

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Von

Baurat Otto Rappold

Mit 79 Abbildungen



585

5899201

Sammlung Götschen

Unser heutiges Wissen
in kurzen, klaren, allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagshandlung / J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

Berlin W. 10 und Leipzig

Tiefbautechnische Bibliothek

aus der Sammlung Götschen

Geologie von Dr. Edgar Daqué.

I. Allgemeine Geologie. Mit 74 Figuren Nr. 13

II. Stratigraphie. Mit 56 Figuren und 7 Tafeln Nr. 846

Mineralogie von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 132 Figuren. Nr. 29

Petrographie von Prof. Dr. W. Bruhns. Neubearb. von

Prof. Dr. P. Ramdohr. Mit 15 Figuren Nr. 173

Praktisches Zahlenrechnen von Prof. Dr.-Ing. P. Werk-

meister. Mit 58 Figuren Nr. 405

Technische Tabellen u. Formeln v. Dr.-Ing. W. Müller.

Mit 106 Figuren Nr. 579

Materialprüfungswesen. Einführung in die moderne

Technik der Materialprüfung Nr. 311

K. Menzies

I. Materialprüfung für Maschinenbau Nr. 311

II. Materialprüfung für Bauwesen Nr. 312

III. Materialprüfung für Maschinenbau Nr. 312

Schiffbau Nr. 312

30 Nr. 312

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298075

Statik von Prof. W. Hauber.	
I. Die Grundlehre der Statik starrer Körper. Mit 82 Figuren.	Nr. 178
II. Angewandte Statik. Mit 61 Figuren	Nr. 179
Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien von Dipl.-Ing. Otto Henkel. 2 Bände.	
Mit 207 Figuren	Nr. 603, 695
Festigkeitslehre von Prof. W. Hauber. Mit 56 Fig. u. 1 Taf.	Nr. 288
Aufgabensammlungen zur Festigkeitslehre mit Lösungen von Dipl.-Ing. R. Haren. Neubearb. von Dipl.-Ing. I. Furtmayr. Mit 43 Figuren	Nr. 491
Hydraulik von Prof. W. Hauber. Mit 45 Figuren	Nr. 397
Kinematik von Dipl.-Ing. Hans Polster. Mit 76 Figuren.	Nr. 584
Dynamik v. Dr. Wilh. Müller. 2 Bände. Mit 121 Figuren.	Nr. 902, 903
Elastizitätslehre für Ingenieure. I. Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, Ebene Platten, Torston, Gekrümmte Träger von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin. Mit 65 Figuren	Nr. 519
Geometrisches Zeichnen von H. Becker, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln.	Nr. 58
Schattenkonstruktionen von Prof. J. Vonderlinn. Mit 114 Figuren	Nr. 236
Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Vonderlinn. Mit 121 Figuren.	Nr. 260
Zentral-Perspektive von Hans Freyberger, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 132 Figuren	Nr. 57
Darstellende Geometrie von Prof. Dr. Robert Hausner. I. Mit 110 Figuren. II. Mit 88 Figuren	Nr. 142, 143
Die Baustoffkunde von Prof. H. Haberstroh. 3 Bände. Mit 74 Figuren	Nr. 506, 853, 854
Vermessungskunde von Prof. Dipl.-Ing. P. Werkmeister. I. Stückvermessung und Nivellieren. Mit 146 Figuren .	Nr. 468
II. Messung von Horizontalwinkeln, Festlegung von Punkten im Koordinatensystem. Absteckungen. Mit 84 Fig.	Nr. 469
III. Trigonometrische und barometrische Höhenmessung. Tachymetrie und Topographie. Mit 61 Figuren . .	Nr. 862
Die Kostenberechnung im Ingenieurbau von Professor E. Kuhlmann und Dr.-Ing. H. Nitzsche. Mit 5 Tafeln .	Nr. 750
Erdbau von Reg.-Baumeister Erwin Link. Mit 72 Figuren.	Nr. 630
Landstraßenbau von Ober-Ing. A. Liebmann. Mit 44 Fig.	Nr. 598
Stadtstraßenbau von Dr.-Ing. Georg Klose. Mit 50 Fig.	Nr. 740
Die Entwicklung des neuzeitlichen Eisenbahnbaues Dipl.-Ing. Alfred Birk. Mit 28 Figuren	Nr. 553
Die Linienführung d. Eisenbahnen v. Prof. G. Wegelé. Mit 58 Figuren	Nr. 623
Hochbautend. Bahnhöfe v. Eisenbahnbauf Insp. C. Schwab. I. Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Figuren	Nr. 515

- Die mechanischen Stellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner.** 3 Bände. Mit 143 Figuren u. 2 Tafeln Nr. 674, 688, 747
- Die Kraftstellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner.** 2 Bände. Mit 74 Fig. u. 1 Taf. Nr. 689, 690
- Das elektrische Fernmeldewesen bei den Eisenbahnen** von Geh. Baurat K. Fink. Mit 54 Figuren . . Nr. 707
- Eisenbahnfahrzeuge** v. Reg.-Baumeister H. Hinnenfahl.
I. Die Dampflokomotiven. Mit 95 Fig. i. Text u. 2 Tafeln. Nr. 107
II. Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 85 Figuren. Neubearbeitet von Ad. Wolff Nr. 108
- Schmalspurbahnen (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart.** Mit 99 Figuren Nr. 524
- Straßenbahnen** v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 72 Fig. Nr. 559
- Kolonial- und Kleinbahnen** v. Geh. Oberbaurat Prof. F. Baltzer.
I. Begriff und Wesen, Kolonialbahnen Afrikas, Kleinbahnen der wichtigsten Länder u. a. Mit 7 Figuren. Nr. 816
II. Bauliche Ausgestaltung von Bahn und Fahrzeug, Betrieb und Verkehr. Mit 22 Figuren Nr. 817
- Die allgemeinen Grundlagen des Brückenbaues** von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. Th. Landsberg. Mit 45 Fig. Nr. 687
- Gründungen d. Brücken** v. Prof. Th. Janssen. Mit 40 Fig. Nr. 803
- Eisenbetonbrücken** von Dr.-Ing. K. W. Schaechtle. Mit 106 Figuren Nr. 627
- Wasserversorgung der Ortschaften** von Prof. Dr.-Ing. Robert Weyrauch. Mit 79 Figuren Nr. 5
- Entwässerung und Reinigung der Gebäude** von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 92 Figuren Nr. 822
- Gas- und Wasserversorgung** von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 119 Figuren Nr. 412
- Flußbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit 105 Figuren Nr. 597
- Kanal- und Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit 80 Figuren Nr. 585
- Wasserkraftanlagen** von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. Th. Rümelin.
I. Beschreibung. Mit 58 Figuren Nr. 665
II. Gewinnung der Wasserkraft. Mit 35 Figuren Nr. 666
III. Bau und Betrieb. Mit 58 Figuren Nr. 667
- Meliorationen** von Baurat Otto Fauser. 2 Bände. Mit 103 Figuren Nr. 691, 692

