösseren Wasserdruck-Zylinder gehoben, bis die Plattform bei genügender Höhe von einem kleinen Zylinder gekippt wird. Die Schüttrinne wird nach Erfordern durch Winden gehoben und gestellt. Um auch mit dieser Einrichtung zunächst einen mässigen Schüttungskegel im Schiffsraum herzustellen, dient der durch den kleinen, an der Hinterseite des Gerüsts befindlichen Zylinder bediente Kranh nebst Trichterkasten. Mit dieser gewöhnlichen Art können in 1 Stunde etwa 19 Wagen von je 10^t Kohle gestürzt werden. Durch eine von Marillier in dem Albert-Dock zu Hull erbaute Einrichtung ähnlichen Prinzips ist es jedoch ermöglicht, 30 Wagen oder 300^t in 1 Stunde zu verstürzen. Es geht dabei der volle, parallel zum Ufer fahrende Wagen auf einer besonderen Plattform in die Höhe, wird, oben angekommen, auf eine zweite Plattform geschoben und mittels dieser nach Belieben, ob durch Boden- oder Kopfklappen, entleert, sodann auf eine dritte Plattform geschoben, mit dieser wieder gesenkt und endlich unten abgefahren,

¹⁾ Zeitschr. d. Hann. Archit.- u. Ingen.-Ver. XIII.

²⁾ Deutsch. Bauzeitg., 1878.

ohne seine Richtung auf einer Drehscheibe ändern zu müssen, wie dies bei den meisten Kippern erforderlich ist.¹⁾

Fig. 462 zeigt das Wesentliche der Einrichtung einer selbstthätigen Wasserdruck-Kippe von Rohde & Schmitz, welche u. A. im Hamburger Hafen ausgeführt ist und beim Niedergang des vollen Wagens

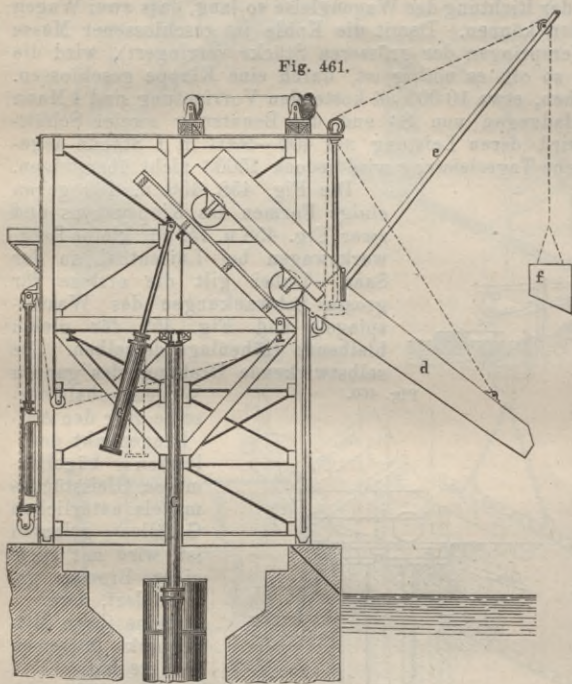


Fig. 461.

des Drucks in dem, den vorderen Theil der Plattform stützenden Zylinder selbstthätig bremst, sodann aber auch das nöthige Druckwasser erzeugt, welches den Wagen wieder hebt, wozu sich über der Kippe ein kleiner mit jenem Zylinder verbundener Kraftsammler befindet. In etwa 6—8 Min. ist eine Entladung geschehen.²⁾

Fig. 463, 464 geben Beispiele zum Krahn-system (wobei allerdings die Einrichtungen zum Theil einem Aufzuge ähnlicher als einem Krahn sind. In Fig. 463 liegt oben auf dem Gerüst eine Wasserdruck-Bremse zum Niederlassen des vollen Wagens, der nach seiner Entleerung durch ein Gegengewicht gehoben und in der Höhe des Kai's wieder abgefahren wird.

Fig. 462.

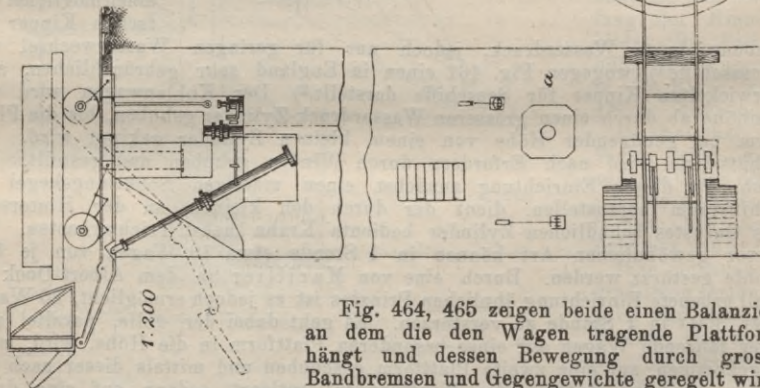


Fig. 464, 465 zeigen beide einen Balancier, an dem die den Wagen tragende Plattform hängt und dessen Bewegung durch grosse Bandbremsen und Gegengewichte geregelt wird, wogegen bei Fig. 466 die Plattform an einer

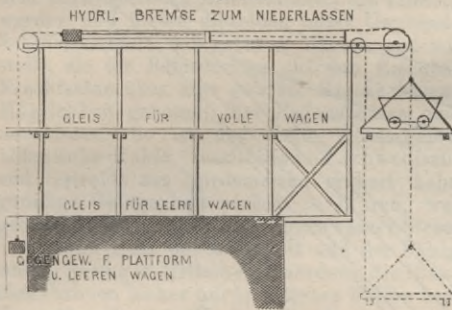
grossen Trommel hängt, deren Bremse mit dem Fusse geregelt wird. (Zeitschr. d. Hann. Archit.- u. Ingen.-V. Bd. III.

¹⁾ Engineer 1877, November.

²⁾ Deutsch. Bauzeitg. 1878.

Von dem Kastensystem ist bereits in Fig. 461 eine gewöhnliche Ausführung dargestellt. Eine andere ist die, der auf Eisenbahnwagen gestellten 2—3 t Kohle fassenden Kasten, mit welchen ein Zug schon von der Grube herkommt. Eine sehr vollkommene neuere Art ist in Fig. 467 dargestellt; der Inhalt eines ganzen Wagens wird erst in einen Kasten gekippt, dann auf diesen bis tief in den Schiffsraum gesenkt und dort durch einen Mechanismus dieses Kastens entleert.¹⁾

Fig. 463.



Zu dem Kastensystem ist ferner zu rechnen die von Rigg in Chester getroffene Anordnung, die Kohle aus dem Wagen durch eine Schüttrinne zunächst in die Eimer eines senkrechten Baggers oder Elevators fallen zu lassen,

Fig. 464.

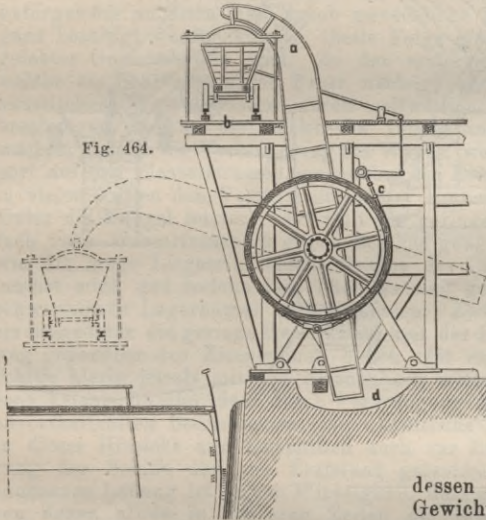


Fig. 465.

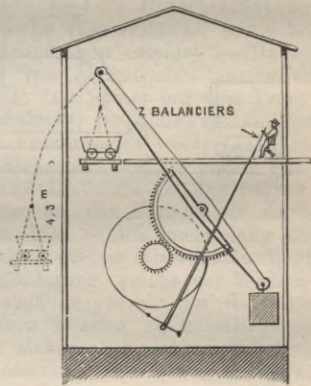
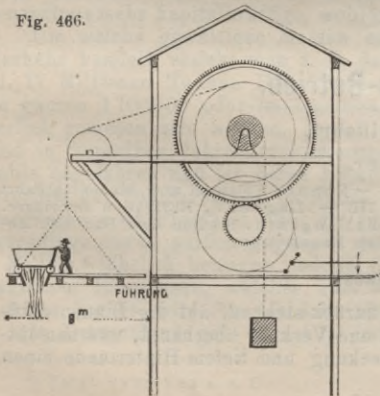


Fig. 466.



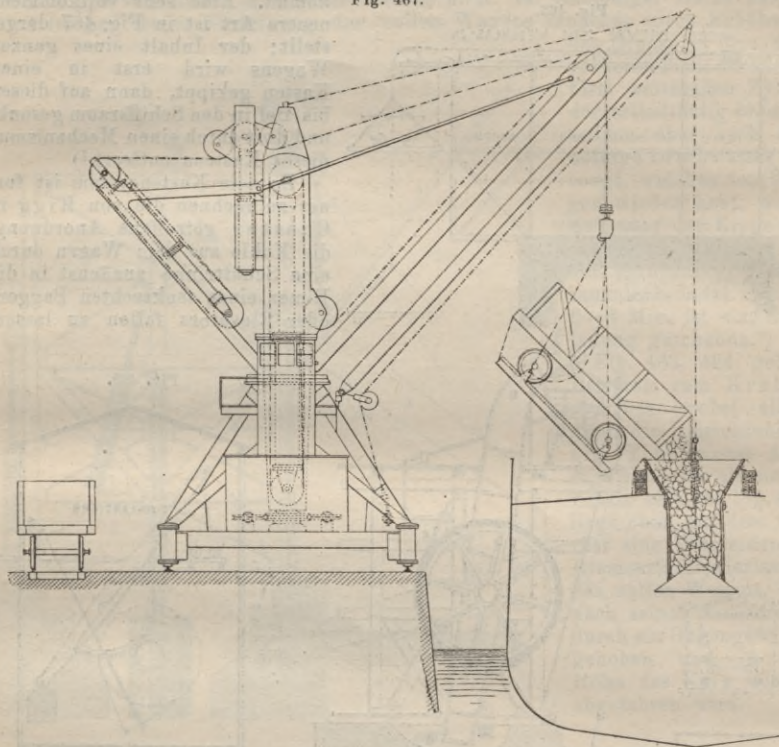
dessen Kette ohne Ende sich durch das Gewicht der Kohle im umgekehrten Sinne wie beim Bagger bewegt. Der Apparat wird über der Schiffs Luke aufgestellt, und ist zur Regelung der Bewegung mit Bremse versehen.

Endlich sei zu den Kohlensturz-Vorrichtungen noch erwähnt, dass auch in einigen Häfen: Great Grimsby, Hull usw. Vorrichtungen ausgeführt sind, um die Ladung ganzer Flussschiffe von 40 t in ein Seeschiff zu verstürzen. Es fährt ersteres über eine an zwei Wasserdruck-Kolben hängende Plattform, wird, mit dieser verbunden, gehoben und mittels besonderer, ebenfalls durch Wasserdruck betriebene Maschinen gekippt, alles in 5 Minuten. Das Zurückbewegen der ge-

¹⁾ Engineer 1884.

kippten Plattform wird durch Bandbremse geregelt, die Senkung lediglich durch Ablassen des Druckwassers. Im ganzen werden 4—5 Fahrzeuge in der Zeit von rund einer Stunde entleert.

Fig. 467.



I. Schiffs-Betrieb.

I. Binnenschiffahrt.

Litteratur.

Hägen, Handbuch der Wasserbaukunst. II. Theil. — Sonne, Flösserei und Binnenschiffahrt im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, Band III. — Lagrené, Navigation intérieure, Molinos, Navigation intérieure de la France. — Bellingrath, Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes.

a. Allgemeines.

An Bedeutung hinter der Seeschiffahrt zurück stehend, übt die Binnenschiffahrt doch auf die Entwicklung von Handel und Verkehr überhaupt, und namentlich in Ländern mit geringer Küsten-Erstreckung und tiefem Hinterlande einen weit gehenden Einfluss aus.

Waren die Wasserstrassen früher die einzigen Wege, auf denen Massentransporte bewerkstelligt werden konnten, so sind ihnen neuerdings in den Eisenbahnen gewaltige Mitbewerber erstanden, durch welche sie stellenweise ganz in den Hintergrund gedrängt worden sind. Trotzdem können selbst in Ländern mit dem entwickeltsten Eisenbahnnetz die Binnenlands-Wasserstrassen nicht entbehrt werden und bieten dieselben unter Umständen grosse Vortheile darin, dass der Schiffstransport bei grossen Massen und weiten Wegen sich erheblich billiger stellt, als die Beförderung auf den Eisenbahnen. Durch die Ermässigung der Frachtsätze über eine gewisse Grenze hinaus wird für viele Gegenden erst die Möglichkeit geboten, ihre Bodenschätze und Erzeugnisse auf dem Weltmarkte anzubieten. So ist das weite Absatzgebiet, welches sich westfälische und böhmische Kohle, russisches und schwedisches Holz, Petroleum vom Kaukasus und Getreide aus Nordamerika erobert haben, nicht zum wenigsten auf die günstige Gelegenheit zurück zu führen, welche sich bot, diese Produkte auf grosse Entfernungen auf Binnenwasser-Strassen zu befördern.

Wenn trotz der Billigkeit und der Fähigkeit grosse Massen mit verhältnissmässig geringen Mitteln zu befördern, die Binnenschifffahrt den Wettbewerb mit den Eisenbahnen bisher nur in seltenen Fällen bestehen konnte, so hat diese Thatsache ihren Grund in gewissen Mängeln der ersteren, welche dieser Betriebsart theils naturgemäss anhaften und durch menschliche Kraft nur gemildert, nicht aber ganz beseitigt werden können, theils Folge eingerissener Missbräuche und eingelebter Gewohnheiten sind. Zu den ersteren gehören die Unterbrechungen, welche die Schifffahrt durch Frost, niedrige und hohe Wasserstände, sowie bei künstlichen Wasserstrassen durch zeitweilige Sperrungen erleidet — Unterbrechungen, welche die pünktliche Innehaltung von Lieferfristen unmöglich machen, sodann die Verlängerung des Weges, welche fast immer mit dem Transport auf den Wasserstrassen, gegenüber den Eisenbahnen, verbunden ist, und die in vielen Fällen den Vortheil geringerer Einheits-Frachtkosten wieder aufhebt. Unter die Mängel letzterer Art fällt die geringe Sicherheit, welche bisher vielfach beim Wassertransport gegen Beschädigung und Diebstahl geboten ist, sowie die lange Liegezeit, welche Seitens der Befrachter den Fahrzeugen zuge-muthet wird, und welche zum Theil so weit geht, dass Schiffe monatelang als schwimmende Lagerhäuser dienen müssen. Zwischen beiden Missständen liegt als besonderer die geringe Geschwindigkeit der Beförderung, welche der Wasserweg gegenüber den Eisenbahnen bietet. Ist es auch ausgeschlossen, dass die Schiffe hierin jemals mit den Eisenbahnen wetteifern können, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass durch Verdrängung der bisher noch vielfach üblichen unvortheilhaften Betriebsarten eine wesentliche Besserung erzielt werden kann. In dieser Hinsicht und namentlich auch zur Ermöglichung prompter Abfertigung der Schiffe und zur Erzielung grösstmöglicher Sicherheit der übernommenen Ladung ist es von Wichtigkeit, dass an die Stelle von Einzelschiffern, von denen allein in früheren Zeiten die Binnenschifffahrt betrieben wurde, neuerdings mehr kapitalkräftige, wohlorganisirte Schifffahrts-Gesellschaften treten.

Um welche gewaltigen Massen es sich schon jetzt im Binnenschifffahrts-Verkehr handelt, ersieht man z. B. daraus, dass auf dem Rhein im Jahre 1888 rd. 17 Millionen Tonnen Güter bewegt worden sind, zu deren Beförderung im ganzen 1700000 oder im Durchschnitt täglich 5000 Eisenbahnwagen erforderlich gewesen sein würden. In den Schwesterhäfen Ruhrort—Duisburg allein sind in demselben Jahre durchschnittlich in 1 Tag 1400 Doppelwaggon Steinkohle angefahren und ist deren Inhalt in Schiffe verladen worden. In Berlin erreichte der Schiffsverkehr im Jahre 1888 die Höhe von rd. 5 000 000 Tonnen. Der Verkehr an Flossholz über die russische Grenze auf der Weichsel, welcher neuerdings etwas zurück gegangen ist, hat im verflossenen Jahrzehnt nahezu 1 Million t jährlich betragen und die Grösse des Frachtverkehrs auf den amerikanischen Binnenseen, welcher zum weitaus grössten Theil auf der Getreide-Ausfuhr beruht, wird für das Jahr 1880 zu nahezu $4\frac{1}{2}$ Millionen t angegeben.

In Deutschland gab es schon im Jahre 1877 15000 Flussschiffe mit fast

*) Vergl. Sympher a. a. O.

1,3 Millionen t Gesamt-Tragfähigkeit gegen 7000 See- und Küstenschiffe mit nur annähernd demselben Tragvermögen*).

Die Gesamtlänge der schiffbaren Binnen-Wasserstrassen betrug im Jahre 1880 im Deutschen Reiche rd. 12500 km darunter etwa 200 km künstliche. Im europäischen Russland soll es um dieselbe Zeit 34 500 km schiffbare Wasserläufe gegeben haben, von denen jedoch nur etwas mehr als 600 km künstlich hergestellt waren. Dagegen besaßen Frankreich und die Vereinigten Staaten Nordamerikas jedes rd. 4800 km Kanäle und kanalisierte Flussstrecken bei einem gesamteten schiffbaren Wasser-Strassennetz von 16 000, bezw. über 130 000 km

b. Fahrzeuge der Binnenschifffahrt.

a. Flösse.

Beim Transport von Holz dient meistens die Ladung in der Form des Flosses selbst auch als Fahrzeug. Je nachdem die Flösse aus Stammholz oder aus Brettern zusammen gesetzt sind, unterscheidet man Balken- und Bretterflösse. Ein grösseres Floss setzt sich in der Längenrichtung aus einzelnen Abtheilungen (Gestörren, Traften) zusammen, welche mit Einhaltung kleiner Zwischenräume unter sich durch Gurtwieden derartig verbunden werden, dass dem Floss die zum Durchfahren von Flusskrümmungen erforderliche Biegsamkeit gewahrt ist. Die Gestörre bestehen alsdann aus einer Anzahl neben einander gelagerter und durch übergenagelte Querhölzer (Zengelstangen) oder Baststricke zusammen gehaltener Stämme, bezw. Bretterbunden. Kleinere Flösse werden an den Mündungen der Bäche und Nebenflüsse zu grösseren vereinigt.

Auf dem Rhein sollen früher Flösse von 250 m Länge und 50 m Breite, mit 2 m Tiefgang und einer Besatzung von 500 Köpfen verkehrt haben. Nach der Rheinschiffahrts-Polizei- und Flossordnung dürfen jetzt auf der Strecke zwischen Mannheim und Koblenz Flösse mit einer Breite bis zu 63 m und unterhalb Koblenz mit einer Breite bis zu 72 m verkehren, während die Länge keinerlei Beschränkungen unterliegt. Vereinzelt fahren daselbst auch jetzt noch Flösse von 200 m Länge und 60 m Breite. Im allgemeinen geht jedoch das Bestreben in neuerer Zeit mehr dahin, im Flossverkehr eine grössere Theilung der Transporte eintreten zu lassen und es besitzen deshalb im allgemeinen die Flösse in Deutschland jetzt selten mehr als 100 m Länge und 16 m Breite. Auf den verkehrsreichen deutschen Strömen macht sich ausserdem das Bestreben bemerklich das Flössen mehr und mehr auf den Transport langer Stämme, deren Verladung in Schiffe umständlich ist, zu beschränken.

β. Lastfahrzeuge.

Wo der verwilderte Zustand eines Flusslaufs einen geregelten Schiffahrts-Betrieb mit Thal- und Bergfahrt noch nicht aufkommen lässt, wo aber doch Gelegenheit sich bietet, bei günstigen Wasserständen Massengüter zu Thal und in daselbst gelegenen grösseren Orten auf den Markt zu bringen werden vielfach Fahrzeuge einfachster Art benutzt, welche am Bestimmungsort sammt der Ladung bestmöglichst veräussert werden. Unter diese Art von Fahrzeugen fallen die bis in die ostpreussischen Seestädte gelangenden russischen Galler, Strusen und Wittinen, welche roh aus Stämmen oder Brettern zusammen gezimmert und entweder ganz offen oder nur einfach mit Brettern zugedeckt sind. Hierzu gehören auch die Böhmischesen Zillen, welche zur Benutzung auf den heimathlichen Gewässern anfangs ganz flach und roh aus Tannenholz gebaut und mit Moos gedichtet, ihre erste Reise auf der Elbe bis in die Nähe der böhmisch-sächsischen Grenze machen, woselbst sie umgebaut und namentlich mit höheren Wänden versehen werden. Von hier aus treten sie ihre zweite Reise mit Obst oder Kohlen beladen, nach Hamburg und Berlin an, woselbst sie früher, als der Verkehr zu Berg auf der Elbe noch nicht so entwickelt war als jetzt, und die Kosten der Rückfahrt in leerem Zustande nicht im Verhältniss

*) Vergl.: Unsere Binnenschifffahrt von A. v. Studnitz.

zu den niedrigen Anschaffungskosten standen, meistens zu Nutzholz zerschlagen wurden. Auch jetzt noch werden die in grosser Zahl nach Berlin kommenden sogen. Marktzillen dort in der Regel verkauft, um noch einige Jahre zur Schifffahrt in der Nähe dieser Stadt Verwendung zu finden.¹⁾

Auf dem Rhein gab es zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts auch noch derartige Fahrzeuge, die sogen. Lautertannen, welche, aus der Schweiz kommend, nur für die Thalfahrt dienten.

Auf allen Wasserstrassen mit geregeltm Lauf und Bett und mit entwickelterem Verkehr baut man für den Waarentransport jedoch vollkommene Fahrzeuge, welche gleichmässig für die Thal- und Bergfahrt geeignet sind. Je mehr die Regulirung der Ströme fortschreitet und je vollkommener die künstlichen Wasserstrassen werden, um so grössere Sorgfalt wird auch der Herstellung der Fahrzeuge gewidmet.

Dieselben werden entweder von Holz mit eichenen Inhölzern (Knien und Bodenblättern) und eichener, kieferner oder tannener Haut (Bordplanken) sowie tannemem Boden, oder — namentlich in neuerer Zeit — ganz oder theilweise aus Eisen gebaut, Fig. 468, 469. Im letzteren Falle wird Unterbord und Boden der Fahrzeuge aus Holz hergestellt, weil beim Auffahren auf Steine oder Baumstämme und beim Schleifen auf dem Kiesgrunde die Holzböden widerstandsfähiger sind als eiserne Böden. Die aus Eisen bestehenden Knie (Spanten) dieser Schiffe sind zweitheilig und werden durch die hölzernen Bodenblätter verbunden, während bei ganz eisernen Schiffen aus einem Stück gebogene, durchgehende Spanten angewendet werden, Fig. 474.

Die Dauer der Fahrzeuge aus Tannenholz kann zu 4—6, die der kiefernen zu 10 bis 12, der eichenen zu 12 bis 20 und der eisernen zu 40 bis 50 Jahr angenommen werden.²⁾

Die Schiffe erhalten durchweg platten Boden mit sehr vereinzelt Ausnahmen und geringe Neigung (Lehnung) der Seitenwände. Insbesondere werden die für die Kanal-Schifffahrt bestimmten Fahrzeuge, um das Schleusenprofil auszunutzen, mit ganz steilen Seitenwänden hergestellt. Vorn und hinten sind die Fahrzeuge entweder scharf, mit steilen Steven gebaut; oder der Boden wird über Wasser aufgebogen Fig. 470, 471; auch unterscheidet man die Schiffe ihrer Bauart nach in offene und gedeckte, Fig. 468 u. 472.

Für die Bestimmung der Maasse gilt als Regel, dass die Länge zweckmässig etwa das $7\frac{1}{2}$ fache der Breite und die Breite etwa das Vierfache des Tiefganges bei voller Belastung betragen soll. Die Grösse der Schiffe ist im übrigen sehr verschieden und richtet sich nach der Wassermenge und Tiefe der

Fig. 468.

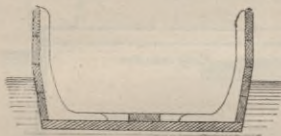
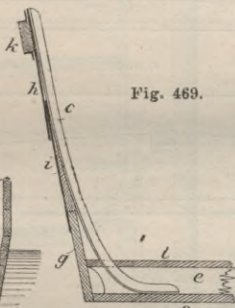
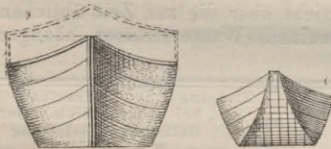


Fig. 469.



- k Bergholz (Abhalter) von Eichenholz.
- h Oberbord von Blech.
- c Spant von Wickleisen.
- i Mittelbord von Blech.
- l Streckboden von Tannenholz.
- e Bodenblatt von Eichen- oder Kiefernholz.
- f Boden von Fichtenholz.
- g Unterbord von Eichenholz.

Fig. 470, 471.



¹⁾ Vergl. „Das Schiff“ 1885, S. 321.

²⁾ Vergl. G. Meyer, „Die Kosten der Binnenschifffahrt“ in der Zeitschr. d. Hann. Archit.- und Ingen.-Ver., Jahrg. 1881.

Die etwa 6 m langen und 5 m breiten, im leeren Zustande 0,30 m und im gefüllten Zustande 1,60 m tief gehenden eisernen Schiffe, welche eine Nutzlast von 40 t Kohlen fassen und gefüllt 48 t wiegen, sind während der Fahrt, wie die Wagen eines Eisenbahnzuges, zu einem Schiffszuge an einander gekuppelt, und werden im Seehafen einzeln aus dem Wasser gehoben und in eine Schüttrinne ausgekippt, welche den Inhalt in das Schiff entleert.¹⁾

γ. Güter- und Personen-Dampfer.

Die Dampfschiffe sind in der Regel kräftiger gebaut als Lastfahrzeuge und für die Fortbewegung mit Radschaukeln oder Schraube ausgerüstet.

Im Güterverkehr werden Schraubendampfer wegen des grösseren Nutzeffekts, im Personenverkehr Raddampfer wegen des ruhigeren Ganges bevorzugt. Auf dem Rhein fahren zur Zeit Güter-Schraubendampfer von 65 m Länge, 8,3 m Breite und 1,83 m Tiefgang mit einer Ladefähigkeit von 600 t, auf den amerikanischen Binnenseen Dampfer von 92 m Länge, 12 m Breite und 2000 bis 3000 t Tragfähigkeit.

Die auf dem Rhein zwischen Köln und Mainz fahrenden Personendampfer haben Längen bis zu 80 m und Breiten bis zu 7,0 m zwischen, und 17 m über den Radschaukeln, sind mit Maschinen von 400 bis 800 Pfdkr. ausgerüstet und für die Aufnahme von bis zu 1000 Personen eingerichtet.

δ. Schleppdampfer.

Dieselben können entweder frei fahrende Dampfer sein und unterscheiden sich von den vorherbeschriebenen durch die verhältnismässig bedeutend grösseren Maschinen und Kessel und das Fehlen des Raumes für Ladung. Oder es sind Dampfschiffe, welche an Kette oder Seil fahren. Erstere werden als Schrauben- oder als Raddampfer — je nach dem Ort und dem Zweck ihrer Verwendung — in allen erdenklichen Grössen, in Deutschland augenblicklich bis zu 76 m lang und 8,50 m breit, mit Maschinen von über 1000 Pfdkr hergestellt, Fig. 475, 476.

Die Ketten-Schleppdampfer sind mit zwei Trommeln ausgerüstet, von denen die eine die Kette aufnimmt, während die andere sie ablegt. Die Trommeln wirken wie eine Schiffswinde und werden von der Dampfmaschine getrieben. An den beiden Enden des Schiffes sind drehbare Ausleger angebracht, mit deren Hilfe die Kette in Flusskrümmungen entsprechend geführt wird. Der Tiefgang der Kettendampfer schwankt zwischen 0,25 und 1,0 m, ihre Maschinenkraft zwischen 60 und 80 nom. Pfdkr. In Fig. 477—480 ist ein Kettenschlepper in Längsschnitt, Grundriss und Querschnitten dargestellt.²⁾

Die Seilschlepper unterscheiden sich von den Kettenschleppern hauptsächlich dadurch, dass die zur Aufnahme des Seils bestimmten Trommeln, von denen 2 bloß zur Führung dienen, seitlich vom Schiffskörper liegen und dass das Seil nur um einen Theil, etwa die Hälfte der Trommel, geschlungen wird. Als Trommel dient hier fast ausschliesslich die Fowler'sche Scheibe Fig. 483, 484, welche das Seil mittels zangenartiger Klappen packt. Je stärker dabei das Seil *D* gespannt wird, desto fester, bis zu einem gewissen, durch die Laschen *C* bestimmten Grade, fassen es die um die Achsen *a* beweglichen Klappen *b*. Fig. 481, 482 geben die allgemeine Anordnung eines Seilschleppers.

c. Tragfähigkeit der Fahrzeuge.

Dieselbe ergibt sich annähernd, wenn man aus den bekannten Abmessungen zunächst das Displacement unter der Annahme berechnet, dass dasselbe acht bis neun Zehntel des Parallelepipedons *LB T* beträgt (*L* grösste obere Länge, *B* grösste äussere Breite, *T* zulässiger Tiefgang). Die Tragfähigkeit kann man sodann zu $\frac{3}{4}$ des dem Displacement entsprechenden Wassergewichts annehmen, wäh-

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1884, S. 408.

²⁾ Vrrgl. Bauer. Deutsche Bauzeitg. 1877, S. 191 ff.

Fig. 477—480.

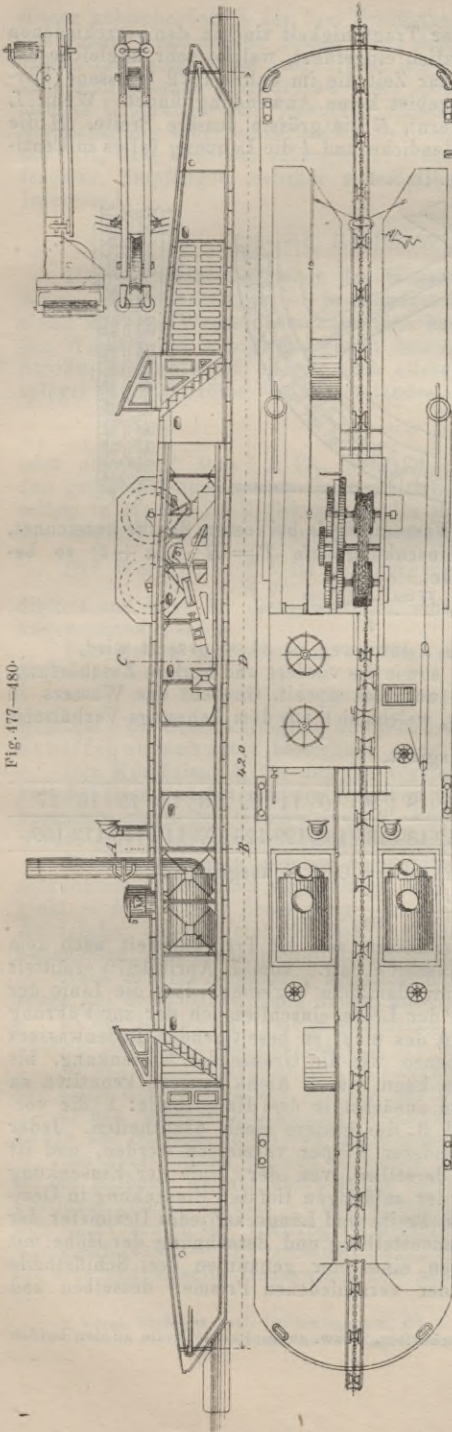
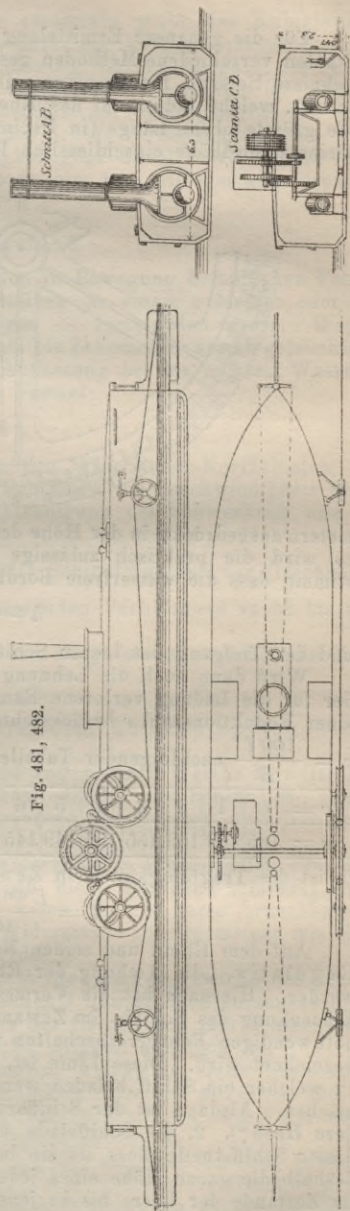


Fig. 481, 482.

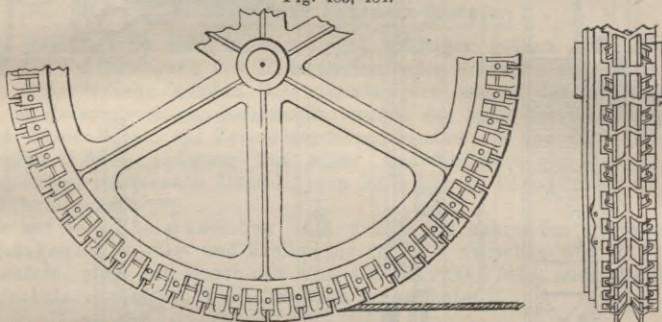


rend auf das Eigengewicht des Fahrzeugs einschliesslich der Takelage $\frac{1}{4}$ jenes Gewichts zu rechnen ist.¹⁾

¹⁾ Vergl. Michaelis: Der Emscher Kanal, S. 4.

Für die genauere Ermittlung der Tragfähigkeit sind in den verschiedenen Staaten verschiedene Methoden gesetzlich eingeführt, welche sehr ungleiche Ergebnisse liefern; für Preussen gilt zur Zeit die im Jahre 1872 erlassene Vorschrift, welche indess auf das Rheingebiet keine Anwendung findet. Wenn L die grösste obere Länge (in Decimetern), B die grösste äussere Breite, H die kleinste Bordhöhe einschliesslich Bodendicke und l die Lehnung (alles in Centi-

Fig. 483, 484.



metern ausgedrückt) in der Höhe des Wasserspiegels bei leerem Schiffe bezeichnet, so wird die praktisch zulässige Einsenkungstiefe $T = H - (h + t)$ so bestimmt, dass die wasserfreie Bordhöhe:

$$h \text{ cm} = \frac{H \text{ cm} - 26 \text{ cm}}{3}$$

und der Tiefgang des leeren Schiffes t durchweg = 31 cm gesetzt wird.

Wird dann noch die Lehnung l , sowie die vordere und hintere Zuschärfung, der für die Ladung verlorene Raum und das specif. Gewicht des Wassers in einer Reduktionszahl r berücksichtigt, welche sich aus dem Lehnungs-Verhältniss

$v = \frac{100 l}{B}$ nachfolgender Tabelle ergibt,

$v =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$r =$	165	162	159	155	152	149	145	142	139	135	133	129	126	123	119	116	113	109

so ist die Tragfähigkeit T in Zentnern (= 0,05 t) ausgedrückt:

$$T = \frac{L \text{ dm} \cdot B \text{ cm}}{100} \cdot \frac{r}{100} \cdot \frac{T \text{ cm}}{100}$$

Auf dem Rhein und seinen Nebenflüssen soll die Tragfähigkeit nach dem Regulativ, „die Aichung der Rheinschiffe betr.“ vom 7. April 1870 ermittelt werden. Hiernach hat die Vermessung damit zu beginnen, dass die Linie der Einsenkung des Schiffes im Zustande der Leere, einschliesslich der zur Führung nothwendigen Fahrgeräthschaften und des nicht zu beseitigenden Bodenwassers bezeichnet wird. Diese Linie ist, ebenso wie die Grenze der Einsenkung, bis zu welcher ein Schiff beladen werden kann, durch Aichklammern kenntlich zu machen. Alsdann ist der Schiffsraum zunächst in drei Haupttheile: 1. die vordere Heeb*), 2. die Schiffslade und 3. die hintere Heeb abzutheilen. Jeder dieser Schiffstheile muss als ein besonderer Körper vermessen werden, und ist deshalb die ganze Höhe eines jeden derselben, von der Linie der Einsenkung im Zustande der Leere bis zu jener der zulässigen tiefsten Einsenkung in Dezimeter einzutheilen und demnächst die Breite und Länge auf jedes Dezimeter der Höhe aufzunehmen. Aus der Zusammenstellung und Berechnung der Höhe mit den verschiedenen Breiten und Längen eines der genannten drei Schiffstheile erhält man den kubischen Inhalt der verschiedenen Prismen desselben und

*) Heeb oder Kaffen werden die zugeschärften, bezw. zugespitzten Theile an den beiden Enden der Fahrzeuge genannt.

dieser kubische Inhalt der drei Schiffstheile zusammen giebt den Kubikinhalte des ganzen vermessenen Raumes und damit, unter der Voraussetzung, dass der Inhalt in Kubikmetern ausgedrückt ist, gleichzeitig die Tragfähigkeit des Fahrzeuges in Tonnen ausgedrückt. Das eben beschriebene Verfahren ist französischen Ursprungs und jedenfalls wissenschaftlich am besten begründet. An der Schaffung einer einheitlichen Ordnung des Schiffs-Vermessungswesens von der Art, dass auch ein zulänglicher Genauigkeitsgrad erzielt wird, haben Verfrachter, Empfänger, Schiffer und Zollbehörde ein fast gleichmässiges grosses Interesse.¹⁾

d. Schiffs-Widerstand.

Der Widerstand, welchen das Wasser den in Bewegung befindlichen Fahrzeugen entgegensetzt, ist — je nachdem dieselben in einem grösseren oder in einem engeren Wasserquerschnitt sich bewegen — verschieden gross. Wenn das Wasserprofil wenigstens gleich dem Acht- bis Zehnfachen des eingetauchten Schiffsquerschnitts ist, so gilt nach älterer Auffassung bei wagrechtem Wasserspiegel für die Grösse des Widerstandes die Formel:

$$P = \varphi \frac{V^2}{2g} A \gamma$$

oder abgekürzt $P = k A V^2$, in welcher φ den Widerstands-Koeffizienten, A den grössten eingetauchten Querschnitt des Schiffs, V die Geschwindigkeit desselben in Metern für 1 Sekunde, g die Beschleunigung der Schwerkraft und γ das Gewicht von 1 cbm Wasser bezeichnen

Der Werth $k = \frac{\varphi \gamma}{2g}$ ist abhängig von der Schiffsform und der Geschwindigkeit und kann für die gewöhnlich vorkommenden Verhältnisse zu 15 bis 25 angenommen werden.

Für die auf einem Strome zu Thal oder zu Berg fahrenden Schiffe ist der Widerstand:

$$P = k A (V \mp v)^2,$$

woselbst v die Geschwindigkeit des Wassers im Bereiche des eingetauchten Schiffsquerschnitts bezeichnet.

Der Koeffizient k , für den die vorstehend angegebenen Werthe ihre Gültigkeit behalten, wächst mit der relativen Geschwindigkeit des Schiffs und zwar besonders stark bei Geschw. von 3—4 m, während bei Geschw. über 5 m sich wieder eine Abnahme bemerklich macht.

Die Gesetze, nach welchen der Schiffs-Widerstand in Wasserläufen von beschränktem Querschnitt sich ändert, sind noch nicht genügend erforscht und giebt es deshalb zur Berechnung desselben keine ohne weiteres brauchbaren Ausdrücke; dagegen steht es fest, dass die Widerstände im allgemeinen mit abnehmenden Wasser-Querschnitten grösser werden.²⁾

Nach neuerer Auffassung setzen sich die Widerstände, welche die Fahrzeuge bei der Fortbewegung finden, aus folgenden 3 Haupttheilen zusammen:

- a) der Reibung, welche wesentlich von der Grösse der vom Wasser benetzten Oberfläche des Schiffes und der Geschwindigkeit abhängig ist,
- b) den wirbelbildenden Widerständen, welche in erster Linie von der Form des Schiffes und von der Geschwindigkeit desselben abhängen und
- c) den wellenbildenden Widerständen, welche von der Form und Länge des Schiffes, sowie von der Geschwindigkeit abhängen.

Bei Flussschiffen, welche in weiten Profilen mit mässigen Geschw. fahren, ist die Reibung weitaus überwiegend und kann dem Quadrat der Geschw. proportional gesetzt werden. — Die wirbelbildenden Widerstände werden gewöhnlich in Prozenten der Reibungs-Widerstände ausgedrückt und sind bisher noch wenig erforscht. — Die wellenbildenden Widerstände scheinen bei Flussschiffen für eine und dieselbe Geschwindigkeit nahezu gleichbleibend zu sein.

¹⁾ Vergl. übrigens auch Hilfswissensch. Bd. 1, S. 7.

²⁾ Ueber die Beziehungen der Schiffsgeschwindigkeit zur Beschaffenheit des Bettes s. S. 152.

Der Gesamt-Widerstand beträgt in kg für 1^t gezogener Last nach einer von Sweet aufgrund ausgeführter Messungen aufgestellten Formel:

$$P = \frac{5,41 v^3 S}{n - 0,597}$$

(v Geschw. in m für 1 Sek., S benetzte Schiffsoberfläche in qm , n Anzahl der Schiffe bei einem Schiffszuge).¹⁾

e. Fortbewegung der Binnenschiffahrts-Fahrzeuge.

Dieselbe erfolgt, abgesehen von einigen sehr ursprünglichen Arten:

1. durch Treibenlassen mit dem Strom (Flösserei),
2. durch Ziehen vom Lande aus (Treideln),
3. durch Auffangen des Windes (Segeln),
4. durch Benutzung der Dampfkraft.

a. Flösserei. Man unterscheidet wilde Flösserei und Flösserei mit gebundenen Flössen. Bei der ersteren muss das Lenken der Hölzer, so weit ein solches erforderlich ist, entweder durch im Wasser angebrachte Leitwerke oder durch Schieben vom Lande aus bewirkt werden. Gebundene Flösse werden von der auf denselben befindlichen Mannschaft gelenkt. Um die in Folge der geringen relativen Geschwindigkeit, mit welcher sie sich im Wasser fortbewegen, dem Steuer nur langsam folgenden Flösse steuern zu können, sind kräftige, nach Art der gewöhnlichen Riemen gestaltete Streichruder, welche bei grossen Flössen in grösserer Zahl neben einander und gleichzeitig vorn und hinten angebracht werden, erforderlich; daneben muss eine zahlreiche Bedienungsmannschaft vorhanden sein.²⁾ Jedem in der Fahrt begriffenen grösseren Flosse müssen durch besondere Flaggen kenntlich gemachte Nachen (sogen. Wahrschauen) voraus fahren, welche entgegen kommende Fahrzeuge zu warnen und namentlich die Bedienungsmannschaft der Schiffbrücken rechtzeitig zu benachrichtigen haben.

Die zum Flössen erforderlichen baulichen Anlagen bestehen in Leit- und Stauwerken, Floss-Rinnen und Durchlässen, sowie in den Vorrichtungen zum Landen des Holzes. Leitwerke werden, wie oben schon bemerkt, in Bächen und kleineren Flüssen, auf denen man Flossholz treiben lässt, angelegt, um zu verhindern, dass das Floss beim Abwärtstreiben die Ufer beschädige und sich festsetze, ausserdem an Abzweigungen aus dem Hauptwasserlauf, in welche das Holz nicht eindringen darf und häufig an solchen Stellen, an denen das Sondern des Flossholzes und das Umbauen der Flösse, bezw. das Aufziehen derselben erfolgt. Die Leitwerke bestehen in ihrer einfachsten Gestalt aus einzelnen, an Pfählen befestigten Leitbalken, welche sich mit wechselndem Wasserstande heben und senken können. In Flüssen mit sehr starker Strömung müssen häufig feste Richtungs-Dämme, etwa aus mit Steinen gefüllten Balkenkisten hergestellt werden. An der Abzweigung von Werk- und Flosskanälen werden meist sogen. Rechenwände aufgestellt, welche aus 12 bis 15 cm starken, in Abständen von 30 cm aufgestellten und bis zur Flusssohle hinab reichenden Rundhölzern (Spindeln), welche sich oben und unten gegen Spindelbäume legen, bestehen. Damit die letzteren entfernt werden können, müssen die Rechen durch Triftstege zugänglich gemacht werden. Bei längern frei stehenden Rechen legen sich die Spindelbäume gegen einzelne hölzerne (Jochrechen) oder gegen steinerne (Pfeilerrechen) Widerlager.

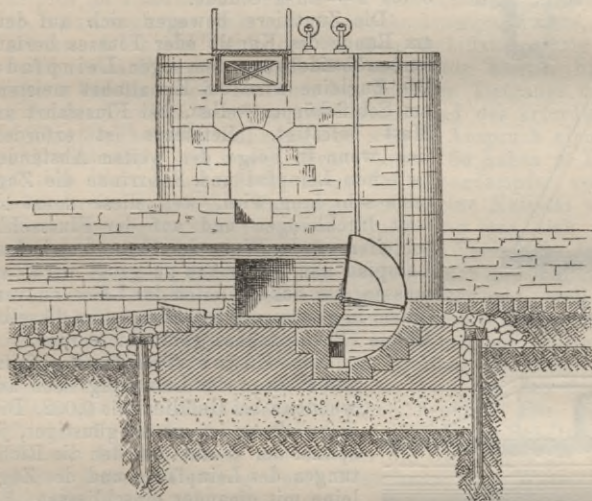
¹⁾ Vergl. hierüber und über die älteren Methoden zur Bestimmung des Schiffswiderstandes Franzius und Sonne „Der Wasserbau“, IX. B. ap. § 8.

²⁾ Auf dem Mississippi und seinen Nebenflüssen, auf denen Flösse von 200 m Länge und 75 m Breite verkehren, werden grosse Flösse neuerdings durch einen am hinteren Ende angekuppelten Dampfer gleichzeitig fortbewegt und gesteuert, wodurch es ermöglicht ist, die Bedienungsmannschaft eines Flosses von 50 auf etwa 5 bis 6, oder, mit Einrechnung der Bedienungsmannschaft des Dampfers, auf 11 bis 12 Köpfe zu ermässigen. (Zentralbl. d. Bauverwaltung 1884, S. 279.)