Weitere Bände sind in Vorbereitung

Sammlung Göschen

Kanal- und Schleusenbau

Von

Otto Rappold

Baurat in Stuttgart

Zweite, verbesserte Auflage

Mit 80 Abbildungen



Berlin und Leipzig

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.

1921



~~196~~

I-301381

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten.

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig. 844920.

Akc. Nr.

~~3985~~ / 51

BNW-B-563/2016

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Allgemeines über Schiffahrtsstraßen	
1. Einleitung	5
2. Vor- und Nachteile der Schiffahrt gegenüber anderen Verkehrsmitteln	9
3. Betrieb und Unterhaltung der Wasserstraßen	12
II. Die Fahrzeuge	14
III. Die Motoren bei der Schiffahrt	
1. Treidelei mit tierischer Kraft	17
2. Treidelei mit mechanischer Kraft	18
3. Tauerei oder Ketten- und Seilschleppschiffahrt	19
4. Dampfschleppschiffahrt	20
5. Luftmotoren	22
IV. Der Schiffswiderstand	22
V. Schiffbare Flüsse	24
VI. Kanalisierte Flüsse	
1. Zweck und Anordnung der Flußkanalisierungen	26
2. Vor- und Nachteile der Flußkanalisierungen	30
3. Kunstbauten	31
4. Ausgeführte Flußkanalisierungen in Deutschland	34
VII. Kanäle	
1. Verschiedene Arten von Kanälen	36
2. Entwicklung des Kanalbaus	38
3. Linienführung der Kanäle	42
4. Längenprofil der Kanäle	44
5. Querprofil der Kanäle	45
6. Uferbefestigung der Kanäle	49
7. Dichtung der Kanäle	53
8. Bauausführung der Kanäle	56

	Seite
VIII. Kunstbauten bei den Kanälen	
1. Schleusen und mechanische Hebewerke im all- gemeinen	61
2. Kammerschleusen	62
3. Mechanische Hebewerke	96
4. Kanalbrücken und Brücken über Kanäle	109
5. Durchlässe und Düker	113
6. Kanaltunnels	114
7. Entlastungs- und Entleerungsanlagen	116
8. Sicherheitstore	117
IX. Schutz der Bauwerke gegen Bodensenkungen	118
X. Speisung der Kanäle	
1. Wasserverluste	120
2. Wasserbeschaffung	121
Register	123

I. Allgemeines über Schiffahrtsstraßen.

I. Einleitung.

Die Gegenwart kann sich rühmen, die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung und Wichtigkeit der Wasserstraßen wieder erkannt zu haben. Es gab eine Zeit, wo diese Erkenntnis bereits vorhanden war, aber sie ging verloren in der Periode der mächtigen Entwicklung der Eisenbahnen, wo man glaubte, die Kanäle hätten von nun ab ihre Rolle ein für allemal ausgespielt. Nach dem, wie die Dinge sich entwickelt haben, ist diese Prophezeiung nicht in Erfüllung gegangen; die Eisenbahnen haben nicht vermocht, den Massengüterverkehr dauernd und ganz an sich zu ziehen, weil ihre Tarife nicht niedrig genug gehalten werden konnten. Die letzten Jahre und Jahrzehnte haben vielmehr den Zustand einer bedeutenden Entwicklung der Wasserstraßen in fast allen Kulturländern gebracht, insbesondere gilt das für Deutschland. Diese wohlwollende Stimmung für die Wasserwege entspringt nicht etwa einer vorschnellen, auf unsolider Basis beruhenden Erkenntnis von der Nützlichkeit der Wasserstraßen und der Notwendigkeit der Schaffung billiger Verkehrswege, sondern sie gründet sich auf ernste und genaue Untersuchungen und Abwägungen aller in Frage kommenden Faktoren. Mehr als je gilt wieder, daß ein Land in seinen schiffbaren natürlichen Wasserläufen die wohlfeilsten Beförderungswege besitzt. Je reicher gegliedert und je gleichmäßiger über die

ganze Fläche eines Landes verteilt die Stromsysteme sind, um so vorteilhafter kann die Schifffahrt betrieben werden. Den Unzulänglichkeiten von dem, was die Natur gegeben hat, muß durch die Kunst des Ingenieurs nachgeholfen werden, vorhandene nicht genügend tiefe Flußläufe müssen reguliert oder kanalisiert werden, um ihre Fahrwassertiefe zu vergrößern, einzelne Flußsysteme müssen durch Anlage von Kanälen in Verbindung gebracht werden.

Die hohe militärische Bedeutung der Wasserstraßen ist im Weltkriege besonders eindrucksvoll hervorgetreten. Die Eisenbahnen waren bei der Zahl und großen Ausdehnung der Kriegsschauplätze kaum in der Lage, die für die Truppen und ihre Bedürfnisse erforderlichen Verkehrsleistungen zu bewältigen, so daß sich der öffentliche Verkehr schwer empfundene Verkehrseinschränkungen gefallen lassen mußte.

Wasserstraßen sind als Ergänzung und Entlastung der Eisenbahnen von größtem Wert. Während der ersten Kriegsmonate boten beispielsweise in Ostpreußen die Wasserwege zu manchen Zeiten die einzige Beförderungsmöglichkeit, sie haben für den Flüchtlings-, Verwundeten- und Krankentransport große Dienste geleistet.

In weiser Voraussehung der Erhaltung und der Neuschaffung der Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkte sind fast alle Kulturstaaten daran, Wasserstraßen zu schaffen oder die bestehenden weiter auszubauen. Über die Ausführungen und Pläne in Deutschland soll später einiges gesagt werden.

Österreich hat bis jetzt so gut wie gar keine Kanäle, auch die Flußschifffahrt ist nicht von großer Bedeutung, weil das Land nur zwei bedeutende natürliche Wasserstraßen, die Donau und die Elbe, besitzt. Der Anlage von Kanälen stehen in dem gebirgigen Charakter des Landes

große Schwierigkeiten im Wege, weil hohe Wasserscheiden erstiegen und überwunden werden müssen. Trotzdem hat Österreich die Schaffung eines großartigen Wasserstraßennetzes geplant, um die Donau den deutschen Wasserstraßen und deren gewaltigen Seehäfen anzugliedern und damit einen Gütertausch zwischen diesen und den fruchtbaren Donauländern herbeizuführen.

Doch dürfte die Verwirklichung des Planes infolge des ungünstigen Kriegsausganges in weite Ferne gerückt sein.

Frankreich ist bereits im Besitze eines bedeutenden und in vorzüglicher Verfassung sich befindenden Netzes von Kanälen, es hat außerdem ein großes und außerordentlich vorteilhaft gegliedertes System schiffbarer Flüsse. Das Land wendet alljährlich erhebliche Mittel zur Verbesserung bestehender Kanäle und schiffbarer Flüsse, sowie zur Herstellung neuer Kanäle auf. Besondere Bedeutung besitzt die Flußkanalisierung, in der Frankreich durch seine beweglichen Wehre bahnbrechend vorgegangen ist. Einer der großartigsten neueren französischen Kanäle ist der 225 km lange, im Jahre 1907 zur Vollendung gekommene Marne—Saône-Kanal. Der neueste Binnenschiffahrtskanal ist der 90 km lange Marseille—Rhone-Kanal, welcher für den Verkehr mit 600 t Schiffen eingerichtet ist und den Hafen von Marseille mit der Rhone verbindet.

England besitzt zwar ein ausgedehntes Binnenschiffahrtsnetz, doch sind die Kanäle nur für kleine Schiffe befahrbar und können daher neben den Eisenbahnen nur eine nebensächliche Rolle spielen. Auch macht die geringe Entfernung der Küste bei der kleinen Breitenausdehnung des Landes und der Benutzung der Küstenschiffahrt Binnenwasserstraßen mehr oder weniger entbehrlich.

Oberitalien und **Holland** sind als Niederungsländer schon frühzeitig von Wasserstraßen durchzogen gewesen. Diese

dienten im ersteren Lande außerdem der Bewässerung von Ländereien, im letzteren dagegen der Entwässerung derselben. In Oberitalien ist der bedeutendste Kanal der Naviglio Grande, der den Tessin mit Mailand verbindet.

Belgien hat ein gutausgebautes Netz von Wasserstraßen. Außer den Seekanälen von Brüssel, Gent und Brügge ist das bedeutendste Kanalunternehmen der Kanal du Centre.

Rußland besitzt infolge seines großen Stromnetzes ein Binnenschiffahrtsnetz von erheblicher Länge, wobei jedoch nur wenige Kanäle inbegriffen sind. Dagegen sind bedeutende Kanäle geplant. Der große Mißstand bei den Wasserwegen Rußlands liegt darin, daß dieselben wegen des strengen Klimas auf drei bis fünf Monate durch Eis gesperrt sind.

Schweden und **Norwegen** selbst haben trotz ihrer ungünstigen topographischen Verhältnisse eine Reihe von Kanälen aufzuweisen.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika besitzen in den Flüssen Mississippi, Ohio, Monongahela und anderen im Herzen des Staates, im Hudson im Osten desselben, sowie insbesondere in den großen Seen bedeutende natürliche Wasserwege. Zur weiteren Ausgestaltung des Wasserstraßennetzes und Verbindung der Stromsysteme sind großartige Ausführungen im Bau und Projekte in Erörterung, von denen die meisten die großen Seen mit ihrem ungeheuren Verkehre mit den großen Industrie- und Verkehrszentren der Mitte und des Ostens der Vereinigten Staaten und dem Stromgebiete des Mississippi in Verbindung bringen.

Als großartigstes Kanalbauunternehmen überhaupt ist die Verbindung des Atlantischen mit dem Stillen Ozean, der Panamakanal, zu nennen, der die Nord- und Südamerika verbindende Landenge von Zentralamerika zwischen den Städten Colon am Atlantischen und Panama am Stillen Ozean durchbricht.

Ein weiterer gegenwärtig in der Ausführung begriffener Kanalbau ist der sog. Bargekanal, welcher eine großartige schiffbare Verbindung zwischen New York und den großen Seen zu schaffen berufen ist und eine Länge von 716 km erhalten wird. Hierzu wird wenigstens teilweise der schon bestehende, aber nur für 240 t-Schiffe ausreichende Eriekanal benutzt und der neue Kanal mit einer Wassertiefe von 3,66 m für 1000 t-Schiffe ausgebaut. Der eigentliche Kanal zweigt vom Hudson-Flusse bei Albany ab und mündet bei Buffalo in den Erie-See.

2. Vor- und Nachteile der Schifffahrt gegenüber andern Verkehrsmitteln.

Als Konkurrent der Wasserstraßen kommen nur die **Eisenbahnen** in Betracht. Die Beförderung auf Straßen bleibt, da es sich um Massenverkehr handelt, außer Betracht.

Der loyale Wettbewerb der Wasserstraßen mit den Eisenbahnen ist eine keineswegs mit Mißtrauen zu betrachtende Erscheinung, er ist vielmehr vom Standpunkt der allgemeinen Volkswohlfahrt vollständig berechtigt. Zudem steht in fast allen Fällen, wo eine neue Wasserstraße mit der Eisenbahn in Wettbewerb trat, fest, daß die Eisenbahnen auf die Dauer nicht an Verkehr eingebüßt haben. Die Binnenwasserstraßen haben vielmehr der Eisenbahn ihrerseits neuen Zuwachs an Verkehr gebracht, indem sie für viele Rohstoffe und Massenprodukte neue Absatzgebiete erschlossen und Industrien angesiedelt haben.