Stauvorrichtungen vorüber gehender Art werden namentlich in kleinen Bächen, die an und für sich nicht die zum Fortbewegen der Hölzer erforderliche Wassermenge führen, zum Zwecke des Flössens (Triftens) von Brennholz angelegt. Nachdem sich vor dem Stau genügend Wasser angesammelt hat, wird das Bauwerk plötzlich beseitigt und nehmen die abstürzenden Wasser das auf ihnen schwimmende Holz bis zum nächsten Stauwerk, bezw. bis zu einer Stelle des Wasserlaufs, wo genügende Tiefe vorhanden ist, mit. Derartige Stauvorrichtungen können entweder einfache Erddämme sein, welche für jede Holztrift neu hergestellt werden, und heissen in diesem Falle Keuter; oder sie bestehen aus festen, in der Regel aus Holz hergestellten Bauwerken mit einer verschliessbaren, zum Ablassen des Wassers und Triftholzes dienden Öffnung, in welchem Falle sie Klausen und der Raum vor denselben, welcher beim Aufstauen unter Wasser gesetzt wird, Klausenhof genannt werden.

Aehnliche Bauwerke werden auch für das Flössen von Stammholz in solchen Gewässern errichtet, in denen gefährliche Stromschnellen und Wasserfälle zu überwinden sind. Um an solchen Stellen das Holz vor Zerstörung zu bewahren, verbaut man die Wasserläufe vor dem gefährlichen Punkte durch Dämme und legt von diesen aus oft auf lange Strecken und mit starken Ge-

Fig. 485.



fällen aus Holz gezimmerte und auf hölzernen oder steinernen Unterlagen ruhende Flossrinnen, in denen Wasser und Holz gemeinschaftlich bis zu Flussstrecken mit günstigeren Gefällsverhältnissen hinab geleitet werden.¹⁾ Für das Durchlassen von Flossholz durch Stauwerke, die für gewerbliche Anlagen oder für Schifffahrtsw Zwecke dienen, werden in diesen Durchlässe, Flossrinnen eingebaut. Im Anschluss an den Einschnitt im Wehre, dessen Breite

derjenigen der in dem betr. Wasserlauf verkehrenden Flösse entsprechen muss, und dessen Länge von der Stauhöhe abhängig ist, wird flussabwärts eine mit abfallendem Boden und festen Wandungen versehene Rinne angeordnet, welche an ihrem oberen Ende für gewöhnlich durch einen beweglichen Verschluss, (Schützen- oder Trommelwehr) abgesperrt gehalten wird. Nach Beseitigung derselben bietet das durchströmende Wasser einen Weg von zulässigem Gefälle und ausreichender Tiefe für die passierenden Flösse.

Die in der beigefügten Skizze, Fig. 485, im Querschnitt dargestellten, durch Trommelwehre versperrten Flossrinnen aus der kanalisirten Mainstrecke zwischen Frankfurt und Mainz haben z. B. 12 m Sohlbreite und Längen von 200 bis 400 m bei Stauhöhen von 1,80 bis 2,70 m.

Die für den Flössereibetrieb dienenden Flosshäfen sind theils Sicherheitshäfen, theils werden sie benutzt, um grössere Flösse aus kleineren herzustellen, theils schliesslich um das Holz zu sortiren und zu landen, wenn es in

¹⁾ „Bauten zum Flössen des Holzes in Schweden und Norwegen“ von E. Zoeller, Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1882, 1885 u. 1886.

den Sägemühlen verarbeitet oder zu Lande weiter verschickt werden soll. Im letzteren Falle sind Aufzüge erforderlich, welche bei grösseren Anlagen durch Dampf getrieben werden und entweder senkrecht heben oder, wie es z. B. auch bei Sägemühlen üblich ist, mittels einer in das Wasser hinab reichenden Kette ohne Ende die Stämme in fortlaufender Reihe auf die Uferböschung schleppen.

β. **Treidel-Schiffahrt.** Bei Schiffsfahrzeugen kommt das Treibenlassen mit dem Strome auf der Thalfahrt gleichfalls zur Anwendung. — Die zur Zeit noch gebräuchlichste Fortbewegungsart ist jedoch das Treideln, d. h. das Ziehen der Fahrzeuge durch Menschen oder Thiere mittels Zugleine vom Lande aus. Das Treideln kam vor Einführung der Dampfschiffahrt auf Kanälen und bei der Bergfahrt auf Flüssen überall da zur Anwendung, wo nicht besonders günstige Umstände das Segeln gestatteten.

Fig. 486—489.

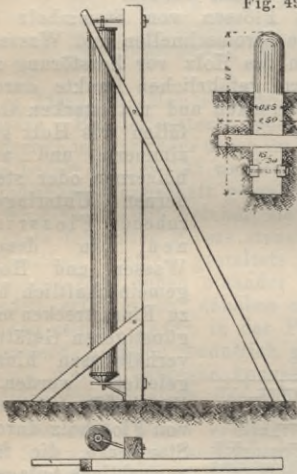
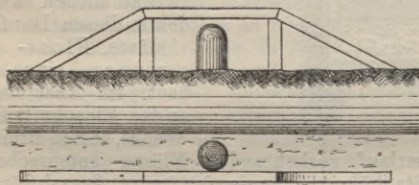
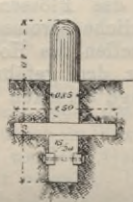


Fig. 490.



anzulegen. Sie müssen ferner so breit sein, dass wenigstens 2 Pferde neben einander gehen können (mindestens 3—4 m) und möglichst über dem höchsten schiffbaren Wasserstande liegen. Bei Hochufern, welche auf die Zugrichtung ungünstig einwirken und die Zugkraft verringern, legt man den Leinpfad besser auf einen Anschnitt derselben. Meistens befindet sich nur an dem einen Ufer ein Leinpfad; doch darf dann der Fluss nur im Nothfall übersprungen werden und möglichst nur da, wo Brücken oder Fähren das Uebersetzen der Zugthiere gestatten.

Regelrecht hergestellte Leinpfade erhalten eine einseitige Querneigung mit einem vom Wasserwege abgekehrten Gefälle von 1:10, wodurch u. A. das Gewicht der Pferde beim Ziehen besser zur Wirkung kommt. In der Regel wird der Leinpfad nur mit Kies bedeckt, bei starken Neigungen (1:10) gepflastert. Bei scharfen Biegungen bringt man an der konvexen Seite zur Verbesserung der Zugrichtung eine oder mehrere 2—4 m hohe Streichrollen, Fig. 486—489, neben

Die Anzahl der Pferde, welche zum Ziehen eines Schiffes erforderlich ist, richtet sich nach Grösse der Ladung und Stärke der Strömung, beträgt jedoch nur ausnahmsweise mehr als 6. Die mit Pferdezug auf Kanälen erzielte mittlere Geschw. beträgt 3 bis 4 km in 1 Stunde.

Die Zugthiere bewegen sich auf dem am Rande des Kanals oder Flusses herlaufenden Treidelwege, dem sogen. Leinpfade. Die Zugleine wird bei Kanalfahrt meistens am Schiffskörper selbst, bei Flussfahrt am Mast befestigt. Letzteres ist erforderlich, wenn in Folge des weiten Abstandes zwischen Leinpfad und Fahrinne die Zugleine sehr lang wird, weil diese sonst zu weit durchhängen und auf der Flusssohle schleifen würde. Wenn der Abstand zwischen Leinpfad und Fahrinne zu gross wird, so müssen, um das Schleifen der Leine zu verhüten, in gewissen Abständen unter dieselbe Kähne (Buchtnachen) gebracht werden.

Nach Hagen ist bei der Bergfahrt auf Flüssen der Leinenzug noch anwendbar bei Gefällen bis 0,002. Die Zugwirkung ist um so günstiger, je spitzer der Winkel ist, den die Richtungen des Leinpfades und der Zugleine mit einander einschliessen. Es empfiehlt sich daher die Leinpfade, so weit dies möglich ist, in die Nähe des Fahrwassers und diesem parallel

Stromschnellen, um den Pferden Gelegenheit zum Ansehen zu geben, Haltepfähle, Fig. 490, oder Schiffsringe an, an welchen der Treiber das vordere Ende der Zugleine, das zu diesem Zweck frei bleibt, befestigen kann.

So oft der Wind günstig ist, werden auch bei der Treidelschifffahrt, namentlich wenn zu Berg gefahren wird, die Segel benutzt.

7. Reine **Segelschifffahrt** kommt nur auf den untern, breitem Flusstrecken, auf denen die Geschw. des Wassers mässig ist, sowie auf Binnenseen — überhaupt da, wo das Kreuzen durchführbar ist — zur Anwendung. Flussschiffe mit plattem Boden werden für das Segeln mit sogen. Schwertern ausgerüstet. Dies sind grosse hölzerne Tafeln, welche an beiden Aussenseiten des Fahrzeugs — meistens an der Stelle, wo der Grossmast steht — lothrecht bis unter den Schiffsboden herab hängen und welche durch den Widerstand, den sie dem strömenden Wasser entgegen setzen, das Abtreiben während des Kreuzens erschweren, mithin den fehlenden Kiel ersetzen. Die Schwerter sind um wagrechte Achsen drehbar und können nach Bedarf hinab gelassen oder hoch gezogen werden. Weiteres s. unter Seeschifffahrts-Betrieb.

8. **Dampfschifffahrt.** Dieselbe Umwälzung, welche seit Einführung des Dampfes im Landverkehr und in der Seeschifffahrt stattgefunden hat, wiederholt sich, wenn auch zur Zeit noch in bescheidenerem Maasse, im Binnenschifffahrts-Verkehr. Doch hat die in der See-Dampfschifffahrt einzig übliche Einrichtung, wonach jedes Fahrzeug seinen eigenen Motor besitzt, hier sich weniger einbürgern können, weil bei dem beschränkten Tiefgange der Fluss- und Kanalschiffe das Gewicht der Maschine, Kessel und des erforderlichen Heizmaterials die Tragfähigkeit der Fahrzeuge so weit in Anspruch nimmt, dass für Nutzlast verhältnissmässig zu wenig übrig bleibt. So haben z. B. die Baxter-Böte auf dem Erie-Kanal flachbordige Schraubendampfer von etwa 30^m Länge, 5,33^m Breite und 1,83^m Tiefgang, welche eine Nutzlast von etwa 220^t aufzunehmen vermögen und von deren Einführung man sich grosse Vortheile für den Getreideverkehr auf genanntem Kanale versprach, trotz ihrer bedeutend grösseren Schnelligkeit den Wettbewerb mit den gewöhnlichen, durch Maultiere gezogenen Lastkähnen nicht auszuhalten vermocht, weil die Nutzladung um etwa 30^t hinter derjenigen eines gleich grossen Kahns zurück blieb. Nichtsdestoweniger sind Güterdampfer auf englischen und schwedischen Kanälen eine häufige Erscheinung. In Deutschland werden dieselben mit Vortheil für den Eilgutdienst, namentlich um Stückgüter zwischen den Seehäfen und grösseren Städten des Binnenlandes auszutauschen, benutzt. Für diesen Zweck scheinen sich auch die seit kurzem in Dienst gestellten Rhein-See-Dampfer, welche zwischen Köln und London fahren und den für die Ueberfahrt auf der Nordsee erforderlichen grösseren Tiefgang durch Einnehmen von Wasserballast herstellen, zu bewähren.

Ungleich grössere Verwendung hat im Binnenschifffahrts-Verkehr die Dampfkraft bei Ausbildung der Schleppschifffahrt gefunden. Die letztere bietet Gelegenheit, einen grossen Massenverkehr mit geringen Betriebskosten zu bewältigen. Dafür erfordert allerdings ein grösseres Schleppschifffahrts-Unternehmen ein bedeutendes Anlagekapital. Die Schleppschifffahrt bietet dem Treideln gegenüber den Vortheil grösserer Geschwindigkeit, namentlich auf der Bergfahrt; sie ist anwendbar noch bei Wasserständen, bei denen das Treideln in Folge Ueberschwemmung der Leinpfade eingestellt werden muss und ist unabhängig von der Lage der Ufer zur Stromrinne, welche, wie oben gezeigt, beim Treideln eine besondere Bedeutung besitzt.

Bei frei fahrenden Schleppdampfern werden in Europa in der Regel die anzuhängenden Lastfahrzeuge an diesen mittels Tauen (Schlepptrossen) befestigt und fahren hinter ihnen, in Amerika ist es üblich, die Frachtschiffe seitlich neben den Dampfern fahren zu lassen und sie mit diesen vorn und hinten fest zu vertauen, oder auch die Frachtschiffe durch Dampfer schieben zu lassen. Bei letzterer Anordnung liegt bei der Thalfahrt die Gefahr vor, dass bei plötzlichen Hindernissen, welche den Stillstand des Schleppboots verursachen, die

anhängenden, in voller Fahrt befindlichen Fahrzeuge dieses oder sich unter einander anlaufen und beschädigen. Da in einem solchen Falle nur durch das schleunige Abwerfen der Schleppstränge von Seiten des Dampfers, durch das Auswerfen der Anker, sowie Bereithalten von Stangen seitens des Anhangs, die üblen Folgen eines Zusammenstosses vermieden werden können, so erfordert die Thalfahrt eines Schleppzuges die grösste Aufmerksamkeit der beteiligten Schiffer, welche besonders auch geboten ist, wenn in der Thalfahrt begriffene Schleppzüge Abends auf dem Strom vor Anker gehen oder Morgens zur Weiterfahrt aufbrechen.

Die Schleppdampfer fahren in Deutschland nicht selten mit einem „Anhänge“ von 3 bis 6 — unter Umständen auch noch mehr — Schiffen und giebt es deren z. B. jetzt auf dem Rhein, welche instände sind, mit einem Anhang von über 3000 t Ladung in 4 eisernen Kähnen, die 92 km lange Strecke von Ruhrort bis Köln auf der Bergfahrt in 18 Stunden zurück zu legen, d. i. etwa 5 km in 1 Stunde.

Die mittlere Geschwindigkeit eines Dampf-Schleppzuges auf Kanälen wird in der Regel nicht über 5 km in 1 Stunde angenommen, weil durch die schnelle Fahrt, verstärkt durch die Umdrehungen der Radschaukeln oder der Schraube eine für den Bestand der Uferböschungen gefährliche Bewegung des Wassers verursacht wird. Es ist deshalb meist eine unausbleibliche Folge der Einführung der Dampfschiffahrt auf schmalen Gewässern, dass die Ufer künstlich befestigt werden müssen.

Unter den Dampfschiffen sind die Schraubendampfer am verbreitetsten, weil sie neben dem Vorzuge der Billigkeit den beim Befahren enger Gewässer hoch anzuschlagenden Vortheil geringer Breite besitzen und weil auch der Nutzeffekt der Dampfkraft grösser als bei den Raddampfern ist (42 bis 64 % gegen 36 bis 52 % der indiz. Kolbenarbeit). Dagegen ist ein Nachtheil dieser Schiffe, dass für das vortheilhafte Arbeiten der Schraube ein verhältnissmässig grosser Tiefgang erforderlich wird. Da infolge dessen bei niedrigen Wasserständen die Schraubenflügel den Flussgrund berühren und an Steinen oder sonstigen Hindernissen zerschlagen werden, so haben sich grössere Schraubendampfer auf den obern Stromläufen nicht bewährt und werden daselbst trotz des erforderlichen höhern Anlagekapitals neuerdings wieder durch Raddampfer — auf schmalen Gewässern durch Hinterrad-Dampfer — ersetzt.

ε. Ketten- und Seilschiffahrt. Kette oder Seil werden in der Fahrrinne des Wasserlaufs auf der Sohle verlegt und nur am obersten Ende verankert. Abweichungen in der Lage der Kette, welche dadurch entstehen, dass der Schlepper dieselbe in der Regel nicht wieder an die gleiche Stelle legt, von welcher er sie aufgenommen hat, sowie Aenderung in der Lage, welche durch Verlegung der Fahrrinne nothwendig werden, ordnen die, meistens leer zurück fahrenden Schlepper selbst.

Die Kette liegt bei der Bergfahrt eines Schiffszuges schon etwa in 300 bis 400 m Entfernung vom Schiffe unbeweglich auf dem Flussbette. — Meist wird die Kette mit einer Stärke von 20 bis 30 mm, das Drahtseil mit 20 bis 25 mm Stärke verwandt.¹⁾

Mit grösseren Schiffszügen werden auf der stark gekrümmten obern Elbe noch Kurven bis 180 m Halbm. durchfahren. Die angehängten Kähne fahren zu zweien neben einander, infolge dessen bei nicht zu breiter Stromrinne das Begegnen, namentlich mit Flössen, grösste Vorsicht erfordert. Wenn Schiffszüge sich begegnen, muss der zu Thal fahrende Schlepper die Kette, bezw. das Seil abwerfen. Am leichtesten ist dies Abwerfen und Wiederauflegen ausführbar bei Seilschiffen, an denen das Seil seitwärts vom Schiff liegt.

Die Zahl der gleichzeitig von einem Ketten- oder Seilschlepper geschleppten Frachtschiffe ist meistens grösser als bei frei fahrenden Schleppzügen. Auf der Elbe sollen Züge von 24 Kähnen vorkommen. Die etwa 60 bis 80 nom. Pfdkr. starken Kettenschlepper der Oberelbe fahren bei einem Gefälle derselben von etwa 1:3000 mit 1200 t in den Lastkähnen rd. 6 km in 1 Stunde zu Berg.

¹⁾ Vergl. Deutsche Bauzeitg., Jahrg. 1867, 1876 und 1877.

Kettenschifffahrt ist in Deutschland bisher eingeführt auf der Elbe¹⁾, auf einigen ihrer Nebenflüsse, ferner auf dem Neckar und dem Main, — Seilschifffahrt in beschränkter Ausdehnung auf dem Rhein.

Bei Wassertiefen von über 3^m wird die Ketten- und Seilschifffahrt wegen der Schwierigkeit des Aufhebens der Kette unrentabel, um so mehr, wenn infolge der grösseren Breite des Wasserlaufs Seitenwinde ihren ungünstigen Einfluss geltend machen können. Auf dem Rhein, woselbst das Seil von Bingen bis Rotterdam verlegt ist, ist der Betrieb auf der unteren Flussstrecke eingestellt und fahren die Schlepper — daselbst „Hexen“ genannt — nur noch auf der Gebirgsstrecke von Bonn bis Bingen. Auch auf der Elbe, woselbst die Kettenschifffahrt in den siebziger Jahren fast den ganzen Bergverkehr vermittelte, ist auf den unteren Flussstrecken den Kettenfahrern in den frei fahrenden Schlepddampfern ein starker Konkurrent entstanden.

In der Ueberwindung grosser Gefälle sind die Ketten- und Seilschlepper den frei fahrenden Dampfern sehr überlegen, einerseits, weil sie eine geringere Wassertiefe vertragen, sodann weil sie im Vergleich mit jenen um so vorteilhafter arbeiten, je grösser die Stromgeschwindigkeit ist. Während der Kettenschlepper bei einer Umdrehung der Trommel einen Weg zurück legt, welcher dem Trommelumfang nahezu gleich kommt, wird der Raddampfer je nach der relativen Geschw. von Wasser und Schiff, nur mit einem Bruchtheil der geringen Geschw. vorwärts kommen, mit der sich seine Radschaukeln bewegen.

Auf kanalisirten Flussstrecken und auf Kanälen kann eine erfolgreiche Anwendung der Ketten- und Seilschifffahrt nur da in Frage kommen, wo lange Haltungen und Schleusen mit grossen Kammern, welche die gleichzeitige Durchschleusung eines ganzen Schleppluges gestatten, vorhanden sind; doch ist die Durchschleusung auch jedes einzelnen Fahrzeugs vom Anhange möglich. Die Kette wird in der Schleuse nicht unterbrochen.

Auf dem Erie-Kanal hat sich die Kabeltauerei als unzweckmässig erwiesen und werden daselbst jetzt neben den gewöhnlichen von Maulthierern gezogenen Kähnen mit Erfolg 2 zusammen gekuppelte Kanalboote, von denen das hintere mit Schraube und Dampfmaschine versehen ist, angewandt.²⁾

f. Kosten der Binnenschifffahrt.

Damit die Binnenschifffahrt im Stande sei, billiger zu transportiren als die Eisenbahn, müssen die Wasserstrassen genügende Wasserquerschnitte und mässiges Gefälle besitzen, ferner in Gegenden liegen, wo die unvermeidlichen Unterbrechungen der Schifffahrt durch Frost in mässigen Grenzen sich halten, müssen bei künstlichen Wasserstrassen die Herstellungskosten zu dem zu erwartenden Verkehr im Verhältniss stehen³⁾, sowie schliesslich die Schiffsgefässe gross und die Betriebs-Einrichtungen möglichst vollkommen sein.

Als Beispiel mögen die Frachtsätze auf einigen besonders verkehrsreichen Wasserstrassen im Vergleich mit denjenigen auf den nebenher laufenden Eisenbahnen angeführt werden.⁴⁾

Auf der Elbe betragen die Frachtsätze für das Tonnenkilometer im Jahre 1884 bergwärts 1,10 bis 1,70, thalwärts 0,60 bis 1,00 Pfennig, auf dem Rhein im Jahre 1885 bergwärts 0,35 bis 0,65 und thalwärts 0,40 bis 0,80 Pfg. Diesen Frachtsätzen stehen folgende Eisenbahn-Frachtsätze gegenüber: An der Elbe bergwärts 2,45 bis 6,30 und thalwärts 2,50 bis 4,70, am Rhein bergwärts 2,44 bis 2,86 und thalwärts 2,44 bis 2,79 Pfennig für diejenigen Güter, welche bei der Wasserfracht überhaupt in Frage kommen. Im Kohlenverkehr zwischen Nordfrankreich und Paris beträgt der Frachtsatz auf dem Wasserwege (Kanäle und kanalisirte Flussläufe, auf denen die Fahrzeuge von 200 bis 300 t

¹⁾ In Deutschland fuhr der erste Kettendampfer im Jahre 1866 auf der Elbe zwischen Buckau und Magdeburg.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1884 S. 357 und über Jaquels Kanal-Dampfschiff daselbst S. 156.

³⁾ Vergl. Deutsche Bauzeitg. 1889, S. 408.

⁴⁾ Sympher, „Ueber die wirtschaftliche Bedeutung der Binnen-Wasserstrassen“ und „Transportkosten auf Eisenbahnen und Kanälen.“

Tragfähigkeit durch Pferde getreidelt werden) 1,16 Pfennig für 1^{tkm}, während auf der Eisenbahn 2,71 Pfennig bezahlt werden müssen. Besonders niedrig sind auch die Getreidefrachten auf dem Erie-Kanal und den nordamerikanischen Binnenseen. Dieselben betragen auf ersterem im Jahre 1881 durchschnittlich 0,8 Pfennig (ohne Umladekosten), auf den Seen zum Theil sogar nur 0,17 Pfg. und im Mittel auf dem ganzen Wege von Chicago bis Newyork 0,70 Pfennig für 1^{tkm}, während die Eisenbahn-Frachtsätze nur ausnahmsweise auf den niedrigen Stand von rd. 1,0 Pfennig zurück gingen und im Mittel der letzten Jahre 1,80 Pfennig betragen haben.¹⁾ Die Frachtsätze für Flossholz stellen sich auf einzelnen russischen Flüssen auf nur 0,05 Pfg. für 1^{tkm}.

Unter normalen Verhältnissen müssen die Frachtsätze im Binnenschiffahrts-Verkehr so gestellt sein, dass sie wenigstens:

1. die Kosten des eigentlichen Schiffahrts-Betriebes,
2. die Nebenkosten (als Umladegebühren und Spesen),
3. die Zinsen und Tilgungskosten für das in den Betriebsmitteln angelegte

Kapital und:

4. die Kosten der Unterhaltung der Wasserstrasse (ev. auch die Zinsen und Tilgungskosten für deren Anlage) decken.

Unter der Voraussetzung, dass die Baukosten nicht verzinst zu werden brauchen und dass 5% für die Verzinsung und Tilgung des in den Betriebsmitteln angelegten Kapitals zu rechnen ist, sind von Sympher unter Zugrundelegung eines jährlichen Verkehrs von 1 300 000^t für den projektirten Kanal von Dortmund nach Emden die voraussichtlichen Kosten bei Betrieb mit Pferdezug im Durchschnitt für Hin- und Rückfahrt ad 1 zu 0,479, ad 2 zu 0,332, ad 3 zu 0,063, ad 4 zu 0,202, im ganzen zu 1,076 Pfennig für 1^{tkm} ermittelt worden, so dass die Frachtsätze unter der weiteren Annahme, dass dem Unternehmen ein Gewinn von 5% des in den Betriebsmitteln angelegten Kapitals verbleiben soll, auf 1,431 Pfg. bei Betrieb mit Pferdezug und auf 1,039 Pfg. bei Dampftrieb fest zu setzen sein würde.

II. Seeschiffahrt.

Litteratur:

Bobrik, Handbuch der praktischen Seefahrtskunde, Leipzig 1848. — Scott Russell, Modern System of Naval Architecture, London 1865. — Werner, Schule des Seewesens, Leipzig 1866. — Friedmann, Offizieller Bericht über das Marinewesen auf der Weltausstellung zu Wien 1873. — Brix, Bau eiserner Schiffe, Berlin 1876. — Breusing, Steuermannskunst, Bremen 1877. — Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1883. — Der Pilot, Segelanweisung, herausgeg. von der Deutschen Seewarte usw.

a. Geschichtliche Entwicklung.

Die ersten Anfänge der Seeschiffahrt verlieren sich in die dunkelste Vorzeit; doch scheinen die Chinesen, Aegypter und Phönizier die ältesten see-fahrenden Völker gewesen zu sein. Als erste grössere, geschichtlich überlieferte Fahrt gilt die auf Veranlassung des ägyptischen Königs Necko i. J. 600 v. C. durch Phönizier ausgeführte Umsegelung Afrikas. Die später von den Griechen und Römern vorzugsweise im Mittelmeer ausgeübte Seeschiffahrt ist in ihren meisten Verhältnissen genau bekannt und zeigt namentlich eine hohe Stufe der Schiffsbau-Technik. Viel weniger jedoch war daneben die Nautik entwickelt, indem z. B. die grössten Schiffe von 6000^t Gehalt durch 300 Ruderer bewegt wurden. Der Hauptgrund in der mangelhaften Ausbildung der Segel lag in den damaligen Ungenauigkeiten Ortsbestimmungen und der Schwierigkeit der Einhaltung des Kurses, wobei nur Beobachtungen der Gestirne mit blossem Auge dienten.

Erst durch Anwendung des Kompasses beginnt am Ende des 12. Jahrhunderts in Europa eine neue Zeit für die Seeschiffahrt, obgleich sich die Entdeckung dieses Hilfsmittels in weit frühere Zeit verliert und wahrscheinlich den

¹⁾ „Das Schiff“, Jahrg. 1883 S. 50.

Chinesen zuzuschreiben ist. Der jetzige Schiffskompass hat nicht, wie die am Lande gebrauchten Kompassse, einen festen, in Grade usw. getheilten Umfang mit beweglicher Nadel, sondern es ist bei ihm die Nadel mit der sogen. Strichrose fest verbunden. Ein sogen. Strich ist $= 90/8 = 11^{\circ} 15'$. Vermöge der sogen. Cardanischen Aufhängung schwingt das Gehäuse in zwei konzentrischen Ringen um 2 sich rechtwinklig kreuzende Achsen, so dass die Schwankungen des Schiffes nur geringe Wirkung auf den Kompass ausüben.

Im 15. Jahrhundert wurden zuerst tragbare Astrolabien zu astronomischen Ortsbestimmungen auf Schiffen angewandt, welche in Verbindung mit dem Kompass die grossen Entdeckungsreisen, insbesondere die Durchfahrungen des Atlantischen Ozeans durch Kolumbus 1492, des Indischen Ozeans unter Vasco de Gama 1497 und die Umschiffung der Südspitze Amerikas durch Magelhaens 1519—1520 ermöglichten. Bei der erstgenannten Fahrt wurde die sog. Missweisung des Kompasses oder die örtlich veränderliche Deklination der Magnetnadel entdeckt. Die zeitliche Veränderlichkeit ist erst viel später bekannt geworden.

Das zur unmittelbaren Bestimmung des durchlaufenen Weges dienende Log wurde im 16. Jahrhundert erfunden. Aber erst durch die von Mercator angegebene Kartenprojektion wurde ermöglicht, die einzelnen durchfahrenen Strecken als grade Linien in die Karten einzutragen und an jeder einzelnen Stelle der Karte ohne weiteres richtige Winkel anzulegen, weil bei jener Projektion die Breitengrade nach den Polen hin mit den Längengraden gleichmässig vergrössert werden.

Endlich ist durch die Bestimmung der sogen. Mond-Distanzen (d. h. die zeitweiligen vorher berechneten Abstände des Mondes von einem in seiner Nähe liegenden Fixsterne) durch die Uebertragung der Zeit mittels genauer Uhren (Chronometer), durch bequeme und genaue Messinstrumente, insbes. Spiegelsextanten usw. die neue wissenschaftliche Steuermannskunst begründet worden,

Die Bedeutung der Seeschifffahrt hat mit der höheren Entwicklung fortwährend und namentlich durch Einführung der Dampfschiffe seit der ersten Hälfte dieses Jahrhundert sehr erheblich zugenommen. Ihr Umfang ist unaufhörlich im Wachsen und wird durch das Eintreten grosser aussereuropäischer Länder in das Kulturleben aller Völker noch auf unabsehbare Zeit gesteigert werden können. Während die Binnenschifffahrt gegenüber dem Eisenbahntransport fast überall auf den Transport minderwerthiger Massengüter beschränkt bleiben muss, dient die Seeschifffahrt meistens nur für verhältnissmässig kurze Entfernungen dem Transport von niedrig bewertheten Stoffen, dagegen im höchsten Maasse auch dem der werthvollsten Gegenstände sowie dem internationalen Postbetrieb und Personenverkehr. Sie vereinigt also die Bedeutung von Binnenschifffahrt und Eisenbahn-Verkehr in sich und rechnet in beiderlei Hinsicht mit sehr viel grösseren Entfernungen, als jenen noch mit Rücksicht auf Ertragsfähigkeit des Transportes möglich erscheinen würde.

b. Ladefähigkeit, Form, Tiefgang, Stabilität und Bewegung der Seeschiffe.

Indem die wichtigsten Anforderungen an ein Schiff, die Sicherheit, Schnelligkeit und Billigkeit von den vorgenannten Stücken abhängen, aber in vielen Fällen sich auch entgegen stehen, so ist hier jedes einzelne Schiff und dessen besondere Aufgabe das geeignetste Verhältniss jene Stücke vorher zu berechnen.

Von der Art der Ladung und damit auch zum Theil von den Reisewegen hängt es meistens ab, ob zur Erzielung einer billigen Kraft ein Schiff sehr voll und alsdann meistens sehr stabil, aber langsamer fahrend, oder sehr scharf und weniger stabil, aber schnelfahrend gebaut werden soll. Für geringwerthige Ladungen, Holz, Kohlen usw. sind vollere Schiffe, für hochwerthige wie Thee, Reis usw. die schlanken und schnellen Schiffe geeigneter.

Die Form der Schiffe insbesondere des Rumpfes, ist aus mehren Gründen wesentlich anders als die der Fluss- und Kanalschiffe. Letztere sind stets nahezu gleichmässig vom Wasser unterstützt und verlieren dabei ihre wagrechte

Lage kaum. Die Seeschiffe sind dagegen durchaus ungleichmässig und zwar fortwährend verschieden unterstützt und ausserdem heftigen Massenwirkungen der Wellen ausgesetzt. Sie müssen daher gegen Verbiegung ihrer ganzen Form nach allen Richtungen stark genug, ferner gegen Wellenstoss an jeder Stelle fest und dabei äusserlich so gestaltet sein, dass sie von den Wellen nicht zu heftig getroffen werden und möglichst wenig Widerstand gegen die Fortbewegung erleiden. Zu beiden Zwecken müssen alle Aussenflächen, mit Ausnahme in der senkrechten Mittelebene, möglichst sanft gerundet und glatt sein, wobei aber die Form im Einzelnen davon abhängt, ob das Schiff vorzugsweise schnell laufen, viel laden oder geringen Tiefgang haben soll. Letztere Rücksicht kann für besondere Gewässer und Häfen und die speziell hierfür zu bauenden Schiffe die grösste Bedeutung haben.

Bei Bestimmung der Stabilität kommt die Form des Rumpfes, die jeweilige Beladung, der Angriff des Windes (d. h. seine rechtwinklige Seitenkraft) ferner die Form und der Verlauf der Wellen in Betracht. Wegen Veränderlichkeit der letzten 3 Stücke sind nur gewisse äusserste Fälle zu betrachten. Wenn durch den seitlichen Druck des Windes auf das Schiff und namentlich dessen Segel, wofür ein gemeinsamer, freilich veränderlicher Angriffspunkt, und demnach unter Beachtung der Windstärke ein bestimmtes Angriffsmoment stattfindet, ein seitliches Neigen des Schiffes erfolgt, so ergibt sich¹⁾ als Abstand des

Metacentrums (M) vom Deplacements-Schwerpunkt (C): $MC = \frac{\frac{2}{3} \int_0^L y^3 dx}{\gamma}$ worin

L die Länge des ganzen Schiffes in der sog. Konstruktions-Wasserlinie (auch „Ladelinie“ gen.), y dessen halbe Breite, x die Entfernung des betr. Schiffquerschnitts vom Vordersteven bedeuten. Es ist mithin der Zähler des Werthes von MC das Trägheitsmoment der Fläche der Konstruktions-Wasserlinie bezogen auf die Mittellinie derselben. Die Stabilität ist also um so grösser, je grösser dieses Trägheitsmoment im Vergleich zum Deplacement, d. h. je schärfer das Schiff und je tiefer der Schwerpunkt S des Schiffes liegt. So lange das Metacentrum über diesem Schwerpunkt bleibt sucht das Schiff sich, entgegen der Wirkung des Angriffsmoments des Windes, aufzurichten; liegt es dagegen tiefer so wird das Schiff sich weiter neigen wodurch möglicherweise eine stabile Lage erreicht werden kann, meistens aber das sogen. Kentern oder Umschlagen erfolgt. Schiffe die hierzu neigen nennt man rank, im Gegensatz zu steifen Schiffen. Die Steifheit kann zwar auch durch tiefe Lagerung besonders schwerer Ladung, z. B. Eisen, vermehrt werden; doch entstehen bei zu grosser Stabilität heftige und für die Dichtigkeit des Rumpfes sowie die Haltbarkeit der Masten nachtheilige Stösse. Es muss vielmehr durch Vertheilung der schweren und leichten Ladung im Schiffsraum dahin gestrebt werden, dass die Stabilität weder zu gross noch zu klein bleibt, damit das Schiff im Sturme die unvermeidlichen Bewegungen innerhalb gewisser Grenzen mit Nachgiebigkeit durchmache. Die Aenderung der seitlichen Lage heisst das Rollen oder Schlingern, welches ausser durch den Wind noch dadurch entsteht, dass die Wellen seitwärts zur Fahrriichtung das Schiff treffen. Durch das abwechselnde Treffen der Wellenberge und Wellenthäler, wenn die Fahrriichtung und die Richtung der Wellen mehr zusammen fallen, entsteht das sog. Stampfen oder abwechselnde Heben des Vorder- und Hintertheils. Durch beide Arten von Bewegung erfolgt im Innern des Schiffes das sogen. Arbeiten oder „Wracken“, was zum Leckwerden sowie zum Uebergehen“ der Masten führen kann.

Ausser der zweckmässigen Vertheilung (Assortierung) der Ladung nach verschiedenem Gewicht ist auch namentlich noch dahin zu sehen, dass die Ladung nicht bei starkem Rollen übergeht, d. h. von einer Seite zur andern fällt, weil dadurch die Stabilität in unerwarteter Nähe verringert wird und fast stets das Kentern erfolgt. Hierbei sind namentlich sog. Sturz- oder Bulkladungen gefährlicher als Stückladungen. Zu ersterer Art gehören Getreide, Kohle, Sandballast usw. zur anderen Fässer, Kisten, Ballen, Säcke usw.

¹⁾ Hilfswissenschaften 1 S. 727.

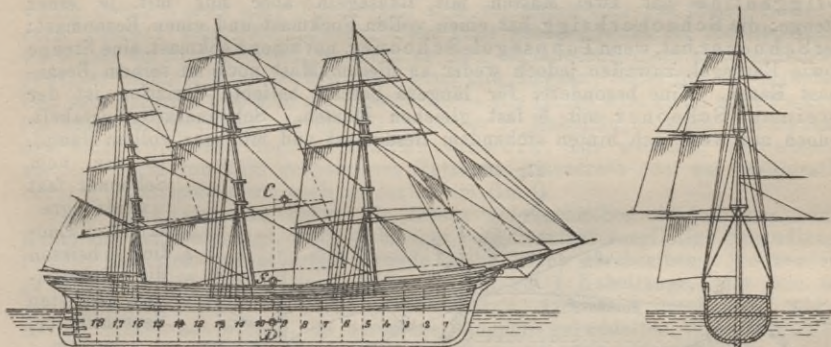
c. Segelschiffe und Holzschiffe: Arten, Konstruktion, Ausrüstung.

Bis vor wenigen Jahren wurden fast alle Segelschiffe aus Holz, und zwar in Europa fast durchweg aus Eichenholz, nur in Norwegen sowie in Nordamerika auch aus Nadelholz gebaut. Neuerdings werden auch eiserne Segelschiffe hergestellt; doch ist im allgemeinen die Holzkonstruktion für Segler noch die weitaus gebräuchlichste, und soll hier der Einfachheit wegen als mit den Segelschiffen zusammen fallend angenommen werden.

Die Segelschiffe sind seit langer Zeit vorzugsweise nach der Art ihrer Takelung, d. i. die Zahl und Ausstattung der Masten, eingetheilt, wobei jedoch auch die Form des Rumpfes bei einzelnen Arten, namentlich den kleineren Schiffen, den Namen bestimmt.

Die Masten bestehen nach Fig. 491, 492 aus dem fest im Schiffe stehenden und bis unten hinab reichenden Untermast und den auf den Untermast beweglich aufgesetzten Stengen, von welchen 1 bis 3 vorhanden sind und die, sämmtlich vor dem untern Theile des Mastes vortretend, herab genommen werden können. An jedem der sogen. vollen Masten befinden sich im ganzen mindestens 4 Raa-Segel, getragen von Raanen, d. h. wagrecht am Mast beweglich hängenden Querbäumen, am Untermast von der „grossen Raa“, an der ersten

Fig. 491, 492.



Stenge von der „Marsraa“ (häufig jetzt doppelt vorkommend), an der Bramstenge die „Bramraa“ und darüber von der „Topprraa“. Fast alle Raanen lassen sich durch seitwärts nach aussen verschiebbare Stengen verlängern, an denen bei „nachstehendem“ Winde die „Leesegel“ befestigt werden.

Ausser den Raasegeln giebt es auf dem modernen grösseren Seeschiffe auch die mit ihrer Vorderseite am Maste befestigten und mit der obren Kante an einer den Mast gabelförmig umfassenden Stenge, der Gaffel, hängenden trapezförmigen Segel, die „Gaffelsegel“, und die dreieckigen mit ihrer längsten graden Seite mit Ringen auf einem Tau, dem Stagtau, befestigten und an der gegenüber liegenden Spitze und durch die sogen. Schoten gehaltenen Focksegel.

Diese letzteren befinden sich hauptsächlich am vorderen Theile des Schiffes und sind zwischen dem ersten Mast, dem Fockmast, und dem Bug nebst dem unter etwa 20 bis 30 Grad geneigten Bugspriet ausgespannt. Das Bugspriet wird ähnlich wie die Masten durch verschiebbare Stengen, den sogen. Klüverbaum und den Aussenklüverbaum verlängert, um Raum für 4 Focksegel hinter einander zu bieten.

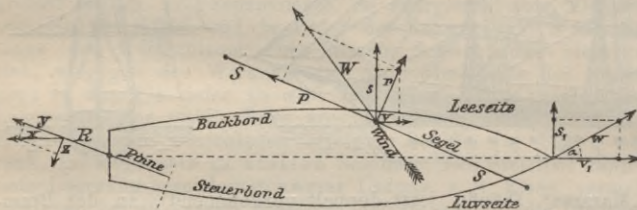
Die schon genannten Stagtaue dienen nicht allein zur Anbringung der Focksegel, sondern vorzugsweise zur Befestigung der oberen Mastenden nach vorn hin, während dieselben nach hinten durch eine grössere Zahl Taue gehalten werden. Diese heissen für den Untermast die Wanten, für die Stengen aber Parduhnen und gehen jedesmal von dem oberen Theile des betr. Mastendes schräg zu beiden Seiten des Schiffsbordes, wo sie mittels eiserner

Schienen, den Rüsten, befestigt sind. Alle diese Taue, das sogen. stehende Gut, müssen eine genügende Spannung haben, enthalten deshalb meistens flaschenzugartige Spannvorrichtungen, dürfen jedoch auch nicht zu steif sein, da im Sturme eine gewisse Biegsamkeit des Mastes nach allen Seiten hin nothwendig ist, um ihn vor einem Bruche zu schützen.

Sämmtliche Segel werden durch bewegliche Seile, „Schoten“ bei Focksegeln und Gaffelsegeln und „Brassen“ bei den Raasegeln genannt, in die zur Zeit zweckmässigste Stellung gebracht und in derselben erhalten, welches Tauwerk das sog. laufende Gut heisst; zur Anspannung desselben dienen oft ebenfalls Flaschenzüge.

Diejenigen Schiffe, welche mindestens drei volle Masten haben, Fig. 491, 492, nennt man Fregatten oder Vollschiffe; in neuester Zeit haben besonders grosse auch wohl 4 Masten, den letzten oder hinteren jedoch meistens nicht mehr als vollen Mast, sondern ohne Raasegel und nur mit Gaffelsegeln ausgestattet. Ein mit einem solchen „Besan-Mast“ und zwei vorderen vollen Masten versehenes Schiff heisst Bark. Bei diesen beiden Schiffsarten, wie auch bei der folgenden Art, heisst der vordere Mast der Fockmast der zweite dagegen der grosse oder Hauptmast, welcher etwas höher ist als die anderen. Alle einzelne Segel und sonstige Theile bekommen auch die Vorbezeichnung der Masten. Das nur mit 2 vollen Masten versehene Schiff heisst Brig; die Briggantine hat zwei Masten mit Raasegeln aber nur mit je einer Stenge; die Schoonerbrigg hat einen vollen Fockmast und einen Besanmast; der Schooner hat, wenn Toppsegel-Schooner, nur einen Fockmast, eine Stenge sowie Raasegel, zuweilen jedoch weder an diesem Mast noch an seinem Besanmast Raen. Eine besondere, für längere Schiffe beliebte Variation ist der Dreimast-Schooner mit 3 fast gleichen Masten. Schoonerartig getakelt, jedoch mit weit nach hinten stehendem Besanmast und mit sehr vollem Rumpf,

Fig. 493.



ist die vom Schooner fast verdrängte Kuff. — Endlich heissen die einmastigen kleinsten Seeschiffe bei scharfem Rumpf meist Kutter, bei vollem Rumpf

dagegen Tjalk. Andre Zwischenformen, namentlich der zweimastigen Schiffe, haben meist nur beschränkte Anwendung.

Die Wirkungsweise der Segel ist in der Hauptsache durch die Fig. 493 dargestellt, wobei zur Vereinfachung der Betrachtung nur ein der Windrichtung entsprechend gestelltes Segel angenommen und dieses dabei im Schnitt gradling gezeichnet ist, obgleich oft zahlreiche Segel vorhanden sind, die alle durch den Winddruck und ihre Befestigung mehr oder weniger gekrümmt werden. Der Wind W ist schräg von der Seite gedacht und zunächst rechtwinklig und parallel zum Segel S zerlegt. Die hierbei allein wirkend bleibende Kraft v ist wieder in die das Schiff vorwärts treibende Kraft v und die dasselbe seitwärts drängende s zerlegt. Indem nun das Schiff voraus nur wenig, seitwärts aber viel Widerstand findet, so ist das Verhältniss der thatsächlichen Fortbewegung nach beiden Richtungen ein anderes, wie das der betreffenden Kräfte in dem letzten Parallelogramm und durch ein neues Parallelogramm v_1 u. s_1 am Bug des Schiffes dargestellt. Hierbei giebt die Resultante w die wirkliche einheitliche Fortbewegung, die Seitenkraft s , oder auch der Winkel a die sogen. Abtrift an.

Bei dem ganzen Vorgange ist aber stillschweigend eine Mitwirkung des Steuerruders vorausgesetzt, weil sich ohne dieselbe das Schiff sofort in den Wind drehen, d. h. auflaufen würde, so dass das Segel unwirksam würde.

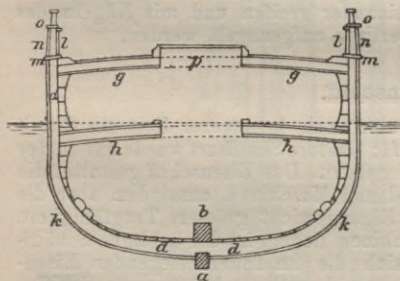
Das Ruder R bewirkt in der gezeichneten Stellung dagegen das Schiff auf seinem Kurs zu halten, freilich scheinbar in der Richtung von v_1 , thatsächlich aber in der Richtung von w . Ohne Vorwärtsbewegung des Schiffes würde jedoch eine Wirkung des Steuers nicht eintreten, weil nur durch jene die Kraft x entsteht, von welcher die Seitenkraft z auf die beabsichtigte Lage des Schiffes wirkt, und zwar, streng genommen, erst mit ihrer rechtwinklig zur Schiffsaxe gerichteten Seitenkraft.

Auch bei allen andern Schiffen wirkt das Ruder nur während der Fortbewegung und es wächst die Wirkung mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Eine mässige Grösse der Ruder, oben $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{12}$ der Schiffsbreite, ist bei Seeschiffen nicht zu überschreiten, weil sie sonst zu leicht zerschlagen würden. Das sog. Balance-Ruder mit mittlerer Drehaxe (jedoch kleinerer Vorderhälfte, oft gleich der Hälfte der hinteren Fläche) verstärkt die Wirkung im Vergleich zur aufzuwendenden Drehkraft. Jedes Schiff wendet immer nur in einem gewissen kleinsten Kreise, dem Drehungskreise. — Grössere Segelschiffe können nur etwa noch mit 45 Grad oder 4 Strich „am Winde“ segeln, kleine besondere Fahrzeuge jedoch noch bis zu $1\frac{1}{2}$ Strich. Liegt der beabsichtigte Weg unter einem kleineren Winkel zu der Windrichtung, so muss das Schiff im Zickzack hin und her segeln: la vieren oder kreuzen. —

Das Tauwerk und zwar vorzüglich das stehende Gut darf möglichst wenig durch Wasser oder Trockenheit sich verändern oder gar faulen und soll doch elastisch sein. Europäischer Hanf fault weniger leicht als Manilla-Hanf, wird aber im Garn getheert, wodurch er 25% an Gewicht, nicht aber an Stärke gewinnt. Manilla-Hanf ist besonders glatt und biegsam, daher für das laufende Gut sehr geeignet und wird nicht getheert. — Die Länge wird meist nach Faden (= 1,88 m) ausgedrückt, wovon 120 bis 150 = 1 „Kabellänge“ sind. Zu stehendem Gut wird neuerdings auch Drahttauwerk, aus weichem, verzinktem, um eine Seele von Hanf gesponnenen Holzkohle-Eisendrath oder aus Stahlrath benutzt. Letzterer dient auch zu laufendem Gut.¹⁾

Die Ankerketten haben die früher gebräuchlichen Ankertaue oder Kabeltaue fast verdrängt, weil sie billiger sind, weniger sorgfältige Behandlung fordern und sich auf scharfem Grunde nicht leicht durchreiben. Sie werden gewöhnlich in 15 Faden Länge gefertigt und zu 1 Kabellänge, oder wie in der deutschen Marine zu $9 \times 25 = 225$ m Länge, zusammen geschäkelt. Alle Ketten müssen aus bestem, in der Regel doppelt gepuddelten Walzeisen oder altem sorgsam sortirtem Schmiedeeisen bestehen und oft probiert werden, da sie mit dem Alter stets an Stärke abnehmen.