Vorteil der Wasserstraßen. Der Hauptvorteil einer Wasserstraße besteht in der Möglichkeit eines billigeren Gütermassenverkehrs, als ihn die Eisenbahnen zu bieten vermögen. Dieser Vorzug hat seinen Grund darin, daß die Zugkräfte zur Fortbewegung der Schiffe unter gewissen Bedingungen erheblich geringer sind als diejenigen bei Eisenbahnen, so daß also die Frachtkosten entsprechend niedrig gehalten werden können. Während die Frachtkosten, bei denen die Nebenausgaben für Laden und Löschen in den Hafen- und Umschlagsplätzen eingeschlossen sein sollen, bei den natürlichen Wasserstraßen die

alleinigen Ausgaben sind, kommen, wenigstens in Deutschland, bei den künstlichen Wasserstraßen noch Abgaben hinzu, welche zur Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals sowie zur Deckung von deren Unterhaltungskosten abgenommen werden. Die Einheit zur Berechnung der Frachtkosten und der Abgaben wird in Pfennigen pro Tonnenkilometer (tkm) ausgedrückt. Ein Kanal oder kanalisierter Fluß ist im allgemeinen als bauwürdig zu bezeichnen, wenn Frachtkosten und Abgaben zusammen ziemlich unter dem Frachtsatze der Eisenbahnen bleiben.

Für den Mittellandkanal hat Sympher für die Schiffahrtskosten einen Durchschnittspreis von 0,7 Pfennig, für die Nebenkosten 0,2 Pfennig, zusammen 0,9 Pfennig für das Tonnenkilometer angenommen. Die Kanalabgaben sollen 0,5 Pfennig für das tkm betragen, so daß die Gesamtkosten auf 1,4 Pfennig pro tkm zu stehen kommen.

Als weiterer Vorteil der Wasserstraßen ist die Möglichkeit der Verwendung großer Beförderungsmittel zu bezeichnen, mit denen große Massen unter Transportverbilligung fortgeschafft werden können. Mit den großen Schiffsgefäßen ist ein weit günstigeres Verhältnis zwischen der toten Last und der zu fördernden Last erreichbar, als dies bei den Eisenbahnen der Fall ist.

Auch das haben die Wasserwege vor den Eisenbahnen voraus, daß das Löschen und Laden der Kähne an jedem Punkte der Strecke vorgenommen werden kann, während man bei den Eisenbahnen auf die Bahnhofsanlagen angewiesen ist.

Nachteile der Wasserstraßen. Als Nachteile der Schifffahrt muß einmal die Langsamkeit und auch Unregelmäßigkeit des Betriebes genannt werden. Die Geschwindigkeit der Lastschiffe darf schon aus dem Grunde nicht groß sein, weil der Schiffswiderstand annähernd mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, und ein schneller Transport daher mit der erforderlichen Billigkeit unvereinbar ist. So haben die großen Schleppzüge des mittleren und unteren Rheines stromaufwärts eine Geschwindigkeit von etwa 5 km pro Stunde, das ist die Schnelligkeit eines rüstigen Fußgängers. Das ist auch die Geschwindigkeit, wie sie bei den Schleppzügen der neueren Kanäle vorhanden ist.

Demgegenüber haben die Güterzüge die 6—8fache Geschwindigkeit. Für die Beförderung von Personen und Stückgütern, die höhere Beförderungskosten vertragen können, verkehren z. B. auf dem Rhein Dampfer, die eine Geschwindigkeit von 10 km pro Stunde, also das Doppelte, entwickeln. Die Geschwindigkeit

bei Kähnen, welche durch tierische Kräfte, Menschen oder Pferde, gezogen werden, ist noch erheblich geringer und hängt von der Schnelligkeit ab, welche diese auf die Dauer zu leisten vermögen. Neben der Geschwindigkeit auf der freien Strecke sind es aber namentlich die Schleusen, deren Passieren viel Zeit in Anspruch nimmt. Eine möglichste Verringerung der Schleusenzahl übt daher einen wesentlichen Einfluß auf die durchschnittliche Schnelligkeit aus.

Eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen ließe sich durch Einführung des Nachtverkehrs erreichen. Erforderlich wäre eine entsprechende Beleuchtung der Strecke. Versuche mit Verwendung von auf dem Schlepper aufgestellten Scheinwerfern haben befriedigende Ergebnisse gezeitigt. Da man jedoch bei Einrichtung von Nachtbetrieb doppeltes Personal braucht, würde der Betrieb sehr teuer.

Die Unregelmäßigkeiten des Verkehrs und die Unterbrechung desselben haben als Ursache eine Reihe von Verkehrsstörungen, welche durch den Eintritt von Hochwasser, außerordentlichem Niedrigwasser und Eisgängen herbeigeführt werden können. In allen diesen Fällen sind die Schiffe gezwungen, an denjenigen Stellen liegenzubleiben, wo sie sich augenblicklich befinden, bzw. sichere Schutz- und Liegehäfen aufzusuchen.

Für die Freihaltung einer Fahrwasserrinne von Eis im Winter werden auf manchen Strömen Eisbrechdampfer verwendet. Auf Kanälen wäre die Verwendung derartiger Fahrzeuge zwecklos, weil die losgebrochenen Eisschollen aus Mangel an Strömung doch nicht abgehen könnten. Die Eissperre kann auf deutschen Kanälen im Mittel als zwölf Wochen lang dauernd angenommen werden, sie hängt vom Klima ab und dauert im Osten Deutschlands länger als im Westen. Für die französischen Kanäle ist nur wenig mehr als die Hälfte dieser Zeit anzunehmen. Im ganzen können für das westliche Deutschland 270, für das östliche 230 Betriebstage angenommen werden.

Von schädigendem Einfluß auf die Grundwasser- und Kulturverhältnisse der angrenzenden Gebiete können solche Haltungsstrecken sein, welche im Auftrag liegen oder tief eingeschnitten sind. Im ersteren Falle kann eine Versumpfung des Bodens, im letzteren eine Austrocknung desselben und Versiegen der Brunnen die Folge sein. Im günstigsten Falle müssen Bauanlagen für Hintanhaltung der Schäden erstellt, bzw. Entschädigungen für Wirtschafterschwernisse gezahlt werden.

3. Betrieb und Unterhaltung der Wasserstraßen.

In Deutschland sind die Wasserstraßen im allgemeinen Eigentum des Staates. Während aber für ihre Benutzung nur die natürlichen Wasserstraßen abgabefrei sind, werden auf den Kanälen und kanalisierten Flüssen Abgaben erhoben, welche zur Deckung der Unterhaltungskosten und zur Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals dienen.

Der Verkehr auf den Wasserstraßen wird durch Schiffahrtsordnungen geregelt, welche das Notwendige über die höchstzulässigen Schiffsabmessungen, die Mindestzahl der Besatzung, die Bildung von Schleppzügen, Signale, Geschwindigkeiten, sowie sonst noch Erforderliches enthalten. Von besonderer Wichtigkeit ist der Verkehr an den Schleusen, deren Betrieb durch besondere Betriebsordnungen geregelt wird.

Das Zugsgeschäft auf den Wasserstraßen kann als Monopol vom Staate oder von Gesellschaften besorgt oder dem freien Wettbewerb überlassen werden. Jede dieser Betriebsweisen hat ihre besonderen Vor- und Nachteile. Es kommt dabei auch ganz darauf an, welche Art von Schiffszug eingeführt wird. Auf den neuen preußischen Kanälen, bei denen die Kähne mit Dampfschleppern gezogen werden, ist das Zugsgeschäft Staatsmonopol und wird unter der Aufsicht besonderer „Schleppämter“ besorgt, welchen hiezu „Monopol Schlepper“ zur Verfügung stehen. Die Gründe für das Staatsmonopol lagen nicht in der Schaffung einer weiteren Einnahmequelle, sondern hatten ihren Grund in der Sorge um mögliche Schonung des Kanalbettes und der Bauwerke.

Für die Sicherheit des Betriebes sind allerhand Vorichtsmaßregeln getroffen. Zum zeitigen Aufsuchen von

Schutzhäfen ist bei den Flüssen ein Hochwassernachrichtendienst eingerichtet, der abwärts gelegenen Orten rechtzeitig den Eintritt von höheren Wasserständen und von Eisgängen auf telephonischem oder telegraphischem Wege übermittelt.

Bei den neuen Kanälen sind entlang derselben besondere Fernsprechanlagen eingerichtet. Diese dienen aber nicht dem Betriebe des Kanals allein, die einzelnen Dienststellen sind vielmehr auch an das Reichsfernprechnet angegeschlossen, so daß der Schiffer in der Lage ist, auf dem Wege telephonisch oder telegraphisch irgendwohin zu verkehren.

Die Unterhaltungspflicht der Wasserstraßen liegt dem Staate ob. Während der Querschnitt des Fahrwassers der Kanäle sich im allgemeinen wenig verändert, ist die Fahrinne schiffbarer und auch kanalisierte Flüsse durch Einwirkung von Hochwassern häufigen Veränderungen unterworfen. Der Fahrweg muß deshalb, wo das nötig, durch besondere Markierung bezeichnet und der Schiffer auf Untiefen und andere gefährliche Stellen aufmerksam gemacht werden.

Die Freihaltung eines genügend breiten und tiefen Fahrbetts erfordert beständige Aufmerksamkeit und verlangt nicht selten die unausgesetzte Vornahme von Baggerungen.

Für die Unterhaltung und Ausbesserung der Fahrzeuge, Bagger und der Maschinenteile, Schleusen, Wehre usw. dienen die sog. Bauhöfe, das sind Gehöfte, welche die nötigen Einrichtungen erhalten.

Für die schnelle Ausbesserung von Schäden ist beim Dortmund—Ems—Kanal außerdem ein Werkstattschiff vorhanden.

Die Aufsicht über den Betrieb und die Unterhaltung von natürlichen Wasserstraßen führen in Deutschland die

Strombauverwaltungen. Für die Kanäle sind besondere Zentralverwaltungen eingesetzt. Diejenige für den Dortmund—Ems-Kanal hat ihren Sitz in Münster. Die örtliche Verwaltung liegt den Wasserbauämtern ob.

II. Die Fahrzeuge.

Die modernen Verkehrsmittel auf den Wasserstraßen sind die **Schiffe**, welche, je nachdem sie dem Personen-

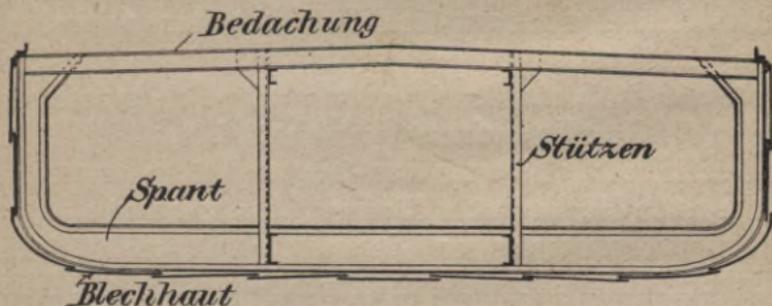


Abb. 1. Querschnitt eines eisernen Schiffes.

und Stückgutverkehr oder dem Massengutverkehr dienen, Personenschiffe und Frachtschiffe genannt werden. Im folgenden sollen nur die dem Massengutverkehr dienenden Schiffe besprochen werden. Wenn diese dem Seeverkehr dienen, heißen sie Seeschiffe; dienen sie dem Binnenschiffverkehrsverkehr, so werden sie Boote oder Kähne genannt.

Die Baustoffe, aus denen ein Schiff hergestellt wird, sind das Holz, das Eisen, Verbindungen von Holz und Eisen und neuerdings der Eisenbeton. Früher bestanden alle Schiffe aus Holz, neuerdings werden größere hölzerne Schiffe nur noch selten gebaut, weil eiserne Schiffe ihnen gegenüber ganz erhebliche Vorteile haben. So haben sie

ein um etwa 25% geringeres Eigengewicht als hölzerne Kähne von gleichem Tragvermögen, auch sind sie gegenüber Stößen und anderen äußeren Einwirkungen, wie beispielsweise Wellengang, bedeutend widerstandsfähiger und im allgemeinen auch von größerer Dauerhaftigkeit als Holzschiffe.