Fig. 494.



Das Holzschiff oder der hölzerne Schiffsrumpf besteht aus den, zum grössten Theile aus Fig. 494 erkennbaren Stücken. Der zur Verminderung der Abtrift unten vortretende Kiel a trägt an seinen beiden Enden den Vorder- und Hinterstevan. Quer zu ihm liegen die aus mehreren Stücken bestehenden, an dem Punkte k , der sogen. Kimme, mehr oder weniger gekrümmten Rippen, Inhölzer oder Spanten d ; das unterste Stück heisst der Lieger, die oberen heissen die Auflanger. Die Stösse werden stumpf ausgeführt, aber durch Verwechslung in dem fast unmittelbar daneben liegenden Spant unschädlich gemacht. Solche Spanten sind fast stets paarweise gebildet und durch Bolzen innig untereinander verbunden. Die Entfernung von dem benachbarten Paare beträgt 20 bis 30 cm. Durch das mit dem Kiel parallel laufende und mit ihm stark ver-

¹⁾ Regeln und Vorschriften über Tauwerk. S. in R. Werner: Die Schule des Seewesens, Leipzig 1866.

bolzte Kielschwein *b* werden die Spanten zunächst in ihrer Lage erhalten, noch mehr aber durch die sogen. Aussenhaut, welche aus etwa 5—10 cm starken, glatt gehobelten, in aufgeweichtem Zustande (durch Dämpfung) angebrachten Bohlen besteht. Diese werden mit möglichst verwechselten Stössen auf jeden Spant in der Regel mit 2 bronzenen oder hölzernen starken Nägeln (aus Akazienholz usw.) aufgenagelt und in den Näthen kalfatert, d. h. mit Werg und Pech gedichtet.

An der Innenseite wird das Holzschiff fast stets mit einer zweiten Bekleidung, der Wägerung, versehen, welche an verschiedenen Stellen verschieden dick ist und mehre offene Fugen enthält, um Luft an die Spanten treten zu lassen. Die Balkwäger tragen die Deckbalken *g* und Zwischendeckbalken *h*. Bei kleinen Schiffen fehlt ein Zwischendeck; bei grossen sind mehre vorhanden. Alle Deck- und Zwischendeck-Balken sind sanft gekrümmt, liegen in 1—1,3 m Entfernung, und tragen einen Bohlenbelag aus schmalen, im obern Deck kalfaterten Dechbohlen. Je nach der Grösse der Schiffe sind zwei oder mehre in den Decks durch besondere Rahmen umschlossene Luken vorhanden, die grossen Ladeluken, etwa 4 m lang und 2 m breit, von denen die oberste *p* durch einen Deckel dicht verschlossen werden kann. Die Deckhölzer werden jetzt meistens durch eiserne (früher hölzerne) Winkel oder Knie an den Wägerungen und Spanten befestigt.

Ueber dem Deck befindet sich die Verschanzung, zum Schutz gegen Wellenschläge, bestehend aus den Relingstützen *l*, welche auf etwa jedem dritten Spant stehen, der äusseren Schanzkleidung *n*, dem Schanzdeck *m* und dem Relingdeck *o*. Wo die Rüsteisen für die Wanten und zwar an der Aussenseite der Schanzkleidung hinab gehen, sind für jedes Rüsteisen besondere Relingstützen gestellt. Zwischen den Relingstützen stehen ferner meist paarweise die im Hafen usw. zum Umschlingen von Halte-tauen dienenden Poller von Holz oder Eisen. Vorn am Bug ist auf dem Deck die Ankerwinde aufgestellt, bei kleinen Schiffen eine durch Handspeiche unmittelbar zu drehende, liegende Welle (Trommel), das Bratspill oder Spill. Bei grossen Schiffen wird die Welle durch zwei abwechselnd eingreifende und mit einem langen zweiarmligen Hebel bewegte Sperrklinken gedreht und heisst dann Pumpspill. Am Hintertheil des Schiffes steht meistens eine durch Handspeichen zu drehende Winde, das Gangspill.

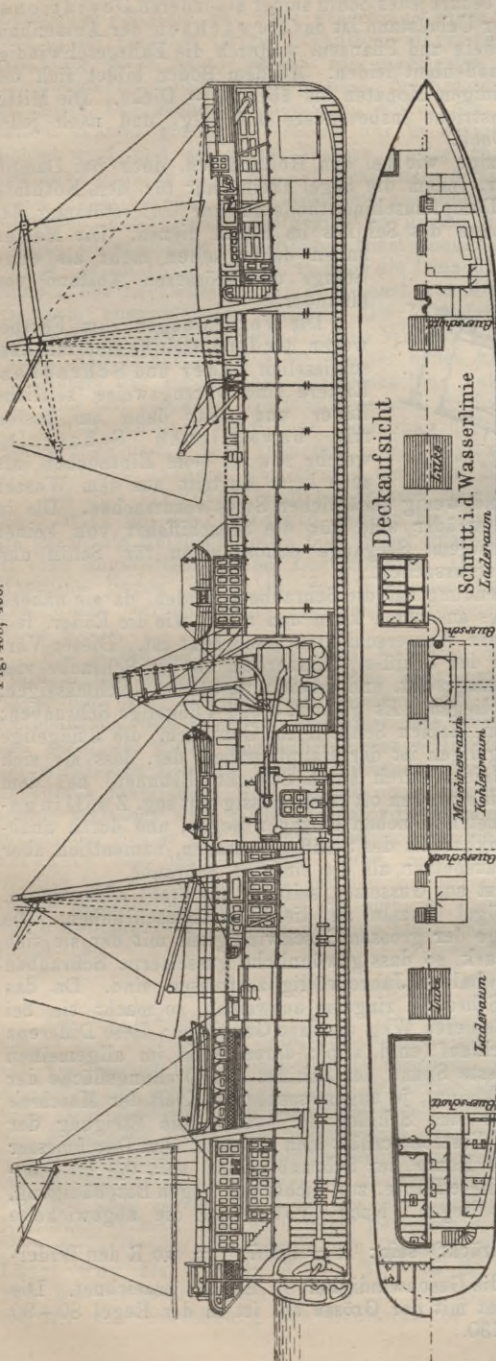
Auf grossen Schiffen befinden sich noch verschiedene andere Winden und Krähne, und an der Verschanzung paarweise die zum Aufhängen von Böten dienenden auslegerartigen Davits.

Zum Schutze des Holzes namentlich gegen den Bohrwurm dient der Beschlag, eine Haut aus dünnen Metallplatten (meist sogen. Muntzmetall), deren Ränder etwa 2 cm über einander greifen und mit Nägeln des gleichen Metalls bis etwa zur obern Wasserlinie aufgenagelt werden.

d. Das Eisenschiff.

Dasselbe, Fig. 495, 496, ist zwar mitunter auch in neuerer Zeit ein Segelschiff, in der Regel jedoch ein Dampfschiff; letztere Schiffsart wurde nur in der ersten Zeit nach ihrem Entstehen in Holz gebaut. Das Eisenschiff gestattet die sichere Einbauung der grossen Dampfkessel und Maschinen, ausserdem aber die schärfere Form und gewährt bei gleichem Eigengewicht grössere Tragfähigkeit. Das Holzschiff, in welchem Kessel und Maschinen liegen, ist der baldigen Schädigung durch Wärme usw. ausgesetzt. Da sich die im Innern liegenden Eisen-theile ohne Nachtheil durchdringen können, so kann man bei grossen Schiffen ausser den gewöhnlichen Querspanten noch Längsspanten anbringen, welche weder innen noch aussen vortreten und in Verbindung mit der Aussen- und Innenhaut völlig wasserdichte Abtheilungen bilden, wie diese bei Kriegsschiffen fast stets angeordnet werden. Zur weitem Sicherung gegen Sinken durch etwaige Leckstellen erhalten grosse Schiffe senkrechte eiserne, durch den ganzen Querschnitt reichende Wände, sogen. Querschotten, die mit dicht verschliessbaren Thüren versehen sind. Ein unten vortretender Kiel ist bei

Fig. 495, 496.



Dampfern mit starker Maschine zur Verhütung der Abtrift ebenso wenig nöthig, wie überall bei den Eisenschiffen zur Konstruktion, und wird daher bei ersteren nur selten angewandt, weil der Tiefgang dadurch nachtheilig vermehrt wird. Man unterscheidet demnach nach Fig. 497, 498 sogen Balkenkiele und Flachkiele. Erstere sind vorzugsweise bei Seglern und Dampfern mit einfacher Haut, letztere bei grösseren Dampfern mit Doppelhaut im Gebrauch. Eine besondere Klasse bilden paarweise und symmetrisch angebrachte Kimmkiele, die u. a. den gekrümmten Schleusenböden sehr nachtheilig werden können. Die Bleche der Aussenhaut greifen entweder über einander oder sie erhalten an ihren Stößen Laschenbleche. Schlecht gebaute eiserne Schiffe bekommen allerdings leichter als Holzschiffe gefährliche Leckstellen, wogegen andererseits gut gebaute auch sehr viel vertragen können.¹⁾ Zur Erhöhung der Stärke einerseits und Verringerung des Gewichts andererseits wird neuerdings zu allen Hauptkonstruktionstheilen Stahl statt Eisen angewandt.

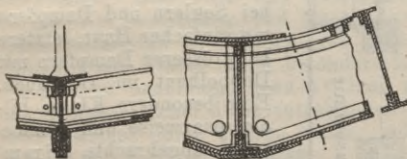
Ein Mangel aller Eisenschiffe bleibt, dass die Kompass-Nadel auf ihnen stark abgelenkt wird; und zwar ist diese Abweichung oder Deviation an verschiedenen Stellen des Schiffes verschieden. Sie ändert sich ferner mit dem Kurse des Schiffes und mit der magnetischen Breite des Ortes. Zur Aus-

¹⁾ Das Schiff der deutschen Marine „Friedrich der Grosse“ hatte in der Ostsee auf steinigem Grunde aufgesessen, zeigte im Boden fast in der ganzen Länge Verbiegungen von mehr als 25 cm Tiefe und war trotzdem nicht leck geworden.

gleichung dieser Erscheinungen bedarf jedes Schiff seiner besonderen Deviations-Tabelle. Ein fernerer grosser Uebelstand ist das Bewachsen der Aussenhaut namentlich am Boden mit Muscheln und Pflanzen, wodurch die Fahrgeschwindigkeit, ebenso wie die Eisenbeschaffenheit leiden. An dem Boden bildet sich der Anwuchs, Bart genannt, in einigen Monaten bis über 30 cm Dicke. Die Mittel dagegen sind verschieden: Anstriche insbesondere mit Talg, und nach jeder grossen Reise Abkratzen im Dock.

Die Takelung ist im Prinzipie wie bei den Holzschiffen, doch bei Dampfschiffen in der Regel einfacher, indem die Segel theils nur für den Nothfall, wie z. B. bei Beschädigung der Dampfmaschine, theils nur zur Unterstützung der letzteren sowie zur ruhigen Lage des Schiffes im Sturm dienen. Die Masten haben daher selten mehr als eine Stenge und grösseren Abstand von einander.

Fig. 497, 498.



Die Vorrichtungen zum Fortbewegen der Dampfschiffe sind fast ausschliesslich Räder und Schrauben. Erstere sind vorzugsweise seitliche Räder und zwar dann am besten mit beweglichen Schaufeln, welche sowohl beim Eintauchen als auch beim Austritt aus dem Wasser

sich nahezu senkrecht stellen und wenig schädlichen Stoss verursachen. Die in neuerer Zeit angewandten Hinterräder sind für die Seeschifffahrt von keiner Bedeutung, indem sie bei mässigem Seegange schon einen für Schiff und Maschine gefährlichen „Gang“ verursachen.

Bei weitem die meiste Anwendung hat die Schraube gefunden, da sie nahezu den ganzen Tiefgang des Schiffes ausnutzen kann und nicht, wie die Räder, fast nur auf die Ausnutzung der obren Wasserschichten beschränkt ist. Dieser Vortheil steigt also mit der Grösse des Schiffes. Ausserdem ist die Schraube viel weniger leicht Beschädigungen ausgesetzt, und arbeitet im Sturm gleichmässiger; es kann ferner die Welle tiefer liegen. Es giebt 2, 3 und 4 flügelige Schrauben; die letztere ist vorzugsweise bei kleinen Schiffen im Gebrauch, die 3 flügelige ist die häufigste. Bei den 2 flügeligen ist der Hauptvortheil der, dass sie sich im Falle einer Beschädigung leicht durch einen Schacht (Brunnen) aus dem Wasser heben lässt. Kleine Schiffe werden oft zweckmässig mit sog. Zwillingsschrauben versehen, die symmetrisch neben einander liegen, und durch unabhängige Bewegung sehr zur Lenkbarkeit des Schiffes beitragen, namentlich aber die geringe Wassertiefe besser ausnutzen als die einfache Schraube.

Die Schrauben bestehen meist aus Gusseisen, seltener aus Stahl oder Bronze. An einigen Arten sind die Flügel einzeln an die Nabe anzuschrauben. Die Enden der Flügel leiden in Folge der grossen Geschwindigkeit mit der sie sich im Wasser drehen, auffallend stark, so dass gewöhnliche gusseiserne Schrauben grosser Schiffe oft nach einem halben Jahre völlig zerfressen sind. Da das Wasser bei der Drehung der Schraube ringsum ausweicht, so macht sie bei jeder Umdrehung einen etwas kleineren Weg als ihre Ganghöhe; diese Differenz heisst das Gleiten oder der Rücklauf (engl. slip); derselbe ist im allgemeinen um so grösser, je mehr der grösste Spant des Schiffes die Drehungsfläche der Schraube übertrifft, und um so kleiner, je angemessener die Kraft der Maschine der günstigsten Geschwindigkeit des Schiffes ist. Auch die Steigung der Schraube ist von Einfluss dabei; dieselbe verhält sich meistens zum Durchmesser um 0,9 bis 1,6 zu 1. Die obere Kante der Schraubenflügel soll 0,3 bis 0,5 m unter dem Wasserspiegel, die untere Kante, zur Sicherheit gegen Beschädigung, 0,2 bis 1 m über der des Kieles liegen. Nach Froude soll die abgewinkelte

Fläche der Flügel (in qm ausgedrückt) sein: $A = 0,107 \frac{R}{\gamma^2}$ wo R den Widerstand des Schiffes in kg und A die Geschwindigkeit in Knoten bezeichnet. Die Umdrehzahl der Schrauben nimmt mit der Grösse ab, ist in der Regel 80–90 in der Min. und geht bis etwa 130.

Die Schiffsmaschinen sind jetzt fast stets nach dem sogen. Verbund-(Compound-) System, und zwar neuerdings sogar mit 3 ungleich grossen Zylindern hinter einander (triple-expansion) eingerichtet, so dass Dampf von hoher Spannung (6—8 Atm.) nahezu zur niedrigsten Spannung gelangt. Die Umsteuerung erfolgt stets mittels Kulisse; die Kondensation geschieht fast allgemein im sogen. Oberflächen-Kondensator, wobei der Dampf nicht unmittelbar mit kaltem Wasser gemischt, sondern nur in äusserlich abgekühlten Röhren verdichtet wird und als reines Wasser wieder zum Kessel gelangt. Die Kessel gewinnen dadurch in Bezug auf Kesselstein-Ansatz usw., leiden jedoch leichter durch Ueberführung von Fetttheilen aus den Zylindern und die sich dabei bildenden Fettsäuren. Hiergegen ist grosse Vorsicht beim Schmieren sowie häufige Untersuchung der Kessel anzurathen. Zu der Schiffsmaschine gehört eine grosse Zahl von Pumpen, so auch die Lenz- und Bilgepumpen für das Auspumpen des Leckwassers und sich sonst aus dem Schiffe in der „Bilge“ (dem Kielraum) ansammelnden Wassers. Die „Zirkulations-Pumpe“ für die Beschaffung des im Kondensator nöthigen frischen Wassers muss in 1 Stunde und für 1 indiz. Pfdkr. Maschinenstärke 0,3 cbm Wasser heben können.

Ausser der eigentlichen Schiffsmaschine haben grosse Dampfer zahlreiche, (oft über 50) besondere Hilfsmaschinen z. B. für Güterverladung, Umsteuerung der Schiffsmaschine, Ventilation, Bewegung des Steuerruders, der Ankerwinden, Aschwinden usw. Neue Dampfer, z. B. „Bayern“ vom Nordd. Lloyd, sind mit hydraulischen Kraneen, und zwar 4 um jeden Mast, versehen.

Die Schiffskessel sind bei grossen Dampfern stets in grosser Zahl, oft bis 8 Stück mit 40 Feuerungen, vorhanden. Bei grossen Kriegsschiffen beträgt die gesammte Heizfläche etwa 0,25 ha bei 4000—5000 Feuerrohren. Die Heizung ist stets ungünstiger als bei Lokomotiven. Die Kohlenräume (Bunker) für die Maschine liegen immer in der Nähe der Kessel, meist seitwärts davon. Neuerdings werden Schiffe auch mit Petroleum geheizt, z. B. auf dem Kaspi-schen Meere.

Die Stärke der Maschine wird bisweilen noch nach sogen. nominellen Pferdekraften angegeben, wobei ohne Rücksicht auf Hochdruck, Niederdruck, Expansion usw., 7 Pfund engl. resultierender Dampfdruck auf 1 □ Zoll engl. Kolbenfläche, und daneben eine bestimmte, nur geringe Kolbengeschwindigkeit gerechnet wird. Gegenüber dieser willkürlichen und meistens weit hinter der wirklichen Leistung zurück bleibenden Angabe ist die indizierte Pfdkr. unbedingt zuverlässig, weil sie aus der wirklichen Leistungsfähigkeit der Maschine bestimmt wird. Die Indikator-Diagramme dienen nebenbei als Hauptmittel, um Fehler der Maschine insbesondere der Steuerung, zu erkennen. Die effektiv von der Schrauben- oder Schanfelwelle geleistete, also auf das Wasser ausgeübte, meistens mit dem Bremsdynamometer gefundene Maschinenstärke ist natürlich kleiner als die indizierte, indem von ihr der in der Maschine durch Reibung usw. verloren gehende Theil abgeht. Das Verhältniss ist in der Regel 0,9.

e. Vermessung der Seeschiffe.

Die Vermessung der Seeschiffe dient als polizeiliche Maassregel zunächst zum Schutze des Befrachters gegen den Eigenthümer (Rheder), sodann zur Vermeidung des gefährlichen Ueberladens, zur bequemerer Erhebung der Abgaben, zur Ueberwachung der Vorschriften von Versicherungs-Gesellschaften usw. Die meisten Vermessungs-Methoden suchen zunächst den innern Raum und hieraus mit Hilfe eines geeigneten Koeffizienten die Tragfähigkeit oder Nutzlast zu bestimmen. Die deutsche Schiffsvermessungs-Ordnung von 1872, welche mit der englischen fast gleich ist, unterscheidet zunächst den Brutto-raum-Gehalt von dem nach Abzug der nicht für die Ladung bestimmten Räume erhaltenen Netto-raum-Gehalt. Es wird dabei gemessen die grösste innere Länge und je nach deren Grösse eine Anzahl von Querschnitten in gleichen Abständen. Die Länge wird bis 15 m in 4, bis 37 m in 6, bis 55 m in 8, bis 60 m in 10 und bei grösserer Länge als 69 m in 12 gleiche Theile getheilt. Alsdann werden zur Berechnung des Brutto-raumes unter Deck von dem mit 1—12

numerirten Querschnitten (1 u. 12 am Bug bezw. Heck) die mit geraden Zahlen mit 4, die andern (ausgenommen 1 u. 12) mit 2 multipliziert, und diese Summen mit dem dritten Theil des Querschnitt-Abstandes multipliziert (Simpson'sche Regel). Nachdem von diesen in Kubikmeter berechneten Raume der Kajüten- und ähnlicher Raum abgezogen, wird der Rest durch Multiplikation mit 0,353 in englische Register-tonnen umgerechnet. Beide Zahlen werden in den „Messbrief“ eingetragen; deutsche Messbriefe gelten in englischen Häfen und umgekehrt. Der Tiefgang wird in Zahlen am Vorder- und Hinterstevan und ausserdem oft die grösste zulässige Beladung durch eine Marke seitwärts angegeben.

Von der Registertonne, die einen Raum von 100 Kubikfuss engl. oder von 2,83 cbm entspricht, — ist zu unterscheiden die Gewichtstonne von 1000 kg, mit welchem das Deplacement, die Tragfähigkeit — bezeichnet wird. Unter Annahme eines annähernd gleich bleibenden Verhältnisses zwischen Laderaum und Tragfähigkeit wird in Deutschland für 1 Gewichtstonne ein Raum von 2,12 cbm, also für 1 cbm Raum nahezu 0,5 Gewichtstonne, in England für 1 Reg.-Tonne Raum 1,2 engl. Gewichtstonnen (= 2240 Pfund avoirdupois) gerechnet. 1 Registertonne entspricht ferner 1,335 deutschen Gewichtstonnen. Früher wurde in Deutschland nach Lasten von 4000, 5200 und 6000 Pfund (Schiffslast, Roggenlast und Kommerzlast gerechnet). —

Die europäischen Staaten besitzen im ganzen etwa 44 000 Segelschiffe mit 12 Millionen Registertons, und etwa 5000 Dampfer mit 5 Mill. Reg.-T., wovon auf England allein bezw. 5,5 Mill. und 3,3 Mill., Deutschland 0,875 und 0,260 Mill. Reg.-T. kommen. Die Zahl und der Tonnengehalt der Dampfer ist aber gegen die der Segelschiffe fortwährend im Steigen. —

Die gewöhnlichen Verhältnisse zwischen den Hauptabmessungen der Seeschiffe gehen aus den beiden nachfolgenden, der „Hütte“ entnommenen Tabellen hervor, in welchen D das (gegebene) Deplazement, L die grösste Länge, B die grösste Breite in der Wasserlinie, T die Tiefe unter derselben am Hauptspant (hintere Tiefe meist $\frac{1}{10}$ grösser), H Tiefe von Unterkante Schanndeck bis Oberkante Kiel, A grösster eingetauchter Querschnitt, W das Areal der oberen Wasserlinie, $\delta = \frac{D}{LBT}$ den Völligkeits-Koeffizienten des Deplazements, β den des Hauptspants und α den der oberen Wasserlinie bedeuten.

a. Für Segelschiffe.

Schiffsarten.	D.	A.	W.
Ganz schnelle Schiffe	0,46 LBT	0,7 BT	0,75 LB
Schnelle Schiffe	0,56 „	0,8 „	0,82 „
Mittelscharfe Schiffe	0,595 „	0,83 „	0,875 „
Mittelvolle Schiffe	0,63 „	0,855 „	0,90 „
Flach gehende völlige Schiffe	0,72 „	0,88—0,9 „	0,92 „

b. Für Dampfschiffe.

Schiffsarten.	L/B	T/B	H/B	δ	β	α
Grosser Ozean-Raddampfer	6,5—10	0,4—0,5	abhäng. v.	0,45—0,57	0,82—0,93	0,7—0,85
Mittelgrosser Raddampfer	8—12	0,33—0,45	System d.	0,45—0,57	0,82—0,93	0,7—0,85
(Fluss-Raddampfer)	12—20	abhäng. v.	Maschin.	0,45—0,70	bis 0,93	0,7—0,85
Gross. Ozean-Schraubendampfer	7—11	0,34—0,52	Fahrwass.	0,54—0,70	0,85—0,95	0,7—0,85
Mittelgr. Schraubendampfer	6—9	0,34—0,52	0,66—0,80	0,60—0,76	0,90—0,96	0,65—0,75
Kl. Schraubendampf. u. Schlepper	4—6	0,30—0,45	0,60—0,75	0,5—0,7	0,32—0,50	0,60—0,74
			0,66—0,80	0,54—0,70	0,85—0,95	0,7—0,85
			0,60—0,75	0,60—0,76	0,90—0,96	0,65—0,75
			0,5—0,7	0,32—0,50	0,60—0,74	0,65—0,75

f. Grundbegriffe des Seeschiffahrts-Betriebes.

Im Anschluss an das über Stabilität, Segeln und Steuern Mitgetheilte mögen noch folgende kurze Angaben hier Platz finden.

Der Seemann unterscheidet hinsichtlich der Windrichtung die Lu v- und Lee-seite, sodann, von hinten nach vorn gesehen, die linke Seite oder das Backbord und die rechte Seite oder das Steuerbord. Hinsichtlich der Bewegung des

Ruders ist leider noch keine Gleichmässigkeit der Bezeichnungen eingeführt. Meistens versteht man, entsprechend dem Vorgange auf kleinen Schiffen, unter „Ruder Backbord legen“, dass das Helmholz oder die Ruderpinne (s. Fig. 493) nach links gedrückt, das wirkliche Ruder dagegen nach rechts bewegt wird. Dieselbe Bezeichnung wird aber auch gebraucht, wenn das Ruder durch eine mechanische Vorrichtung, das Steuerrad, bewegt wird. Missverständnisse hierin sind äusserst gefährlich, da durch eine einzige falsche Ruderbewegung das Schiff unter Umständen verloren gehen kann. Das am Winde liegende Schiff „fällt ab“, wenn es so steuert, dass es volleren Wind bekommt; im umgekehrten Falle „luvt es auf“. Die Wendung geschieht gewöhnlich „durch den Wind“, nur wenn auf der Luvseite nicht genug „Seeraum“ ist, wendet es „vor dem Winde“ oder „halst“, wobei es aber eine Strecke leewärts abtreibt. Um in der Fahrt zu halten, ohne ganz zu wenden, „dreht es bei“, indem es seine Segel so stellt, dass deren Wirkungen sich aufheben. Durch geeignete Stellung seiner Segel kann es sogar etwas rückwärts „über Steuer“ treiben oder „backen“, worauf es wieder „füllen“ muss, um wieder vorwärts zu gehen. In engen Fahrwassern ist solcher Wechsel unter Umständen nöthig, und schlimmsten Falls sogar das „vor Anker treiben“, um trotz mässiger Bewegung das Schiff in der Gewalt zu behalten. Dies findet auch anfangs in geringem Maasse fast stets statt, wenn das Schiff „vor Anker gehen“ oder ankern will. Ist letzteres geschehen und findet heftiger Seegang statt, so „reitet“ das Schiff, was für die Ankerkette und selbst für die Masten gefährlich und für die Menschen äusserst lästig ist. Setzt die Strömung dabei um, so „schwojet“ das Schiff; soll dies verhindert werden, so muss das Schiff vor zwei nach verschiedener Richtung liegende Anker gelegt sein. Dabei dürfen diese zwei Richtungen nicht einen zu stumpfen Winkel bilden, weil sonst eine zu grosse Spannung entstehen kann, wenn das Schiff quer zieht. Beim schweren Sturme, wenn das Schiff nicht mehr im Winde zu halten ist, muss es „lenzen“, d. h. voll vor dem Winde laufen, was bei mangelhafter Steuerung oder wenn das Schiff „giert“, d. h. leicht seine Richtung ändert, wegen der heftigen inneren Bewegungen sehr gefährlich ist. —

Bei der Fahrt auf hoher See dienen dem Schiffer zur Bestimmung seines jeweiligen Orts entweder nur die Messung mit Kompass und Log von einem bekannten Abfahrtsort aus (gegisstes Besteck und geographische Schifffahrt) oder Messungen von Gestirns-Abständen (wahres Besteck und astronomische Schifffahrt). In jedem Falle wird der Ort nach Länge und Breite bestimmt. Die durchfahrene Entfernung heisst die Distanz, die also im Breitenunterschied und der Abweichung (der Schiffer nennt dieselbe nur auf dem Aequator Längenunterschied) ausgedrückt wird und die Hypotenuse jener beiden Katheten ist. Der zwischen Breitenunterschied und Distanz liegende spitze Winkel heisst der Kurswinkel, das von den ersteren beiden und der Abweichung eingeschlossene rechtwinklige Dreieck das Kursdreieck. Der Seemann berechnet aber bei häufiger Aenderung seines Kurses nicht jedes einzelne Kursdreieck, sondern mit Hilfe von Koppeltafeln den sog. Koppelkurs, indem er die Breitenunterschiede und Abweichungen summirt, oder die Kurse „koppelt“. In jenen Tafeln sind Kompasskurs, Wind, Abtrift, Missweisung und örtliche Ablenkung (Deviation) berücksichtigt. — Für die Wahl des zweckmässigsten Kurses einer längeren Reise geben die Segelhandbücher Anleitung, namentlich mit Rücksicht auf die örtlichen Verschiedenheiten der Meere.

Die Geschwindigkeiten der Seeschiffe hängen bei Segelschiffen vorzugsweise vom Winde, bei Dampfern von der Stärke ihrer Maschinen ab. Man rechnet für erstere 5—10 Seemeilen (9—18 km) in 1 Stunde, wobei es aber für grosse Reisen besonders darauf ankommt, ob sie gradeaus segeln können oder kreuzen müssen. So wird die Reise von Bremerhaven nach Newyork (3000 Seemeilen) unter günstigen Umständen in 70, unter ungünstigen in 80 Tagen gemacht. Gewöhnliche Frachtdampfer laufen 8 bis 10 Knoten, gewöhnliche Postdampfer 12—13, sogen. Schnelldampfer aber über 18 Knoten auf langen Reisen.

Die Frachtsätze hängen von der wahrscheinlichen Dauer der Reise, der

zu zahlenden Versicherungsprämie und den Kosten für Hafengebühren usw. ab. Jene Prämie richtet sich nach der Güte des Schiffes aufgrund einer Klassifikation durch eine der Gesellschaften: Veritas in Paris, Lloyd in London und Germanischer Lloyd in Bremen, welche ihre technischen Beamten halten und für Bau und Ausrüstung bestimmte Regeln vorschreiben. Reisen nach Häfen mit sicherer Rückfracht sind billiger als nach andern, wo solche nicht zu erwarten ist und die Schiffe mit Ballast zurück kehren müssen. Sodann ist die Art der Ladung: ob leicht oder schwer, feuergefährlich, unreinlich usw. von Einfluss. Die Fracht wird sowohl nach Raum, als auch nach Gewicht bedungen. Vor allem schwankt die Höhe der Fracht nach der sogen. „Konjunktur“, und zwar ungleich mehr, als die Frachten auf dem Festlande.

Die Bemannung nimmt an Zahl fortwährend durch Einführung der Hilfsapparate ab. Man rechnet bei grossen Segelschiffen 1 Mann auf 27 Reg.-T., für kleine Segelschiffe auf 52 Reg.-T., für Dampfer auf 20 Reg.-T. —

Die Sicherheits-Maassregeln für die Seeschifffahrt sind wegen der noch immer grossen jährlichen Verluste an Leben und Eigenthum äusserst wichtig. Es sind z. B. allein i. J. 1881 nach den gesammelten Nachrichten von allen seefahrenden Nationen 2039 Schiffe völlig untergegangen, davon allein 100 durch Zusammenstoss, ferner imganzen 4134 Menschenleben und 5600 Mill. Mark an Werth verloren. Hiervon kamen auf die deutsche Küste allein 236 Schiffsunfälle mit 101 Totalverlusten und 89 Menschenleben, und zwar wieder durch den Sturm vom 14. bis 16. Oktober allein 60 Unfälle und 39 Totalverluste mit 52 Menschenleben.

Bei weitem die meisten Unglücksfälle ereignen sich in der Nähe der Küsten, weshalb genaue Seekarten und Segelanweisungen sowie Schiffahrtszeichen besonders wichtig erscheinen. Ferner dient zum Schutz der Schifffahrt in der Nähe des Hafens ein geregeltes Lootsenwesen, welches jetzt fast überall von Staats wegen geleitet, wenigstens beaufsichtigt wird. Es fahren in der Regel etwa 10 Lootsen in einem schnell fahrenden und sehr seetüchtigen Fahrzeuge täglich auf ihrem Gebiete hin und her um namentlich den aus See kommenden Schiffen rechtzeitig, d. h. früher als vor zu grosser Annäherung an die Küste, zu begegnen und ihnen einen Lootsen, den Seelootsen bis zum Hafen oder einer Vorstation, wo alsdann ein Revierlootse eintritt, mitzugeben. Bei der Ansahrt wird der Seelootse einem begegnenden Fahrzeuge namentlich dem Lootsensschiffe übergeben oder in der Nähe eines benachbarten Hafens abgesetzt.

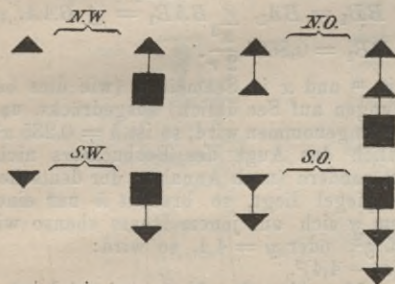
Als Signal bedient sich jedes grössere Schiff der sog. Flaggensignale. Ausser der Nationalitäts- und Rhederei-Nummer oder Namensflagge besitzt das Schiff 18 kleine, durch Form und Farbe auffällig unterschiedene bestimmte Flaggen, welche mit Hilfe des sog. Signalruf-Wimpels durch 78 642 Zusammenstellungen, jedoch nie mehr als von 4 Flaggen, und mit Hilfe eines Nachschlagebuchs auf 8—9 S.M. Entfernung jede beliebige Mittheilung geben können. Bei Nacht, schlechtem Wetter und Unglücksfällen werden farbige bengalische Lichter, Raketen usw. in bestimmter Folge gebraucht.

Eine besondere Gefahr bildet in Gewässern mit lebhaftem Verkehr der Zusammenstoss (Kollision), insbesondere bei Nacht, mehr aber noch bei Nebel. Zur möglichsten Verhütung bestehen bestimmte Vorschriften für Ausweichen, Vorbeifahren, ausserdem für die Anbringung von farbigen Laternen, aus welchen die Lage und Fahrriichtung jedes Schiffes erkennbar ist. Seedampfer führen zunächst ein weisses, etwa 5 S.M. sichtbares Licht mindestens 6^m hoch am Fockmast (Toplicht), welches 20 Kompassstriche beleuchtet, also nur von vorn und von den Seiten zu sehen ist. Ferner müssen sie an Steuerbord ein grünes an Backbord ein rothes Licht zeigen, welche Positionslichter je 10 Strich erleuchten und mit festen Seitenschirmen so versehen sind, dass z. B. von rechts nicht ein rothes Licht neben dem grünen gesehen werden kann; die Leuchtweite soll 2 S.M. sein. Die Segelschiffe haben nur die Positionslichter; Schlepdpampfer dagegen müssen 2 Toplichter über einander führen. Ausser den Lichtern sind bei Nebel Schallsignale nothwendig.

Zu den Sicherheits-Massregeln für Seeschiffe sind ferner die Sturmwarnungen zu rechnen, welche namentlich schwächere Fahrzeuge vor un-

zeitigem Auslaufen abhalten sollen. In Deutschland z. B. werden von der deutschen Seewarte, aufgrund der ihr von einigen 90 meteorologischen Stationen zugehenden telegraphischen Wetterberichte, an 39 deutsche Küsten-Stationen telegr. Mittheilungen über das in der Nähe der letztern zu erwartende Wetter insbesondere einen Sturm gerichtet, worauf die in Fig. 499 dargestellten optischen Signale, an einem weit sichtbaren Mast aufgezogen werden. Es sind durch einfache Kombination von zwei

Fig. 499.



konischen und einem zylindrischen, schwarz gefärbten Körpern 8 verschiedene Angaben möglich, und zwar für die 4 Haupt-Windrichtungen, sowie für 2 verschiedene Stärken, indem jedesmal die einfachen Figuren (links) Windstärken von 8—10 (See-Skala) und die zusammen gesetzten von 10—12 entsprechen. Ausserdem bedeutet eine schwarze, als Scheibe erscheinende Kugel, dass eine atmosph. Störung vorhanden, ferner eine schwarze Flagge, dass der Wind vermuthlich rechts drehend, zwei Flaggen, dass er links- oder rückwärtsdrehend sein wird. —

Endlich sei der Stationen für Rettung Schiffbrüchiger gedacht, welche im wesentlichen aus Privatmitteln unterhalten werden und Rettungsboote, Raketen- und Mörserapparate zum Abschieten von Verbindungsleinen vom Ufer zum Schiff in Thätigkeit setzen. An der englischen Küste werden z. Z. mit 561 Stationen durchschnittlich 4000 Menschen jährlich gerettet. In Deutschland sind mit 64 Bootstationen, 43 Raketen-Stationen und 17 Mörser-Stationen in 10 Jahren nahezu 900 Menschenleben gerettet worden.

III. Schiffahrts-Zeichen.

Sie haben den Zweck, dem Schiffer die Nähe des Ufers oder besonders gefährlicher Punkte im Meer erkennbar und dadurch zugleich seinen eigenen Ort bekannt zu machen. Nach der Wirkungsweise, der baulichen Anordnung und den Umständen, unter denen sie zu dienen haben, sind zu unterscheiden:

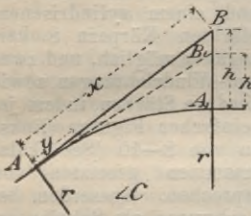
- a. Sichtbare (optische) Zeichen,
 - a. feste Zeichen oder Landmarken,
 1. Tagesmarken (Baken, Kape, Thürme),
 2. Nachtmarken (Leuchthürme),
 - β. schwimmende Zeichen,
 1. Tagesmarken (Tonnen, Bojen, Spieren),
 2. Nachtmarken (Leuchtkörper, Feuerschiffe),
- b. Hörbare (akustische) Zeichen,
 - a. am Lande stehende (Kanonen, Gongs, Glocken, Pfeifen, Hörner, Sirenen),
 - β. schwimmende (Glockenbojen, Pfeifen oder Heulbojen).

a. Regeln für Stellung und Formen der sichtbaren Zeichen.

Alle sogen. Hauptmarken (also nicht Nebenmarken, Hafenfeuer usw.) müssen von See aus möglichst früh erkennbar sein, damit das ankommende Schiff seinen Kurs noch ändern kann. Ein an der Küste entlang fahrendes Schiff sollte bei ungünstigem Wetter fortwährend mindestens ein Zeichen bemerken können. Nach Fig. 500 ergibt sich die nöthige Höhe b eines Seezeichens über dem Meeresspiegel aus der grössten Sichtweite und dem Erdhalbmesser:

$x^2 + r^2 = (r + h)^2$ oder: $r + h = r \left(1 + \frac{1}{2} \frac{x^2}{r^2} - \frac{1}{8} \frac{x^4}{r^4} + \dots \right)$, also:
 $h = \frac{x^2}{2r} - \frac{x^4}{8r^3} + \dots$ woher, genau genug: $h = \frac{x^2}{2r}$ gesetzt werden darf.

Fig. 500.



Dieser Werth ist aber dem Refraktionswinkel BAB_1 entsprechend zu verkleinern. Letzterer ist abhängig von dem Zentriwinkel C und von dem Zustande der Atmosphäre, kann aber durchschnittlich zu $0,0653 C$ angenommen werden. Da nun: $BAA_1 = \frac{1}{2} C$ und, genau genug: $BB_1 = BA_1$, $\angle BAB_1 = \angle BAA_1$, so ist: $h_1 = h - BB_1 = 0,8694 \frac{x^2}{2r}$.

Wenn h in m und x in Seemeilen (wie dies bei allen Ermittlungen auf See üblich) ausgedrückt, und r zu 373200 m angenommen wird, so ist $h = 0,235 x^2$. Weil aber endlich das Auge des Beobachters nicht in Meereshöhe, sondern (nach Annahme der deutschen Admiralität) um i. M. $4,5$ m über Meeresspiegel liegt, so braucht h nur einer Sichtweite $x - y$ zu entsprechen. Indem y sich aus jenem Maass ebenso wie x berechnen lässt, nämlich $4,5$ m = $0,235 y^2$, oder $y = 4,4$, so wird:

$$h = 0,235 (x - 4,4)^2.$$

Bei einer Höhe des Leuchtfuers von 50 m über dem Meeresspiegel beträgt daher die Sichtweite nur 19 Seemeilen.

Die sichtbaren Zeichen werden sehr oft paarweise so gestellt, dass zwei zusammen unmittelbar eine bestimmte Richtung und zwar die eines von den Schiffen inne zu haltenden Fahrwassers fest legen. Hierzu dienen namentlich die Baken oder Kape, und zwar unter einander oder in Verbindung mit einem Thurm usw. Eine solche Anordnung gestattet die direkte Anseglung, was stets sicherer ist, als wenn erst mit Hilfe nautischer Messungen der richtige Kurs bestimmt werden muss. Bei den schwimmenden Zeichen ist die direkte Anseglung meist leichter durchzuführen als bei den festen, für welche oft weniger leicht geeignete Aufstellungspunkte, z. B. eine natürliche Anhöhe aufzufinden sein würden.

Alle schwimmenden Zeichen werden in einem und demselben Gewässer nach bestimmten Regeln gelegt, so dass z. B. das einkommende Schiff alle schwarzen Tonnen an Backbordseite alle weissen auf Steuerbordseite in der Richtung des fahrenden Schiffes sieht usw.

Sämmtliche Seezeichen müssen in die betr. Seekarten genau eingezeichnet und in den sog. Segelanweisungen ihre Form usw. recht genau beschrieben und hinsichtlich ihrer Bedeutung erklärt sein. Als Regel gilt aber, dass jedes Schiff zwischen Hafen und offener See von Lootsen begleitet wird, welche unter allen Umständen genaue Kenntniss der örtlichen und zeitweiligen Verhältnisse (Strömung, Fluth usw.) besitzen und mit schnellfahrenden Fahrzeugen vor der Küste kreuzen.

Fig. 501.

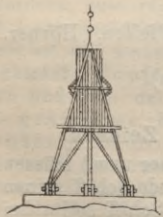


Fig. 502.



gegen aus Holz oder Eisen. Die grösste Schwierigkeit liegt in der sicheren Befestigung des oberen Theiles gegen Sturm. Fig. 501 u. 502 geben ein paar Bakenformen aus den Mündungen der Elbe und Weser.

Bei den festen Nachtmarken sind der Unterbau (Thurm) und das Licht (Laterne) nach einander zu betrachten, wenn nicht etwa der Thurm auf einer bedeutenden Anhöhe steht. Die Thürme 503 u. 504, wovon der erstere in der Unterweser, der letztere an der Ostküste von Virginien auf Thimble Shoal steht, geben ein paar möglichst verschiedene Beispiele von Leuchthürmen. Man wird der Dauerhaftigkeit und der Betriebssicherheit wegen am Lande stets massive Thürme

Fig. 503.

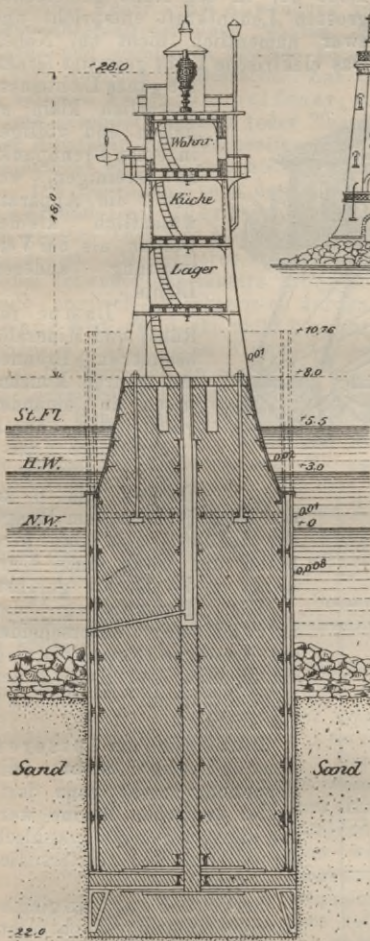


Fig. 504.



zu bauen suchen, wo bei es namentlich auf Standfähigkeit und Wetterbeständigkeit ankommt. Fast alle hohen Leuchthürme an offener See bewegen sich bei starkem Wind pendelförmig, wobei der Betrieb und der bauliche Zustand leiden können. Besondere Vorsicht ist aber geboten, wenn der Thurm unmittelbar von starken Wellen getroffen wird; es muss alsdann die äussere Form so gewählt werden, dass der Schwerpunkt möglichst tief liegt und die

Wellen möglichst wenig Angriffspunkte finden. Wo massive Thürme nicht ausführbar sind oder ihre Errichtung zu theuer erscheint, wendet man mit Erfolg eiserne und zwar vorzugsweise solche von Schmiedeisen an. Es gilt dies namentlich für alle im offenen Wasser und auf beweglichem Grunde (Sand) zu erbauenden Thürme. Alsdann kommt entweder die Anwendung von Schrauben- und Scheibenpfählen (Grundbau S. 146) und ein möglichst leichter Aufbau in Betracht; oder es wird, wie bei dem 1885 vollendeten Thurme in der Wesermündung eine Fundirung mittels Druckluft gewagt.¹⁾

Unter Hinweis auf das über Wellenstoss Gesagte möge als Beispiel erwähnt werden, dass an dem älteren Thurme auf dem Eddystone-Felsen (im engl. Kanale) in 21^m Höhe über H.-W. häufige Beschädigungen des Mauerwerks durch Wellen beobachtet sind.²⁾ —

Das Licht der Nachtmarken, in frühesten Zeiten nur durch offenes Holzfeuer erzeugt, wird jetzt auf mehrfache Weise hergestellt. Das seit 1763 angewandte Rüböl wird mehr und mehr durch Mineralöl, insbes. in Frankreich und England durch sogen. Paraffinöl

verdrängt. Dasselbe kostet etwa die Hälfte des Rüböls und erhält die Dochte

¹⁾ Ueber die im vorliegenden Falle angetroffenen besonderen Schwierigkeiten vergl. im Grundbau S. 290. Desgl. Handb. d. Ingen.-Wissensch., Bd. IV.