Abb. 1 stellt den Querschnitt eines eisernen Kähnes dar. Das Gerippe des Schiffskörpers besteht aus den sog. Spanten, das sind trogartige, aus Blechträgern gebildete Rahmen, die in kurzen Abständen quer zur Längsrichtung des Schiffes eingebaut sind. Zur oberen Versteifung des Rahmens und gleichzeitig zur Auf-

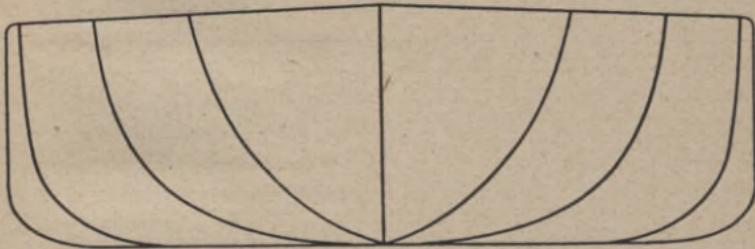


Abb. 2. Spantenrisse.

nahme der Schiffsbedachung ist oben ein Träger über den Rahmen gelegt, der nötigenfalls mit Pfosten unterstützt ist. Auf die Außenseite der Rahmen ist eine Blechbekleidung, die Schiffshaut, aufgenietet. Für genügende Längsversteifung der Rahmen ist ebenfalls gesorgt.

Der Eisenbeton besitzt Eigenschaften, insbesondere diejenige ganz minimaler Unterhaltungskosten, die ihn zum Schiffsbau nicht ungeeignet erscheinen lassen.

Während bis zum Weltkriege nur einzelne unbedeutende Ausführungen bestanden, hat die in seinem Gefolge eingetretene Verschiebung in den Baustoffpreisen und der Mangel an Schiffen dazu geführt, größere Eisenbetonschiffe zu bauen. Bahnbrechend hierin sind die nordischen Länder vorgegangen. Der Kernpunkt des Eisenbetonschiffsbaues liegt in der Herstellung eines Leichtbetons von ausreichender Festigkeit. Doch können endgültige Urteile über die Eignung erst nach weiteren Erfahrungen gefällt werden.

Die zeichnerische Darstellung der äußeren Schiffsbegrenzung erfolgt wie bei sonstigen Bauwerken durch drei Risse, den Grundriß, genannt Wasserlinienriß, den Längenschnitt, genannt Längsriß, und die Querschnitte, genannt Spantenrisse, von denen der größte der Hauptspant heißt. Die Spantenrisse eines Kahnes sind in Abb. 2 dargestellt.

Im folgenden sollen die wichtigsten im Schiffsbau gebräuchlichen Begriffe angeführt werden. Die Schnittlinie des vollbeladenen Schiffskörpers mit dem Wasserspiegel heißt die oberste Wasserlinie oder die Ladelinie. Der lotrecht gemessene Abstand zwischen dieser Linie und dem untersten Punkte des Schiffskörpers heißt der Tiefgang des Schiffes. Unter dem Deplacement eines Schiffes versteht man den Kubikinhalte der Wassermenge, welche vom Schiff verdrängt wird, wenn es bis zur obersten Wasserlinie eingetaucht ist. Das Deplacement ist also gleich dem Gewichte des Schiffskörpers samt Zubehör zuzüglich desjenigen der Schiffsladung. Die Tragfähigkeit eines Schiffes, d. h. die Last, welche ein Schiff aufnehmen vermag, ist demnach gleich dem Deplacement weniger dem Gewicht des Schiffskörpers samt Zubehör. Unter Völligkeitsgrad eines Schiffes versteht man das Raumverhältnis des Deplacements zu einem Prisma, dessen Länge die größte Länge des bis zur obersten Wasserlinie eingetauchten Schiffskörpers, dessen Breite die größte Breite des Schiffes und dessen Höhe der größte Tiefgang ist. Der Völligkeitsgrad ist daher immer ein echter Bruch. Je größer der Völligkeitsgrad, um so größer ist die Tragfähigkeit und um so rationeller ist das Schiff ausgenutzt. Schlanke Personendampfer haben Völligkeitsgrade von 0,60—0,70; bei den modernen Frachtkähnen geht er bis 0,95 hinauf. Es ist jedoch zu bemerken, daß schärfer gebaute Schiffe den Vorzug haben, daß sie das Wasser leichter durchschneiden, also weniger Zugkraft erfordern als breite Schiffe und daß sie sich leichter steuern lassen.

Länge und Fassungsraum haben sich neuerdings schnell vergrößert. Die älteren Rheinkähne hatten eine Länge von 50 m, eine Breite von 6 m und einen Tiefgang von 1,70 m. Die neueren Kähne haben eine Länge von 70 m, sind 8,5 m breit mit einem Tiefgang von 2,2 m und einer Tragfähigkeit von 650 t. Die neuesten normalen Rheinkähne sind noch größer und fähig, 1200—1600 t zu tragen. Einige der allergrößten Frachtschiffe, die zur Zeit auf dem Rhein verkehren, haben Längen von 100—120 m, Breiten von 12—14 m, einen Tiefgang von 2,6—2,9 m und Tragfähigkeiten von 2500—3500 t.

Die Schiffe des Dortmund—Ems-Kanals haben 65 m Länge, 8,20 m Breite und 600 t Tragfähigkeit bei 1,70 m Tiefgang, die sich bei der größten zulässigen Tauchung von 2,00 m auf 800 t steigern läßt. Für die Hauptwasserstraßen Deutschlands wird neuerdings ein Regelschiff von 1000 t mit 80 m Länge, 9 m Breite und 2 m Tiefgang verlangt.

III. Die Motoren bei der Schifffahrt.

Die primitiveren Mittel zur Vorwärtsbewegung der Schiffe sind Ruder und Staken und der Segelbetrieb, der heute noch auf gewissen Binnenschiffahrtswegen eine nicht unbedeutende Rolle spielt. Die wichtigeren Fortbewegungsmittel sind jedoch:

I. Treidelei mit tierischer Kraft.

Die Fortbewegung durch von Menschen oder Tieren ausgeübten Zug kann zu den älteren Methoden gerechnet werden, ist jetzt jedoch noch häufig in Anwendung. Das Schiff wird mittels einer an demselben befestigten Leine, der sog. Zugleine, vorwärts gezogen, wobei sich die ziehende Kraft auf einem neben der Wasserstraße herführenden Uferwege, dem sog. Leinpfad oder Treidelweg, bewegt. Der Vorgang heißt das Treideln.

Die Zugkraft eines Mannes kann auf längere Zeit zu 25 kg angenommen werden, wobei die Fortbewegungsgeschwindigkeit 0,3—0,5 m pro Sekunde beträgt.

Bei der Treidelei mit Pferden beträgt die Zugkraft eines normalen Tieres 60 kg, wobei eine Geschwindigkeit von 1,2 m pro Sekunde und eine Tagesleistung von 8 Stunden angenommen werden darf.

Der Pferdezug wird bei kleinen Kanälen mit Vorteil verwendet und ist insbesondere auf den französischen Kanälen das meist angewendete Fortbewegungsmittel. Bei den natürlichen Wasserstraßen ist er jedoch von der Schleppdampfschifffahrt fast ganz verdrängt worden.

2. Treidelei mit mechanischer Kraft.

An Stelle der tierischen Kräfte werden hierbei Maschinen verwendet, welche sich ebenfalls auf einem Uferwege vorwärts bewegen, jedoch den Vorzug der Entwicklung einer höheren Geschwindigkeit und die Möglichkeit der Ausübung einer größeren Zugkraft besitzen. An Motoren sind die verschiedenartigsten teils verwendet, teils zur Anwendung vorgeschlagen, größere Verbreitung haben dieselben jedoch bis jetzt nicht erreichen können, weil insbesondere die Anlagekosten oft recht hohe sind.

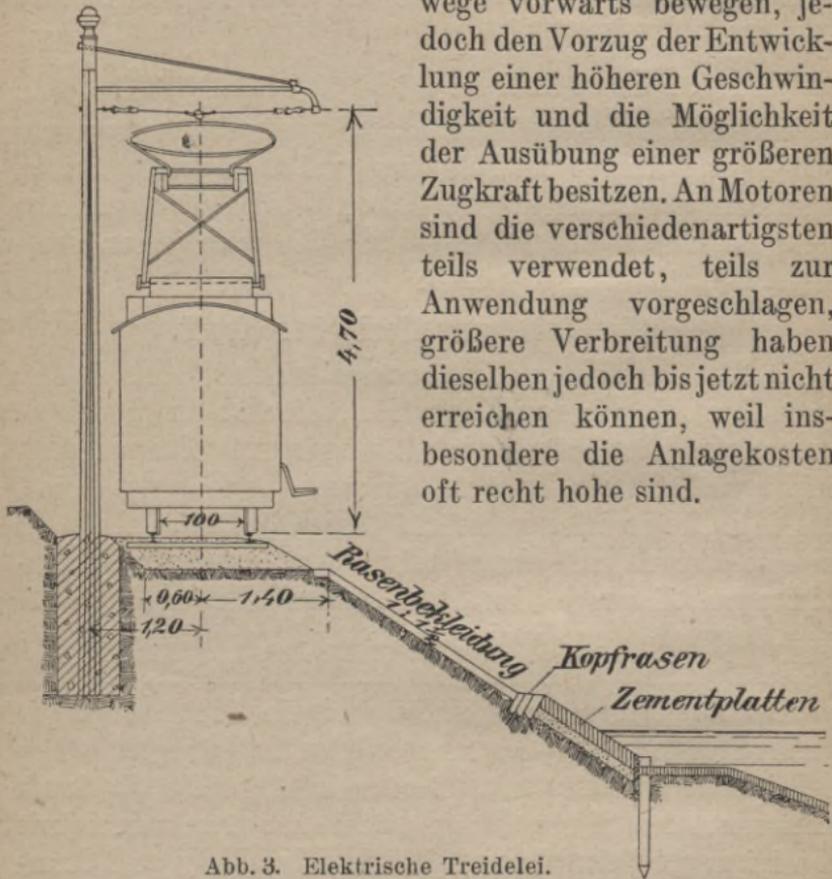


Abb. 3. Elektrische Treidelei.

a) **Elektrische Lokomotiven.** Diese Maschinen laufen auf Schienen, welche in einem besonderen am Ufer sich hinziehenden Schotterbette verlegt sind. Anlässlich des Preisausschreibens der Bauräte Havestad und Contag für eine rationelle Schiffszugeinrichtung am Teltow-Kanal haben Siemens & Halske für eine elektrische Lokomotive den ersten Preis erhalten. Diese Anlage ist

seit dem Jahre 1905 im Betrieb und entspricht den gestellten Anforderungen. Gleis und Leitungsanlage sind in Abb. 3 dargestellt. Der Strom wird einer den Treidelweg entlangführenden elektrischen Leitung durch Schleifbügel entnommen. Der Leitungsdraht ist an den auskragenden Armen von eisernen Masten befestigt.

b) **Dampflokomotiven.** Der Zug mit einer solchen wurde 1890 auf einem Teile des Oder—Spree-Kanals versuchsweise eingeführt. Eine kleine Tenderlokomotive von 6,5 t Dienstgewicht und 1000 kg Zugkraft zog Schleppzüge bis zu sieben Schiffen mit 1,8 m Geschwindigkeit pro Sekunde. Die Spurweite des Gleises betrug 1 m. Als vorteilhaft erwies es sich, hinter der Lokomotive einen Zugwagen einzuschalten, weil der schräge Schiffszug die Lokomotive stark angriff und abnutzte. Vom betriebstechnischen Standpunkte aus befriedigten die Versuche, doch stellten sich die Betriebskosten ziemlich hoch.

c) **Seilbetrieb.** Hierunter versteht man den Zug durch ein endloses rotierendes Seil, das sog. Wandertau. Das Seil wird an einem Kanalufer hin-, am anderen hergeführt und läuft an den beiden Enden quer über den Kanal. Die Bewegung des Seiles geschieht durch irgendeine Kraft: Dampfmaschine, Elektromotor, Turbine, Gasmotor. Diese Einrichtung wurde an einer Reihe von Kanälen in Frankreich und Belgien erprobt und auch versuchsweise eingeführt. Das Seil kann ein Drahtseil oder ein Hanfseil sein. Diese Art der Fortbewegung der Schiffe hatte große Vorzüge, da das Schleppmittel jederzeit zur Verfügung steht und das Schiff deshalb vollständig unabhängig ist. Ein wunder Punkt ist jedoch die Schwierigkeit des Anhängens des Schiffsseiles an das Seil ohne Ende und zwar deshalb, weil sich das Wandertau fortwährend dreht, so daß sich das Schiffsseil um dasselbe herumwickelt, wodurch das Schiff ans Ufer gezogen wird. Eine Abhilfe soll das Quadratseil von Bek schaffen, das im Gegensatz zu den rundgesponnenen Drahtseilen sich bei der Vorwärtsbewegung nicht drehen soll.