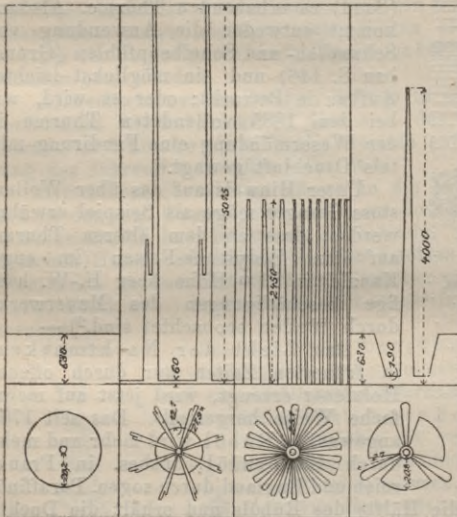
²⁾ Ueber die baulichen Einzelheiten der Leuchthürme S. besonders: Thomas Stevenson: Die Illumination der Leuchthürme, mit einem Anhang von Chr. Nehls, Hannover 1878. — Allan Stevenson, Rudimentary treatise on the history, constr. and illum. of lighthouses, London 1850. — L. Reynaud; Memoire sur l'éclairage et le balisage des côtes de France, Paris 1864. — Annual report of the Light-House-Board at Washington. — Handb. d. Ingen.-Wissensch. Bd. III.

besser. Gewöhnliches Steinkohlengas ist meist nur bei Hafenufern anwendbar; dagegen ist das auf etwa 10 Atm. komprimierte Fettgas von Pintsch in Behältern nach jedem Ort verbringbar. Seinen Hauptwerth besitzt es daher für schwer zugängliche Lichte, insbes. Leuchtbojen (S. w. u.). Das Drummond'sche Kalklicht hat sich bis

Fig. 505.



Fig. 506.



das unterbrochene Feuer eine Zeit lang gleichmässig steht, aber plötzlich ein mal oder mehrere mal mit kurzen Zwischenräumen auf kurze Zeit verschwindet,

das Blinkfeuer in regelmässigen Perioden kurze Blinke und längere Verdunkelungen zeigt,

das Gruppen-Blinkfeuer mehrere Blinke statt eines rasch hinter einander zeigt,

jetzt nicht bewährt, dagegen elektrisches Licht seit 1855 in vielen Fällen, obgleich die Leuchtweite nicht der in der Nähe gemessenen grossen Leuchtkraft entspricht und zwar namentlich nicht bei Nebel. Das elektrische Licht gestattet ferner, die ganze Lichtmasse äusserlich klein zu halten und völliger in einen Brennpunkt zu vereinigen, wodurch die Apparate wesentlich kleiner werden, als bei Verwendung anderen Lichts.

Die Lampe für Rüböl und Mineralöl besitzt runde Brenner mit mehreren konzentrisch in einander geschalteten, durch ringförmige Luft-räume getrennte

Dochte, bis 6 an der Zahl, je nach dem Range des Lichtes. Das Oel wird durch den Gang eines Uhrwerks in die Dochte geführt.

Die Benennung der Leuchtfeuer unterscheidet die äussere Erscheinung des Lichtes, den Zweck der Beleuchtung und die Stärke des Lichts.

Hinsichtlich der äusseren Erscheinung steht die Benennung nicht ganz fest; in der deutschen Marine werden die nach Fig. 506 graphisch darstellbaren Feuer unterschieden, wobei:

das feste Feuer ein gleichmässiges einfarbiges Licht zeigt, das feste Feuer mit Blinken in bestimmten Zeiten vor und nach einer geringen Verdunkelung hell aufblinkt,

das Blitzfeuer (auch wie oben Gruppen-Blitzfeuer) mit kurzen Blitzen und völligen Verdunkelungen abwechselt,

das Funkelfeuer ähnlich wie letzteres mit Blinken und Abnehmen rasch wechselt,

das Wechselfeuer abwechselnd weisses und farbiges festes Licht zeigt.

Alle genannten Feuer mit Ausnahme der festen sind Drehfeuer; ein Blink nimmt allmählig zu und ab; ein Blitzfeuer ist gewissermassen ein unterbrochenes Feuer. Mit Anwendung verschiedener Farben ist Vorsicht wegen der Verwechslung derselben geboten; auch schwächen farbige Gläser die Lichtstärke und vernichten gewisse Lichtstrahlen. Nur rothe und (seltener) grüne Gläser kommen in Betracht. Zur Unterscheidung der Erscheinung werden in seltenen Fällen Doppelfeuer, d. h. zwei genügend weit von einander entfernte besondere Lichter (oder Thürme) angewandt; ferner eine Verbindung von Blitzfeuer mit Wechselfeuer, so dass man für Küstenfeuer etwa 20, für Hafenseuer etwa 25 verschiedene Charaktere besitzt.

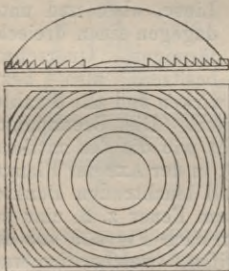
Die Benennung nach dem Zweck unterscheidet im wesentlichen Gürtelfeuer und Leitfeuer (auch Richt- oder Direktions-Feuer). Bei ersterem wird ein grosser Theil des Horizonts ringsum oder nur in einer bestimmten Richtung erleuchtet. Bei letzteren werden oft zwei Lichter hinter einander angebracht, wobei entweder das hintere genügend höher als das vordere gestellt ist, oder beide ungleich charakterisirt werden. Bei dem — seltenen — tauchenden Feuer wird das Licht nicht horizontal, sondern abwärts geneigt auf einen besonderen Punkt (eine Klippe) geworfen. Endlich kann durch Beleuchtung eines Spiegels der an einer, für ein Feuer ungeeigneten Stelle angebracht ist ein „scheinbares Feuer“ gebildet werden.

Die Benennung der Feuer nach der Lichtstärke unterscheidet Feuer 1., 2. bis 6. Ordnung. Die erste und zweite sind fast stets nur für Hauptmarken, die andern für Nebenmarken, die zwei letzteren fest und für Hafenseuer auf Molenköpfen in Gebrauch. Bei dem Feuer 1. Ordnung hat die aus Rüböl erzeugte (nicht konzentrirte) Flamme 23 Lichteinheiten, bei den übrigen folgende: 2. Ordng. 15, 3. Ordng. 5, 4. Ordng. 3, 5. Ordng. 1,6, 6. Ordng. 1,3. Die Feuer der 6. Ordnung sind bei gewöhnlichem Zustand der Atmosphäre und bei festen Feuern auf:

21 . 18 . 14 . 10 . 8 . 6 Seemeilen sichtbar. Durch Verwendung von Mineralöl steigt die Zahl der Lichteinheiten und die Sichtbarkeit um etwa 25 bis 30 Proz.

Bei Drehfeuern, bei denen die Zeit der Sichtbarkeit verringert wird, lässt sich eine grössere Leuchtweite und zwar von 21 auf 28 Seemeilen erzielen, wie dies in Fig. 507 für Apparate der grössten Art dargestellt ist, wobei jedoch die Lichtstärke durch den Apparat konzentriert ist.

Fig. 507.



Der optische Apparat der Nachtmarken dient im wesentlichen zur Konzentration der von dem Lichte nach allen Richtungen ausgesendeten Strahlen um den so gebildeten Strahlenbündeln eine wesentlich grössere Lichtstärke und Sichtweite, sowie die vorhin beschriebene charakteristische äussere Erscheinung zu verleihen. Man unterscheidet:

a) den katoptrischen Apparat, welcher das Licht mit Hilfe von Metallspiegeln oder, mit Metall überzogenen Glasspiegeln zurück wirft (reflektirt).

b) den dioptrischen Apparat, welcher die Strahlen durch Glaslinsen und Glasprismen bricht (refraktirt).

c) den katadioptrischen Apparat, bei welchem die auffallenden Strahlen durch Glasprismen zunächst gebrochen und dann zurückgeworfen werden.

Es kommen meistens die beiden letzten Arten gleichzeitig neben einander zur Anwendung wogegen die erstere Art wegen schwieriger Erhaltung, Lichtverlust usw. wenig mehr gebraucht wird.

Dioptrische und katadioptrische Apparate erhielten durch die von Fresnel zuerst im Jahr 1882 eingeführten Linsenscheiben die bedeutendste Verbesserung. Eine solche Scheibe enthält nach Fig. 507 nur in der Mitte eine plankonvexe Linse von höchstens 25 cm Durchmesser und um sie herum eine Anzahl von konzentrischen Linsenringen, deren Brennpunkt mit dem der mittleren Linse zusammen fällt, so dass die Gesamtwirkung der ganzen Scheibe

Fig. 508.

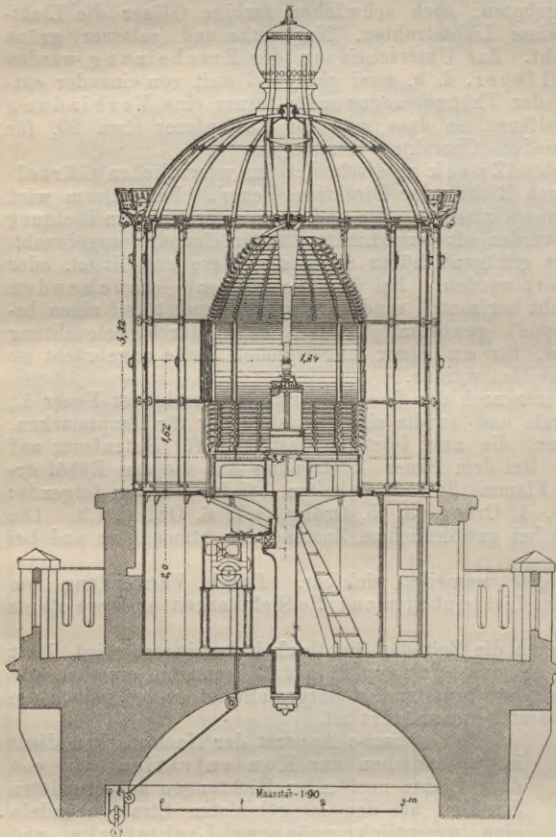
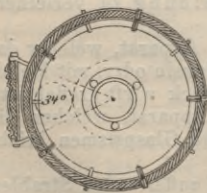


Fig. 509.



theoretisch wie die einer einzigen grossen Linse vom Durchmesser des grössten Ringes ist. Eine derartige einheitliche Linse würde ungleich grössere Kosten verursachen und eine grössere Menge Licht verschlucken als die dargestellte Zusammenfassung. Es werden die so gebildeten Apparate meist nach Fresnel benannt.

Ueber diesen im Horizontalschnitt ebenfalls nach der Kreislinie geformten Linsen sind ringförmige Prismen von dreieckigem oder auch trapezförmigem Querschnitt jetzt unentbehrlich, um namentlich den oberen (sowie auch den unteren) Theil einer in Fig. 508 dargestellten Fresnel'schen Lampe zu bilden. So ist z. B. ein festes Gürtelfeuer durch eine Anzahl wagrechter Glasringe gebildet, welche im mittleren Theil des Profils die Fresnel'sche Linse, oben und unten dagegen einen dreiecksförmigen Querschnitt besitzen, also bezw.

dioptrisch oder katadioptrisch wirken und alle Strahlen in wagrechter Ebene auswerfen. Die Brennpunkte der Prismen liegen dabei, nicht wie die des mittleren Theiles (des sogen. Refraktors), in der Axe der Flamme sondern in verschiedenen hell leuchtenden Punkten derselben. Um nun aus diesem Feuer z. B. eins mit Blinken zu machen, stellt man nach Fig. 509 vor den Apparat senkrecht einen Streifen, welcher im wagrechten Schnitt mit einer Fresnel'schen Linse übereinstimmt, und alles vom Umfange jenes Apparats auf ihn

fallende Licht in ein senkrechtcs Bündel sammelt. Wird dieser äussere Streifen, oder mehrere derselben drehend um den fest stehenden inneren Apparat geführt, so erzeugt er in entsprechenden Zeiten die lebhaften Blinks. Ein anderer Weg, ein Drehfeuer zu bilden, besteht darin, dass sich eine vielseitige

Glastrommel, wovon jede Seite die auf sie fallenden Lichtstrahlen gleichzeitig in wagrechter und senkrechter Richtung zu einem zylindrischen Strahlenbündel sammelt, um die Lampe dreht. In diesem Falle hängt es von der Seitenzahl, in anderen von der Zahl der vorgestellten Streifen und daneben in beiden Fällen von der Umdrehungs-Geschwindigkeit ab, in welchem Zeitraum und mit welcher Lichtstärke die Blinke erscheinen.

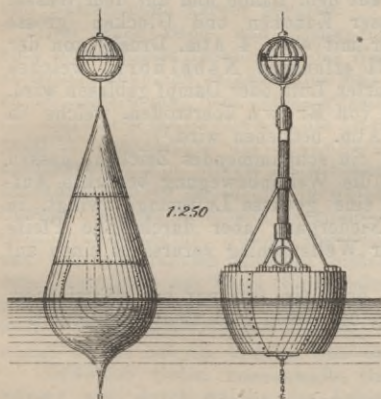
Die Vorrichtung zum Drehen besteht in einem Uhrwerk mit Gewichten, sowie einem Kranze von Rollen, die um die Achse des Apparates laufen usw.

Nur bei den von Th. Stevenson erfundenen und zur Richtschnur dienenden sogen. Holophotal-Lichtern werden sämtliche Lichtstrahlen in ein einziges Bündel paralleler Strahlen gesammelt und nach einer einzigen Richtung geworfen.

Die Kosten vollständiger Apparate für Gürtelfeuer belaufen sich für die der 1. bis 6. Ordnung im Durchschnitt bezw. auf 55 000, 35 000, 25 000, 7 500, 6 000 und 450 M. —

Die schwimmenden sichtbaren Seezeichen sind als Tagesmarken, Tonnenbojen oder Spieren, welche auf der Oberfläche des Wassers treiben, aber durch eine Kette mit einem grossen Stein oder einer Grund-Schraube im Grunde verankert werden, und daher, abgesehen von der unvermeidlichen kreisenden Bewegung um den Ankerpunkt, fest liegen. Tonnen heissen sie ursprünglich wenn sie an dem einen oder an beiden Enden stumpf, Bojen, wenn sie an beiden Enden ganz oder nahezu spitz sind, übrigens aber noch einen bauchigen Körper haben, während Spieren einen sehr langen und schlanken Körper besitzen. Diese ursprünglichen Bezeichnungen werden jetzt oft verlassen. Alle diese Körper werden mit Ausnahme der einfacher geformten Tonnen, welche zum Theil noch aus Holzstäben mit Eisenringen bestehen, jetzt aus Eisenblech hergestellt die grösseren mit wasserdichten Abtheilungen und Mannlöchern zum Einsteigen. Sie müssen in der Regel in jedem Jahr ein mal ausgewechselt werden, um den zu ihrer Erhaltung und Charakteristik nothwendigen Oelfarbenanstrich zu erneuern, sind deshalb meistens je in zwei gleichen Exemplaren vorhanden. Ihre Grösse hängt von der gewünschten Sichtbarkeit im Sturme von der Länge und dem Gewicht der Kette, also auch von der Tiefe und von der Strömung ab, damit der obere Theil genügend aus dem Wasser rage.

Fig. 510, 511.



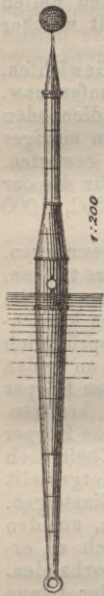
Von den verschiedenen Formen geben die Fig. 510—512 einige Beispiele. Die grösseren und auffallenderen Formen werden am weitesten nach der offenen See zur Festlegung der ersten Anseglung gebraucht. —

Als Nachtmarken dienend sind schwimmende und sichtbare Zeichen in der Regel sogen. Feuerschiffe und erst in neuester Zeit Leuchtbojen angewendet. Erstere, stark gebaute und sicher gegen Sturm, Eis usw. verankerte Schiffe, tragen an einem Maste und um denselben herum ein, zu einem Ringe vereinigt System von katoptrischen oder dioptrischen Lampen. Wegen der konstruktiven Sicherheit und der unvermeidlichen Schwankungen des Schiffs ist die

Masthöhe sehr beschränkt, meist so, dass ein Feuerschiff nicht mehr als 10 Seemeilen Sichtweite besitzt. Die für die Laternen schädlichen Schwankungen werden allerdings durch Universalgelenke einigermassen aufgehoben. Wegen der grossen jährlichen Kosten (Reparatur des Schiffes, Löhne und Unterhalt der Mannschaft usw.) und der Unsicherheit sucht man möglichst Leuchtschiffe zu vermeiden und beschränkt ihre Verwendung auf äusserst wichtige Punkte eines Fahrwassers, bei denen vielleicht bei nebligem Wetter die gewöhnliche Sichtweite der sonst vorhandenen Leuchthürme nicht ausreicht. Es sind in einzelnen

Fällen zur Verstärkung des Lichtes förmliche kleine Leuchttürme in einem Schiff errichtet worden.

Fig. 512.



Die Leuchtbojen sind in der Regel jetzt die von Pintsch erfundenen Gasbojen. Sie enthalten, je nachdem sie 2, 3 oder 4 Monate ununterbrochen (also auch am Tage) brennen sollen, 5, 7,5 und 10 cbm komprimirtes Gas. Bei der Ueberleitung aus dem Gastransport-Schiff in die Boje ermässigt sich der Druck von 10 Atmosph. auf etwa 6. Eine 10 cbm haltende Boje fasst daher etwa 60 cbm Gas von 1 Atm. Druck und brennt bei 20¹ stündlichem Verbrauch rund 125 Tage. Der Regulator, welcher den Druck entsprechend ermässigt, besteht im wesentlichen aus einem Ventil, welches mit einer, an einem Hebel sitzenden Membran selbstthätig sich öffnet und schliesst. Die das Licht umgebende Lampe ist ein kleiner Fresnel'scher Apparat, der verschiedene Charakterisirungen gestattet. Zwischen Licht und der Boje befindet sich ein leichtes Gerüst, um dem Licht die nöthige Höhe zu geben. Die Kosten einer 10 cbm fassenden Boje betragen etwa 8000 M.

b. Hörbare Seezeichen

dienen fast nur dazu, Schiffen bei Nebel die Annäherung an die Küste bemerkbar zu machen; sie besitzen aber für manche Punkte einen sehr grossen Werth, weil der Nebel oft die Sichtbarkeit der Zeichen schon bei geringer Entfernung aufhebt. Die Wirksamkeit der hörbaren Seezeichen beruht im wesentlichen auf folgenden Thatsachen: Sie lassen die Richtung, aus welcher der Ton kommt, erkennen; der Ton sucht sich zwar nach allen Seiten gleichmässig fort zu pflanzen, kann aber durch Schallröhre nach bestimmter Richtung hin verstärkt werden. Die Hörweite ist in jedem Falle von der Stärke des Tons und von den äusseren Einflüssen, namentlich von Wind und Lufttemperatur abhängig;

daher findet ein bedeutender Wechsel statt und sind zur Sicherheit nur etwa 2—3 Seemeilen als grösste Hörweite anzunehmen.

Fast sämtliche Apparate lassen sich auf dem Lande und auf dem Wasser anbringen. Besonders wirksam sind ausser Kanonen und Glocken grosse Dampfpfeifen (bis zu 50 cm Durchmesser mit etwa 4 Atm. Druck) von der Art der Schiffspfeifen und das von Daboll erfundene Nebelhorn, welches 2—3 m lang ist und entweder mit komprimirter Luft oder Dampf geblasen wird. Beide werden aber noch durch die Sirene von Brown übertroffen, welche in der Regel mit Dampf oder Luft von 4—6 Atm. betrieben wird.¹⁾

Die Courtenay'sche Heulboje ist ein schwimmendes Zeichen, dessen Wirkung darauf beruht, dass der durch die Wellenbewegung bewirkte Auf- und Niedergang der Boje beim Aufsteigen eine gewisse Luftmenge zwingt, in einen besondern Raum einzutreten, beim Niedergang aber durch eine Pfeife wiederum auszutreten. Schon sehr mässiger Wellenschlag verursacht einen auf etwa 6 Seemeilen hörbaren Ton.

Die Glockenboje hat den Nachtheil, dass sie fast nur bei stürmischem Wetter einen genügend hörbaren Ton giebt, bei Nebel also nicht funktioniert.

¹⁾ Vergl. Hülfswissensch. I. S. 846.

K. Wildbach-Verbauungen und Regulirungen von Gebirgsflüssen.

Bearbeitet von W. Frauenholz, vorm. Professor an der technischen Hochschule in München.

I. Wildbach-Verbauungen.

Litteratur.

Annales d. ponts et chauss. — Breton. *Sur les barrages de retenue des graviers dans les gorges des torrents.* — *Bulletin de la société vaudoise des ingénieurs et des architectes.* — Duile. *Verbauung der Wildbäche in Gebirgsländern.* — „Eisenbahn“, schweizer. Zeitschr. f. Bau- u. Verkehrswesen. — Friedrich. *Die Boden-Mellorationen in Bayern und Hannover.* — Hess. *Die Korrektion der Wildbäche.* — Nosek. *Ueber Regulirung der Gebirgsflüsse und Anlage von Thalsperren in Bayern und in der Schweiz.* — v. Seckendorff. *Verbauung der Wildbäche usw.* — *Wochenschr. u. Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Archit.-Ver.* — *Wochenbl. f. Bauk.*

a. Allgemeines.

In den obern Gebieten der natürlichen Wasserläufe treten sehr häufig Abschwemmungen des Bodens auf, durch welche weiter abwärts Ablagerungen veranlasst werden. Je steiler das Gelände ist, je weniger die Verwitterungsmengen durch natürliche oder künstliche Schutzmittel zurück gehalten werden, je ungünstiger die klimatischen und Boden-Verhältnisse sind, um so bedeutender können solche Abschwemmungen ausfallen, welche bei starken Niederschlägen ebensowohl durch den auf der Oberfläche des Geländes rasch abfließenden Theil derselben wie durch das in den Boden einsickernde und unter Umständen Rutschungen veranlassende Wasser eingeleitet und bewirkt werden.

Da, wo das Wasser in Gerinnen (Runsen und Schluchten) weiter geführt wird, ergeben sich mit der Zeit mehr und mehr zunehmende Austiefungen derselben; hierdurch werden die seitlichen Gehänge des stützenden Fusses beraubt und Rutschungen hervor gerufen.

Bei jenen Bach- und Flussregulirungen, bei denen es zunächst nicht auf eine vortheilhafte Ausnutzung des Wassers, sondern nur auf dessen unschädliche Ableitung ankommt, beabsichtigt man gewöhnlich, solche Umbildungen möglichst zu verhindern oder wenigstens günstiger zu gestalten.

Bei den Wildbächen¹⁾, die oft über 30% Gefälle aufweisen, sind in der Regel deutlich ausgeprägt: das Abschwemmungs-Gebiet (Sammelgebiet, Aufnahmegebiet), ein hieran anschliessender, schluchtartiger Sammelkanal (Abflusskanal, Tobel, Schlucht), in welchem das abgeschwemmte Material auf eine Strecke im geschlossenen Gerinne weiter geführt wird, der Schuttkegel (Entleerungs-Region, Ablagerungsgebiet), der sich am Ende des Sammelkanals aus dem zugeführten Material bildet und ein zwischen dem Schuttkegel und dem Hauptflusse des Thals (Gebirgsfluss) befindliches Gerinne, in welchem das mit Sinkstoffen bald mehr, bald weniger geschwängerte Wasser seine Ableitung findet. Manchmal schliesst sich der Schuttkegel unmittelbar an das Abschwemmungs-Gebiet auf der oberen, oder an den Hauptfluss auf der unteren Seite an.

Zeitweise treten massenhafte Geschiebe-Bewegungen, Rufen oder Murgänge auf, durch welche die Ansiedelungen und Kulturen auf alten Schuttkegeln nicht selten vernichtet werden. Die bei plötzlichen, nur kurz andauernden Anschwellungen mitgerissene Sinkstoffmenge übersteigt oft das 2- bis 3fache der Wassermenge.

Bei den Wildbach-Verbauungen sind als Endzwecke aller Arbeiten

¹⁾ Die Eintheilung der Wildbäche ist eine verschiedenartige; jetzt unterscheidet man meist einfache Wildbäche, die nur eine Schlucht, und zusammen gesetzte Wildbäche, welche zwei oder mehrere grössere Schluchten (darunter eine, die Hauptschlucht) haben.

die Wieder-Aufforstung des Sammelgebiets zur Verminderung rascher Wasser-Ansammlungen, die Sicherung der Gehänge vor Rutschungen und der Sammelkanäle und Schuttkegel vor schädlicher Auswaschung anzusehen. Hierzu dienen als Hauptbauten die Thalsperren. Selten als selbständige Bauten, häufig dagegen in Verbindung mit Thalsperren kommen zur Anwendung die Wildbach-Schalen. Unter geeigneten Umständen finden Flechtzäune, Verpfählungen, Terrassirungen, Horizontal-Gräben für sich allein oder zur Ergänzung jener grösseren Bauwerke Anwendung. In besonders Fällen handelt es sich um die Anlage von Ablagerungs-Plätzen, event. auch um Bach-Verlegungen.

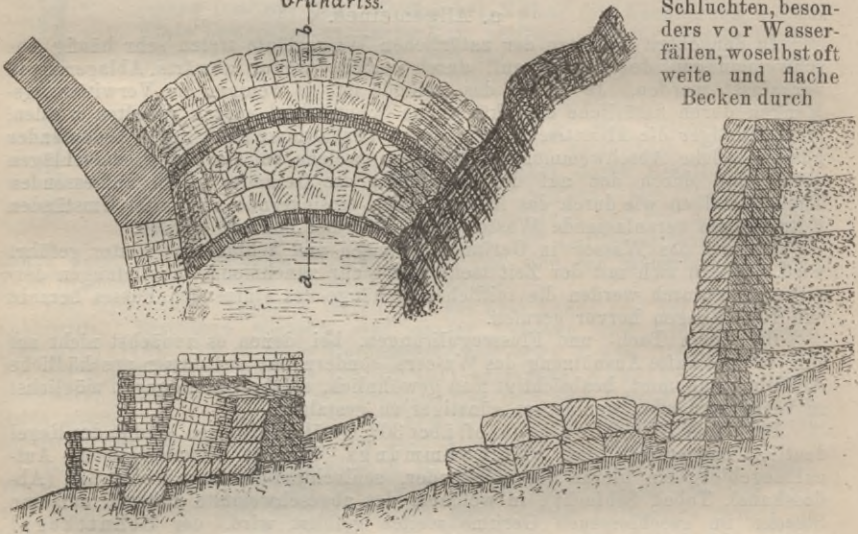
Die Ableitungs-Gerinne auf den Schuttkegeln und zwischen diesen und den Gebirgsflüssen werden schliesslich ähnlich wie die letztern durch Parallelbauten und Grundschwelen (Sohlen-Befestigungen) geregelt.

b. Thalsperren.

Die zur Verbauung der Wildbäche dienenden Thalsperren sind entweder Stausperren (*Barrages de retenues*) oder Konsolidations-Sperren. Zu letztern gehören auch die manchmal anzuordnenden Gegen-Thalsperren.

Stausperren kommen oberhalb der Schluchten, besonders vor Wasserfällen, woselbst oft weite und flache Becken durch

Fig. 513—515.
Grundriss.



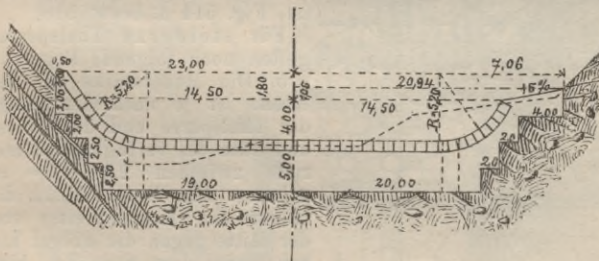
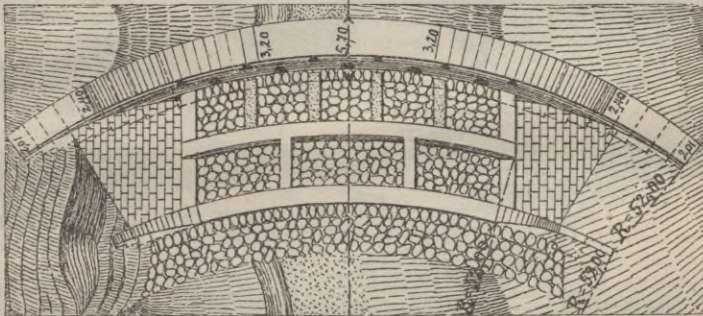
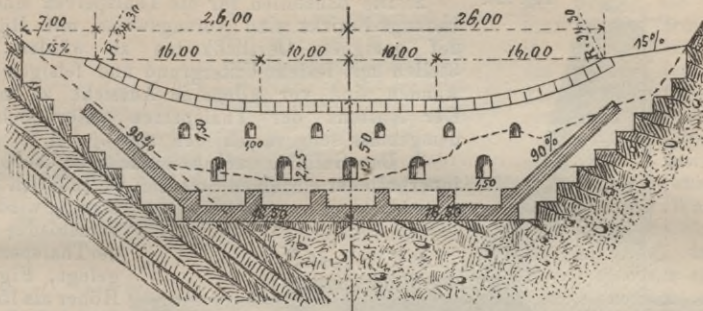
mässig lange Mauern abgeschlossen werden können, zur Anwendung; sie werden erst allmählich nach Bedarf erhöht und am besten in Form von Absätzen hergestellt, um die Anlage hoher einmaliger Wasserstürze zu vermeiden.

Durch die gewöhnlichen Thalsperren (Konsolidations-Sperren), welche in den Schluchten angeordnet werden, sind die Sohlengefälle der letztern zu vermindern, Ablagerungen zu veranlassen und die seitlichen Gehänge durch Verhinderung weiterer Auswaschungen vor Abrutschungen zu schützen. In diesem Schutze liegt ihre dauernde Wirkung.

Die Herstellung erfolgt aus Stein oder auch — was übrigens nicht zu empfehlen — aus Holz. Fig. 513—515 zeigen eine einfache schweizerische massive Thalsperre des Kantons Glarus, Fig. 516—519 eine französische und Fig. 520 eine österreichische Gegen-Thalsperre, endlich Fig. 521—523 eine schweizerische, hölzerne Thalsperre des Kantons Graubünden.

Die Erfahrungsregeln über Anordnung, Abmessungen, Bauart und Aus-

Fig. 516—519.



führung der Konsolidations-Sperren lassen sich wie folgt zusammen fassen:

1. Die Wildbach-Verbauungen innerhalb der Schluchten und Runsen sind im allgemeinen von untennachaufwärts durchzuführen.

Manchmal empfiehlt es sich, eine Runse je nach ihrem Gefälle und der Gelände-Beschaffenheit in verschiedene Theile zu zerlegen und die Zonen, in welchen die Abschwemmungen

vorherrschen, zunächst und zwar wieder von unten nach oben zu verbauen¹⁾.

¹⁾ An gegenheiligen Forderungen: einer Verbauung von oben nach unten, fehlt es nicht. Es zeigt dies, dass in einzelnen Fällen von der allgemeinen Regel abzugehen ist.

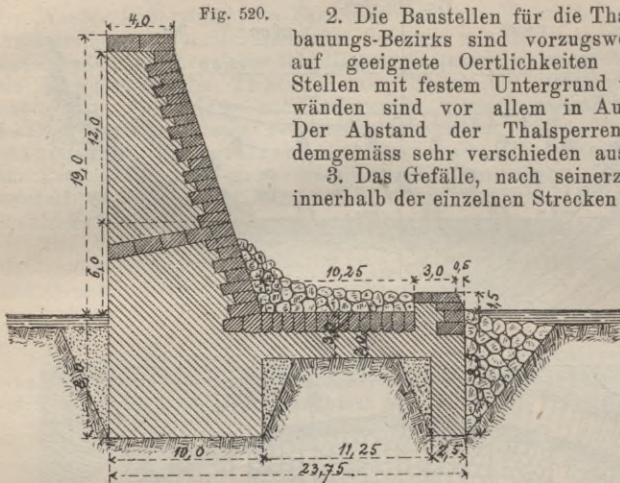


Fig. 520.

2. Die Baustellen für die Thalsperren eines Verbauungs-Bezirks sind vorzugsweise mit Rücksicht auf geeignete Oertlichkeiten zu wählen. Enge Stellen mit festem Untergrund und felsigen Seitenwänden sind vor allem in Aussicht zu nehmen. Der Abstand der Thalsperren unter sich fällt demgemäss sehr verschieden aus¹⁾.

3. Das Gefälle, nach seinerzeitiger Auflagerung innerhalb der einzelnen Strecken wo möglich kleiner

als $\frac{1}{25}$, wird durch verschiedene Höhen der Thalsperren fest gelegt, Fig. 524. Höher als 15 m werden jedoch derartige Thalsperren nur ausnahmsweise gemacht²⁾.

Ist vom Fuss einer Sperre bis zur Krone der nächst-

folgenden ein grösseres (verwendet sind Gefälle bis zu 12 %) als das genannte Gefälle von 4 % nicht zu umgehen, so ist nach eingetretener Verlandung durch kleine Katarakte, gebildet durch eingelegte Querflechtzäune oder gepflasterte Schwellen, das Gefälle der entstehenden

kleinen Strecken auf jenes Maass abzumindern, Fig. 525, 526³⁾.

4. In den meisten Fällen ist es zweckmässig, die Thalsperren allmählich in Absätzen von 1—3 m immer dann erst weiter zu erhöhen, wenn oberhalb eine vollständige Auflagerung eingetreten ist, Fig. 514 a. bzw. 518.

Für steinerne Thalsperren gelten noch folgende Regeln:

5. Die Mauerstärke an der Krone ist je nach der Länge der Thalsperre und der Grösse und Güte des verfügbaren Materials zwischen 2,5—4,5 m zu nehmen. Man lässt vielfach die Mauerdicke (Kronenbreite) von der Mitte gegen die Flügel hin zunehmen (dort etwa 2,5, hier

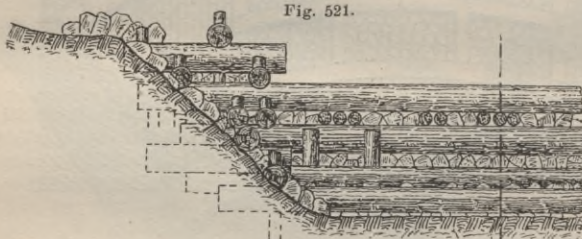


Fig. 521.

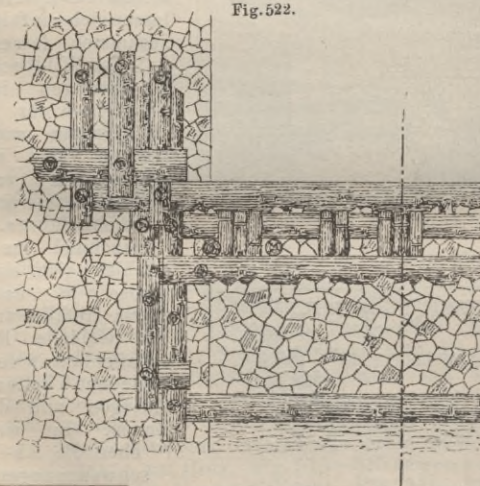


Fig. 522.

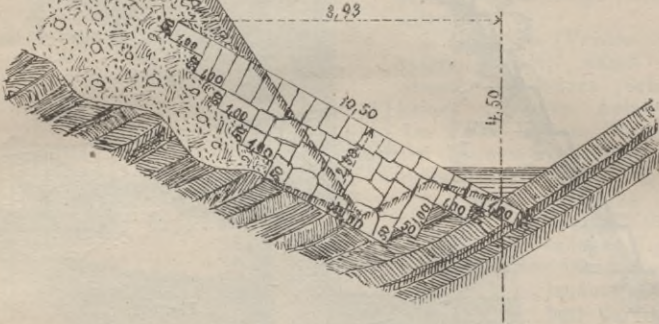
¹⁾ Bei der Ruff-Runse oberhalb Mollis im Kanton Glarus haben die dormalen auf einer Ausdehnung von 400 m bestehenden Thalsperren Einzelabstände von 20—68 m.

²⁾ Am Steigbach-Tobel oberhalb Immenstadt (Bayern) kommen Thalsperren von 4—12 m Höhe vor.

³⁾ Am vorteilhaftesten wäre das „Gleichgewichts-Gefälle“. Man muss sich aber meist mit dem „Ausgleichsprofil“ begnügen und auch dieses erst durch die genannten Zwischenmittel herbei führen.

und mit der allmählichen Erhöhung des Schuttkegels die Schale vergraben wird. Das Sohlengefälle beträgt oft bis zu 10% ja 14%. Manchmal kommen hölzerne Schalen zur Anwendung.

Fig. 537.



d. Ablagerungsplätze.

Wo thunlich, wird man, falls die natürlichen Schuttkegel nicht mehr weiter als solche dienen sollen, als Ablagerungsplätze für Sinkstoffe Seebecken auswählen und bis dahin die Schalen führen; oder man richtet minderwertige, aber geeignet belegene Grundstücke, welche mit Dämmen oder Mauern umschlossen werden, zu Ablagerungsplätzen ein.

Fig. 538, 539.

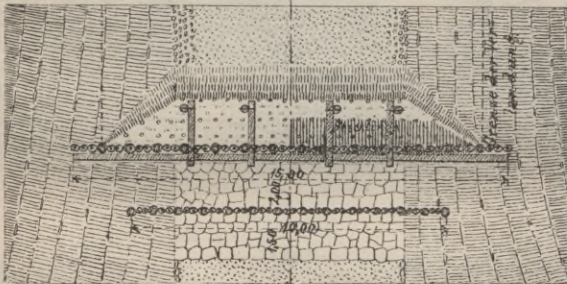
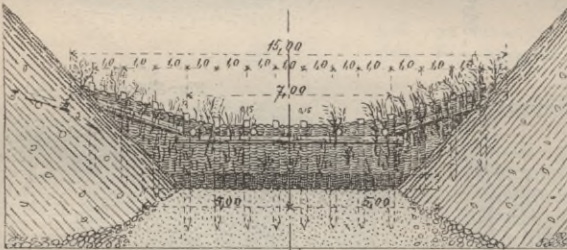
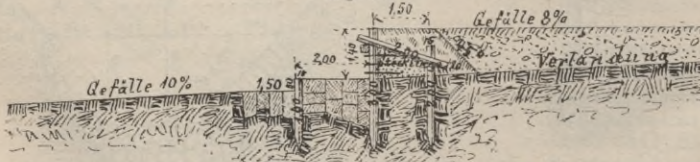


Fig. 540.



Ablagerungsplätze bieten nur in Verbindung mit Verbauungen einen dauernden Schutz.

e. Flechtwerke.

Zu unterscheiden sind Flechtzäune und Faschinzäune. Zur Verbauung kleiner und seichter Runsen werden derartige leichte Bauwerke im allgemeinen in der Art angewendet, dass 1—2 m lange, 6—10 m starke, 0,5—1,0 m entfernt stehende Pfähle so tief eingeschlagen werden, dass sie nur 0,5 m freie Länge behalten. Auf diese Höhe sind sie mit begrünungsfähigem Reisig so einzu-

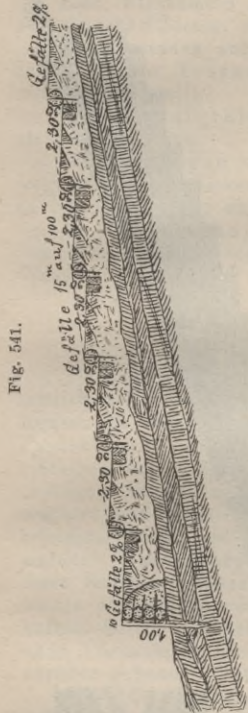


Fig. 541.

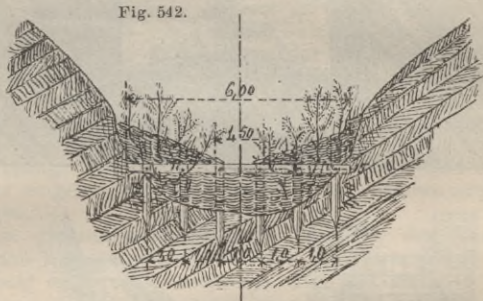


Fig. 542.

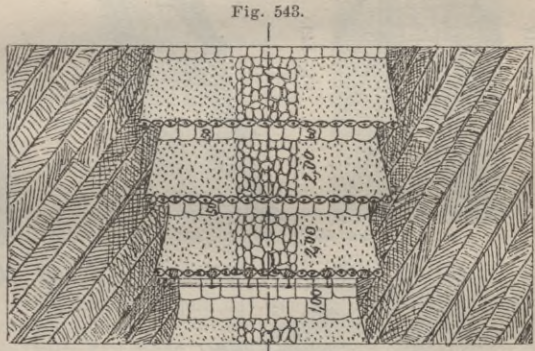


Fig. 543.

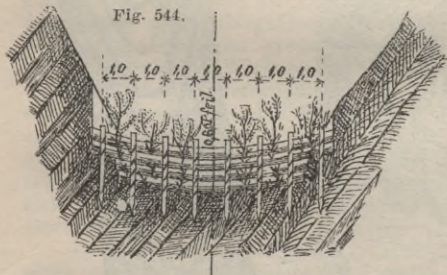


Fig. 544.

flechten oder bergwärts mit Faschinen so zu belegen, dass die Geschiebe zurück gehalten werden. Das einzelne Flechtwerk ist quer über die Runse angelegt; die Flechtwerke haben unter sich je nach dem Gefälle 1—2 m Abstand.

In Frankreich unterscheidet man Flechtzäune und Faschinzäune 1. und 2. Ordnung; die einschlägigen Typen sind durch die Fig. 538—545, dargestellt¹⁾.

Besonders zu erwähnen sind noch die Jenny'schen Flechtzäune, welche quer über die Runsen, aber nach der

Wagrechten, nur mit einer kleinen Einsenkung in der Mitte, angeordnet werden, Fig. 546, 547. Nach erfolgter Ausfüllung der einzelnen Felder werden neue solche Zäune hergestellt; durch solche Anlagen wurden schon Auflagerungen bis zu 10 m bewirkt.

¹⁾ Näheres s. in v. Seckendorff, S. 84—86.

Fig. 545.

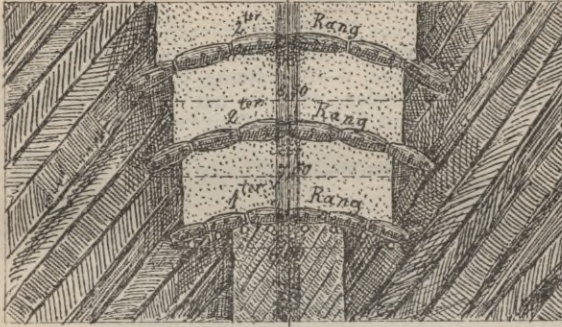


Fig. 548.

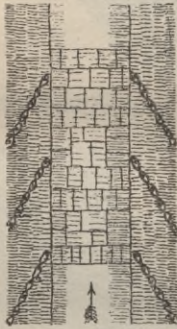


Fig. 549.

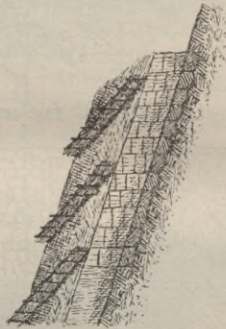


Fig. 550, 551.

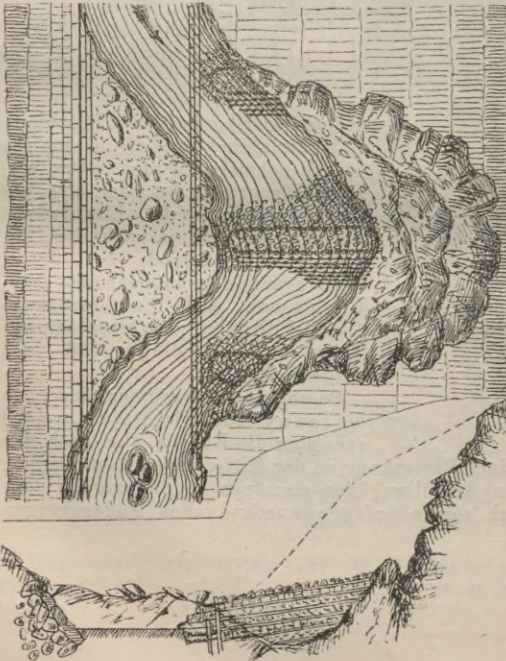


Fig. 546.

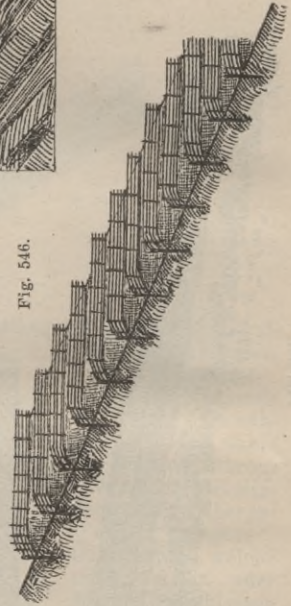
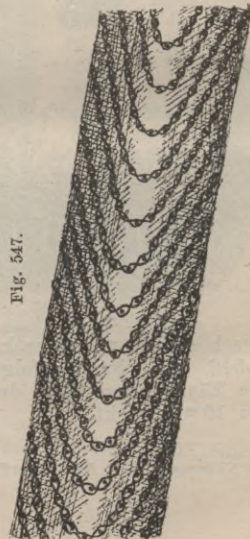


Fig. 547.



Selbstverständlich muss am untern Ende einer solchen Verbauung ein sicherer Abschluss natürlich oder durch eine solide Thalsperre geboten sein. Nach genügender Auffüllung kann die Sohle dauernd durch eine Pflasterung geschützt werden. Zur Sicherung der Seitenwände und zur regelmässigen Ableitung der Geschiebe innerhalb des neu gebildeten Gerinnes werden Flechtzäune der in Fig. 548, 549 dargestellten Anordnung hergestellt.

Eine wirksamere Abhilfe als Flechtzäune können in vielen Fällen Verpfählungen bieten, welche insbesondere von Schindler empfohlen werden¹⁾.

Selten werden zur Verhinderung von Rutschungen der seitlichen Gehänge der Wildbäche Terrassirungen unter Anwendung von Mauern oder Flechtzäunen hergestellt.

Horizontalgräben sind im hügeligen Gelände von grösserer Bedeutung als im gebirgigen.

Drainirungen der Gehänge sind dann von Nutzen, wenn Boden-Bewegungen durch Sickerwasser eingeleitet werden; Sickerwasser sind wo möglich an ihrem Ursprung abzufangen.

Bach-Verlegungen im grossen bezwecken die Trennung des Wassers von dem Rutschgelände, Bach-Verlegungen im kleinen die Beseitigung des Wasserangriffs gegen ungünstig belegene Uferstrecken, Fig. 550, 551.

f. Ableitungs-Gerinne.

Je mehr es gelingt, durch Anlage von Thalsperren in den Schluchten die seitlichen Gehänge vor Abrutschungen zu sichern und durch Verbauungen der Rensen in den Aufnahme-Gebieten die Abschwemmungen der Verwitterungs-Produkte zu verhindern, um so günstiger wird sich der Erfolg der oft kostspieligen und mühevollen Arbeiten heraus stellen. Es wird sodann bei sonst richtigem Vorgehen die Emporbringung eines schützenden Wald- und Graswuchses, auf welche ganz besonders hinzuwirken ist, ermöglicht oder wesentlich erleichtert sein und das Auftreten von Murgängen gänzlich hintan gehalten werden. Ohne genügende Zurückhaltung der Verwitterungs-Produkte am Orte ihres Entstehens werden die Wasserläufe nach Austritt aus den Schluchten und weiter abwärts entweder verwildern oder nur mit grossen Kosten und mangelhaftem Erfolg geregelt werden können. Die Anlage von Ablagerungs-Plätzen ohne Verbauungen des oberhalb gelegenen Gebiets, kann im allgemeinen nur vorüber gehenden Nutzen gewähren.

Sind die Verbauungen der Schluchten und Rensen im wesentlichen durchgeführt, so lassen sich die Ableitungs-Gerinne auf den Schuttkegeln und zwischen diesen und den Gebirgsflüssen einfacher und billiger regeln. Ist nämlich die Zuführung vieler und grober Geschiebe beseitigt, so tritt in diesen Gerinnen eine auswaschende Wirkung des Wassers ein.

Durch Sohlen-Befestigungen (kleine Thalsperren), welche je nach der, geeignet zu unterstützenden Entwicklung des Gerinnes von oben nach abwärts zur Ausführung gelangen, hat man es in der Gewalt, das vorhandene Gesamtgefälle zwischen dem Ausgang der Schlucht und dem Gebirgsfluss auf die einzelnen Strecken zwischen den Grundschwellen geeignet zu vertheilen. Nachdem sich die Gerinne genügend ausgebildet haben, können die Ufer mit leichten Deckwerken und den grösseren der vorhandenen Geschiebe befestigt werden.

Unter neueren Wildbach-Verbauungen in Bayern, welche von dem Verfasser einer eingehenderen Besichtigung unterzogen werden konnten, mag besonders auf jene des Mussbachs bei Burgberg in der Nähe Sonthofens verwiesen werden, über welche in dem Werke Friedrich's: „Die Boden-Meliorationen in Bayern und Hannover“ einige Mittheilungen enthalten sind, sowie auf jene im Warmatsgrund oberhalb Oberstdorf, über welche im Wochenbl. f. Baukunde, 1887, No. 37, 39, 41 berichtet worden ist.

¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1877, S. 63—69.

II. Regulirung der Gebirgsflüsse.

Litteratur:

Beiträge zur Hydrographie des Grossherzogthums Baden. 5. Heft: Der Binnenflussbau im Grossherzogthum Baden. — Korrektion der Donau im Regierungsbezirk Schwaben und Neuburg. — Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. I. u. II. Liefg. — v. Gumpenberg-Pöttmes. Wasserbau an Gebirgsflüssen. — Nosek. Regulirung der Gebirgsflüsse. — Zeitschr. und Wochenschr. des österr. Ing.- u. Archit.-Vereins. — Deutsche Bauzeitg. — Zeitschr. f. Bauw.

a. Allgemeines.

An den Gebirgsflüssen, welche in ihrem oberen Laufe gewöhnlich eine grössere Anzahl von Wildbächen aufnehmen, wiederholen sich, wenn auch in geringerem Grade, die bei den Wildbächen geschilderten Vorgänge. Abschwemmungen aus den Schuttkegeln der letzteren, und Abbrüche der Ufer und Auswaschungen der Gerinne der ersteren gehen Hand in Hand mit zeitweiligen Ablagerungen. Stellenweise wird ein Gebirgsfluss durch die bis an sein Rinnal vorgerückten Schuttkegel stark aufgestaut, sein Bett verkiest und das anliegende Gelände versumpft.

Der Zustand eines Gebirgsflusses hängt demnach ab von jenem der einmündenden Wildbäche, von der Menge und Grösse der zugeführten Geschiebe, vom Gefälle, von der im allgemeinen stark wechselnden Wassermenge und von der Form und dem Material des Flussbettes.

Es handelt sich bei den Regulirungen in erster Linie um eine möglichst gleichmässige und unschädliche Abführung der Sinkstoffe, sodann aber noch um Ausnutzung der Wasserkräfte, um Bodenmeliorationen durch Ent- und Bewässerungen, in einzelnen Fällen um Ermöglichung und Erleichterung der Flossfahrt, aber fast nie um eigentliche Schifffahrt. Der erstgenannte Zweck ist durch bessere Zurückhaltung der Sinkstoffe, also durch Wildbach-Verbauungen und durch Korrektion des Gebirgsflusses selbst, wozu in der Regel nur Parallelbauten (Deck- und Leitwerke) verwendet werden, zu erreichen. Durch dieselben soll ein regelmässiges Rinnal geschaffen werden, was meist nur durch Anlage zahlreicher Durchstiche ermöglicht werden kann. Eine Entlastung von überschüssigen Geschieben, und somit eine erleichterte Durchführung der Regulirung der unterhalb folgenden Flusstrecke kann in manchen Fällen dadurch erreicht werden, dass man — wie bei der Linth- und Aare-Korrektion — die obere Flusstrecke in einen See einmünden lässt und an geeigneter Stelle einen Ausmündungs-Kanal schafft, in welchem das von Geschieben freie Wasser dem ursprünglichen Laufe unten wieder zugeführt wird.

Auf die anderen Zwecke, nämlich die Wasserbenutzung, ist bei der Planverfassung für die Korrektion möglichst Bedacht zu nehmen.

Da höhere und feste Ufer an Gebirgsflüssen gewöhnlich fehlen, können nach Bestimmung der für Mittelwasser zu berechnenden Normalbreite die aus Geraden und Kreisbogen (Halbm. nicht leicht kleiner als 600 m; lange, gerade Strecken sind im allgemeinen nicht vortheilhaft) zusammen gesetzten Normal- oder Korrektionslinien innerhalb der von der Natur gesteckten, meist ziemlich weiten Grenzen so festgestellt werden, dass die Durchführung der Regulirung nicht zu schwierig und kostspielig wird und die Haupt- und Nebenzwecke dabei erreicht werden. Die Normalbreite wird in der Regel nur da, wo neue Zuflüsse von Belang hinzu treten, geändert. Sollen Sinkstoff-Ablagerungen in einer — z. B. von hohen Ufern eingefassten — Flusstrecke erzielt, und bezw. solche Ablagerungen in einer nachfolgenden Strecke vermieden werden, so kann dies unter Umständen durch die Vergrösserung der Normalbreite in der oberen Strecke und bezw. durch die Verminderung des sogen. hydraul. Radius r erreicht werden. Kommt das Geschiebe bei der Geschwindigkeit v in der unteren Strecke, mit dem Gefälle φ und der mittleren hydraulischen Tiefe r , zur Ablagerung, so ist der Gleichung: $v = \kappa \sqrt{r \varphi}$ jener Werth r zu entnehmen, welcher in der oberen Strecke Verwendung zu finden hat. Das in letzterer abgelagerte Material wird allmählich durch das darüber sich hinwälzende Geschiebe so verkleinert, dass es nunmehr unschädlich abgeführt wird.

Die Regulirung hat im grossen ganzen von oben nach unten zu geschehen

und es ist zunächst die regelmässige Ausbildung eines Flusschlauchs für Niedrig- und Mittelwasser anzustreben. Hierbei ist die Verlandung alter Rinnen — sogen. Altwasser — und die Aufschwemmung des Thalgrundes möglichst zu fördern. Eine Eindeichung der Gebirgsflüsse, deren Bedeutung meist wegen starker Durchlässigkeit des Untergrundes ohnedem sehr herabgemindert wird, ist nur selten und auch dann nur streckenweise nothwendig und sollte jedenfalls erst nach erfolgter Verlandung aller Rinnen und genügender Erhöhung des Geländes vorgenommen werden. Ist dies überhaupt nicht erreichbar, so ist wenigstens auf eine thunlichst zweckmässige Einleitung der Binnengewässer Bedacht zu nehmen.

b. Bauliche Ausführung.

Die Korrektionsbauten, welche je nach den örtlichen Verhältnissen und den verfügbaren Mitteln aus genügend grossen, frostbeständigen Bruchsteinen und Faschnat (Packfaschnen) oder aus Senkfaschnen (Sinkwalzen) bestehen können, welche nicht selten aber auch durch eine geeignete gemeinsame Verwendung dieser Bestandtheile, durch eine solche mit anderen (z. B. Kies) gebildet werden, sollen genügenden Widerstand gegen stattfindende Angriffe bieten; sie sollen sich jedoch im ganzen oder in einzelnen Theilen den an ihren Böschungsfüssen vorkommenden Vertiefungen (Ausolkungen) ohne Gefährdung der ganzen Bauanlage gut anschmiegen können, um Unterspülungen und Durchbrüche hinten zu halten. Hierbei wird der Bau — Deckwerk oder Leitwerk — zweckmässig aus einem festen, in sich zusammen hängenden Theile, dem sogen. Hinterbau, und aus einer Vorlage aus Senkfaschnen oder Steinen hergestellt. Es empfiehlt sich, die Senkfaschnen bei solchen Bauten, gleichviel ob Kies- oder Stein-Senkfaschnen, in der Stärke von 0,9 m bis 1 m und als sogen. unendliche Senkfaschnen zu verwenden¹⁾. Diese walzenförmigen, im Abstände von 0,2–0,3 m mit 3 mm starkem Draht fest abgebandenen Körper haben ein verhältnissmässig grosses Gewicht; sie können leicht und mit geringem Aufwande an Gerüstmaterial in beliebiger Länge bei gleichmässigem Zusammenhange hergestellt werden und bieten somit, wenn ihr oberes Ende geschützt liegt, dem strömenden Wasser keine Angriffsstellen, durch welche ein Drehen der Senkfaschine gegen die Flussmitte hin herbei geführt werden könnte.

Fig. 552.

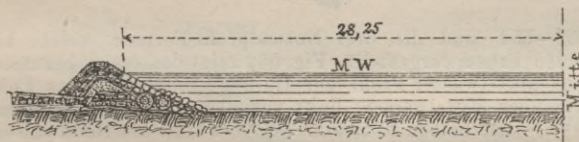
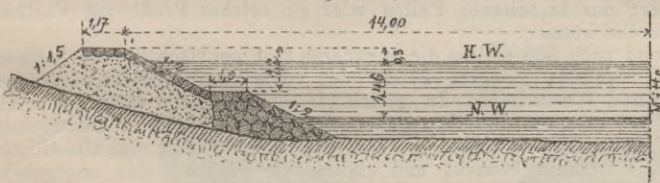


Fig. 553.



Die Erfahrung hat gelehrt, dass Packfaschnenbauten auf der dem strömenden Wasser zugewendeten Seite einer Befestigung durch Bruchsteine, bzw. durch Stein-Senkfaschnen bedürfen, wenn sie ohne zu grosse Kosten auf die Dauer erhalten werden sollen. Die Befestigung soll nicht zu frühzeitig, noch viel weniger

¹⁾ Ueber Anfertigung unendlicher Senkfaschnen s. v. Gumpenberg-Pöttmes Wasserbau an Gebirgsflüssen.

Nach eingetretener Verlandung alter Rinnsale wirkt das Leitwerk ebenso wie das Uferdeckwerk. Die Verlandung kann durch die bauliche Anlage — rechtzeitige Verlängerung begonnener Bauten, Herstellung von Verlandungs-Traversen und nach theilweise eingetretener Verlandung durch Pflanzungen — sehr gefördert werden. Hierbei wird auch während höherer Wasserstände, bei welchen das Wasser über die Leitwerke strömt, das an der Sohle des Flusses bewegte Geschiebe-Material an einzelnen Stellen dadurch über die Leitwerke mittels der Strömung hinüber geschafft, dass sich vor dem Bau vorübergehend Kiesrampen anlagern, auf welchen der Transport — oft massenweise — sich vollzieht. Verlandungen dieser Art können somit nur da auftreten, wo die Strömung über dem Bau noch stark genug ist zur Hinüberschaffung des Materials, aber hinter dem Bau nicht mehr so stark, dass das zugeführte Material wieder in den Flussschlauch zurück befördert werden könnte. Schlick und Schlamm gelangen im Schwebestate bei höherem Wasser hinter die Bauten und kommen dort, wo die Geschwindigkeit des Wassers genügend gering ist, zur Ablagerung.

Fig. 554.

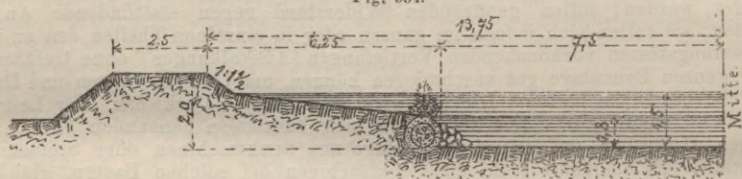
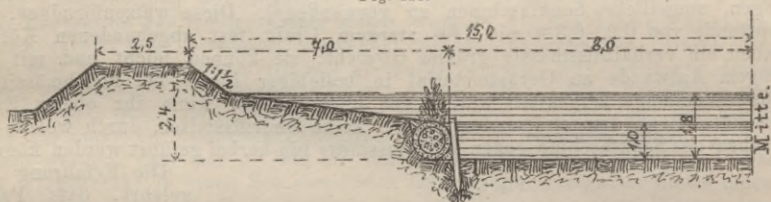


Fig. 555.



Durch die Fig. 552—554 sind die drei Normalprofil-Formen, welche bis jetzt Anwendung gefunden haben, dargestellt. Fig. 552 zeigt das meist benutzte, einheitliche Niedrig- und Mittelwasser-Profil zur Hälfte. Die Krone des Leitwerkes reicht nur wenig über Mittelwasser; links von dem Leitwerke in einem Abstände von etwa 30 m — der halben Normalbreite — würde der Hochwasserdamm anzuordnen sein, sofern eine Eindeichung beabsichtigt ist.

Fig. 553 zeigt die Hälfte eines einheitlichen Profils für Niedrig-, Mittel- und Hochwasser; nur in seltenen Fällen wird ein solches Profil mit Vortheil angewendet werden können.

Fig. 554 und auch 555 stellen die in neuerer Zeit mehrfach (in der Schweiz und in Bayern) zugrunde gelegten Profile dar. Die Parallelbauten liegen auf Niedrig- und Mittel-Wasserhöhe. In gleich bleibenden, nicht zu grossen Abständen (30—40 m) erhalten dieselben gegen den Hochwasserdamm ansteigende, nach Art inklinanter Bühnen angelegte Traversen, durch welche eine allmähliche Aufhöhung des Vorlandes bewirkt und schliesslich durchaus das angegebene Normalprofil erreicht werden soll. Es ist hierbei das Parallelbauten- und Bühnensystem in eigenartiger Weise verbunden. — Auf eine Abwässerung im Binnenlande ist Bedacht zu nehmen, um Kuver-Wasser und die Binnengewässer überhaupt rechtzeitig ableiten zu können. —

In Fig. 556 ist der Lageplan einer etwa 2000 m langen Strecke eines Gebirgsflusses — des Lech —, wie sie sich vor Inangriffnahme der Korrektur vorfand, mit eingetragenen Korrektionslinien — Normalprofil nach Fig. 552 —, und in Fig. 557 dieselbe Flussstrecke, beiläufig 11½ Jahre nach

Fig. 556.



Fig. 557.

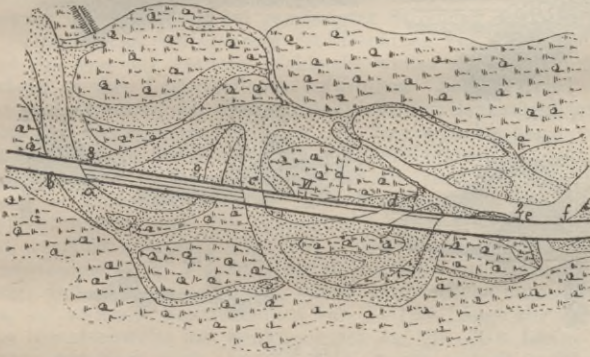


Fig. 558.

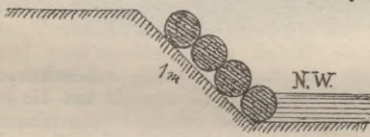


Fig. 560.

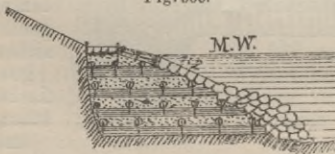


Fig. 562.

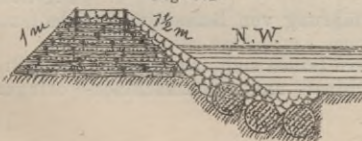


Fig. 559.

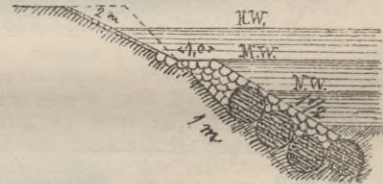
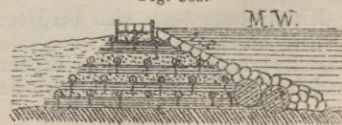


Fig. 561.



Fig. 563.



Durchführung der Korrektur und mit eingezeichneten Korrektions-Bauten dargestellt. Es ist hieraus die Raschheit der Umbildung zu entnehmen und besonders auch zu ersehen, wie schnell sich Verlandungen von Altwassern vollziehen. Die zwischen *a* und *c*, sowie *c* und *d* angedeuteten Durchstich-Gräben erhielten etwa $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ der Normalbreite. —

Ausserordentlich mannichfaltig sind die in verschiedenen Bezirken zur Anwendung kommenden Konstruktions - Profile der Deck- und Leitwerke. Die wesentlicheren derselben, mit Ausschluss der, wegen ihrer Einfachheit nicht näher darzustellenden Steinbauten, sind in den Fig. 558—571 angegeben.

Die Fig. 558, 559 sind Querschnitte von

Uferdeckwerken aus Senkfaschinen mit später folgender Steinbefestigung. Es ist zweckmässig, solche Deckwerke bei höheren und mehr widerstandsfähigen Ufern zu verwenden; die letzteren sind zunächst im Verhältniss 1:1 abzu-

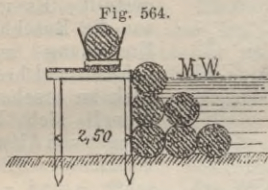


Fig. 566.

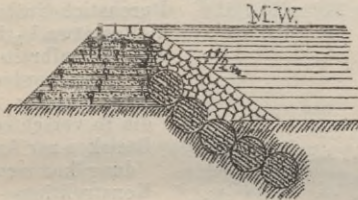


Fig. 567.

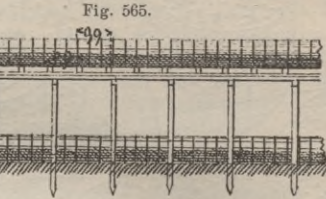
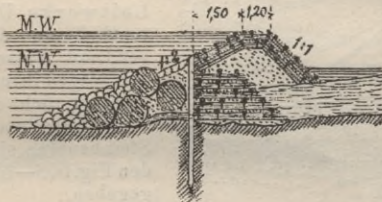


Fig. 568.

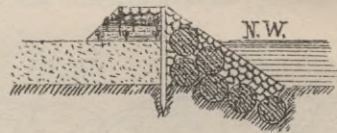


Fig. 571.

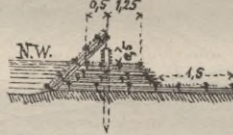


Fig. 572.



Fig. 573.

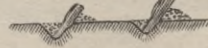
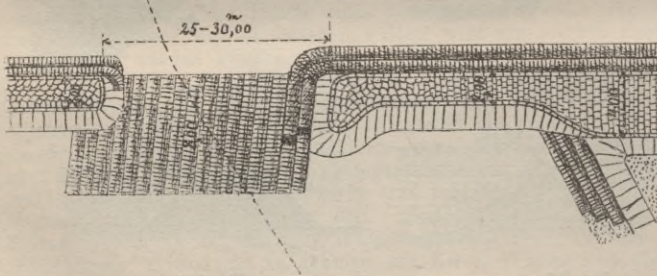


Fig. 570.



Fig. 569.



böschten, damit die Senkfaschinen eine steilere Lage erhalten und vorkommenden Vertiefungen um so sicherer folgen. Die flachere Böschung 1:1 $\frac{1}{2}$ unter M.-Wasser und 1:2-Böschung

über Mittelwasser lässt sich bei Durchführung von Befestigungs-Arbeiten leicht und billig herstellen.

Deckwerke an niedrigeren Bruchufeln lassen sich zweckmässig nach Fig. 560 behandeln. Die Leitwerke aus Faschinat und Senkfaschinen-Vorlagen bei

mässiger Flusstiefe, aber beträchtlicher Strömung können mit Vortheil nach Fig. 561 und bezw. nach Fig. 562 oder auch nach Fig. 563 angeordnet werden.

Die Verlängerungen solcher Leitwerke bei grösseren Bautiefen lassen sich häufig dadurch billiger ausführen, dass zunächst die Senkfaschinen-Vorlage von einem Gerüst aus hergestellt wird und erst wenn eine Verlandung hinter dieser stattgefunden hat, der Packfaschinenbau zur Ergänzung des Baukörpers hinzu tritt, Fig. 564, 565, 568.

Manchmal ist es nützlich, den Hinterbau zwar sofort an die Senkfaschinen-Vorlage anzuschliessen, den Bau aber zunächst nur auf Niedrigwasser-Höhe anzulegen und erst wenn eine Verlandung hinter dem Bau eingetreten, letzterem seine normale Höhe zu geben, Fig. 567.

Bei leichteren Zuschluss- und Eindeckungsbauten, wie sie oberhalb eines eröffneten Durchstich-Grabens, wenn die Korrekionslinie den Stromstrich unter sehr spitzem Winkel schneidet und die Wassertiefen nicht zu beträchtlich sind, häufig ausgeführt werden müssen, wird zweckmässig in der Art verfahren, wie in Fig. 557 bei *a* angedeutet ist: dass eine an der Wurzel gut ins Land eingebaute Schöpfbühne von *a* aus aufwärts bis in die Nähe des Stromstrichs gebaut und nunmehr die Verlängerung des Baues weiter aufwärts, unter Benutzung des Gerüsts Fig. 564, 565, mit Senkfaschinen rasch durchgeführt und unmittelbar darnach der Hinterbau bei gemässigter Strömung nachgezogen wird, Fig. 566.

Ueberall da, wo mehrere Senkfaschinen vor das Gerüst zu liegen kommen, sind die von der vordern Pfahlreihe weiter abstehenden unter Benutzung von Hebeln an ihre Lagerstelle zu verbringen. Solche Hebel werden aber schon vor dem Abwalzen der Senkfaschinen von den Senkstückbauten in den Zwischenraum der letzteren eingeschoben, so dass sich bei sonst geeignetem Vorgehen die Verbringung der Senkfaschinen äusserst einfach und mühelos vollziehen lässt.

Bei Hauptzuschlussbauten oberhalb von Durchstichen, wenn also bei grösserer Tiefe und Strömung des Wassers und bei grösserem Winkel der Korrekionslinie und des Stromstrichs eine Koupirung hergestellt werden soll, verfährt man nach Fig. 569 u. 570 zweckmässig in der Art, dass man eine Schöpfbühne an *a*, Fig. 557, bis in die Nähe des Stromstrichs und vom Kopfe dieser Bühne an aufwärts von einem entsprechend eingerüsteten grossen Schiffe aus, auf welchem Senkfaschinen von 8–12^m Länge abgebunden werden können, eine Grundschwelle aus Senkfaschinen auf 25–30^m Länge herstellen lässt und sodann von oben nach abwärts ein Leitwerk so weit ausführt, dass die Schwelle gut gefasst, und somit auch die Sohle des Flusses durchgehends überdeckt und deshalb vor Austiefungen geschützt ist. Die Senkfaschinen sollen sich dicht an einander schliessen, was bei guter Einstellung des Schiffes nach vorheriger genauer Tiefen-Ermittelung unschwer erreicht werden kann. Kies- und Faschinen-Material wird in das grosse Schiff — es können auch zwei Schiffe zu dem gleichen Zwecke gekuppelt und die Senkfaschinen zwischen ihnen versenkt werden — auf kleinen Fahrzeugen oder auf Stegen nach Bedarf beigebracht.

Reicht eine einfache Schwelle nicht aus, so lässt sich durch das gleiche Vorgehen dieselbe verdoppeln, wobei die zweite Senkfaschinenlage etwas weiter aufwärts als die erste einzubringen ist. Zum Zwecke der vollständigeren Verlandung des Altwassers lässt man in manchen Fällen die Schwelle unüberbaut; gerade dieser Fall ist in den Fig. 569 und 570 dargestellt.

In den Fig. 571 u. 572 sind zwei Verlandungs-Traversen von verschiedener Zusammensetzung angegeben; Fig. 573 zeigt eine zweckmässige Art von Pflanzungen mit begrünungsfähigen Weidenreisern. Wie schon oben angedeutet, ist der Werth rascher und vollständiger Verlandungen sehr hoch anzuschlagen. Traversen und Pflanzungen am richtigen Platze sind wesentliche Hilfsmittel zur Herbeiführung derselben. —

Seit einigen Jahren sind im Bezirke des Bauamtes Landshut in Bayern an der Isar sogen. Faschinen-Gehänge zur leichteren und billigeren Herstellung von Parallelbauten mit Vortheil angewendet worden. Ueber diese Bauweise, welche in ihrer dermaligen systematischen Behandlung jedenfalls als neu zu bezeichnen ist, liegen verschiedene Mittheilungen vor, darunter in der Zeitschr. für Bauwesen 1886 und in der Deutschen Bauzeitung 1888. Es ist

nicht zu bezweifeln, dass unter ähnlichen Verhältnissen wie an der Isar diese Bauweise gleiche günstige Erfolge erzielen lassen wird; eine allgemeine Verwendbarkeit wird ihr jedoch nicht zugemessen werden können. Entsprechende Vortheile sind nur dann zu gewärtigen, wenn in einem Flusse zeitweise starke Geschiebe-Bewegungen auftreten, besonders wenn diese bei zeitweilig wiederkehrenden Sommer-Hochwässern in sicherer Aussicht stehen, so dass nach Erzielung von Verlandungen eine Verstärkung der Bauten vor Eintritt des Winters mit Nutzen vorgenommen werden kann, wenn ferner der Eisgang nicht bedeutend ist oder das Treiben sonstiger Gegenstände im Flusse nicht zu befürchten ist und wenn die Schifffahrt nicht gefährdet oder gefährlich wird.

Da diese Bauweise seither nur eine beschränkte Anwendung gefunden hat, so wird hier von einer näheren Beschreibung und Darstellung derselben unter Hinweis auf die angegebenen Veröffentlichungen Abstand genommen; ausdrücklich sei aber angefügt, dass dieselbe den bei Flussbauten zu stellenden Anforderungen gut entspricht, nach welchen der Fluss mit geringen Mitteln veranlasst werden soll, die hauptsächlichste Umbildung des zu regelnden Rinnals selbst zu besorgen.

L. Ent- und Bewässerung von Ländereien (Meliorationen).

Bearbeitet von W. Frauenholz, vorm. Professor an der technischen Hochschule zu München.

I. Entwässerung von Ländereien.

Litteratur:

Dannemann. Die Melioration des Warthe-Bruchs. — *Exc. Min. of Proceed. of the Instil. of Civ.-Engin.* — Instruktion der Kgl. General-Kommission für Schlesien zur Entwerfung und Ausführung von Drainplänen. — *Journal für Landwirthschaft.* — Leclerc. Handbuch der Drainage. — Dr. Löbe. Die Urbarmachungen und Verbesserungen des Bodens. — Markus. Das landwirthschaftl. Meliorationswesen Italiens. — Dr. Perels. Handb. d. landwirthschaftl. Wasserbaues. — *Rapports sur les opérations de drainage entreprises en Belgique.* — Thaer. Rationelle Landwirthschaft. — *Transact. of the Americ. Society of Civ.-Engin.* — Vincent. Drainage. — *Zeitschr. für Bauk.* — *Zeitschr. für Bauw.* — *Zeitschr. des hann. Archit.- u. Ingen.-Ver.* — *Deutsche Bauzeitung.*

a. Allgemeines.

Die verschiedenen, häufig vortheilhaft in einander greifenden Zwecke der Entwässerungen sind: Gewinnung kulturfähigen Bodens durch richtig bemessene Ableitungen des Wassers aus Sümpfen und Brüchen oder auch aus Poldern und Seen; Erhöhung der Ertragsfähigkeit des Bodens durch rechtzeitige Entziehung des überschüssigen und schädlich wirkenden Wassers; Verbesserung der gesundheitlichen Verhältnisse der Anwohner durch Beseitigung der aus versumpften Ländereien entstehenden Ausdünstungen; erleichterte Gewinnung von Naturprodukten; Vergrößerung der Tragfähigkeit des Bodens zur Herstellung von Bauwerken (wie Strassen- und Eisenbahndämmen); Erlangung gesunder und trockener Wohnungen.

Hier sollen die den landwirthschaftlichen Zwecken zunächst dienenden Anlagen behandelt werden. Hinsichtlich der Bedeutung und des Nutzens derselben mag nur daran erinnert werden, dass durch sie oft mit mässigem Aufwande ausgedehnte, früher geringwerthige Ländereien in fruchtbare umgeschaffen wurden, deren Erträgnisse sich jetzt jenen der besten Grundstücke der Gegend gleich stellen, wie dies z. B. nach beendeter Melioration des Oderbruches der Fall ist; ferner, dass grosse, in Folge zu starker Durchfeuchtung weniger er-

tragsfähige Güter durch richtig angelegte Drainagen so verbessert wurden, dass sich der gemachte Aufwand durchschnittlich mit 30% verzinst.

Diese bedeutende Vermehrung des Bodenertrags wird dadurch erzielt, dass in dem von stauender Nässe befreiten Boden die atmosphärische Luft, deren Sauerstoff-, Kohlensäure- und Ammoniakgehalt wesentliche Faktoren für die Zubereitung der Pflanzennährstoffe sind, reichlicher eintritt; dass die Erwärmung des trockenen Bodens eine raschere ist als die des nassen Bodens, da das Wasser als schlechter Wärmeleiter die Wärme nur langsam aufnimmt und abgibt und da in Folge der Verdunstung und Boden-Feuchtigkeit eine beträchtliche Temperatur-Erniedrigung letzterer stattfindet und zudem, wegen der durch Ausstrahlung abgegebenen Wärme das abgekühlte und spezif. schwerere Wasser das untere wärmere Wasser nach oben verdrängt und somit eine tiefer gehende Abkühlung des Bodens veranlasst wird — daher nasse Böden gleichbedeutend mit kalten Böden sind —; dass weiter, unter sonst gleichen Verhältnissen, das Regenwasser dem trockenen Boden in grösserer Menge zugeführt; dass die Bestellung der Grundstücke erleichtert, die Entwicklung der Kulturpflanzen beschleunigt, die der Unkräuter aber hinten gehalten wird. Die Besorgnisse, dass dem drainirten Boden durch Auslaugen viel Nährstoffe entzogen werden, sind in der Regel nicht gerechtfertigt, da gerade die wichtigsten derselben, Kali, Ammoniak, Phosphorsäure und Kieselsäure, von den meisten Bodenarten, besonders den mit Eisenoxyd und Kalksalzen untermengten, thonhaltigen Böden, theils chemisch, theils mechanisch zurück gehalten werden.

b. Vorarbeiten zur Planverfassung.

Zum Entwurfe und der Ausführung zweckmässiger Entwässerungs-Anlagen sind im allgem. sorgfältige und umfassende Vorerhebungen und Messungen nöthig, welche sich zu erstrecken haben auf:

1. Feststellung der Ursachen der Versumpfung oder der zu starken Durchfeuchtung;
2. die geometrische Aufnahme der zu entwässernden Fläche (Horizontalprojektion, Längen- und Querprofile, Horizontalkurven);
3. die hydrographische Untersuchung der nächst gelegenen Wasserläufe und:
4. die geognostischen Verhältnisse des zu entwässernden Geländes.

Zu 1. Die Ursachen schädlicher Wasser-Ansammlungen, wie sie hier in Frage stehen, können auf zu bedeutende Niederschläge allein nicht zurückgeführt werden; sie wurzeln sogar vorwiegend in rein örtlichen Einwirkungen, hervor gerufen durch ungünstige Bodengestalt und Boden-Beschaffenheit (z. B. muldenförmige, Wasser zurück haltende Gestaltung), oder in Verwahrlosung von Flussläufen oder ungünstigen Einmündungen von Flüssen und vielfach in fehlerhaften Bauten in und an den Flüssen (festen Wehren, willkürlichen oder mangelhaften Korrekektionsbauten und Deichanlagen). Nach der jeweiligen Ursache hat sich das Mittel zur Abhilfe zu richten.

Zu 2 und 3. Die geometrische Aufnahme der zu entwässernden Fläche und die hydrographische Untersuchung der nächst gelegenen Gewässer hat im allgem. ganz den im Bd. I der Hilfswissenschaften unter „Hydrometrische Arbeiten“ hierüber gegebenen Anhaltspunkten entsprechend zu erfolgen. Je nach Umständen treten nur kleine Abweichungen, z. B. in der Wahl der Maassstäbe und in der Art der Aufnahmen ein.

Die Lagepläne für Drainagen werden vorzugsweise im Maassst. 1:1000 oder 1:2500 aufgetragen. Der Abstand der Horizontal-Kurven wird bei diesen Plänen zwischen 0,8—1,5^m genommen¹⁾; ausgedehnte Tiefenmessungen in Seen können bei genügend fester Eisdecke vorgenommen werden. Zu den hydro-

¹⁾ Bezüglich der Aufstellung von Drainplänen ist insbesondere auf die „Instruktion der kgl. General-Kommission für Schlesien zur Entwerfung und Ausführung von Drainplänen“, Berlin 1884, hinzuweisen. Hiernach sind die folgenden Anforderungen zu erfüllen: die Drainpläne sollen die der Drainirung zu unterwerfenden Grundstücke, nebst deren nähere Umgebung, bis zu den Vorfluthpunkten hin, genau nachweisen und die Grenzen der Grundstücke und deren Benutzungsweise ersehen lassen. Zur Orientierung ist die Mittagslinie einzutragen und die Lage im Kartennetze der Landes-Vermessungen kenntlich zu machen.

graph. Untersuchungen sind meteorologische, bezw. Regen-Beobachtungen hinzu zu fügen, (s. Hilfswissenschaften I, S. 1129), sowie die Resultate früherer Beobachtungen über Niederschläge geeignet zu verwerthen.

Die einzelnen Abwässerungs-Anstalten sind gewöhnlich nach der relativ grössten abzuführenden Wassermenge und den relativ ungünstigsten Umständen zu bemessen.

Abzuführen ist bei offenen Gräben eine Wassermenge, welche sich aus dem nicht versickerten und verdunsteten atmosphärischen Niederschlage des Entwässerungs-Gebiets und aus dem von aussen zugeführten Fluss- und Quellwasser zusammen setzt.

Um den von den atmosph. Niederschlägen unmittelbar herrührenden Antheil dieser Wassermenge richtig fest zu stellen, sind die grössten täglichen und monatlichen Regenhöhen gewöhnlich viel wichtiger, als die jährlichen Regenhöhen. Wo letztere den Ausschlag geben, ist zu beachten, dass gute Mittelwerthe erst aus vieljährigen Beobachtungen abgeleitet werden können¹⁾ und dass auch bei nahe gelegenen Orten die Regenhöhe oft um das Dreifache variiert, (so hat z. B. Hildesheim eine Regenhöhe von rd. 52 cm, das nur 45 km entfernte Clausthal eine solche von 145,4 cm in 1 Jahr)²⁾.

Für das Gesamt-Gebiet Deutschlands wird als mittlere jährliche Regenhöhe 710 mm angegeben, für das Rhein-Gebiet bis Koblenz 932 mm, für das Weser-Gebiet bis Minden 750 mm, das der Elbe bis Barby 680 mm, der Oder bis Steinau 610 mm und das der Warthe bis zur Einmündung in die Oder 550 mm³⁾. Von besonderer Wichtigkeit für die deutsche Landes-Kultur ist es, dass wir ein Sommerregen-Maximum haben; es trifft durchschnittlich auf die Monate Juni, Juli, August mehr als der dritte Theil des Jahres-Niederschlages, wie auch aus nachstehender kurzer Zusammenstellung hervor geht⁴⁾.

Station	Prozentsatz d. jährl. Regenmenge				Mittlere jährl. Regenhöhe in mm
	Winter	Frühlg.	Sommer	Herbst	
Koblenz	16,1 %	24,0 %	35,0 %	24,9 %	565,8
Strassburg	16,0	23,6	34,1	26,3	693
Mannheim	18,3	23,7	32,6	25,4	568,5
Stuttgart	20,1	19,8	33,5	26,6	641,6
Ulm	21,3	15,5	36,6	22,6	679,5
Göttingen	18,4	18,1	35,9	27,6	674
Erfurt	15,5	21,7	41,0	21,8	341,1
Tegernsee	16,4	18,5	44,7	20,4	1185,7
Regensburg	19,3	17,7	40,1	22,9	571,2
Dresden	17,5	23,1	38,0	21,4	571

Als grösste tägliche Regenhöhe dürfte in Deutschland eine solche von 100 mm angesehen werden; tägl. Regenhöhen von 50 mm kommen bald da, bald dort ziemlich oft vor.⁵⁾

Zur Beurtheilung der mit der Grösse, der Neigung, Durchlässigkeit und

Neue Vorfluth-Gräben sind mit Karmin roth auszuzeichnen, hellblau auszutuschen und mit grossen lateinischen Buchstaben zu bezeichnen.

Mit blauer Farbe sind anzugeben: die Saugdrains durch schwächere, die Sammeldrains durch stärkere, die Doppeldrains durch doppelte, scharf ausgezogene Linien; die Uebergangspunkte aus einer in die andere Röhrenweite mit Kreuzchen; die Röhrenweite der stärkeren als 4 cm starken Röhren; die Richtung des Wasserlaufs durch Pfeile; die Entfernungen der Saugdrains.

Mit rother Farbe sind anzugeben: die Gefälle der Sammel-Drainsohlen und die Tiefe der letzteren unter Gelände an jedem Brechhöhenpunkte; die Kote der Drainausmündung in den Vorfluthgräben; die Senk- und Sammelbrunnen durch kleine Quadrate.

Die einzelnen Drain-Systeme sind mit grossen, offenen, lateinischen Buchstaben blau, die Sammeldrains jedes einzelnen Systems nach der Reihenfolge von oben herab mit kleinen lateinischen Buchstaben und die Saugdrains mit fortlaufenden arabischen Ziffern dergestalt blau zu bezeichnen, dass der an der höchsten Stelle des Sammeldrains *a* einmündende Saugdrain No. 1 erhält, und dass dann, der Buchstaben-Bezeichnung der Sammeldrains folgend, mit der Nummerirung so fortgefahren wird, dass schliesslich der an der tiefsten Stelle des Systems liegende Strang mit der letzten Nummer versehen wird.

¹⁾ Um auf einen wahrscheinlichen Fehler von $\pm 5\%$ zurück zu kommen, müssen bei den Jahres-Niederschlägen nach Dr. J. Hann (Sitzungs-Berichte der kais. Akademie der Wissenschaften, Jahrg. 1880, II Abth. S. 45 „Untersuchungen über die Regen-Verhältnisse von Oesterreich-Ungarn“). 5—9 jährige Perioden, bei den monatlichen Niederschlägen 53—68 jährige Perioden benutzt werden können.

²⁾ Ueber einen Fall grosser Verschiedenheit auf noch viel engerem Gebiete vergl. Deutsche Bauzeitg. 1887, S. 106.

³⁾ P. Graeve, Civil-Ingenieur 1879 S. 591 und ff. W. Frauenholz. Das Wasser usw.

⁴⁾ Müller-Ponillet. Lehrbuch der Physik und Meteorologie. — v. Bebbler. Die Regen-Verhältnisse des nördlichen Deutschlands.

⁵⁾ Vergl. übrigens die umfassenden Angaben S. 1138 ff. im Bd. I. der Hilfswissenschaften.

Kultur des Bodens veränderlichen Abfluss-Menge dienen folgende allgemeine Anhaltspunkte:

1. In bergiger Gegend fliessen die Niederschläge rasch und mit wenig Verlust (etwa $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$ für Verdunstung und Aufsaugen durch Pflanzen und Boden) zusammen; die grösste Abfluss-Menge ist nach der grössten tägl. Regenmenge (Regenhöhe im Sommer bei Gewittern 50—70—100 mm am besten aufgrund unmittelbarer Messungen fest zu stellen.

2. In hügeliger Gegend liefert der grösste Niederschlag eines Tages, besonders bei ausgedehnten Gebieten, in welchen die Niederschläge nicht gleich stark eintreten, und ein grosser Theil derselben ($\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$) bei mässiger Neigung des Bodens von den Wäldern und Aeckern im Sommer aufgesaugt, oder durch Verdunstung an die Atmosphäre zurück gegeben wird, unter Umständen keine grössere Abfluss-Menge, als im Frühjahr der geschmolzene Winterschnee von 3—4 Monaten, welcher in 8—14 Tagen aufthaut und nach geringer Verdunstung über den gefrorenen Boden abfliesst¹⁾.

Je grösser das Gebiet, desto geringer ist verhältnissmässig die grösste Abfluss-Menge, die zudem durch Landsege usw. beeinflusst wird.

3. Bei Entwässerungen flacher Gegenden kommt in Betracht, dass der Zusammenfluss nur ein langsamer, die Verdunstung eine bedeutende ist. Meist sind Sammel-Gräben vorhanden; die Wiesen dürfen im Winter oder Frühjahr einige Zeit unter Wasser stehen. Die abzuführende Wassermenge ist gewöhnlich nach der grössten Niederschlags-Menge eines Sommer-Monats, nach Abzug von etwa $\frac{1}{8}$ für Verdunstung, zu bestimmen, und ist dann oft nur etwa $\frac{1}{3}$ so gross als die unter 2, aber nur $\frac{1}{10}$ als die unter 1 angegebene. Zur Abhaltung des Schneewassers von niedrigen Stellen kann event. eine Bedeichung ausgeführt werden.

4. Bei Entwässerung bedeichter Marschen ist die Wassermenge wie unter 3 zu berechnen; das Schneewasser ist auf den Wiesen unschädlich, event. wird es zwischen Kajedeichen mit Klappsiebeln für die betr. Gräben, bei höherem Spiegel als Sommerwasser abgeführt. Es ist jedoch die Ansammlung der Niederschläge während des geschlossenen Sieles zu beachten (s. unter Sielbau), die bei Flüssen zuweilen wochenlang andauert; es sind deshalb breite Sammelgräben — unter Umständen bis $\frac{1}{4}$ und mehr der ganzen Fläche — und Abzugsgräben erforderlich. Meist ist eine Trennung der Entwässerungs-Anlagen für das hohe und niedrige Land vorthellhaft.

5. Bei der künstlichen Entwässerung von Niederungen soll das Land gewöhnlich von Anfang März oder April bis Oktober vom Wasser frei gehalten werden. Die zu beseitigende Wassermenge rührt vom Schnee-, Regen- und Kuver-Wasser her. Hängt die grösste, sekundliche Wassermenge vom Niederschlag eines Tages ab, so ist die vorüber gehende Aufspeicherung des Wassers in den Sammelgräben geeignet zu berücksichtigen.

Unsicherer noch als die Bestimmung der grössten Abflussmengen bei offenen Gräben ist jene der maassgebenden Abflussmengen bei gedeckten Kanälen (Drainagen). Es ist zunächst aufgrund angestellter Untersuchungen zu entscheiden, ob durch sie lediglich das, in den zu drainirenden Grund und Boden im Ueberschusse unmittelbar eingesickerte Tagewasser möglichst rasch abgeleitet werden soll, oder ob auch sog. fremdes Wasser, d. h. aus anderem Gelände zugeführtes Wasser zu beseitigen und bezw. abzuhalten ist. Im ersteren Falle gehen Manche, wie auch Vincent, davon aus, dass die Drainage-Anlage im Stande sein soll, die in 1 Monat fallende Regenmenge in der halben Zeit abzuführen. Die monatliche Regenhöhe wird mit 0,1 m, entsprechend der in manchen Herbst- und Wintermonaten vorkommenden, gesetzt. Hiernach berechnet sich die Höhe der in 1 Tag abzuleitenden Wasserschicht zu 0,00653 m

¹⁾ Im allgem. haben die bisherigen Erfahrungen ergeben, dass es genügt, wenn

a) im hügeligen Terrain eine Menge von 0,0015 cbm

b) „ ebenen „ „ „ „ 0,0011 „

als von 1 ha in 1 Sek. abzuführende Wassermenge angenommen wird.

und die sekundliche Abflussmenge für 1 ha mit 0,000756 cbm. Bei einer derartigen Bestimmung wird aber den örtlichen Verhältnissen nicht genügend Rechnung getragen. Es würde nach dem Vorgange Leclerc's besser von der täglichen Regenhöhe bei intensivem Landregen, von der Durchlässigkeit und Neigung des Bodens und von der thatsächlichen Abflusszeit ausgegangen werden.

Es wäre demnach für mittlere Verhältnisse in Deutschland zu setzen: die tägliche einschlägige Regenmenge mit 20 mm. Hiervon gelangt nach Durchfeuchtung der oberen Schichten i. M. 50 %, also eine Wassermenge von 10 mm Höhe in den Untergrund, aus welchem das Wasser in der 1½fachen Regenzeit durch die Drainage abgeleitet werden soll. Die tägliche Abflusshöhe wird unter diesen, die elementaren Faktoren berücksichtigenden Voraussetzungen 6,6 mm sein; demgemäss ergibt sich die in 1 Sek. aus einem rechteckigen Grundstücke von der Breite b und der Länge l abzuführende Wassermenge:

$$M = \frac{0,0066 \, b \, l}{86400}$$

und die sekundl. Abflussmenge für 1 ha = 0,00076 cbm¹).

Zu 4. Die geognostischen Verhältnisse des betr. Geländes sind mit Rücksicht auf die Kosten der auszuführenden Arbeiten und auf den muthmaasslichen Gewinn der Anlage zu untersuchen; oft sind dieselben maassgebend für einzelne Bestandtheile oder auch für das ganze System der Anlage. Ein besonderes Augenmerk ist bei diesen Untersuchungen auf wasserführende oder absorbirende Schichten zu richten.

Erst wenn aufgrund aller dieser Erhebungen die Nothwendigkeit und Möglichkeit einer Abhilfe im allgemeinen festgestellt, kann auf die Bestimmung der relativ günstigsten Art der Abhilfe näher eingegangen werden. Im grossen Ganzen handelt es sich hierbei entweder um eine Senkung des Wasserspiegels oder um eine Erhöhung des Geländes.

c. Senkung des Wasserspiegels.

Die Senkung des Wasserspiegels in einem Gelände kann erreicht werden durch beschleunigte und bezw. vermehrte Ableitung oder durch verminderte Zuleitung des Wassers, oder durch das Zusammenwirken beider Ursachen. Ausser den hierzu dienlichen, vorzugsweise ausserhalb des Geländes herzustellenden Anlagen sind innerhalb desselben solche nothwendig, durch die das Wasser leichter und rascher gesammelt und beseitigt wird.

Die beschleunigte und vermehrte Ableitung lässt sich durch Beförderung der Vorfluth, die verminderte Zuleitung durch Abhaltung des fremden Wassers, die leichtere und raschere Ansammlung durch Anlage von offenen Gräben oder gedeckten Kanälen, in welche das Wasser an vielen Stellen ohne grösseren Widerstand eintreten kann, erreichen.

Die Beförderung der Vorfluth wird erzielt durch Verbesserung der Abfluss-Verhältnisse unterhalb einer zu entwässernden Fläche, sei dies ein See- oder ein Sumpf- oder ein sonst irgendwie zu stark durchfeuchteter Boden. Man unterscheidet zwischen der sogen. natürlichen und der künstlichen Vorfluth.

Die natürliche Vorfluth lässt sich günstiger gestalten:

1. durch Reinigen und Räumung (event. Ausbaggerung), sowie durch entsprechende Unterhaltung der nächst gelegenen kleineren Wasserläufe, sofern dieselben eine Rückwirkung auf den Wasserstand in dem zu verbessernden Gelände äussern (Zeit der Reinigung Mai oder September);

2. durch Regulirung, insbesondere Gradelegung der Flüsse; hierdurch lassen sich bei sonst geeignetem Vorgehen beträchtliche Senkungen der Flusssohlen und Wasserspiegel im oberen Theile der Strecken herbei führen, wie denn auch fast jede ausgedehnte Flussregulirung eine günstige Wirkung in dieser Richtung ergeben hat;

3. durch Beseitigung von Stauwerken in Flüssen oder durch Umgestaltung

¹) Nach der schlesischen Instruktion wurden für die dortigen Verhältnisse 0,65 Sek.-Liter für 1 ha angesetzt. Vergl. übrigens auch D. Bauzeitg. Jahrg. 1888, S. 556 und Jahrg. 1889, S. 238.

fester Stauanlagen in bewegliche, um durch letztere wenigstens einen zu bedeutenden Aufstau bei Mittel- und Hochwasser zu verhindern;

4. durch Anlage seitlicher Kanäle, deren Einmündung in den Fluss so weit abwärts von der zu entwässernden Fläche angeordnet wird, dass die mit geringerem Gefälle ($\frac{1}{5000}$ bis $\frac{1}{3000}$) angelegte Kanalsohle zunächst dieser Fläche genügend tief zu liegen kommt. Ist die grösste abzuführende Wassermenge M ermittelt, so dienen die beiden Gleichungen:

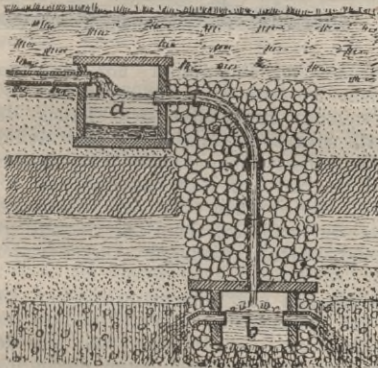
$$M = Fv \text{ und } v = k \sqrt{\frac{Fh}{p l}}$$

zur Bestimmung des Kanal-Querschnitts. Je nach Umständen ist der seitliche Kanal einzudeichen und vor seiner Einmündung in den Fluss mit einer Schleusenanlage zu versehen, um bei höheren Flusswasserständen eine Ueberfluthung von aussen her ausschliessen zu können. An der Kreuzungsstelle des Kanals mit kleineren Wasserzügen sind letztere in der Regel mittels eines Aquadukts über ihn wegzuführen.

5. In besondern Fällen wurde die nöthige Vorfluth auch durch Anlage von Stollen herbei geführt, wie bei Trockenlegung des Lungerner Sees in der Schweiz oder des Fuciner Sees in Italien. Eine künstliche Vorfluth kann man schaffen durch Versenken des Wassers, durch Heben bezw. Aufpumpen desselben oder auch durch Erhöhung des Geländes.

Ueber letztere wird im folgenden Kapitel gehandelt.

Fig. 574.



Finden sich in mässiger Tiefe unter der Gelände-Oberfläche Wasser aufsaugende Schichten von grösserer Mächtigkeit, so kann die Ableitung des Wassers mittels zahlreicher Bohrlöcher erfolgen (holländische Drainage, auch Vertikal-Drainage). In jedes Bohrloch wird eine hölzerne Stange gesteckt so tief, dass die Boden-Bearbeitung nicht gehindert wird und dass noch über ihrem obern Ende zunächst ein Filter aus Bruchsteinen und sodann die gute Erde aufgebracht werden kann. Statt Bohrlöcher kommen auch Versitzschächte zur Anwendung. Um letztere auf längere Zeit wirksam zu erhalten, ist eine durch Fig. 574 dargestellte Anordnung zu empfehlen, wobei a als Schlamm-sammler und b als Versenk-grube dient.

In grossen Verhältnissen wird eine künstliche Vorfluth durch Aufpumpen des Wassers geschaffen. Der Zutritt des Aussenwassers in den zu entwässernden Polder ist gewöhnlich durch Bedeichung und event. auch durch einen ausserhalb des Deiches herzustellen Ringkanal abzuhalten; zu beiseitigen ist demnach nur das Regen- und Kuver-Wasser.

Die Schöpfmaschinen erhalten ihren Platz an der tiefsten Stelle und werden, wenn sie nicht dicht neben dem Rezipienten aufgestellt werden können, mit diesem durch einen bedeichten Kanal verbunden. Das Gefälle, welches die Polder-Wasserzüge bis zu den Schöpfmaschinen erhalten müssen, darf meist nur gering sein; es sind deshalb grosse Gräben, die gleichzeitig als Sammelgräben im Sommer dienen, vorthellhaft. Der Wasserspiegel vor den Pumpen soll während der Wasser-Entnahme keine grössere, örtliche Senkung erleiden, um jede unnöthige Vermehrung der Hubhöhe, d. i. der zu leistenden Arbeit zu vermeiden. Das gehobene Wasser gelangt gewöhnlich zunächst in den sogen. Busen, von dem aus dasselbe mit natürlichem Gefälle abgeleitet wird. Bei grosser Hubhöhe wird das Wasser in einen Zwischenbusen und von da in den obern Busen geschöpft. Ist zeitweise das Binnenwasser höher als das

Aussenwasser (bei Ebbe, niedrigen Fluss- und Seewasserständen), so kommen ausser Schöpfmaschinen auch Siele (s. unter E., S. 128 ff.) zur Anwendung, um die Kosten der Abwässerung so viel als möglich zu vermindern.

Zum Betriebe der Schöpfwerke benutzt man jetzt statt der früher vielfach verwendeten, aber gerade im Bedarfsfalle oft versagenden Windmotoren — da die Möglichkeit zur Anlage hydraulischer Motoren gewöhnlich nicht besteht — vorzugsweise Dampfmaschinen.

Als Schöpfmaschinen sind zur Zeit für neue Anlagen in Betracht zu ziehen: Wurfräder, Fig. 575, Overmars'sche Pumpräder, Fig. 576, Schnecken, Kolbenpumpen, darunter insbesondere die Fijnje'schen Kastenpumpen und die Kreisel- (Zentrifugal-) Pumpen.

Fig. 575.

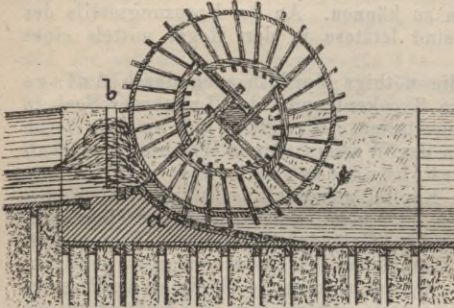
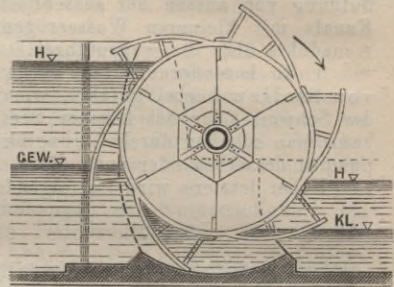


Fig. 576.



Wurfräder kommen bis zu 3,75 m Förderhöhe, Pumpräder mit höchstens 3 m Förderhöhe in Anwendung. Vor dem Aufleiter *a* befindet sich die Wachtthür *b*, ein kleines Drehthor, welches sich unter dem Druck des Wassers im Mahlbusen von selbst schliesst, sobald die Maschinen still stehen.

Bei genügender Betriebskraft kann als grösste sekundliche Wassermenge für jede dieser beiden Schöpfmaschinen, d. h. für ein Rad von üblichen Abmessungen 0,4 cbm angenommen werden¹⁾; ihr Vorzug vor den Schnecken besteht darin, dass das Wasser nicht über die erforderliche Höhe hinaus gehoben werden muss, während bei dieser der Vortheil niedriger Aussenwasserstände nicht ausgenutzt werden kann.

Die Hubhöhe bei Schnecken (Mantelschnecken oder offenen Schnecken) ist sehr wechselnd und steht in Beziehung zur „Ganghöhe.“ Weil letztere fest ist, wird bei gegebener Länge der Schnecke nur eine Neigung der Axe der Schnecke, d. h. eine Hubhöhe die vortheilhafteste sein; doch kann durch lose Aufhängung des obren Zapfenlagers ein nicht unbeträchtlicher Wechsel in der Hubhöhe durchgeführt werden, ohne die Leistung der Schnecke erheblich zu schädigen²⁾. Bei 1 m Förderhöhe ist die grösste sekundl. Wassermenge bei 40 Umdrehungen in 1 Min. für eine offene Schnecke mit etwa 0,4 cbm anzusetzen³⁾.

Fijnje'sche Kastenpumpen werden zur Bewältigung grosser Wassermengen bei geringer Hubhöhe verwendet. Die Maximalleistung einer Pumpe, wie sie zur Entwässerung des Bremer Blocklandes (12 140 ha) benutzt wurden, betrug in 1 Sek. 1,66 cbm. Nach einer 20 Jahre dauernden Benutzung sind diese Pumpen schadhafte geworden und an ihrer Stelle wurden i. J. 1883 zwei Kreiselpumpen gesetzt. Gegen die Verwendung der eine billige Aufstellung und Unterhaltung zulassenden Kreiselpumpen wird von mancher Seite der kostspieligere Betrieb geltend gemacht, da sie bei gleicher Leistung wie die Wurfräder um

¹⁾ Nach Marcus sind in Italien Wurfräder in Verwendung, welche bei 2,2 m Hubhöhe durchschnittlich 2 cbm in 1 Sek. fördern: „Das landwirthschaftl. Meliorationswesen Italiens.“ S. 264.

²⁾ Vergl. Grundbau S. 45 ff.

³⁾ Die Entwässerung des Bremer Blocklandes im Gebiete der freien Hansestadt Bremen vom Wasserbaudirektor Berg; Hann. Zeitschr. 1865.

50% mehr Kosten für die zugehörigen Dampfmaschinen erforderlich machen sollen; doch ist es eine Thatsache, dass bei holländischen Entwässerungs-Anlagen die alten Wurfräder neuerdings mehrfach durch Kreiselpumpen ersetzt worden sind. Jedenfalls ist die richtige Auswahl der Kreisel von grösster Wichtigkeit. Die seit 1878 bei mehreren Be- und Entwässerungs-Anlagen im Oldenburg'schen Gebiete und bei Bremen zur Anwendung gebrachten Kreiselpumpen (Patent Neukirch), welche von der Firma L. W. Bestenbostel & Sohn in Bremen geliefert wurden, förderten bei den Proben mit 1 kg verbrauchter guter Kohle zwischen 64 bis 132 ^{cbm} Wasser auf 1 m Höhe; das entspricht in 1 Stunde und effekt. Pferdekr. einem Kohlenverbrauch von 2 bis 4,2 kg. —

Für die richtige Auswahl der Schöpfmaschinen lassen sich folgende Anhaltspunkte geben: Wo es sich um rasche Beseitigung vorübergehend auftretender grosser Wassermengen in möglichst kurzer Zeit und um grosse Wechsel in den Förderhöhen handelt, sind Overmars'sche Pumpräder zu empfehlen, welche grosse und kleine Schöpfungshöhen zulassen und bei denen durch Ab- und Ankuppeln der verschiedenen Räder die vorhandene Maschinenkraft vortheilhaft und vollständig ausgenutzt werden kann.

Zur Beseitigung grosser Wassermengen bei geringer und ziemlich unveränderlicher Schöpfungshöhe leisten die gewöhnlichen Schöpfräder oder Kastenspumpen gute Dienste.

Da wo Wassermenge und Schöpfungshöhe ziemlich gleich bleiben, können Kreiselpumpen oder auch Wasserschnecken gut benutzt werden; letztere sind vielfach bei Windmotoren verwendet.

Bei der Pumpräder-Anlage für den de Vliert en Ertveld-Polder von 800 ^{ha} Grösse ist die kleinste Hubhöhe 0,4 m, die grösste 3 m. Verwendet ist eine 45 pferdige Dampfmaschine. Der Trommel-Durchmesser der Räder beträgt 4,8 m, der des Rades mit den 1,1 m hohen Schaufeln 7 m; das eine Rad ist 2 m, das andere 1 m breit. Die Dampfmaschine macht 40, die Pumpräder machen 4 Umdrehungen in 1 Min. Die Gesamtkosten für 1 Pfdkr. belaufen sich auf 1980 *M.*, oder für 1 ^{ha} auf 106 *M.* Der Zwischenraum zwischen den Schaufeln und dem Mauerwerk des Kropfes und der Wände beträgt nur 5 mm.

Die Pumpräder-Anlage für den Van der Eijgen-, den Empel- und Meerwijk-Polder (zus. 3600 ^{ha}) ist eine der grössten der in neuerer Zeit ausgeführten. Das niedrigste Land soll durch die Entwässerung noch auf 0,5 m Höhe über Wasserspiegel gebracht werden. Zur Zeit der Frühjahrs-Ueberfluthung ist dieses Land 1,5 m hoch vom Wasser bedeckt; letzteres muss bis zum 1. Mai beseitigt sein. Die Niederschläge kommen wegen der sie ausgleichenden Verdunstung so lange nicht in Betracht, als das Wasser noch 0,3 m über Geländehöhe steht. Es ist eine Dampfmaschine von 200 Pfdkr. mit 6 Overmars'schen Pumprädern von je 6,8 m Rad-, 4 m Trommel-Durchmesser und 3 m Breite verwendet. Bei 4 Umdrehungen in 1 Min. können alle 6 Räder, der Maschinenkraft entsprechend, in 24 Stunden 2200 000 ^{cbm} auf 0,45 m Höhe heben. Die Polder-Wasserzüge sind wegen gleichmässiger Wasserzuführung mit einem Gefälle von 1:20 000 angelegt. Zur event. Zurückhaltung des Regenwassers in den Gräben des höheren Landes sind einfache Stauvorrichtungen vorgesehen. Die maschinelle Einrichtung kostet für 1 Pfdkr. 850 *M.*, 1 Pfdkr. mit Einschluss der Gründungs- und der Gebäude-Kosten 2083 *M.* Die Maschine hat durchschnittlich im Jahre 14 Tage mit ganzer, ferner in 10 Monaten je 10 Tage mit halber Kraft zu arbeiten. Die Betriebskosten stellen sich in 1 Jahr auf 307 *M.* für 1 ^{ha}, d. i. 55 *M.* für die Pfdkr. Gewöhnlich werden die Beiträge gleichmässig auf die Flächeneinheit vertheilt; hier ist eine anderweite Vertheilung nach der Höhenlage des Geländes angenommen.

Bei der Wurfräder-Anlage zu Katwyk treibt die Dampfmaschine von 615 Pfdkr. 6 Räder von je 9 m Durchm. und 2,45 m Br. Das eiserne Rad hat 24 hölzerne Schaufeln. Die maschinelle Anlage kostet auf 1 Pfdkr. berechnet 615 *M.*

Bei der Kreiselpumpen-Anlage für den Wijde-Wormer-Polder von 1500 ^{ha} Grösse ist eine Dampfmaschine von 120 Pfdkr. mit 2 Kreiselpumpen

verwendet, durch welche bei 4,5 m Schöpffhöhe 120 cbm Wasser in 1 Min. gehoben werden. Die Maschine macht in 1 Min. 70—80, die Zentrifugalpumpe 117—130 Umdrehungen. Der Preis der maschinellen Anlage für 1 Pfdkr. ist 722 *M.*, mit Einschluß der Gründung und der Gebäude 1516 *M.* Stündlicher Kohlenverbrauch 2—2½ kg für 1 Pfdkr.

Die Dampf-Schöpfanlage des Zuidplas-Polders (4500 ha) besteht aus 4 Schöpfwerken, die das Binnenwasser in 2 Absätzen 7—8 m hoch aufschöpfen. Für die obere Stufe dient eine Dampfmaschine von 90 Pfdkr. mit einem Schöpfrade von 10,2 m Durchm. mit 31 Schaufeln und 4½ Umdrehungen in 1 Min., während die Dampfmaschine 36 Umdrehungen macht; es werden 115 cbm Wasser in 1 Min. 3,5 m hoch gefördert; daneben befindet sich eine zweite Dampfmaschine von 112 Pfdkr. mit Kreiselpumpen, welche die gleiche Wassermenge bis 4 m Höhe fördern.

In der unteren Stufe befinden sich zwei Dampf-Schöpfanlagen von derselben Art, wie auf der oberen, nur so umgekehrt, dass die untere Kreiselpumpe zu dem oberen Schöpfrade und das untere Schöpfrad zu der oberen Kreiselpumpe gehört. Durch eine Schützenanlage ist übrigens auch eine Umstellung vorgesehen¹⁾.

Bezüglich des Kraftbedarfs ist diesen Angaben noch anzufügen, dass für Polder, deren Wasser einem freien Busen zugeführt wird, eine Dampfkraft von 12 eff. Pfdkr. zu einer genügenden Entwässerung von je 1000 ha bei 1 m Hubhöhe als zureichend angesehen wird²⁾. Baurath Runde giebt in der Zeitschr. f. Bauw. 1886 an, dass im Königreich Preussen auf 1 Pfdkr. durchschn. 32,5 ha Abwässerungsfläche bei einer Schöpffhöhe von 2,26 m treffen. Demnach wären hier für 1000 ha und 1 m Schöpffhöhe höchstens 13,6 Pfdkr. anzusetzen.

d. Abhaltung des fremden Wassers.

Die Abhaltung und Beseitigung des fremden Wassers, d. i. das einer zu entwässernden Fläche von aussen her zugeführten Fluss- und Quellwassers wurde seither in besonders grossem Maasstabe bethätigt durch Eindeichungen von Flüssen und Strömen, sowie durch Eindeichungen von Poldern, aus welchen das Wasser durch Beschaffung künstlicher Vorfluth entfernt wird. Je vollständiger die Fernhaltung des fremden Wassers gelingt, um so rascher und billiger kann die Entwässerung durchgeführt werden. Bei der Trockenlegung des 18 154 ha grossen Haarlemer Meeres, eines Theils des sogen. Rhijnlands-Busens, wurde ein Ringdeich von 59,5 km Länge hergestellt, um welchen ein als Sammelbassin und zur Schifffahrt dienender Kanal herum geführt ist, Fig. 577; die 3 Dampf-Schöpfanlagen befinden sich bei de Kaag (Leghwater), an der Spaarne (Cruquius) und an dem Lütke Meer (van Lynden), Fig. 578³⁾.

In manchen Fällen kann die Beseitigung des fremden Wassers dadurch geschehen, dass Bäche und Flüsse vor dem Eintritt in die Sumpffläche abfangen und deren Wasser in Umleitungskanälen um diese Fläche herum oder auch in hölzernen Gerinnen durch dieselbe geführt werden. Die Hochwasser sind durch Deiche von dem Sumpfe abzuhalten; aus letzterem erfolgt die Entwässerung durch besondere Gräben. Quellsessel im eingedeichten Binnenlande sind mit Ringdeichen zu umschliessen, wenn von ihnen aus die Ueberfluthung eingeleitet wird. Das Durchquellen des Wassers in dem natürlichen Boden unter den Deichen, das Auftreten des Kuver- oder Qualmwassers, sollte durch geeignete Dammanlagen (bei durchlässigem Boden durch Ausfüllen eines Grabens im Deichfelde mit Letten) möglichst verhindert werden.

Häufig lässt sich das von seitlichen Gehängen dem zu entwässernden Grundkomplex zugeführte Grund- und Sickerwasser durch Umfangsgräben, welche

¹⁾ Dampf-Schöpfanlagen in Holland, mitgetheilt vom Baurath Runde zu Schleswig in d. Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover 1884.

²⁾ Trockenlegung des südlichen Theils der Südersee vom Baurath Sonne in der Zeitschr. f. Bauk. 1879.

³⁾ Hann. Zeitschr. 1865, S. 259 u. 268.

bis in die wasserführende Schicht eingeschnitten werden, einfach und erfolgreich ableiten. Von solchen Entwässerungs-Anlagen wird beim Strassen- und Eisenbahnbau vielfach Gebrauch gemacht; zur Erhaltung der Gräben werden dieselben aber wieder mit Steinen ausgefüllt.

Fig. 577.

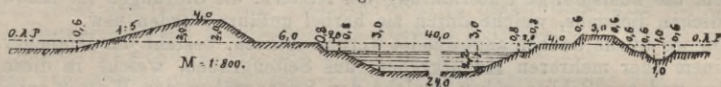


Fig. 578.



e. Anlage offener Gräben.

Zur leichteren Ansammlung und Ableitung des Wassers innerhalb der zu entwässernden Grundkomplexe dienen offene oder gedeckte Kanäle. Die in früherer Zeit mit Vorliebe verwendeten offenen Gräben werden gegenwärtig nur da hergestellt, wo gedeckte Kanäle nicht brauchbar sind, wie bei trocken gelegten Poldern, in welchen die Wasserzüge zugleich zur Ansammlung für Tagewasser dienen, oder bei Sümpfen und Mooren¹⁾ oder auch bei Waldungen,

¹⁾ Die Moore werden verschieden benannt: in Bayern Moos, in Thüringen und Schwaben Ried; in Pommern und Brandenburg Lug oder Bruch; in Ostfriesland Vehne und Venne, englisch Fen und in den Niederlanden Veen.

Man unterscheidet Hochmoore und Grünlands-Moore; bei ersteren, welche sich 3–6 m über die umgebende Ebene erheben und zuweilen auch unter derselben eine gleiche Mächtigkeit

wo unterirdische Wasserzüge schon deshalb nicht benutzt werden können, weil in kurzer Zeit Verstopfungen durch Wurzel-Geflechte und Ausscheidungen eintreten würden, oder endlich als Vorfluthgräben grösserer Drainage-Anlagen, insofern durch offene Gräben Vortheile erzielt werden können. Gegen die Anlage offener Kanäle sprechen im allgem. der Entgang einer grossen Fläche für die Gräben, die kostspielige Unterhaltung der letztern, die Störungen im landwirthschaftlichen Betriebe, welche durch sie herbei geführt werden usw.

Da wo offene Gräben angewendet werden müssen, besteht das Grabensystem aus einem oder mehreren Hauptgräben, aus Seitengräben, welche in diese einmünden und aus Schlitzgräben, welche den Seitengräben das Wasser zuleiten.

Der Haupt-Abzugsgraben (Sieltief, Wetter, Fleeth) durchzieht wöglichst die tiefste Gegend und führt zu dem erreichbaren, tiefsten Punkt des Rezipienten. Zuerst ist sein Spiegelgefälle, und zwar von unten her, zu entwerfen, wofür die Wasserstände des Rezipienten in der fraglichen Zeit massgebend sind. Es richtet sich aufwärts nach der für längere Zeit zulässigen Wasserstandshöhe, welche bei Wiesen (während des Graswuchses) 0,5—0,7 m, bei Aeckern 0,7—1,2 m, bei Dorflagen, Gärten 1,2—1,5 m unter Oberfläche beträgt, und für kürzere Zeit um etwa 0,3 m höher sein kann; dabei ist jedoch gleich das Gefälle der Seitengräben zu beachten.

Bei grösseren Hauptgräben wurden Gefälle bis herab auf $\frac{1}{5000}$ (in England bis $\frac{1}{20000}$ und $\frac{1}{40000}$), bei kleineren Hauptgräben solche bis $\frac{1}{8000}$ verwendet; es kommen aber auch Gefälle bis zu $\frac{1}{1200}$ in Anwendung.

Bei der Tracirung des Kanals ist auf einzelne Mulden Rücksicht nicht zu nehmen; als kleinste Krümmungs-Halbmesser sind solche von 400 m anzusehen.

Die Sohlentiefe ist mit Rücksicht auf eine leichte und billige Herstellung der Unterhaltung des Kanals und event. auf eine genügende Höhe des kleinen Wassers, welche bei Wiesen nicht tiefer als 1 m, bei Aeckern nicht tiefer als 1,5 m unter die Oberfläche sinken soll, fest zu setzen. Die Böschungen sind je nach der Bodenart zu wählen: für festes Moor bis 1 : $\frac{1}{2}$, für festen Klai 1 : 1, für weiches Moor und weichen Klai 1 : $1\frac{1}{2}$ bis 1 : $2\frac{1}{2}$, für Sand 1 : 2 bis 1 : $2\frac{1}{2}$. Endlich ist aus der grössten Wassermenge, dem Gefälle und der Tiefe die mittlere Breite zu berechnen, woraus sich die Sohlenbreite, die obere Breite und die Geschwindigkeit des Wassers ergeben.

Wird die Geschwindigkeit für die betr. Bodenart zu gross, so ist das Gefälle durch Kaskaden zu vermindern, event. sind Sohle und Böschungen durch Bodenschwellen usw. zu befestigen. Bei geringer Geschwindigkeit wird leicht eine Profilverengung durch die dann auftretende Vegetation herbei geführt; wenn nicht eine häufige Reinigung in Aussicht genommen werden will, ist eine Profilvergrösserung angezeigt.

Fig. 579.



Wo besonders hohe, aber seltene Anschwellungen (die grösste Niederschlags-Menge eines Tags) abzuführen sind, lässt sich zuweilen das Profil nach Fig. 579 einrichten und kann auf den Banketts werthvoller Graswuchs erzielt werden.

haben, ist nach der Art ihrer Entstehung (ohne Mitwirkung der Fluss-Inundationen) eine natürliche Abwässerung in die benachbarten Wasserläufe möglich; bei den Grünlands-Mooren, deren Mächtigkeit gering und deren Untergrund unter dem gewöhnlichen Sommer-Wasserspiegel gelegen, muss die Abwässerung künstlich geschehen. Der Untergrund des Torfes besteht in den Küstenländern gewöhnlich aus Sand, in den Gebirgen aber aus Thon und Letten. Die Torfmoore können im Naturzustande für den Ackerbau im allgemeinen nicht benutzt werden; als Weide und Wiesen liefern die Grünlands-Moore in diesem Zustande geringe Erträge, die Hochmoore sind hauptsächlich mit Heide bewachsen; dagegen lassen sich aus beiden durch geeignete Kultivirung ertragsfähige Ländereien machen. Bei Kultivirung der Moore ist die Entwässerung zwar die Grundlage, aber nur ein Theil der vorzunehmenden Arbeiten. Da die

Bei der Entwässerung versumpfter Gegenden, besonders von Mooren, empfiehlt es sich, vorläufig zunächst einen kleinen Graben von unten nach oben zu ziehen, um die Hauptarbeit leichter herstellen zu können; in leichtem quelligen Sand werden einzelne Strecken des Grabens mit Abdämmung und Wassers schöpfen rasch ausgehoben. Alsdann wird sogleich Wasser eingelassen, da man sonst den Graben voll Trieb sand erhält; besser noch wird der Graben durch Baggerung ohne Beseitigung des Wassers hergestellt.

Die Seitengräben erhalten möglichst gleiches Gefälle wie die Hauptgräben und münden unter spitzen — bei geringer Wassermenge und Geschwindigkeit auch unter rechtem Winkel — in diese; ihr gegenseitiger Abstand wechselt zwischen 40 und 900 m. Da wo Schlitzgräben nöthig, wird ihr Abstand zwischen 15 und 45 m, je nach den örtlichen Verhältnissen genommen. Von diesen hängt es auch ab, ob bei eingedeichten Hauptgräben die Seitengräben gleichfalls genügend weit einzudeichen oder an der Kreuzung des Deiches mit Sielen zu versehen sind.

Der Hauptkanal des Haarlemer Meeres, Fig. 578, hat an der Durchkreuzung des Querkanals 20 m Sohlenbreite; diese vergrößert sich bis zu der Maschine Leghwater und de Lynden auf 25 m; ebenso hat der Querkanal von Aalsmeer bis zum Hauptkanal 20 m und nimmt bis zur Maschine Cruquius auf 25 m zu. Die Austiefung erfolgte allmählich und wurde theilweise, von den Maschinen ausgehend, auf $-6,5$ m A. P. gebracht. Die Abzugsgräben haben eine Sohlenbreite von 8 m, Böschungen von 1: $1\frac{1}{3}$, die Grenz- und Wegegräben eine Breite von 3 m in Maifeldhöhe und eine Tiefe von 1 m unter Maifeld bei Böschungen 1:1, also 1 m Sohlenbreite erhalten. Die sämtlichen Wasserzüge nehmen zunächst ungefähr nur $\frac{1}{33}$ der Polderfläche ein, sollen aber mit der Zeit $\frac{1}{10}$ der letzteren erhalten. Die einzelnen, an der einen Seite durch einen Abzugsgraben, an der anderen durch einen Weg begrenzten Grundtheile erhielten eine Grösse von 20 ha. —

Der Hauptzuleitungs-Graben im Bremer Blocklande ist durchschnittlich 11 m breit, vor den Pumpwerken aber 25 m; derselbe hat oben eine Tiefe von 1 m vor den Pumpen 1,5 m. Die Seitengräben haben gleichfalls grosse Querschnitte, um das Wasser wegen mooriger Grabenufer mit geringer Geschwindigkeit, (0,45—0,6 m) zuzuleiten und die Spiegelsenkung vor den Pumpen gering erhalten zu können. Zur Berechnung der Grabenabmessungen ist als grösster täglicher Niederschlag 0,1 m in Ansatz gebracht. Die hieraus sich ergebende Wassermenge, von welcher das verdunstende und versickernde Wasser nicht in Abzug gebracht wurde, soll in 6 Tagen vollständig abgeführt werden können. Bei dieser Entwässerungs-Anlage kann während trockener Zeit unter Wirkung der Fluth eine Bewässerung (mit süssem Wasser) durch Siele vorgenommen werden. Wo eine solche Verbindung möglich, sollte sie stets vorgesehen werden.

f. Anlage gedeckter Kanäle (Drainagen).

Um bei Entwässerungen Nachtheile, welche mit der Anordnung offener Gräben verknüpft sind, zu vermeiden, werden gedeckte Kanäle, d. h. geeignet gebildete unterirdische Hohlräume, welche ein genügendes Gefälle erhalten und in welche das Wasser an vielen Stellen leicht eintreten kann, hergestellt. Zur Zeit werden solche Kanäle meist durch Verwendung von Thonröhren geschaffen, und wird für solche Anlagen vorzugsweise die Benennung „Drainage“ benutzt; an sich kann jede solche Wasserableitung, aus welchem Material immer die Fassung der Wasserzüge gebildet sein mag, als Drainage bezeichnet werden.

seit Jahrhunderten geübte Brandkultur grosse Nachtheile hat, so ist man mehrfach zu andern Kulturmethoden übergegangen, welche sich unterscheiden in Veen-Kulturen und in die Moordamm-Kulturen. Auf diese kann hier nicht weiter eingegangen werden; dagegen ist auf einige Schriften und Mittheilungen über dieselben zu verweisen, nämlich auf:

Marcard: „Ueber die Kanalisierung der Hochmoore im mittlern Emsgebiete“; Heuschmid: „Kulturtechnischer Reisebericht“; Garbe: „Der Bau der Moorkanäle in Ostfriesland und dem mittlern Emsgebiete“, Deutsche Bauzeitg. 1883, No. 85.

Die Wasserzüge sind nach den allgemeinen, auch hier entwickelten Anforderungen, insbesondere aber auch mit Rücksicht auf Schifffahrt, auf die geeignete und billige Kulturanlage und auf einen günstigen wirtschaftlichen Betrieb der letzteren herzustellen

Man unterscheidet die vollständige oder Parallel-Drainage, welche ebensowohl das überschüssige Meteorwasser, so weit es in den Boden eingedrungen ist, als das von aussen andrängende Grundwasser zu beseitigen hat und die Drainage-Methode Elkingtons, welche besonders das fremde Wasser ableiten soll. Letztere ist nur ein Theil der hier zu behandelnden Parallel-Drainage und findet geeignete Verwendung bei schweren und kalten Böden, also lehmigen und thonigen, sowie bei jenen durchlassenden Böden, welche auf undurchlassender Unterlage aufrufen und einen hohen Grundwasserstand haben.

Unter Benutzung der Vorarbeiten zur Planverfassung, die zweckmässig und übersichtlich nach Anleitung der „Instruktion der königl. General-Kommission für Schlesien, für Feldmesser und Drain-Techniker zur Entwerfung und Ausführung von Drain-Plänen“ (Berlin 1884) durchgeführt werden können, ist vor allem zu entscheiden, ob und wie die erforderliche Vorfluth geschaffen werden kann. Am besten werden die Mündungen der Drainageanlagen — in natürliche Wasserläufe, Seen, Vorfluthgräben, event. auch Versitzschächte — vom Stauwasser ganz frei gehalten, was bei einem höchsten Wasserstande in

Fig. 580.

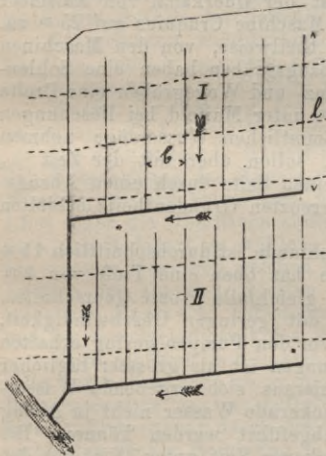
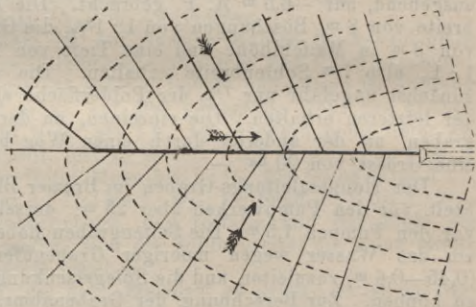


Fig. 581.



diesen Rezipienten von 1—1,5 m unter Geländeöhe erreichbar sein würde. Vielfach muss man sich aber damit begnügen, dass die Mündung in der Höhe des mittleren Wasserstandes und event. auch etwas weniger tief (0,65 m) unter Geländeöhe zu liegen kommt.

Die beim Entwurf und bei der Ausführung einer Drainanlage in Anwendung zu bringenden technischen Grundsätze beziehen sich auf: Bildung der Drainsysteme, Anordnung der Sammeln-, Saug- und Kopf-Drains, auf die verwendbaren Minimalgefälle, die nöthigen Röhren-Durchmesser, die Zeit und Art der Herstellung.

Bei einer vollständigen Drainage giebt es immer zwei verschiedene Arten von Drains: die Saug- oder Austrocknungs-Drains und die Haupt- oder Sammeln-Drains; nächst dem sind in manchen Fällen sogen. Kopf-Drains nöthig, welche quer vor den oberen Enden des Saug-Drains anzulegen sind, um das von nicht drainirten, angrenzenden Grundstücken andrängende Grundwasser abzufangen und abzuleiten.

Alle Drains, welche sich zu einem einzigen Ausflusse vereinigen, machen ein System aus. Die einzelnen Drainsysteme sind mit Rücksicht auf die Bodenabdachungen und auf die Vorfluth-Verhältnisse so fest zu legen, dass möglichst viele Sammeldrains zu einem System verbunden werden. Zunächst bestimmt man die zweckmässigste Lage der Sammeldrains und dann erst die der Saugdrains, welche letztere unter sich für die gleiche Bodenabdachung gewöhnlich parallel laufen.

Die Sammeldrains sind in der Regel an den tiefsten Stellen des, einem System zugehörigen Gelände-Abschnitts mit einem, nirgends unter den Kleinstsatz herab gehenden Gefälle, und in einer nach der vorhandenen Vorfluth, nach der Tiefe der Saugdrains und nach dem Gelände-Gefälle zu regelnden Tiefe anzulegen. Bei sehr breiten Abdachungen kommen event. Zwischen-Sammeldrains zur Anwendung, Fig. 580. Bei muldenförmigem Gelände werden die Sammeldrains in den unteren Schnittlinien der Gelände-Abdachungen angeordnet, Fig. 581.

Die Zahl der Ausmündungen der Sammeldrains ist möglichst zu beschränken an den Ausmündungen werden auf 1,25 bis 1,75 m Länge Thonröhren, Holzlöhren oder Eisenröhren (event. vergittert) zum Schutze gegen Frost, muthwillige Be-

Fig. 582.

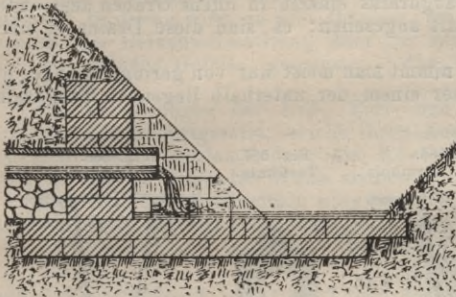
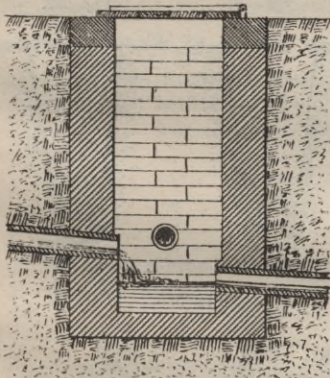


Fig. 583



schädigung und zur Abhaltung kleiner Thiere so eingelegt, dass sie um etwa 15 cm aus der Mündungswand hervor treten, Fig. 582, 583.

Fig. 584.



Brunnenstuben, Fig. 584, können an den Vereinigungsstellen mehrer Sammeldrains oder bei Ausmündung des Hauptdrains auf fremden Grund und Boden vor dem Uebertritte des Drains über die Grenze verwendet werden; der Kosten und des geringen Nutzens wegen vermeidet man ihre Anlage gern.

Die Saugdrains sind im allgemeinen in der Richtung des stärksten Geländegefälles, also senkrecht zu den Horizontalkurven, und innerhalb nahezu gleich geneigter Abdachungen parallel zu einander anzuordnen, Fig. 580, 581; es hängt übrigens von örtlichen Verhältnissen ab, in wie weit diese Anforderungen streng eingehalten werden können¹⁾.

Die Tiefe der Saugdrains unter Geländehöhe beträgt bei der Acker-Drainage gewöhnlich 1,25 m, bei der Wiesen-Drainage 0,95 m²⁾.

Bei diesen Tiefen sind die Entfernungen der Saugdrains unter sich je nach dem Grade der Bindigkeit oder Durchlässigkeit des zu drainirenden Bodens passend fest zu stellen. Auf Grund seitheriger Erfahrungen müssen diese Entfernungen³⁾ betragen:

¹⁾ Bei sehr starken Gefällen sind die Saugdrains quer zur Richtung desselben aber mit Gefällen von mindestens $\frac{1}{500}$ anzuordnen.

²⁾ Geringere Tiefen sollten mit Rücksicht auf eine frostfreie Lage thunlichst vermieden werden; bei grösseren Tiefen werden die Anlagekosten zu gross.

³⁾ Die zulässigen Entfernungen, ebenso auch die Boden-Unterscheidungen werden ziemlich verschieden angegeben; wir sind in diesen, sowie in andern die Drainage betr. Fragen hauptsächlich der mehrfach genannten schlesischen Instruktion beigetreten. Anderen Angaben gegenüber sind die Abstände ziemlich gross.

- a) bei schwerstem Thonboden 10—12 m
- b) „ mildem Thon- und kräftigem Lehm Boden . 12—16 „
- c) „ sandigem Lehm Boden 16—20 „
- d) „ Sandboden 20—24 „

Die Länge der Saugdrains, welche zweckmässig eine durchaus gleiche Lichtweite von 40 mm erhalten, hängt ab ausser von der Breite der Abdachungen von dem Gefälle derselben und von der abzuführenden Wassermenge; längere Saugdrains als 250 m werden nur selten hergestellt. Bezüglich des in den meisten Fällen zureichend vorhandenen Gefälles ist zu erwähnen, dass als geringste zulässige Geschwindigkeit 0,2 m angesehen wird. Bei ungenügendem Gelände-Gefälle können die Saugdrains am oberen Ende etwas flacher eingelegt werden. Das zur leichten Auffindung von Verstopfungen früher mehrfach empfohlene Verfahren, die Saugdrains einzeln in offene Gräben ausmünden zu lassen, wird jetzt als unstatthaft angesehen; es sind diese Drains in einen Sammeldrain einzuführen.

Die Kopfdrains, Fig. 580, nimmt man meist nur von geringer Länge, um das in ihnen aufgefangene Wasser einem der unterhalb liegenden Saugdrains überweisen zu können.

Fig. 585. Erddrain (Absatzdrain).

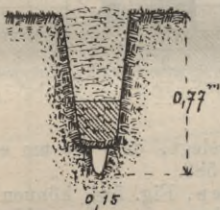


Fig. 589.

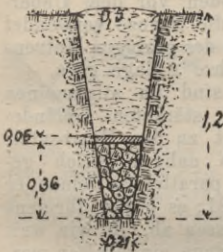


Fig. 593.

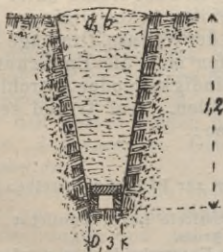


Fig. 586. Erddrain (Formholz).

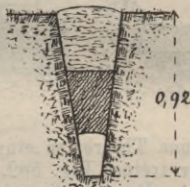


Fig. 590. Steindrains.

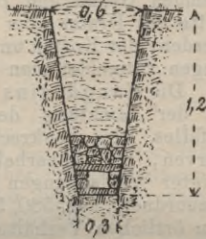


Fig. 594. Ziegelsteindrains.



Fig. 587. Torfdrain.



Fig. 591.

Fig. 588. Reisigdrain.

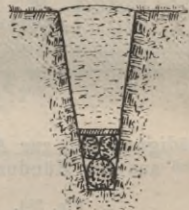


Fig. 592.

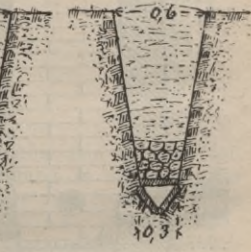


Fig. 595.



Von den für Anordnung der Drainzüge verschiedener Art angegebenen Regeln ist dann abzuweichen, wenn die zu drainirenden Grundstücke theilweise mit Bäumen oder Gesträuchen bedeckt sind, oder wenn zu Tag tretende Quellen auf

ihnen vorkommen. Im erstern Falle sollen zur Vermeidung von Verstopfungen durch Wurzeln die Drains von allen Bäumen, deren Wurzeln sich stark ausbreiten, 18–21 m, von andern Bäumen und Sträuchern mindestens 15 m entfernt bleiben, sofern diese nicht selbst beseitigt werden können. Im letztern Falle werden Abzweigungs-Drains angeordnet, sofern es sich um kleine Quellen handelt; starke Quellen werden gefasst und wird ihr Wasser in eignen, gedichteten Drains — ohne Verbindung mit dem System — abgeführt.

Die Kleinstsätze der Sohlen-Gefälle der Draingraben werden von der Art und den Abmessungen der Drains abhängig gemacht. Röhrendrains erhalten bei 4 cm Lichtweite mindestens 0,2 ‰, bei 5 cm 0,17 ‰, 6 cm 0,14 ‰, 8 cm 0,11 ‰ und bei 10 cm Durchmesser 0,08 ‰. Drains mit Steinfüllung sollten Gefälle von mindestens 0,5 ‰ erhalten. Zweckmässig werden an der Ausmündung der Saug- und Sammeldrains etwas grössere Gefälle als in den übrigen Strecken verwendet. In diesen wird, so weit thunlich, ein gleichmässiges Gefälle, bei starker wechselnder Gelände-Gestaltung aber zur Einhaltung der normalen Tiefe auch ein wechselndes Gefälle genommen, das nirgends unter den Kleinstsatz herab geht.

Die Abmessungen der Erd-, Torf- und Steindrains werden nach hergebrachten Regeln festgesetzt, welche ihren Ausdruck in den, den Fig. 585–595 eingeschriebenen Zahlen finden; die Kleinst-Durchmesser der Röhren sind in folgender Weise zu berechnen:

Die von einem Saugdrain abzuführende grösste sekundliche Wassermenge M ist nach S. 342 unter den dort gemachten Voraussetzungen:

$$M = \frac{0,0066 \ b \ l}{86\ 400} \text{ cbm,}$$

wenn b der Abstand und l die Länge der Drains, Fig. 580, also die sek. Abflussmenge für 1 ha 0,00076 cbm l). Ferner ist $M = Fv = \frac{d^2 \pi}{4} 26,79 \lambda \sqrt{\frac{dh}{l}}$,

wenn d den Drain-Durchmesser, h das absolute Gefälle auf die Länge l und λ den sogen. Drain-Koeffizienten bezeichnet, mit welchem der hier mit zureichender Genauigkeit zu verwendende Prony'sche Ausdruck für die mittlere Geschwindigkeit ($26,79 \sqrt{\frac{dh}{l}}$ in Metern.) zu multiplizieren ist, um die in Folge der zahlreichen Stöße in den Drainzügen auftretenden, besonderen Widerstände summarisch zu berücksichtigen.

Für Drainröhren von 40 mm Durchm.	ist $\lambda = \frac{2}{3}$,
" " " 50 u. 60 mm "	" $\lambda = \frac{3}{4}$,
" " " 80 mm Durchm.	" $\lambda = \frac{4}{5}$,
" " " 100 " "	" $\lambda = \frac{5}{6}$,
" " " 130 " "	" $\lambda = \frac{6}{7}$,
" " " 150 " "	" $\lambda = \frac{7}{8}$,
Für Drainröhren von mehr als 150 " "	" $\lambda = 1.$ ²⁾

Aus den beiden obigen Gleichungen folgt:

$$\frac{0,0066 \ b \ l}{86\ 400} = 26,79 \frac{d^2 \pi}{4} \lambda \sqrt{\frac{dh}{l}}.$$

Für Saugdrains ist in der Regel $d = 40$ mm anzunehmen, die Breite b nach der Boden-Beschaffenheit, das relative Gefälle $\varphi = \frac{h}{l}$ aus der Aufnahme des Landes, der Koeffizient λ nach vorstehender Zusammenstellung zu bestimmen und aus letzterer Gleichung sonach die grösste zulässige Länge l zu berechnen. Insofern die Breite der zu einem Sammeldrain gehörigen Bodenabdachung grösser als diese Länge l ist für die untere Drainstrecke eine entsprechend grössere Rohrweite zu verwenden; oder es wird am Ende der Strecke l ein Zwischen-

¹⁾ Nach der schlesischen Instruktion wird eine Wassermenge für 1 ha von 0,00065 cbm unter Rücksicht auf die im Frühjahr nach Eintritt der Schneeschmelze und die bei längerer Regenperiode abzuführende Wassermenge angenommen.

²⁾ Es sind nur die gewöhnlichen Abstufungen in den Röhrenweiten aufgeführt; Zwischenstufen sind nicht ausgeschlossen.

Sammeldrain eingeschaltet. Im Abstände von 4—5 m unter diesem Zwischen-Sammeldrain kommen die oberen Enden der unterhalb folgenden Saugdrains zu liegen. Es versteht sich von selbst, dass mit Hilfe der letztgegebenen Gleichung auch die Durchmesser der Sammel-Drains in entsprechenden Abstufungen zu berechnen sind. Die abzuführenden Wasser-Mengen ergeben sich einfach aus der Grösse der einschlägigen Entwässerungsfläche und Abflusshöhe.

Im Vorstehenden ist die grösste tägl. Abflusshöhe mit 0,0066 m angesetzt. Wenn sich sehr grosse Durchmesser ergeben, so lassen sich oft 2 Drains neben einander anordnen, sofern nicht der bessere Ausweg der Anlage eines offenen Vorfluth Grabens beschritten werden kann.

Bezüglich der Zeit und Art der Herstellung der Drainagen ist im wesentlichen das Folgende zu erwähnen: Meistens werden solche Anlagen im Frühjahr oder Herbst ausgeführt. Wie wohl in neuerer Zeit vorzugsweise nur Röhren-Drainagen angelegt werden, kommen doch auch die in den Fig. 585—595 dargestellten Drainagen in Erde und Torf, Stroh und Reisig, aus Lesesteinen und Backsteinen mit den hierfür üblichen Abmessungen noch mehrfach zur Anwendung.

Die Röhren-Drains bestehen in der Regel aus stumpf gestossenen, genau an einander gepassten Röhren von 0,3—0,45 m Länge; vielfach werden solche von 0,314 m Länge geliefert, wobei einschl. Bruch auf 1 m 3,5 Stück in der Massen-Berechnung vorgesehen werden. Muffen — von 0,75—1,2 dm Länge, deren lichter Durchmesser den äussern der Röhren um 10—12 mm übertrifft, — oder Muffenröhren kommen nur selten und in besondern Fällen zur Verwendung, z. B. dann, wenn die Drains unter Hecken, Büschen oder Alleen, oder in zu grosser Nähe derselben gelegt oder unter Wasser weg geführt werden und so dann auch eine Zement-Dichtung erhalten müssen. Das Bedecken der Stossfugen durch halbe Muffen ist nicht zweckdienlich, das Bedecken der Röhren mit Rasen, Moos, Stroh oder anderen vegetabilischen Stoffen ist unstatthaft. Um Verschiebungen der stumpf gestossenen Röhren in weicherem Boden zu vermeiden, ist in solchen ein festes Lager von Latten oder Brettstücken vorzusehen.

Fig. 596.

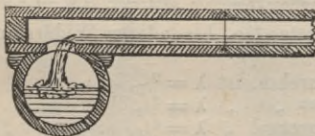
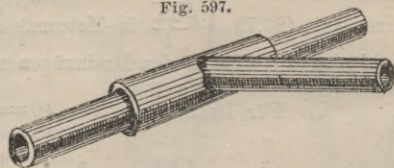


Fig. 597.



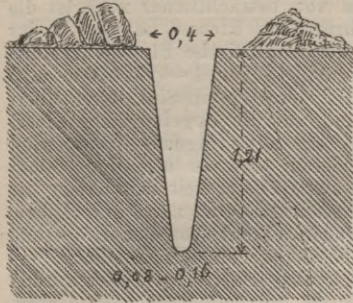
Die obren Enden der Saugdrains werden mit Flachziegel-Stücken abgeschlossen; die Verbindung der Saug- und Sammel-Drains, gewöhnlich nach Fig. 596, manchmal aber nach Fig. 597 bewerkstelligt, wobei im ersten Falle das vorstehende Ende des Saug-Drains mit einem Flachziegel oder Lehm-Propfen belegt und die Fuge mit Thon verstrichen wird; die Vereinigung der Sammel-Drains unter sich erfolgt ebenso, oder unter Benutzung von besonderen Verbindungs-Stücken.

Münden Saugdrains von zwei Seiten her in die Sammel-Drains ein, so sind die Mündungen zur Schonung der letztern gegen einander zu versetzen, Fig. 581.

Die von unten nach oben mit dem richtigen Gefälle herzustellenden Vorfluth- und Drain-Gräben müssen die dem Zwecke entsprechenden Abmessungen erhalten. Demgemäss sollen die Drain-Gräben, Fig. 598, nur mit den zur genauen Verlegung der Röhren durchaus nöthigen Ausmaassen und am besten mit den bekannten üblichen Drain-Werkzeugen angelegt werden. Der humose Boden und die Feinerde wird auf der einen Seite des Grabens, auf welcher die Drain-Materialien bereits einstweilen gelagert sind, der übrige Abtrag auf der andern Grabenseite gelagert.

Das Verlegen der 4—8 cm weiten Röhren geschieht gewöhnlich mit dem

Fig. 598.



glatt und grade geformt sein. Die Gesamtkosten einer Drainage-Anlage für 1 ha fallen je nach den Boden-, den Vorfluth-, den Preis-Verhältnissen usw. an verschiedenen Orten sehr verschieden aus; die Grenzen sind 80 bzw. 300 M.

g. Erhöhung des Geländes.

Bei mangelnder natürlicher Vorfluth kann die Gewinnung oder Verbesserung ertragsfähigen Bodens entweder durch künstliche Beseitigung des Wassers mittels Hebmäschinen, oder durch Versenkung desselben in die Tiefe, oder durch eine Erhöhung des Geländes erfolgen. Letztere wird herbeigeführt durch Auffüllungen oder Aufschwemmungen.

Bei der Auffüllung handelt es sich im wesentlichen um einfache Erdarbeiten, die, weil ausserdem zu kostspielig, nur für kleine Geländestücke Anwendung finden, wie bei Ausfüllungen von Wassertümpeln, Kolken, Mulden¹⁾. Man wird die Erhöhung solcher Stellen in der Art durchführen, dass das Grundwasser genügend tief unter der Terrain-Oberfläche zu liegen kommt und eine schädliche kapillare Durchtränkung der aufgetragenen Humusschicht unterbleibt. Die untern Schichten werden am besten aus kiesigen und sandigen Materialien und nur die obern in genügender Stärke aus Feinerde hergestellt.

Die Aufschwemmungen sind auszuscheiden in Anschwemmungen, bei welchen das Wasser als Transportmittel zur Beischaftung der ihm oberhalb der zu erhöhenden Stelle übergebenen Materialien dient — in dieser Weise wurden früher die sogen. Schwemmwiesen gebildet —, in Verlandungen und Auflagerungen (Kolmationen). Hierbei handelt es sich um Neu- und Umbildungen aus den Sinkstoffen der Wasserläufe; eine scharfe Abgrenzung zwischen Verlandungen und Auflagerungen lässt sich ebenso wenig ziehen wie zwischen den letzteren und den düngenden Bewässerungen.

Was hier über die Auflagerungen besonders noch zu erwähnen, bezieht sich auf die Anwendbarkeit des Verfahrens, auf die bei der Planverfassung in Betracht kommenden Anforderungen und auf die bei durchgeführten Anlagen erzielten wirtschaftlichen Erfolge.

Auflagerungs-Anlagen kommen nur da in Frage, wo sich einerseits Flüsse von bedeutendem und tauglichem Sinkstoffgehalte und andererseits versumpfte oder zu niedrige Gelände in günstiger Lage vorfinden. In grösserm Umfange wurden solche Anlagen in Italien und neuerdings im südlichen Frankreich ausgeführt; in Deutschland existiren sie mehr dem Namen nach, da in manchen Gegenden auch die bei düngenden Bewässerungen vorkommenden Auflagerungen als Kolmatierungen bezeichnet werden. So bedeutende Erhöhungen durch Auflagerungen wie anderwärts lassen sich in Deutschland deshalb kaum irgend wo herbei führen, weil glücklicher Weise die Entwässerungen in den gebirgigen Gegenden nicht zu weit zugelassen sind und somit massenhafte Sinkstoff-Transporte hier nicht leicht eintreten können.

¹⁾ Ausgedehntere Auffüllungen unter ganz besondern Verhältnissen finden bei der Rim-pau'schen Moordamm-Kultur statt.

Nach E. Markus führen die Flüsse Idice und Quaderna in der Provinz Bologna i. M. $\frac{1}{150}$ der Wassermenge Schlamm ab; beträchtlicher noch ist die $\frac{1}{125}$ der Wassermenge betragende Schlammführung des Flusses Lamone in der Provinz Ravenna. Nach andern Quellen hat der französische Fluss Var einen grössten Gehalt an festen Bestandtheilen von 36,6 kg für 1 cbm Wasser, also beiläufig $\frac{1}{55}$ der Wassermenge an Schlamm. Bei derartig mit Sinkstoffen überlasteten Flüssen wird sich schon mit Rücksicht auf die Regelung der Flussverhältnisse die Frage aufdrängen, ob nicht eine nutzbringende Ablagerung jener Stoffe möglich ist? An Gelegenheit hierzu wird es allerdings nicht fehlen, da willkürliche Geschieb-Ablagerungen aus früherer Zeit fast immer die Entstehung von Sumpfen oder zu niedrig liegenden Geländen zur Folge haben.

Von der Lage und Grösse der aufzulagernden Fläche, von der Höhe und Menge der Hochwasser des Flusses, sowie überhaupt von dem Zustande desselben wird es abhängen, in welcher Weise die Auflagerung eingerichtet werden kann. Bei eingedeichten Flüssen wird, da Sommerdeiche eine Ueberfluthung während der Vegetationszeit nicht mit gewünschter Sicherheit hintan halten lassen und deshalb hauptsächlich Winterdeiche angelegt werden, die Erhöhung zu niedrigen Binnenlandes durch Einführung trüben Wassers mittels, an geeigneten Stellen erbauter Schleusen oder über einzelne genügend starke Ueberfälle in Aussicht genommen. Das abgeklärte Wasser wird durch Schleusen am unteren Ende des Bezirks dem Flusse wieder zugeführt. Je nach Umständen ist der mit trübem Wasser zu versiehende Bezirk mit Ringdämmen zu umschliessen und innerhalb dieser durch Querdämme abzutheilen. Die Höhe solcher Dämme ist nach der Aufleitungshöhe des Wassers — gewöhnlich 0,5—1 m — zu bemessen oder gleich so fest zu setzen, dass die Dammkrone 0,3—0,75 m über dem höchsten bei Vollendung der Auflagerung in Frage stehenden Wasserstand zu liegen kommt. Auf eine gute Vertheilung des trüben Wassers ist event. durch besondere Vertheilgräben hinzuwirken; die Erhöhung des Geländes wird allerdings nur in so geringem Maasse erfolgen, dass in solchen Fällen mehr von einer düngenden Bewässerung als von Auflagerung gesprochen werden kann.

Im Gegensatz zu diesen weniger wirkungsvollen, nur zeitweise in Thätigkeit befindlichen Anlagen sind jene zu erwähnen, bei welchen die Auflagerung in fortdauernder Weise stattfindet. Hierbei wird entweder sämtliches Wasser eines Flusses der zu erhöhenden Fläche zugeführt, oder es wird das verfügbare Wasser in einem Kanal zugeleitet. In beiden Fällen muss die Fläche mit einem genügend hohen Ringdeiche umschlossen werden, an welchen sich die Deiche des Flusses oder Kanals anschliessen. Die Regulirung und Vertheilung des Wassers zur Erzielung einer gleichmässigen Auflagerung geschieht durch Gräben und kleine Querdeiche, die Ableitung des geklärten Wassers mittels Ueberfälle und Schleusen. Je nach der Höhenlage der Fläche ist an der Abzweigung des Kanals vom Flusse ein Wehr zu erbauen. Ist die grösste vom Flusse zuzuführende Wassermenge und die zur Beischaffung der Sinkstoffe erforderliche Geschwindigkeit ermittelt, so ergeben sich Querschnitt und Gefälle in der schon mehrfach bei Zuleitungs-Kanälen angegebenen Weise. Bei grösseren Kanälen und schlammreichem Wasser werden im allgemeinen Gefälle von $\frac{1}{2000}$; bei kleinern Zuleitungs-Gräben unter den gleichen Verhältnissen solche von $\frac{1}{250}$; bei Sand führenden grösseren Kanälen werden Gefälle von $\frac{1}{500}$ und bei derartigen kleinen Gräben Gefälle von $\frac{1}{100}$ anzuwenden sein.

Der Hauptzuleitungs-Kanal verzweigt sich nach dem Eintritt des Wassers in die Auflagerungs-Fläche in einzelne Vertheilgräben, durch welche das trübe Wasser den einzelnen Abtheilungen zugeführt wird. Wenn nöthig sind neue derartige Vertheilgräben anzulegen. Die zur Ableitung des geklärten Wassers dienenden Ueberfälle und Schleusen sind in einfacher Weise herzustellen; in der Regel soll diese Zurückleitung von der Oberfläche des Wassers aus erfolgen.

Von den jeweiligen Verhältnissen hängt es ab, ob die stetige Auflagerung nur während des Winters oder während des ganzen Jahres stattfinden kann. Vielfach wird eine solche in der Zeit vom 1. November bis 31 März eingerichtet und in der übrigen Zeit der Grund und Boden landwirthschaftlich ausgenutzt.

Bei einer 6136 ha umfassenden Fläche an der Idice und Quaderna in der Provinz Bologna beträgt nach einer, je während des Winters seit 60 Jahren stattfindenden Auflagerung die mittlere Erhöhung 1,68 m. Die von 1814—1877 für Einrichtung der Auflagerungen und für Fluss-Regulirungen aufgewendete Summe beläuft sich auf über 4 Mill. Lire, weitere 1,2 Mill. werden bis zur Beendigung des Unternehmens aufzuwenden sein. Unter Berücksichtigung des Kostenaufwandes für die Auflagerung allein kommt 1^{cbm} aufgeschwemmten Bodens auf 0,0175 Lire und 1^{qm} Auflagerungs-Fläche auf 0,0425 Lire, also 1 ha auf 425 Lire zu stehen. Die Auflagerung erfolgt mittels der in den Wintermonaten von den Appenninen zugeführten Hochwasser, so dass die gesammte Fläche vom 1. November bis 31. März für die Ueberstauung in Anspruch genommen wird. In der übrigen Zeit lässt sich ausser der vollen Ernte einer Sommerfrucht gewöhnlich noch eine Nachfrucht erzielen. Die Bewässerung dieser Kulturen erfolgt mit den in einzelnen, innerhalb der Auflagerungs-Fläche befindlichen Becken zurück gehaltenen Wassermengen. Nach amtlichen Darstellungen soll der Reinertrag in 1 Jahr jetzt schon zum mindesten 110600 Lire betragen. Nach vollständiger Durchführung wird eine regelmässige Entwässerung des Geländes, eine zweckmässige Regulirung der Wasserläufe und eine wesentliche Verbesserung der hygienischen Verhältnisse erreicht werden. —

Die am Flusse Lamone in der Nähe von Ravenna befindliche Anlage umfasste i. J. 1860 eine 8118 ha betragende und ganz von Dämmen umschlossene Fläche; bis Ende 1877 waren 2,7 Mill. Lire darauf verwendet. Der Erfolg ist insofern ein durchschlagender, als der frühere Jahresertrag von 30 Lire für 1 ha, auf 130 Lire für die noch in der Auflagerung befindlichen Reisfelder und auf 160 Lire für die bereits ausgeschiedene Fläche gestiegen ist. Der jährliche Mehrertrag beläuft sich auf 80000 Lire. I. J. 1874 konnten 2840 ha aus dem betr. Verbands ausgeschieden werden, so dass sich in ihm dermalen noch 5278 ha befinden¹⁾.

II. Bewässerung von Ländereien.

Litteratur:

Ann. d. ponts et chauss. — *Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes.* — Chiolich-Löwensberg. Anleitung zum Wasserbau. — Deutsche Bauzeitg. — Dünkelberg. Wiesenbau. — Franzius und Sonne. Wasserbau. — Friedrich. Die Bodenmeliorationen in Bayern und Hannover. — Hess. Die Bewässerungs-Anlagen Oberitaliens. — Heuschmid. Landes-Melioration, Moorkultur usw. — Keelhof. *Traité pratique de l'irrigation des prairies.* — Markus. Das landwirthschaftliche Meliorationswesen Italiens. — Derselbe. Die Bewässerungen in den Departements Bouches du Rhône und Vaucluse. — Perels. Handbuch des landwirthschaftlichen Wasserbaues. — Thaer. Rationelle Landwirthschaft. — Vincent. Der rationelle Wiesenbau. — Zeitschr. f. Bauk., f. Bauw., f. Hannover.

a. Zweck und Nutzen der Bewässerungen.

Durch Bewässerungen soll die Ertragsfähigkeit des angebauten Bodens gesteigert werden. Eine Mehrung des Bodenertrags durch Bewässerungen lässt sich erzielen durch rechtzeitige Anfeuchtung der Grundstücke (anfeuchtende Bewässerung), durch Zuführung der im Wasser enthaltenen und von ihm zugeleiteten mineralischen und organischen Dungstoffe (düngende Bewässerung), durch bessere Aufschliessung und Vertheilung der im Boden schon enthaltenen Nährstoffe, durch Beseitigen von Bodensäuren.

Häufig hat das Wasser zur Regulirung der Bodentemperatur, manchmal auch, bei genügend hoher Ansammlung über dem Boden, zum Schutze des Pflanzenwuchses vor der Beschädigung durch Spätfröste zu dienen.

¹⁾ Weiteres s. in Markus: „Das landwirthschaftliche Meliorationswesen Italiens“ und Nadault de Buffon: „*Hydraulique agricole. Des submersions fertilisantes etc.*“

In Deutschland handelt es sich bis jetzt hauptsächlich um Wiesen-Bewässerungen. Auf diese wird im Nachfolgenden näher eingegangen werden¹⁾, während von den im Anschlusse an die städtischen Kanalisationen anzulegenden Rieselfeldern an anderer Stelle des Werks die Rede sein wird.

Bei dem Vorurtheile, welches auch heute noch in manchen Kreisen Deutschlands gegen umfassendere Bewässerungs-Anlagen besteht, erscheint es angemessen, die Bedeutung und den Nutzen derselben durch die Erfolge einzelner Anlagen zu beleuchten.

Ueber die genossenschaftliche, an der Hase bei Bramsche nördlich von Osnabrück gelegene und als äusserst gelungen bezeichnete Bewässerungs-Anlage wird in dem „Kulturtechnischen Reisebericht“ von Kreis-Kultur-Ingenieur A. Henschmid und in dem Reiseberichte von Professor W. Schlebach mitgetheilt, dass das früher nur 40—50 Z. mittelmässiges Dürrfutter auf 1^{ha} ausmachende Jahresertragniss nach der Melioration auf 130—150 Z. gutes Dürrfutter gestiegen ist. Die Anlage bildet 3 Abtheilungen; innerhalb der 1. Abtheilung beliefen sich die Meliorations-Kosten auf 950 *M.* f. 1^{ha}; der Kaufpreis der Wiesen ist gestiegen von 3000 *M.* auf 6500 *M.* f. 1^{ha}. — Die Kosten der Einrichtungen in der 2. Abtheilung betragen alles in allem 900 *M.* f. 1^{ha}; der Kaufpreis ist auf 7000 *M.* f. 1^{ha} gestiegen.

Ueber die Melioration der Bockerhaide (Westfalen) wird berichtet, dass ehemals für 1^{ha} 180—300 *M.* bezahlt wurden, dass aber jetzt für Wasserwiesen der Kaufpreis im Mittel 2000 *M.* beträgt; gegenüber den Erträgen wird dieser Preis noch als etwas niedrig bezeichnet.

Nach Hess²⁾ betrug der Werth von 287^{ha} Wiesen, welche verschiedenen Gemeinden an der Hardau und Gerdau zugehören, vor Anlage der Bewässerung 146 410 *M.* Der jetzige Werth wird mit 1 225 000 *M.* angegeben, so dass nach Abzug der Kosten der Anlage ein Mehrwerth von rd. 1 000 000 *M.* bleibt. Und doch liegt der grösste Nutzen erst in der gesteigerten Dünger-Erzielung und in der Sicherung des landwirthschaftlichen Betriebes.

Nach demselben Autor werden von den Syndiken der Genossenschaft, durch welche die Müden-Nienhofer Meliorations-Anlage geschaffen wurde, folgende Durchschnitts-Erträge für 1^{ha} angegeben: auf bewässerten Wiesen 76 Z. Heu und 38 Z. Grummet, zusammen 114 Z. zu je 2 *M.* Nach Abzug der Gewinnungskosten giebt dies 228 *M.* Auf nicht bewässerten Wiesen werden erzielt 19 Z. Heu, 0 Z. Grummet; zu je 2 *M.* ergibt dies 38 *M.*; mithin entsteht ein Unterschied von 190 *M.* Davon ab für Verzinsung, Tilgung und Unterhaltung 70 *M.*, bleibt als Jahresmehrertrag für 1^{ha} 120 *M.*, was bei 500^{ha} meliorirter Fläche eine gesammte Vergrösserung des National-Vermögens um 1½ Mill. Mark giebt. Die Kosten der Anlage werden mit insgesamt 330 000 *M.*, d. h. für 1^{ha} auf 660 *M.* angegeben.

Im bayerischen Regierungsbezirk Oberfranken hatten die besseren Grundstücke des sog. „reichen Erbrachthales“ früher einen Werth von 2100 *M.* für 1^{ha}, während ihr jetziger Werth, nach Einrichtung der Bewässerung, auf 4200 bis 4500 *M.* gestiegen ist. Der Ertrag war früher 51—60 Z. Dürrfutter auf 1^{ha} und ist heute 110—120 Z. Mit vollem Recht kann i. allg. angegeben werden, dass auf deutschem Gebiete gute Wasserwiesen den zwei- bis dreifachen Ertrag

¹⁾ Die Frage, ob die Getreide-Bewässerung, welche ja auch in Italien zu den Ausnahmen gehört, in Deutschland einen grösseren Reinertrag gewähren würde, ist seither noch offen. Dr. E. Wollny äussert sich hierüber in seiner Schrift: „Die Pflanze und das Wasser“ wie folgt:

„Die sonstigen Bedingungen des Wachstums und der Entwicklung mögen sich noch so günstig gestalten: da- Gedeihen der Pflanzen ist so lange nicht gesichert, als ihnen die erforderlichen Wassermengen nicht zu Gebote stehen“. Ferner: „die Schädlichkeit einer während der stärksten Entwicklung (z. B. beim Schossen der Gerste) überstandenen Dürstperiode von 14 Tagen wird durch nachfolgenden Regen nicht wieder ausgeglichen. Findet die Pflanze während ihrer Jugendzeit normale Wassermengen im Boden, und muss sie dann in der Blüthezeit dursten, so wird besonders die Ausbildung der Körner beeinträchtigt. Bei starker Trockenheit verschwinden wohl gar die Pflanzen, ohne überhaupt Körner gebildet zu haben. Wird die Pflanze in der Jugendzeit knapp mit Wasser versorgt und erhält dann zur Blüthezeit normale Feuchtigkeit, so ist die Ausbildung der Körner vortrefflich, dagegen die des Strohes und der Blätter eine geringe.“

²⁾ Die Bewässerungs-Anlagen im südlichen Theile der Landdrostei Lüneburg usw.

von unbewässerten Wiesen liefern¹⁾. Solch bedeutende Mehrerträge lassen sich überall da erzielen, wo unter Berücksichtigung der Lage und Beschaffenheit des Bodens, der Brauchbarkeit und Menge des Wassers eine in ökonomischer und technischer Beziehung richtige Anlage geschaffen wird.

b. Bodenverhältnisse.

Eine Bewässerungs-Anlage ist am Platze entweder auf einem von Natur trockenen Boden oder auf künstlich trockengelegtem Boden. Die Trockenlegung sollte dann aber nicht durch die gewöhnliche Röhrendrainage erfolgt sein, weil durch sie das Wasser zu rasch abgeleitet und eine Regulirung der Durchfeuchtung nicht ermöglicht wird.

Am günstigsten für die Bewässerung sind durchlassende Sand- sowie Lehm-Böden, bei welchen Sand und Thon ziemlich gleichmässig gemengt sind; günstig sind ferner mehr oder weniger mächtige, mit Sand vermengte Thonböden auf durchlassendem Untergrunde. Entweder gar nicht oder weniger geeignet sind ebensowohl die zu lockern und porösen Böden, wie die vorwiegend kieshaltigen, als die der Wärme und Luft weniger zugänglichen dichten und wenig durchlassenden schweren Thonböden. Vorwiegend humose Böden eignen sich für eine düngende Bewässerung besonders dann, wenn das Wasser mineralischen Dünger zuführt.

c. Güte des Wassers.

Der Erfolg einer Bewässerungs-Anlage hängt unter sonst gleichen Verhältnissen von der Güte und Menge des zugeleiteten Wassers ab. Von der Benutzung auszuschliessen sind die dem Gedeihen der Pflanzen schädlichen Wasser, wie manche Fabrikwasser, das aus Torfmooren stammende Wasser, sofern es nicht längere Zeit in Teichen der Einwirkung der Sonne ausgesetzt gewesen, das Wasser stärkerer Salzquellen und also auch das des Meeres. Bei dem nach dieser Ausscheidung noch in Betracht kommenden Wasser der Quellen, Bäche und Flüsse wird mit Rücksicht auf die in Deutschland zumeist in Frage stehende, düngende Bewässerung die Güte des Wassers nach seinem Gehalte an gelösten und schwebenden Stoffen zu beurtheilen sein.

Wenn auch die gelösten Bestandtheile, sei es dass sie, jedoch immer nur zum geringen Theile, durch die Absorption des Bodens zurück gehalten, sei es dass sie unmittelbar von den Pflanzen aufgenommen werden, nicht ohne Nutzen und jedenfalls schon deshalb von Bedeutung sind, weil ein an löslichen Stoffen reicheres Wasser weniger auslaugend auf den Böden wirkt, so ist es doch vorzugsweise der Gehalt an Schwebestoffen, Schlick und Schlamm, durch welchen die Düngung des Bodens und bezw. der Ersatz für die durch die Ernten entnommenen Nährstoffe geliefert wird.

An die Namen Saussure, Sprengel und Liebig knüpft sich die neuere Anschauung, dass alle Stoffe, aus denen sich die Pflanzen aufbauen und welche darin gefunden werden, dass also Kali, Kalk, Talkerde, Phosphor-, Schwefel- und Salpetersäure, Eisen usw. für das Wachstum derselben unentbehrliche Nährstoffe sind. Die Hauptwirkung des Wassers bei den Bewässerungen ist demnach in der Zuführung dieser Stoffe zu suchen. Zur Erzielung reicher und nachhaltiger Ernten wird je nach der Zusammensetzung des zu bewässernden Bodens oder der im Schlick des Rieselwassers enthaltenen Bestandtheile eine Zugabe an einzelnen mineralischen, sowie auch an organischen Dungstoffen nicht unterlassen werden dürfen.

Dr. J. König²⁾ hat für bestimmte Verhältnisse die Mineralstoffe, welche

¹⁾ Heuschmid. Zeitschr. d. landwirthsch. Ver. in Bayern (Märzheft 1885): Erfahrungen auf dem Gebiete der Bewässerungs-Unternehmungen. Auch im Sonderabdruck. — Reischle: Das Kulturwesen Niederbayerns. 1886. — Hess: Gutachten, betreffend die Melioration der in den Aemtern Bruchhausen, Syke und Thedinghausen belegenen Niederungen. 1885. — Schleich Ueber Landeskultur, 1884.

Journ. f. Landwirtschaft 1880.

in 4000 kg Heu, dem reichlichen Jahresertrage an Dürrfutter von 1 ha, enthalten waren und welche demnach dem Boden, auf welchem der Ertrag erzielt worden, zurück gegeben werden sollten, wie folgt ermittelt (in kg):

Mineralstoffe (überhaupt)	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphor- säure	Schwefel- säure
206,0	52,8	10,4	34,4	13,2	16,4	9,6

Bei eintägiger Rieselung mit städtischen Abwässern wurden auf 1 ha beigebracht:

Mineralstoffe (überhaupt)	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphor- säure	Schwefel- säure
477,9	6,1	75,7	69,8	26,6	3,2	54,8

Man erkennt aus diesen Zahlen sofort, dass bei einer guten Bewässerung eine Erschöpfung des Bodens verhindert, dass aber durch sie allein in der Regel nicht ein gleichmässiger Ersatz der entnommenen Nährstoffe ermöglicht werden kann.

Oft könnte ein aus grösserer Entfernung bezogenes, dungreiches Wasser, welches dem Boden fehlende Nährstoffe zuführen würde, mit grösserem wirtschaftlichen Erfolge und demnach mit besserem Rechte verwendet werden, als das in der Nähe entnommene billigere Wasser. —

Zur anfeuchtenden Bewässerung kann jedes nicht unmittelbar schädliche Wasser von nicht zu niedriger Temperatur benutzt werden. Zur Aufschliessung und Vertheilung der im Boden enthaltenen und demselben übergebenen Pflanzen-Nährstoffe und zur Reinigung des Bodens von Säuren wird Quellwasser wegen höheren Sauerstoff-Gehalts (gelöst) vielfach mit besonderem Nutzen zu verwenden sein.

Ob und in welchem Grade schliesslich das verfügbare Wasser zu dem einen oder andern Zwecke benutzbar ist, kann man bald auf chemischem und physikalischem Wege, bald auch nur aufgrund einfacher äusserer Merkmale entscheiden. Das aus Schwemmschichten (Mergel, Flysch) stammende Wasser ist gewöhnlich reich an Dungstoffen, ebenso gilt dies von Gewässern, welche Zuleitungen aus Feldern und Ortschaften erhalten. Wasser aus dem Urgebirge und das aus Kies- und Sandschichten stammende wird häufig ziemlich rein und nur in bestimmten Fällen zu Wässerungen geeignet sein. Vielfach lässt sich die Brauchbarkeit des Wassers genügend sicher nach den Pflanzen beurtheilen, welche an den Bach und Flussufern gedeihen.

Die Menge des Schlicks bei Flussanschwellungen, welche durch Filtration einer kleineren Wassermenge oder durch Niederschlag der Schwebstoffe zu ermitteln ist, stellt sich je nach den Wasserläufen und Verhältnissen sehr verschieden heraus. Auch abgesehen von so beträchtlicher Schlickführung, wie sie bei den Auflandungen bezüglich einzelner italienischer und französischer Flüsse erwähnt wurde, ist die Schlammmenge, welche ein Fluss in kurzer Zeit abführt, eine sehr bedeutende. Z. B. führt der Rhein bei Germersheim (nach Grebenau) bei Anschwellungen mit einer durchschnittlichen Wassermenge von 1500 cbm in 1 Sek. ungefähr 1/2000 der Wassermenge an Schlamm, also 0,75 cbm in 1 Sek. oder 64 800 cbm in 1 Tag. Während eines Jahres kommen hier gewöhnlich 30 Anschwellungen vor¹⁾.

d. Wassermenge.

Die Wassermengen, welche zur Erzielung günstiger Erfolge bei der Neuanlage von Bewässerungen als erforderlich anzusetzen sind, hängen von dem Zwecke der Anlage, von den klimatischen und Boden-Verhältnissen, sowie von verschiedenen, durch die Oertlichkeit gebotenen Rücksichten so wesentlich ab, dass allgemein zutreffende Normen sich nicht aufstellen lassen. Jedenfalls hat die auch von Baurath Hess und Andern vertretene und bei seinen bedeutenden Meliorationen eingehaltene Anschauung volle Berechtigung, dass mit dem verfügbaren Wasser ökonomisch umgegangen, und die in früherer Zeit mehrfach

¹⁾ Grebenau. Der Rhein vor und nach seiner Regulirung usw.

zugelassene, allgemeinere Meliorationen ausschliessende Verschwendung des Wassers vermieden werden soll. Durch wiederholte Benutzung des Wassers und durch einen zweckmässig festgesetzten Turnus, nach welchem die einzelnen Abtheilungen eines grösseren Gebietes auf kürzere Zeit mit einer ergiebigeren Wassermenge versorgt werden können, lässt sich auch bei mässigerem Zuflusse ein grosser Gewinn erzielen.

Bei anfeuchtenden Bewässerungen kann demnach als mittleres Maass ein Zufluss von 1^l auf 1^{ha} und Sek. und bei düngender Bewässerung ein solches von 10^l auf 1^{ha} und Sek. angegeben werden. Dass unter besonderen Verhältnissen eine viel grössere Menge — 100 Sek.-Lit. und darüber -- verwendet werden kann, wird durch einzelne bestehende Anlagen erwiesen.

Bei der Müden-Nienhöfer Meliorationsanlage¹⁾ ist ein ständiger Zufluss von 6,4^l auf 1^{ha} angenommen worden; die Erfahrung hat ergeben, dass diese zugeleitete Wassermenge für eine düngende Bewässerung zureicht.

An der Weser, unterhalb Hoja ist auf dem linken Ufer eine Melioration von 7425^{ha} geplant, welche nach ihrer Durchführung die grösste derartige Anlage in Deutschland sein wird. Das zur Bewässerung erforderliche Wasser soll oberhalb Hoja dem Weserstrom entnommen werden und es ist beabsichtigt, dass jede Fläche jährlich 14 Tage lang eine düngende Bewässerung mit einem Zuflusse von 15 Sek.-Lit. auf 1^{ha} und im Sommer nach der Heuernte eine Anfeuchtung mit 1000^{cbm} auf 1^{ha} — Stau- oder Irrigationshöhe also 1^{dm} — erhalten soll. Dies giebt auf 180 Tage vertheilt einen gleichmässigen sekundl. Zufluss von 1,2^l für 1^{ha}²⁾.

Wird ein grösseres Gebiet z. B. in 4 Abtheilungen zerlegt und ist ein sekundl. Zufluss von 10^l auf 1^{ha} zugrunde gelegt, so kann bei einem 4fachen Turnus jedem Revier während der Bewässerungszeit ein Zufluss von 40 Sek.-Lit. zugewiesen werden und ist die Anlage auf eine doppelte Benutzung des Wassers eingerichtet, so lässt sich auch die doppelte Fläche zeitweise nahehin mit dem gleichen Wasserquantum versorgen³⁾.

e. Wasserverluste.

Zu beachten sind bei der wiederholten Benutzung des Wassers, bei den Wasserableitungen, bei den an Wasserwerksbesitzer zu entrichtenden Entschädigungen für zeitweilige Wasserentnahme usw. die Wasserverluste, welche sich in Folge der Versickerung und Verdunstung ergeben. Auch diese hängen von den örtlichen Verhältnissen so wesentlich ab, dass sich nur generelle Angaben machen lassen. Bald werden die Verluste nur mit etwa 10, bald auch mit 30 % und darüber angegeben⁴⁾.

f. Entnahme, Zu- und Ableitung des Wassers.

Ist die Grösse der zu bewässernden Fläche und die zur Bewässerung in Aussicht zu nehmende Wassermenge bestmöglich festgestellt, so handelt es sich weiter um Ansammlung, Entnahme, Zuleitung, Ableitung und Abgabe des Wassers.

Die Ansammlung und Aufbewahrung des zeitweise im Ueberflusse auftretenden Wassers geschieht durch Sammelteiche und Weiher, aus welchen es je nach Bedarf abgelassen wird. Die aus früherer Zeit übrig gebliebenen Weiher sind oft so ungünstig gelegen, dass sie zu Versumpfung Anlass geben. Neue, an zweckmässig gewählten Stellen angelegte Sammelteiche zur Bewässerung sind in Deutschland bis jetzt nur selten angeordnet worden⁵⁾.

¹⁾ Hess: Die Bewässerungsanlagen im südlichen Theil der Landdrostei Lüneburg 1883.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1882, S. 69.

³⁾ Manchmal ist ein 7—8 facher Turnus und eine 5—6 malige Benutzung des Wassers eingerichtet.

⁴⁾ Näheres im Kulturingenieur Bd. III., sowie Zeitschr. f. Hannover 1888 und Zeitschr. d. landwirthsch. Ver. in Bayern 1885.

⁵⁾ Ueber die bedeutenden Sammel-Teichanlagen im Elsass der jüngsten Zeit s. Zeitschr. f. Bauw. 1889

Häufig wären dieselben von grossem Vortheile, besonders dann, wenn mit einer möglichst vollständigen Benutzung des Wassers eine nennenswerthe Regulirung der Abflussmengen in Verbindung gebracht werden kann. Die Abflüsse der zu

Fig. 598.

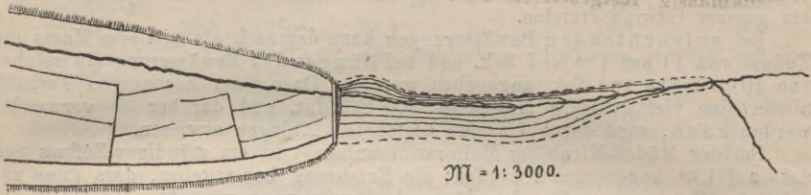
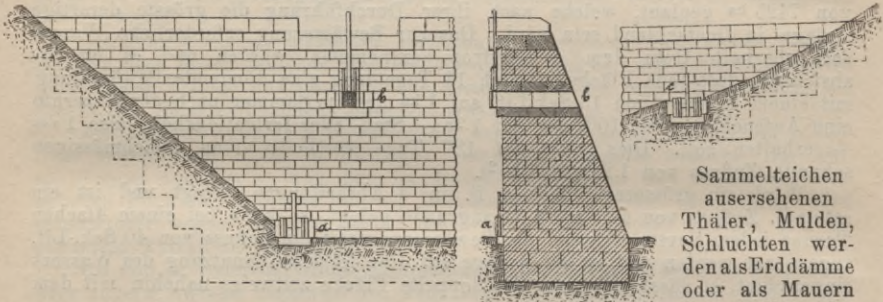


Fig. 599.

Fig. 600.



Sammelteichen ausersehen Thäler, Mulden, Schluchten werden als Erddämme oder als Mauern hergestellt. In dem bezüglich derartiger grösserer Anlagen auf betr. Quellen verwiesen wird, sei hier in den Fig. 598—600 nur ein einziges Beispiel mitgetheilt, welches eine kleine Thalsperre von 4 m grösster Höhe bietet, die in der Rheinpfalz bei Lohenweiler angelegt ist¹⁾. Das Regen-

gebiet des hierdurch abgeschlossenen Thales beträgt 190 ha, der Fassungsraum des Sammelweihers 5351 cbm. Die Kosten der Anlage, ohne Zurechnung der Beiführkosten für Sand und Kalk, belaufen sich auf rd. 1000 M. Der nächste Zweck der Anlage ist die Verhütung der seitherigen, starken Verfäzungen. Wenn seinerzeit eine Ausfüllung der Mulde eingetreten, wird eine weitere Thalsperre oberhalb der jetzigen hergestellt werden.

Fig. 601.

Fig. 602.

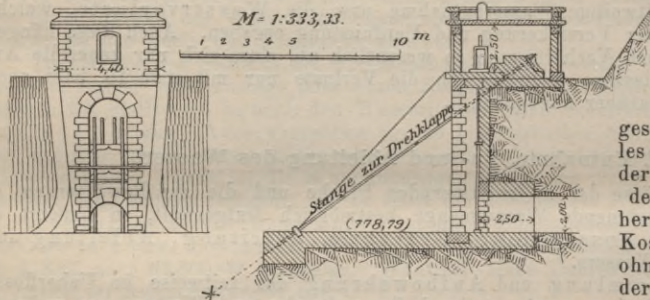
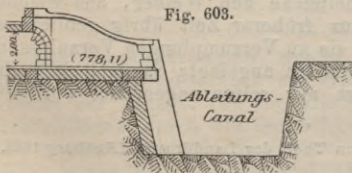


Fig. 603.



gebiet des hierdurch abgeschlossenen Thales beträgt 190 ha, der Fassungsraum des Sammelweihers 5351 cbm. Die Kosten der Anlage, ohne Zurechnung der Beiführkosten für Sand und Kalk, belaufen sich auf rd. 1000 M. Der nächste Zweck der Anlage ist die Verhütung der seitherigen, starken Verfäzungen. Wenn seinerzeit eine Ausfüllung der Mulde eingetreten, wird eine weitere Thalsperre oberhalb der jetzigen hergestellt werden.

Zur Entnahme des Wassers hat diese ausser einem Ueberfalle 3 durch Schützen abschliessbare Ablässe a, b, c, von welchen der linksseitige c für Abführung des Wassers zu Bewässerungs-Zwecken dient. Bei gefülltem Reservoir führen

Zur Entnahme des Wassers hat diese ausser einem Ueberfalle 3 durch Schützen abschliessbare Ablässe a, b, c, von welchen der linksseitige c für Abführung des Wassers zu Bewässerungs-Zwecken dient. Bei gefülltem Reservoir führen

¹⁾ Ausgeführt vom Kreis-Kulturingenieur Merl in Speyer.

Fig. 604, 605.

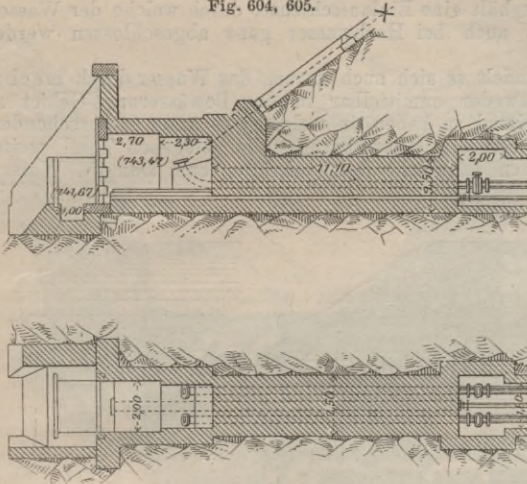


Fig. 606, 607.

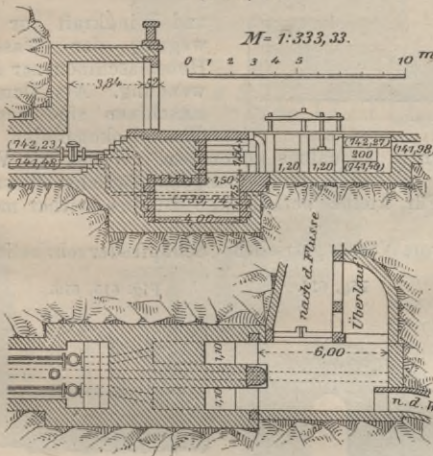


Fig. 608.

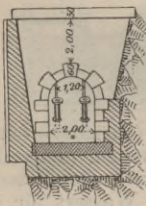
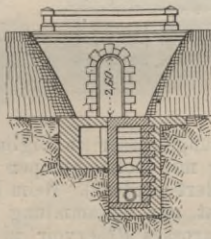


Fig. 609.



auch bei Niedrigwasser gestatten, bei dass schädliche Ueberfluthungen nicht

sämmtliche Auslässe 1,54 cbm Wasser ab. Bei höheren Thalsperren wird mehrfach das aufgestaute Wasser durch Umleitungs-kanäle für Bezirke nutzbar gemacht werden können, welche nach ihrer Höhenlage sonst nicht mit Wasser zu versehen sein würden. Die übrigen Ableitungen des Wassers in die unteren Bezirke werden aber dann, um Schwächungen oder Gefährdungen der Sperre zu vermeiden, besser durch Anlage von seitlichen Stollen und zwar in der durch Fig. 601—603 oder 604—609 angegebenen Weise hergestellt¹⁾.

Grössere derartige Anlagen erfordern einen bedeutenden Aufwand. Da wo es sich vorzugsweise um eine Hebung des Wassers handelt, ist deshalb zu erwägen, ob dies nicht einfacher und billiger in anderer Weise erreicht werden kann. Je nach Umständen wird zu untersuchen sein, ob durch eine von dem Bewässerungs-Gebiete weiter aufwärts und genügend hoch gelegene Kanalabzweigung von dem benutzbaren Bache oder Flusse das Wasser in der erforderlichen Höhe zugeleitet werden kann, oder ob es vortheilhaft und zureichend ist, die fest gestellte Wassermenge möglichst nahe dem Bewässerungs-Gebiet aus dem

Wasserlanfe zu entnehmen. Die Sicherstellung des Wasserbezugs aus dem Flusse wird meist nur durch eine, nach allen einschlägigen Verhältnissen richtig zu bemessende Wehranlage, unmittelbar unter der Entnahmestelle, geschehen können; nur selten genügen Schöpfbuhnen und noch viel weniger einfache Anzapfungen. Der durch das Wehr erzeugte Aufstau soll die Entnahme Hochwasser jedoch so gering sein, hervor gerufen werden. Der das

¹⁾ Frank. Die Thalsperre des Furens (Zeitschr. f. Baukunde 1883).

Wasser abführende Kanal erhält eine Einlaufschleuse, durch welche der Wasserbezug geregelt und event. auch bei Hochwasser ganz abgeschlossen werden kann. Fig. 610, 618¹⁾.

In manchen Fällen handelt es sich auch darum, das Wasser durch mechanische Wasserhebung entweder unmittelbar in das Bewässerungs-Gebiet zu leiten oder auch in einen Kanal zu heben, in welchem es unter entsprechendem Gefälle gegen den abseits von der Wasserbezugsstelle gelegenen Theil weiter geführt wird. Bald kommen thierische Betriebskräfte, bald Dampf-, Wasser-

Fig. 610, 611.

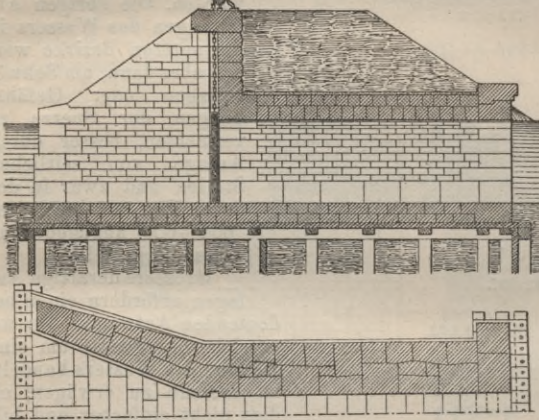
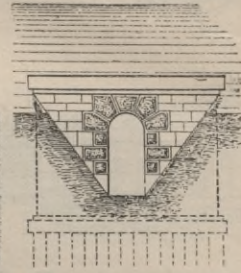


Fig. 612.



und Windkraft zur Bewegung der Wasser-Hebemaschinen zur Anwendung. Als Dampfmaschinen sind besonders Lokomobilen in Verbindung mit Zentrifugalpumpen in Aufnahme gekommen. Wo es mit Vortheil geschehen kann, sollten zu solchen Unternehmungen möglichst Wasserkräfte heran gezogen werden. Für kleine Verhältnisse ist dies seither mehr geschehen, als im Grossen.

In manchen Gegenden sind die vom Wasser getriebenen Schöpfräder sehr beliebt;

Fig. 613.

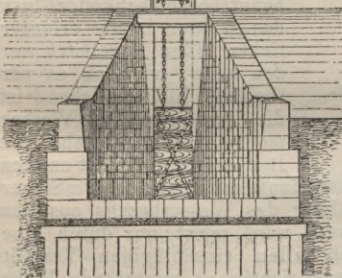


Fig. 614.

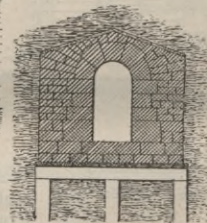


Fig. 615, 616.

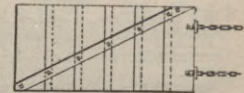
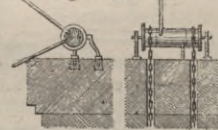


Fig. 617, 618.



in grossartiger Weise wird Bewässerungswasser in Cigliano (Piemont) durch Wasserkraft (Turbinen) in Verbindung mit Kolbenpumpen gehoben. Es sollen sekundlich 1230¹⁾ auf 22 m Höhe gefördert werden²⁾. Beim Betriebe der Wasser-Hebemaschinen durch Windmotoren ist zur Ansammlung des Wassers für die Zeit der Windstille ein entsprechend grosses Reservoir in die Anlage für ein-zubeziehen, oder es müssen zeitweilige andere Betriebsweisen vorgesehen werden

¹⁾ C. M. Bauernfeind's Vorlegeblätter zur Wasserbaukunde. Blatt 18.

²⁾ Markus. Das landwirthsch. Meliorationswesen Italiens.

Fig. 618.



Zu- und
Ableitung.
Liegen die zu
bewässernden
Grundstücke
nicht unmittel-
bar an der
Wasserbe-
zugsstelle

(Quellen, Bäche, Flüsse,
Sammelteiche), so ist das
Wasser in Kanälen an
die Verwendungsstellen
zuzuführen. Es ist zu
beachten, dass die Ge-
schwindigkeit (gewöhnlich
0,6—1,0 m) nicht zu gross
genommen werden darf,
um Angriffe auf Sohle und

Wände zu vermeiden, aber auch
nicht zu klein, damit die Schwe-
bestoffe nicht am unrecnten Orte
zur Ablagerung kommen.

Bei Bewässerungs-Kanälen
unter 0,5 qm Querschnitt sind Ge-
fälle üblich von $\frac{1}{600}$ — $\frac{1}{1000}$,
0,5—1 qm $\frac{1}{1000}$ — $\frac{1}{2000}$, 1—1,5 qm $\frac{1}{2000}$,
1,5—2 qm $\frac{1}{2200}$, über 2 qm $\frac{1}{3000}$ und
weniger.

Die Kanäle werden so geführt, dass
sämtliche Theile des Gebiets möglichst
vom Wasser bestrichen werden können;
zwischen der Entnahmestelle des Wassers
und dem Bewässerungs-Gebiet haben sie
gewöhnlich gleich bleibende Abmes-
sungen; überall wo Abzweigungen noth-
wendig, wird die Wasservertheilung
durch Schützen und Schleusen (Stau-
fallen) sicher gestellt und werden Haupt-
und Nebenleitung nach den ab-
zuführenden Grösst-Wasser-
mengen in ihren Abmessungen
bestimmt. Die Erdarbeiten sucht
man thunlichst abzumindern.
Die Böschungen sind $1\frac{1}{2}$ bis
2fach, die Dammkronen 1—1,5m
breit zu nehmen; am und im
Gebiete sind die Kanäle wenig-
stens theilweise im Auftrage zu
führen; nöthigenfalls sind

nächst, aber
nicht zu nahe
den Dämmen
Hintergräben
zur Aufnahme
des Qualmwas-
sers anzulegen
oder Dichtun-

Fig. 619.

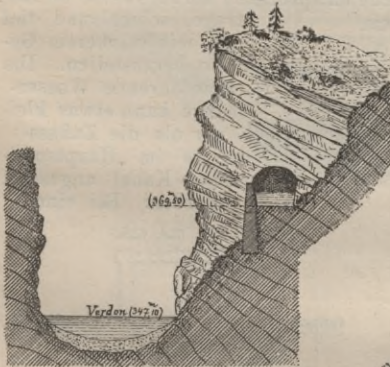


Fig. 620.

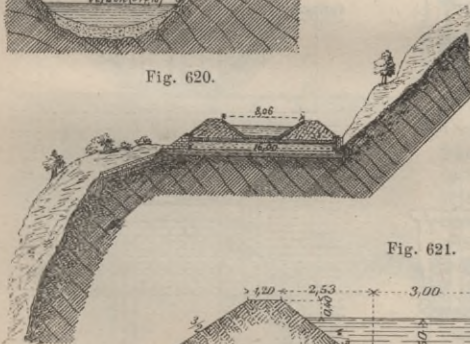


Fig. 621.



Fig. 624.

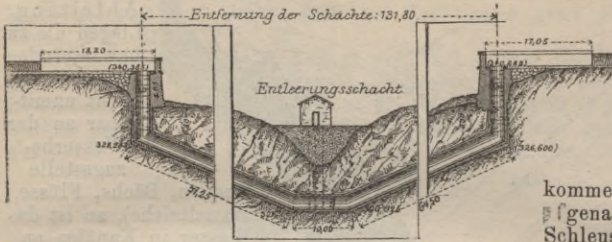


Fig. 622.



Fig. 623.



Fig. 625.

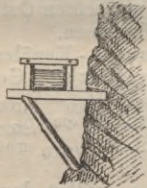


Fig. 636.

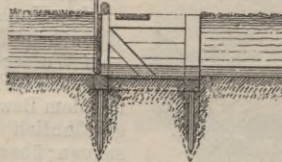


Fig. 631.

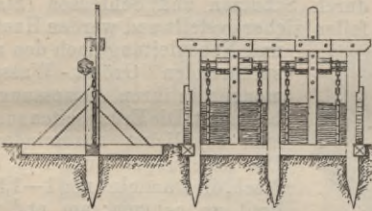


Fig. 634. 635.

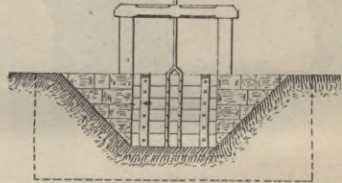
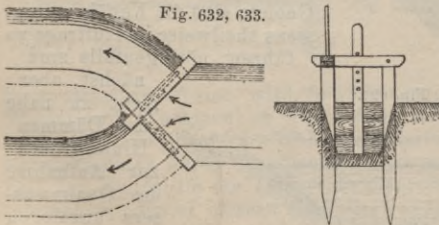


Fig. 632, 633.



gen des Kanalbetts (mit trübem Wasser, Thonlage, bei zerklüftetem Felsen mit Beton) herzustellen.

An Kunst- und Wasserbauten kommen ausser den schon genannten Wehr- und Schleusenbauten und Schöpfbuhnen (s. Wehr- und Schleusenbau und Flussbau) bei bedeutenderen Bewässerungs-Kanälen vor: Brücken, Aquadukte, Tunneln, Gallerien, Unterleitungen (Syphons), Kasten- und Stauschleusen, Stauffallen usw. Einzelne Darstellungen solcher Bauten sind unter Berücksichtigung der meist vorkommenden einfacheren Anlagen in den Fig. 618—635 dargestellt¹⁾.

Nächst dem Hauptbewässerungskanal kommt in Betracht der Hauptentwässerungs- und bezw. Rückleitungsgraben. Derselbe ist dem Zwecke der Sache entsprechend vorzugsweise im Abtrage, schmal und tief und mit stärkerem Gefälle herzustellen. Die abzuführende Wassermenge kann etwas kleiner als die Zufussmenge im Hauptzuleitungs-Kanal angesetzt werden. Bei einer

¹⁾ Bezügl. Fig. 621—624 s. auch Frank. Der Verdon-Kanal. Zeitschr. f. Bauk. 1880. Sekundl. Wassermenge des Verdon-Kanals 6 cbm

Fig. 626—628.

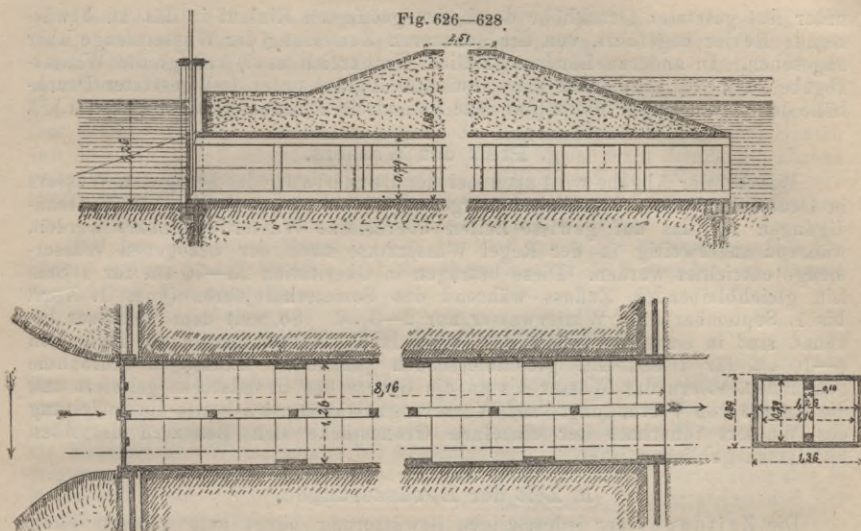
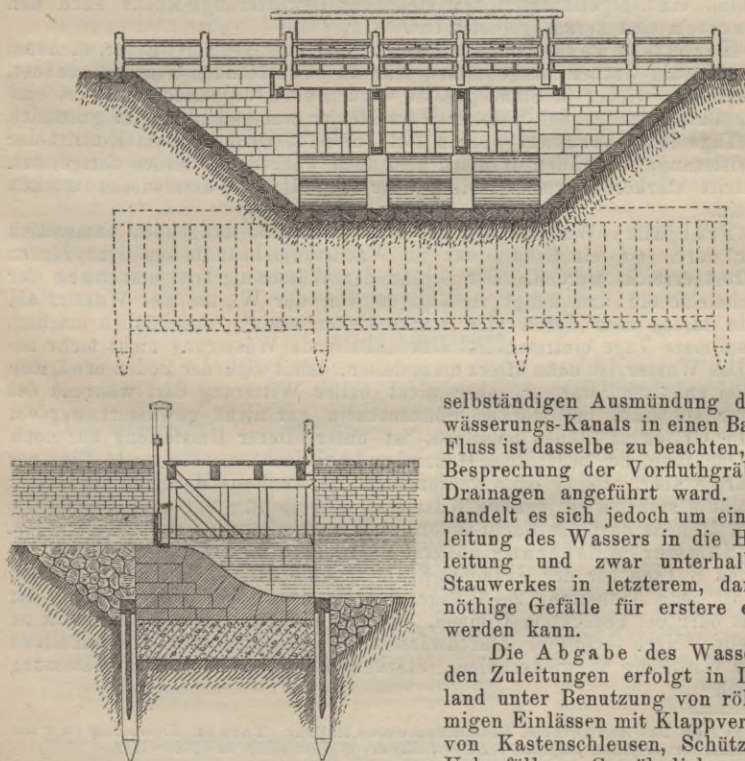


Fig. 629, 630.



selbständigen Ausmündung des Entwässerungs-Kanals in einen Bach oder Fluss ist dasselbe zu beachten, was bei Besprechung der Vorfluthgräben der Drainagen angeführt ward. Häufig handelt es sich jedoch um eine Rückleitung des Wassers in die Hauptzuleitung und zwar unterhalb eines Stauwerkes in letzterem, damit das nöthige Gefälle für erstere erhalten werden kann.

Die Abgabe des Wassers aus den Zuleitungen erfolgt in Deutschland unter Benutzung von röhrenförmigen Einlässen mit Klappverschluss, von Kastenschleusen, Schützen und Ueberfällen. Gewöhnlich wird das Wasser auf eine bestimmte Zeit

unter fest gesetzter Druckhöhe durch den geöffneten Einlauf in das zu bewässernde Revier zugeführt, von der genaueren Zumessung der Wassermenge aber abgesehen. In anderen Ländern (Italien, Frankreich usw.) erfolgt die Wasserabgabe nach Sek.-Lit., davon eine bestimmte Anzahl unter fest gesetzter Druckhöhe den sog. Modul bilden (der neue italienische Modul liefert 100 Sek.-Lit.)¹⁾.

g. Preis des Wassers.

Wie bei der Abgabe wird auch bei der Bezahlung des bezogenen Wassers in Deutschland mehr summarisch vorgegangen, indem gewöhnlich nur Entschädigungen für das auf gewisse Zeiten überlassene Wasser vereinbart werden, während anderweitig in der Regel Wasserzins nach der bezogenen Wassermenge entrichtet werden. Diese betragen in Oberitalien 23—70 *M.* für 1 Sek. Lit. gleichbleibenden Zufluss während des Sommerhalbjahres (vom 1. April bis 1. September), für Winterwasser nur 2—3 *M.* So weit dem Verfasser bekannt, sind in einzelnen Gegenden Deutschlands Wasserzins in der Höhe von 6—10 *M.* für 1 Sek.-Lit. gleichbleibenden jährlichen Zufluss in Aufnahme gekommen, sofern das Wasser bis an die Grenze der Grundstücke geliefert und die Anlage von Vertheilungs- und Wässerungs-Gräben usw., sowie die Aufleitung des Wassers innerhalb der einzelnen Grundstücke den Besitzern derselben überlassen geblieben ist²⁾.

h. Zeit der Bewässerungen.

Die Zeitdauer der jedesmaligen Bewässerung hängt zum grossen Theil von den örtlichen Verhältnissen ab. Im allgemeinen ist anzugeben, dass in Deutschland ein einigermaassen fest stehender Bewässerungs-Modus nach den Jahreszeiten sich heraus gebildet hat.

Die Herbst-Bewässerung, mit welcher nach der Grummet-Ernte, nachdem vorher noch die Gräben ausgebessert, die zu bewässernden Flächen geebnet, die Kunstbauten wieder in Stand gesetzt worden sind, begonnen wird, ist eine düngende Bewässerung, bei welcher jedes Revier wenigstens einmal gründlich (10—14 Tage lang) bewässert werden soll; dieselbe wird bis zum Eintritt der Winterwitterung, bei milden Wintern also auch während desselben fortgesetzt. Vor Eintritt stärkeren Frostes sollen aber sämtliche Wasserwiesen trocken gelegt sein.

Die Frühjahrs-Wässerung ist zwar auch eine düngende; namentlich soll aber durch sie ein Schutz der im Wachstum befindlichen Graspflanzen gegen Frost erreicht werden. Der Beginn der Wässerung tritt erst nach der Schneeschmelze ein und hängt im übrigen von der Wärme des Wassers ab. Spätfröste lassen sich durch eine starke Ueberrieselung unschädlich machen. Sobald wärmere Tage eintreten, ist eine anhaltende Wässerung nicht mehr zulässig. Das Wasser ist dann öfters umzustellen, damit sich der Boden erwärmen kann. Bei anhaltend warmer, aber nicht heller Witterung darf während des Tages nur schwach, bei starkem Sonnenschein gar nicht gewässert werden. Sobald die Gräser zu blühen beginnen, ist unter öfterer Umstellung nur noch eine Anfeuchtung, bei bedecktem Himmel und bei Nacht, am Platze; 14 Tage vor der Heuernte aber, welche dann vorzunehmen ist, wenn die Mehrzahl der Gräser in der Blüthe steht, wird jegliche Wässerung eingestellt. Nur zum Zwecke der leichteren Mähens darf die Nacht zuvor das Wasser schwach eingelassen werden.

Die Sommer-Wässerung hat erst 8—10 Tage nach der Heuernte zu beginnen und 8 Tage vor der Grummet-Ernte aufzuhören. In dieser Wässerungsperiode ist jede Abtheilung 2—3 Tage, jedoch womöglich nur während der Nachtzeit oder bei bedecktem Himmel, bis zur Sättigung des Bodens stark zu überrieseln. Nach erfolgter Durchwässerung ist solche nur bei anhaltend trockener Witterung zu wiederholen. Stärkere Regen machen diese Wässerung entbehrlich³⁾.

¹⁾ Markus. Das landwirthsch. Meliorationswesen Italiens. Target. *Experiments on a new form of module for irrigation purposes.* Excerpt Minutes of Proceedings etc. 1880—1881.

²⁾ Ueber Entschädigungen der Triebwerk-Besitzer für zeitweise überlassenes Wasser s. a. Heuschmid. Erfahrungen auf dem Gebiete der Bewässerungs-Unternehmungen.

³⁾ Rheinhard. Die Wiesenbewässerung; Zeitschr. f. Bauk. 1883

Der Betrieb der anfeuchtenden Bewässerung in südlicheren Gegenden soll wenigstens an einem Beispiele erläutert werden. An die Unternehmung des Verdon-Kanals (Süd-Frankreich) ist für Bewässerung von 1 ha jährlich 48 M. zu zahlen. Die Bewässerung beginnt am 1. April und endet am 15. Oktober. Die Zwischenzeit zwischen 2 Bewässerungen beträgt 6 Tage und 6 Stunden. Das Wasser wird 4½ Stunde lang für jedes angemeldeten Sek.-Lit. im Maasse von 33,3^l in 1 Sek. abgegeben. Jede Einlassschleuse wird demnach während einer ganzen Bewässerungs-Periode 32 mal geöffnet und eine Wassermenge von 17 278 cbm für jedes angemeldeten Sek.-Lit. zugeführt, d. i. für jeden Turnus von 6 Tagen 6 Stunden eine Wasserschicht von 6 cm Höhe.

Bei dem Marseiller Kanal beträgt die Zeit von einer Bewässerung bis zur andern 4 Tage und 6 Stunden und das Wasser wird je 3 Stunden im Maasse von 34 Sek. Lit. abgegeben.

i. Vorarbeiten zur Planverfassung.

Der Lageplan ist i. M. $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{2500}$; die Horizontalkurven sind im Abstände von 0,3 bis 0,5 m darzustellen; nur bei sehr einfachen Gelände-Verhältnissen kann von solchen voraus gehenden Aufnahmen abgesehen werden. Es handelt sich ferner um die Untersuchung des verwendbaren Wassers und um die Messung der Wassermenge bei verschiedenen, besonders auch bei dem niedrigsten Wasserstande, und endlich um eine geognostische Untersuchung des in Frage stehenden Geländes, unter Berücksichtigung der Untergrunds- und der Grundwasser-Verhältnisse.

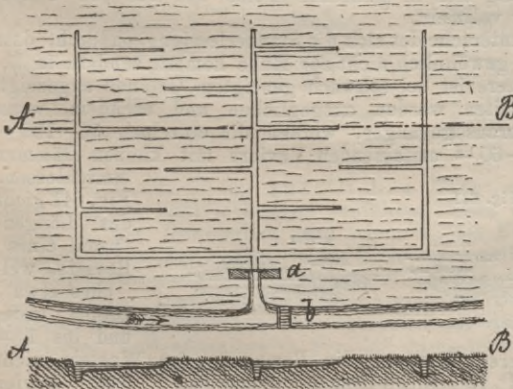
k. Die verschiedenen Bewässerungs-Systeme.

Eine zweckmässige Aufleitung und Vertheilung des Wassers auf das Gelände, sowie eine genügende und rechtzeitige Ableitung nach der Benutzung lässt sich gewöhnlich nur dann erzielen, wenn ausser den Haupt-Bewässerungs-Kanälen und den von diesen oberhalb der angebrachten Stauffallen abzweigenden Zuleitungsgräben und ausser den Hauptableitungs-Kanälen und -Gräben innerhalb der zu bewässernden Gebiete richtig angelegte Vertheilungs-Gräben und Wasserungs-Gräben (Wässergrippen) vorhanden sind. Manche Bewässerungs-Gräben dienen zugleich als Entwässerungs-Gräben.

Nach der Art, in welcher die Bewässerung erfolgt, und in welcher demgemäss die zu bewässernden Flächen mit Umschliessungen durch Dämme oder mit Wasserzügen versehen werden, kommen vier Bewässerungs-Systeme von allgemeinerer Bedeutung in Betracht, nämlich: die Einstauung, die Ueberstauung, die Berieselung und die Drainbewässerung.

a. Die Einstauung.

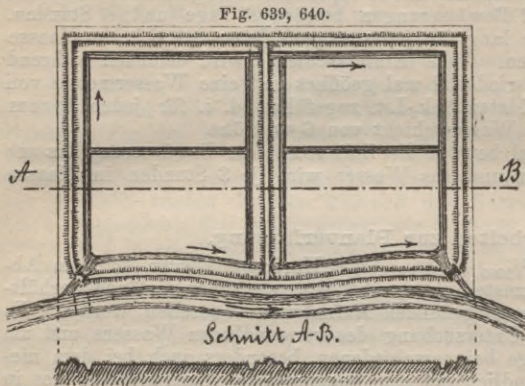
Fig. 637, 638.



Es wird hierzu durch Einsetzen der Schütze *a* Fig. 637, 638 das Grund- und Tagewasser in den Gräben zurück gehalten oder durch ein Wehr *b* das Flusswasser in dieselben eingestaut. Von den Gräben aus erfolgt eine seitliche Durchfeuchtung des Bodens in einer von dessen Durchlässigkeit abhängigen Ausdehnung. Bei stark durchlässigem Untergrunde fehlen die Voraussetzungen für Verwendung einer solchen Bewässerungs-Methode; von November bis April soll eine Anfeuchtung nicht stattfinden. —

β. Die Ueberstauung.

Dieselbe ist zu scheiden in die natürliche Ueberstauung, welche sich bei Ueberschwemmungen und Ueberfluthungen in den Flussthalern zeitweise von selbst, oder, bei eingedeichten Flüssen, in der bei den Auflagerungen kurz erwähnten Weise nach Oeffnung von Einlässen, oder durch angeordnete Ueberfälle vollzieht und in die künstliche Ueberstauung. Durch letztere lässt sich unter geordneten Verhältnissen rechtzeitig eine düngende und schützende Bewässerung, sowie die Unterdrückung und Vertilgung schädlicher Pflanzen und Thiere (Mäuse, Maulwürfe) mit geringem Aufwand erreichen; sie ist bei



lockeren, schwammigem und durchlassendem Boden mit geringem Gefälle ($\frac{1}{1000}$), weniger bei Thonböden anwendbar. Die zu bewässernden Komplexe, bezw. Reviere sind mit kleinen horizontalen Erddämmen in einer Höhe zu umschliessen, dass die höchsten Stellen noch mindestens 3 cm mit Wasser überdeckt werden können. Zur Verwendung höherer Dämme werden gewöhnlich Reviere von 12–15 ha gebildet, innerhalb deren die Vertheilung und bezw. Ableitung des Wassers durch Gräben ermöglicht wird, die in ihrem oberen Theile etwa 0,3 m tief mit einer Sohlenbreite von 0,5 m und einem Gefälle von mindestens $\frac{1}{2000}$ angelegt werden, Fig. 639, 640. Die Ueberstauung wird im Spätherbst und Frühjahr auf längere Zeit und einige Tage nach der Heuernte auf die Zeit von $\frac{1}{2}$ –1 Tag vollzogen, darf aber nicht mehr zugelassen werden wenn der Graswuchs schon eine gewisse Höhe erreicht hat; dann lässt sich aber das Wasser noch in die Gräben einstauen. Bei öfterem Umlauf kann mit dem Zufluss bis auf 1,5 bis 2 Sek.-Lit. für 1 ha (ständigen Zuflusses) herab gegangen werden.

Ausser dieser Art der Ueberstauung, bei welcher das Wasser innerhalb der einzelnen Abtheilungen längere Zeit ruhig steht, giebt es noch eine zweite, bei welcher der während der ersten zuzulassende Luftabschluss theilweise vermieden wird. Es ist dies die in neuerer Zeit mit Vorliebe verwendete Stau-Berieselung, auch natürliche Bewässerung wohl deshalb genannt, weil der Bewässerungs-Vorgang sich in ähnlicher Weise wie bei den Ueberfluthungen durch Hochwasser vollzieht.

Von der Ueberstauung unterscheidet sich die Stauberieselung dadurch, dass das Wasser auf den Reviere gewöhnlich nicht zur Ruhe kommt, sondern in beständiger Strömung ist. Letztere ist bei schwach geneigtem Gelände angezeigt. Nur die grösseren Unebenheiten werden ausgeglichen und nachdem, wenn nöthig, eine Entwässerung voraus gegangen, werden die einzelnen 50–100 m breiten und gewöhnlich 50–60 ha umfassenden Reviere mit kleinen Dämmen umschlossen.

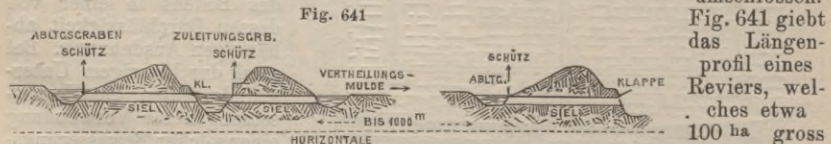


Fig. 641 giebt das Längenprofil eines Reviere, welches etwa 100 ha gross und bis 1 km

lang ist. Damit bei grösseren Reviere die Bewegung des Wassers nicht zu unregelmässig sei, sind Regelungs-Rinnen anzuordnen. Jedes Revier ist von Deichen mit dreifacher Böschung nach dem Revier hin um-

geschlossen. Das Wasser läuft etwa 10—20 cm hoch über den Boden und, wenn dieser mit einer dichten Grasnarbe bedeckt ist, trotz mässigen Gefälle, sehr langsam. Es fliesst aus dem im oberen Theile des Reviers liegenden Zuleitungsgraben durch die im obern Deich in Abständen von 10—50 m eingelegten, mit Schützen versehenen kleinen Siele von 30 cm Weite über die unterhalb belegene Vertheilungsmulde und sammelt sich am untern Ende des Reviers in dem Ableitungsgraben. Aus diesem geht es entweder in den Haupt-Entwässerungskanal oder in den unterhalb belegenen Zuleitungsgraben des folgenden Reviers usw über. Wo thunlich, sollte jedes derselben wenigstens zeitweise unmittelbar neues Wasser erhalten können.

Die Dämme werden um 0,3—0,4 m höher als Normal-Wasserstände und mit 1 m Kronenbreite angelegt; die Wassertiefe vor dem untern Damm soll 0,5 m in der Regel nicht überschreiten. Die Bewässerung wird bei geschlossenen Sielen (im untern Damme) eingeleitet und wenn die normale Wasserstandshöhe erreicht ist, werden die Schützen so weit geöffnet, dass bei gleich bleibendem Wasserstande der Zufluss dem Wasserverbrauche entspricht. Die Zeit der Bewässerung ist auf Frühjahr und Herbst und kurz nach der Heuernte zu beschränken. — Die Höhe der Dämme wird in manchen Gegenden viel geringer, 0,1—0,15 m, und die untere Böschung so flach genommen, dass das Wasser über die Dämmchen selbst geleitet werden kann. Das Wasser bewegt sich über dem obern Theile des Reviers nur in einer Höhe von 0,02—0,04 m und unmittelbar vor dem untern Damme in einer Höhe von 0,15 m. Gräben und Ablässe — letztere mit Ventilen versperrbar — sind hierbei wie bei der oben gegebenen Anordnung anzubringen, um die Vertheilung des Wassers und besonders auch dessen vollständige Ableitung bewirken zu können.

γ. Die Berieselung.

Die Anlagen zu Berieselungen, bei denen die zu bewässernden Flächen möglichst gleichmässig in dünnen Schichten vom Wasser getroffen werden sollen, zerfallen in den Hangbau und in den Rückenbau. Sind die bei guten Rieselanlagen erforderlichen, gleichmässig geneigten Flächen von Natur aus wenigstens nahezu vorhanden, so wird der sogen. natürliche Hang- oder Rückenbau in Anwendung gebracht; werden die Flächen durch ausgedehntere Erdarbeiten regelmässig umgestaltet, so handelt es sich um den Kunst-

Fig. 642.

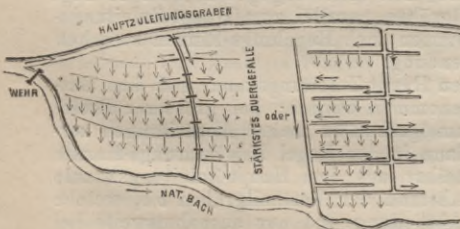
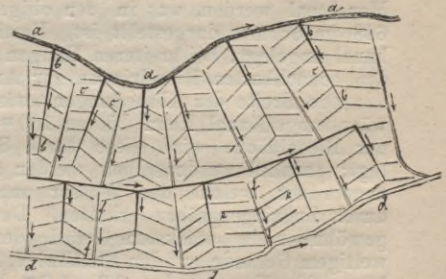


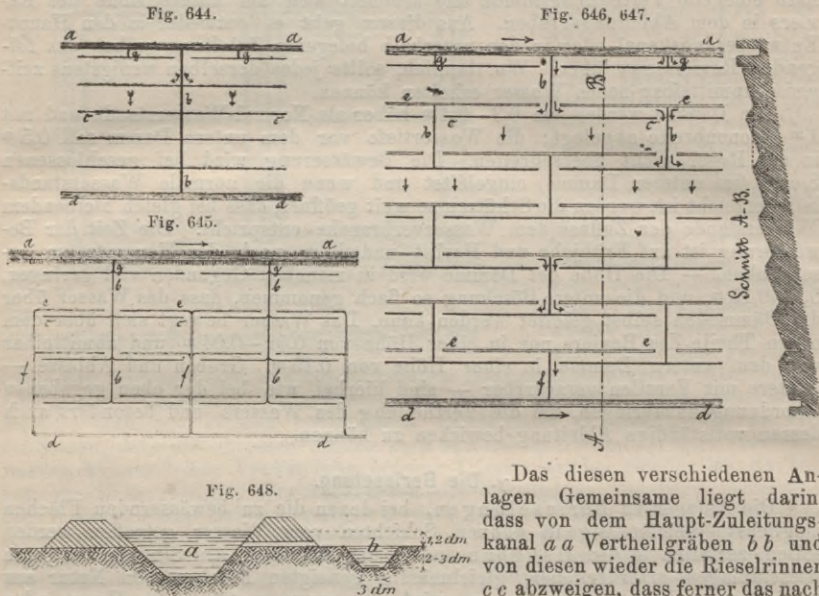
Fig. 643.



Wiesenbau, d. i. den künstlichen Hang- oder Rückenbau. Der natürliche Hangbau lässt sich dann ausführen, wenn das Gelände ein Gefälle von $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{50}$ hat. Gewöhnlich wird schon $\frac{1}{36}$ als Kleinstdmaass angenommen; nur wenn die Breite der Fläche (in der Richtung des überrieselnden Wassers) gering und der Untergrund sehr durchlassend ist, kann das Kleinstdmaass des Gefälls $\frac{1}{100}$ betragen. Der natürliche Hangbau ist für ziemlich gleichmässig geneigtes Gelände in Fig. 642 nach zwei verschiedenen Anordnungen und für unregelmässigeres, wellenförmiges in Fig. 643 dargestellt (geneigte Rieselrinnen).

Der künstliche Hangbau, bei welchem, je nach den örtlichen Verhältnissen und nach der grössten, 5—15 m betragenden Breite der Hänge Gefälle

von 4—8% verwendet werden, ist in seiner einfachsten Anordnung durch Fig. 644, in einer bei reichlicher Wasserzufuhr, bei einem zur Versumpfung und Erkaltung neigenden Boden und bei Gefällen unter $\frac{1}{96}$ zu benutzenden Anordnung (sogen. halber Rückenbau) durch Fig. 645, und für den Fall der wiederholten Benutzung des Wassers durch Fig. 646, 647 dargestellt.



Das diesen verschiedenen Anlagen Gemeinsame liegt darin, dass von dem Haupt-Zuleitungs-kanal *aa* Vertheilgräben *bb* und von diesen wieder die Rieselrinnen *cc* abzweigen, dass ferner das nach der Benutzung abzuführende Wasser in dem am unteren Ende der Abtheilung befindlichen Sammel- und bezw. Ableitungs-Graben *dd* aufgenommen wird. Je nach Umständen kommen zu diesen Gräben Entwässerungs-Grippen *ee* und -Gräben *ff* hinzu, ferner Einlässe *gg*. Manchmal werden, was in den obigen Figuren nicht angegeben, aber in Fig. 648 im Schnitt dargestellt ist, Vertheilgräben parallel zum Haupt-Zuleitungs-kanal angelegt; bei breiteren Hängen kommen auch Regelungs-Rinnen zwischen den benachbarten Rieselrinnen zur Anwendung.

Die Breite der Abtheilungen zwischen Haupt-Zuleitungs-kanal und dem Entwässerungs-Kanal kann bis zu 100 m genommen werden; bei grösserer Breite der Rieselfläche wird diese durch Sammelgräben in mehrer Abtheilungen zerlegt; parallel zu denselben werden sodann in der Regel Bewässerungs-Kanäle angeordnet, welche das Wasser unmittelbar aus dem Haupt-Zuleitungs-kanal durch Zubringergräben erhalten. Der Abstand der Vertheilgräben *bb*, welche gewöhnlich im stärksten Gefälle der Abtheilung und nur ausnahmsweise bei welligem Gelände auf den Firstlinien, Fig. 643, liegen, wechselt zwischen 18 und 50 m; dieselben werden 0,3—0,8 m breit und 0,1—0,3 m tief hergestellt. Die Rieselrinnen erhalten bei ganz oder nahezu wagrechter Lage (Gefälle $\frac{1}{2000}$ bis $\frac{1}{1000}$) eine Breite von 0,15—0,25 m und eine Tiefe von 0,1—0,15 m. Bei geneigten Rieselrinnen — Gefälle höchstens $\frac{1}{200}$ — verzweigen sich dieselben, um ein gleichmässiges Ueberschlagen des Wassers zu erzielen; an der Abzweigung vom Vertheilgraben erhalten sie eine gleiche Tiefe wie dieser und eine Breite von 0,25 m, an ihrem Ende eine Tiefe von 0,15 m und eine möglichst geringe Breite. Die Entwässerungs-Rinnen und -Gräben erhalten Abmessungen wie die betr. Bewässerungs- und Vertheilgräben. Kleine Schützen (Stechbretter) und Rasenstücke werden benutzt, um die Aufleitung des Wassers auf die einzelnen Hänge zu regeln.

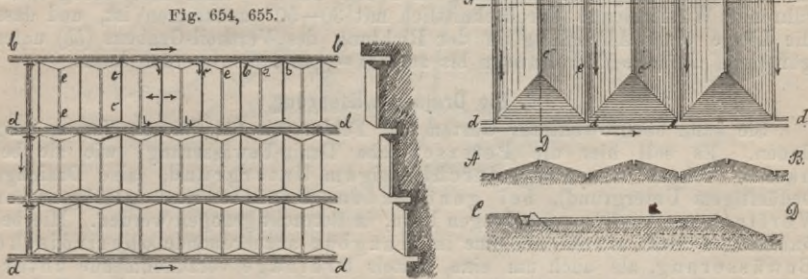
Der Rückenbau kann zur Anwendung kommen, wenn bei kleinerem Geländegefälle als 2‰ ein sehr intensiver Wirthschafts-Betrieb eingerichtet werden soll, wie dies z. B. in dem Siegener Lande der Fall ist. Vielfach werden zunächst natürliche Rückenbauten angelegt und diese mit der Zeit in Kunst-Rückenbauten umgewandelt. Schon mit Rücksicht hierauf sind die Hauptabmessungen für beide Anlagen gleich zu wählen.

Der natürliche Rückenbau ist in Fig. 649, 650, der Kunst-Rückenbau bei einfachster Anordnung in den Fig. 651—653 und bei Wiederbenutzung des Wassers in den Fig. 654, 655 dargestellt.

Fig. 649, 650.



Fig. 651—653.



Die einzelnen Abtheilungen des künstlichen Rückenbaues sind auf der obern Seite durch den Haupt-Zuleitungskanal *aa* und auf der untern Seite durch den Ableitungs- und bezw. Sammelkanal *dd*, oder aber oben und unten durch Gräben der letzten Art begrenzt. Parallel zum Hauptleitungs-Graben liegt der — ausnahmsweise in Fig. 651—653 fehlende, dagegen in Fig. 654, 655 allein dargestellte — Vertheilgraben *bb*, welcher kein oder ein sehr geringes Gefälle erhält. Von diesem zweigen ab die Rückengräben (Wässerungsrinnen) *cc*, welche innerhalb der gleichen Abtheilung wagrecht liegen oder ein nur kleines Gefälle von $\frac{1}{2000}$ erhalten. Das henutzte Wasser gelangt zunächst in die Entwässerungs-Rinnen *ee* und von diesen in die Gräben *dd*. Durch Einlässe *gg* wird den Vertheilgräben das Wasser aus dem Hauptkanale zugeführt. Aus dem Vertheilgraben gelangt das Wasser theils in die Rückengräben, um nach Ueberschlagen der Uferborde über die Hänge und so weit es am Grabenende noch abfließt, über die dreieckigen Abflussflächen *cde* abzurieseln; theils auch rieselt es mittelbar über die dreieckigen Anschlussflächen *beb*. Die Breite der Beete (Rücken) wird gewöhnlich von Mitte zu Mitte der benachbarten Entwässerungs-Rinnen so festgesetzt, dass auf jedem Hänge eine ganze Zahl von Schwad- (Schnitt-) Breiten sich ergibt; letztere zu 1,8^m bis 2^m angenommen, würde sich bei 2 Schwaden auf jedem Hänge unter Zurechnung der Grabenbreiten eine Breite der Beete von 7,6—8,5^m ergeben. Diese schmalen Beete kommen unter möglichst grossem Gefälle in sumpfigen und lockeren Böden zur Anwendung. Bei geringem aber schlickreichem Rieselwasser, bei wenig durchlässigem Boden und genauer Ebenung der Hänge kommen viel breitere Beete (bis zu 30 ja 40^m), allerdings unter Einschaltung von Regelungs-Rinnen, vor.

Als mittlere Breite eines Hanges kann 10^m angesehen werden. Das Gefälle der Hänge ist mit 5—6‰ anzunehmen; kleinere Gefälle bis herab auf 2‰ sind jedoch nicht ausgeschlossen. Die Länge der Rücken überschreitet im allgemeinen 20—25^m nicht, besonders nicht bei natürlichen Rücken; bei künstlichen

Rücken und sonst geeigneten Umständen beträgt diese Länge manchmal 60 m und darüber. Die Sohlen der Vertheil-Gräben, deren Tiefe zu 0,25 m zu nehmen, darf nicht unter der Sohle der Rücken-Gräben liegen; am untern Ende erhalten sie durchschnittlich eine Breite von 0,6 m, am oberen Ende ist der Querschnitt der aufzunehmenden Wassermenge entsprechend grösser.

Die Rücken-Gräben erhalten eine Breite von 0,25–0,3 m und eine Tiefe von 0,05–0,2 m; ebenso die Entwässerungs-Rinnen. Diese Gräben verjüngen sich, wie schon in Fig. 38 dargestellt. Regulierungs- und Vertheilungs-Rinnen werden erst bei Beeten von mehr als 12 m Breite angelegt¹⁾.

Bei der Ausführung der künstlichen Hang- und Rücken-Bauten wird der Rasen in einer Stärke von 5–8 cm vorläufig abgehoben. Nachdem die Umgestaltung des Geländes so durchgeführt ist, dass der gute Boden gleichmässig wieder oben aufgelagert worden, ist die Rasendecke wieder aufzubringen und zu übererden.

Was die für die Berieselungen nöthige Wassermenge und die Art und Weise der Verwendung des Wassers anbelangt, so ist im allgemeinen auf das bereits hierüber Mitgetheilte zu verweisen. Es mag hinzugefügt werden, dass die bei einer düngenden Rieselung in 1 Sek. auf 1 ha einer Abtheilung zuzuführende Wassermenge durchschnittlich mit 30–50¹ anzusetzen ist, und dass die Länge einer Abtheilung in der Richtung des Vertheil-Grabens (*bb*) unter günstigen Gelände-Verhältnissen bis zu 300 m genommen werden kann.

8. Die Drain-Bewässerung.

Sie kann ebensowohl für Gärten und Felder wie für Wiesen Verwendung finden. Es soll hier die Petersen'sche Drain-Bewässerung, wie sie bei nassen Wiesen mit wenig durchlässigem Untergrund, (also Drainage bedürftigem Untergrund), bei genügendem Gefälle und genügender Vorfluth zur Ausführung gelangen kann, in Betracht gezogen werden. Hierbei handelt es sich sowohl um eine im Hangbau anzuordnende oberirdische Bewässerung, als auch um eine, mittels Drainage vorzunehmende unterirdische Bewässerung sowie um eine Entwässerung des Grund und Bodens.

a. Die Drain- und Wasserzüge, Fig. 654²⁾. Die Haupt- oder Sammel-Drains *aa* kommen in die Richtung des stärksten Gelände-Gefälles und bei schwach geneigtem Gelände mit kleinstem Gefälle von $\frac{1}{1000}$ in einer Tiefe von 1,2–1,4 m, wenn kein Grundwasser vorhanden, andernfalls so tief als thunlich zu liegen. Die Saugdrains *bb* kommen mehr oder weniger senkrecht zu den Sammeldrains, also nahezu in die Richtung der Horizontal-Kurven und mit einer Neigung von etwa $\frac{1}{1000}$ – $\frac{1}{350}$ von ihrer Verbindestelle mit dem Sammel-Drain bis zu ihrem Ende zu liegen. Der Abstand der Saugdrains unter sich beträgt 10–15 m, ihre Länge auf einer Seite des Sammel-Drains 50–60 m, die Rohrweite 4 cm. Mit der Länge der Saugdrains ist auch der etwas mehr als das Doppelte dieser Länge betragende Abstand der Sammeldrains unter sich bestimmt.

Senkrecht über den Haupt- und Saugdrains befinden sich auf der Oberfläche die Vertheilgräben und Wässerungsrinnen, zwischen welchen zur Aufleitung und Vertheilung des Wassers je nach Umständen weitere Zubringergräben und Regelungsrinnen angelegt werden können. Manchmal kommen aber auch nur Wässerungsrinnen zur Anwendung, wenn nämlich das Rieselwasser durch die Drainröhren zugeführt und mittels der Tageröhren den genannten Rinnen übergeben wird. Durch diese Tageröhren *cc*, Fig. 655 u. 656, ist zugleich die Bedienung von Ventilen *dd* zur Verschliessung oder Oeffnung der Hauptdrains und bezw. einer Drainabtheilung zu ermöglichen. Es befinden sich deshalb die Tageröhren und Ventile an oder unter den Vereinigungsstellen der Haupt- und Saugdrains. Die Tageröhren sind vertikale hölzerne Kästen, welche die Geländehöhe um etwa 0,3 m überragen, zum Zwecke der Wasser-Zuführung in

¹⁾ In den Fig. 643–647 u. 653, 654 sind die Bewässerungs- so wie die Be- und Entwässerungs-Rinnen mit vollen schwarzen Linien, die Entwässerungs-Rinnen mit feinen Doppel-Linien angegeben.

²⁾ Die hier dargestellte Anlage ist entworfen u. ausgeführt von dem früheren Kreiskultur-Ingenieur Hinz in Bayreuth

halten, rasch ab. Man kann also nach Bedürfniss ober- oder unterirdisch bewässern; ebenso aber auch entwässern und bei allen diesen Vorgängen eine reichliche Durchlüftung des Bodens erzielen.

b. Wassermengen und Rohrkaliber. Die bei Petersen'schen Bewässerungs-Anlagen erforderlichen Wassermengen werden für 1 Sek. und h^a aufgrund von Versuchen mit 10–14 l, im Mittel mit 12 l angegeben, insofern die Durchfeuchtung auf 1,14 m (Tiefe der Drainage) geschehen soll. Die Weite der Sammeldrains ist deshalb auch im allgemeinen für die gleiche Wassermenge fest zu setzen, da bei stärkerem Regen nicht gerieselt wird und da nur seltener viel Grundwasser abzuleiten sein wird.

Bei einem Abstand der Saugdrains von 10 m, einer Länge derselben von 50 m auf jeder Seite des Sammeldrains und bei einer jedesmaligen gleichzeitigen Wässerung von 5 Hangtafeln ist die auf einmal zu bewässernde Fläche $50 \times 2 \times 10,5 = 5000 \text{ qm}$ oder $1/2 \text{ ha}$ und hiernach die abzuführende Wassermenge 6 Sek. Lit. Die Weite der Saugdrains wechselt, wenn nötig, an den Schliessstellen. Zur Berechnung dienen die beiden Gleichungen:

$$v = 26,8 \sqrt{\frac{d h}{l}} \quad (\text{einfache Prony'sche Formel}) \quad \text{und} \quad M = \frac{d^2 \pi}{4} v.$$

Aus ihnen ergibt sich für den zu ermittelnden Durchmesser

$$d = 0,297 \sqrt[5]{\frac{l M^2}{h}} \quad \text{als Kleinstwerth.}$$

Um die später eintretende Verengerung der Röhren durch Ablagerungen (Inkrustirungen) und die nachtheiligen Wirkungen an den Stössen zu berücksichtigen ist entweder in der Pronyschen Formel ein Drain-Koeffizient, wie früher angegeben, einzuführen, oder aber in der letzten Gleichung statt M , $1\frac{1}{2} M$ zu setzen. Die Weite der Saugdrains wird von deren Ende an auf etwa 30 m Länge mit 4 cm, von da an auf 5 cm, bei stärkerem Gefälle durchgehends mit 4 cm angenommen.

1. Kosten verschiedener Bewässerungs-Anlagen.

Dieselben stellen sich je nach den Bewässerungs-Systemen und innerhalb der gleichen Systeme, je nach den örtlichen Verhältnissen und den jeweils gestellten Anforderungen sehr verschieden heraus.

Einstauungen lassen sich, da die Wasserzüge schon für die Entwässerungen nötig geworden, fast kostenlos ermöglichen; Ueberstauungen und Stauberieselungen kommen auf 50–150 \mathcal{M} . für 1 ha zu stehen; der natürliche Hangbau kostet 60–150; der natürliche Rückenbau 70–160; der Kunstwiesenbau 300–1000; die Petersen'sche Drainbewässerung 350–600 \mathcal{M} . für 1 ha. —

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

INŻ. I. STELLA-SAWICKI

S - 96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349556

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297360