3. Tauerei oder Ketten- und Seilschleppschiffahrt.

Bei der Tauerei liegt auf der Sohle des Flusses oder Kanals eine Kette bzw. ein Drahtseil, welches von einem Ketten- oder Seilschlepper aufgenommen wird.

Die bewegenden Elemente bei der Kettenschiffahrt sind zwei etwa in Schiffsmittle gelegene Trommeln, von

denen die eine die ihr über Leitrollen zukommende Kette aufnimmt, während sie die andere wieder abgibt. Durch Drehung der Trommeln wickelt sich die Kette auf, wodurch das Schiff vorwärts gezogen wird. Die schematische Darstellung eines Neckarschleppers ist in Abb. 4 gezeichnet.

Bei der Seilschifffahrt tritt an die Stelle der Trommeln eine Seilscheibe, welche an ihren Rändern mit Klammern versehen ist.

In der Regel wird bei der Flußschifffahrt die Kette nur bei der Bergfahrt benutzt, wogegen man talwärts das

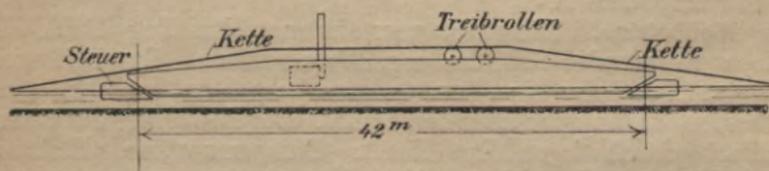


Abb. 4. Schematischer Längenschnitt eines Neckarkettenschleppers.

Schiff frei treiben läßt. Zum Aufnehmen und Abwerfen der Kette sind in gewissen Entfernungen sog. Ketten-schlösser eingeschaltet, bei denen die Glieder geöffnet werden können.

An Stelle von Dampfketten- oder Seilschleppern können auch elektrische Tauer verwendet werden, welche den Strom mittels Bügel von Drahtleitungen, die die Wasserstraße entlang laufen, abnehmen.

Die Nachteile des Tauerbetriebes sind nicht unerheblich. Die Anlage- und Unterhaltungskosten der Kette sind groß. Durch das Aufnehmen und Ablegen der Kette entstehen Zeitaufenthalte, außerdem sind Kettenbrüche nicht gerade selten.

4. Dampfschleppschifffahrt.

Bei dieser Betriebsart wird der Zug ausgeübt durch freifahrende Schleppdampfer. Das können Schraubens- oder Raddampfer sein, doch überwiegen wegen ihres

besseren Wirkungsgrades die Schraubendampfer erheblich. Die Raddampfer können Seitenrad- und Heckrad-dampfer sein. Bei letzteren ist das Rad hinten am Schiffe angebracht. Die Heckraddampfer sind in Deutschland fast unbekannt, werden jedoch auf den amerikanischen Flüssen häufig verwendet. Auf Kanälen sind Seitenrad-dampfer wegen ihrer großen durch die Radkasten verursachten Breite ohnehin ausgeschlossen.

Ein Schleppdampfer zieht einen oder mehrere beladene Kähne, im letzteren Falle hat man einen Schleppzug, die charakteristische Erscheinung der modernen Großschiffahrt. Die modernen Schlepper auf dem Rheine haben heute bereits eine Länge bis 70 m, 8—9 m Breite und 3 m Höhe vom Boden bis zum Dach. Die Stärke der Maschinen beläuft sich auf 1000—1300 Pferdstärken, ja es gibt einige mit einer Leistung von 2000 Pferdestärken. Bei gutem Wasserstand werden damit bei der Fahrt von Ruhrort bis Mannheim 4—6 Kähne mit einer Gesamt-ladung von 5000—6000 t befördert.

Der Schlepper zieht den Schleppzug mit Schlepptauen. Die Kähne fahren in einem gewissen Abstand hintereinander, dürfen aber auf dem Rhein auch zu zweien zusammengekoppelt werden. Als Schlepptau werden entweder starke Hanfseile oder Drahtseile verwendet.

Auf den deutschen Kanälen gewinnt der freifahrende Schlepper immer mehr an Bedeutung.

Der Vorteil des Schleppdampfers liegt in der Vermeidung der Anlage- und Unterhaltungskosten für Uferwege und Zubehören, Ketten und andere Einrichtungen, wie sie bei der Treidelei und Tauerei nötig werden, fernerhin in der Selbständigkeit, mit der der Schlepper auf der Wasserstraße verkehren kann. Ein Nachteil des Schleppbetriebes ist der, daß der Schlepper immer mitgeschleust werden muß, wodurch sich die Anlagekosten der Schleusen erhöhen. Ein weiterer Nachteil, der hauptsächlich bei Kanälen ins Gewicht fällt, besteht darin, daß durch die

Schraube und das Rad Wasserbewegungen verursacht werden, welche Sohle und Ufer angreifen, wodurch hohe Unterhaltungskosten entstehen und schon bei der ersten Anlage erheblich stärkere Uferbefestigungen ausgeführt werden müssen, als wenn andere Zugmittel Verwendung finden würden.

5. Luftmotoren.

Die Errungenschaften der modernen Technik auf dem Gebiete des Flugmaschinenwesens haben den Anstoß zu Versuchen gegeben, zur Fortbewegung der Schiffe Luftschrauben zu verwenden. Der augenscheinliche Vorzug läge darin, daß die durch die Schiffschraube verursachten Sohlenangriffe auf das Kanalbett vermieden würden.

Genauere Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß sich lediglich gute Wirkungsgrade mit der Luftschraube nur bei hohen Fahrgeschwindigkeiten erzielen lassen, daß dieser Antrieb daher höchstens für Sport und Personenfahrzeuge, nicht aber für größere Güterschleppleistungen in Frage kommt.

IV. Der Schiffswiderstand.

Die Kleinheit des Bewegungswiderstandes der Schiffe ist es in erster Linie, worauf die Billigkeit des Massentransportes und die Konkurrenzfähigkeit und Überlegenheit der Wasserstraßen gegenüber den Eisenbahnen beruht.

Die einfachste auf der Lehre vom Stoß beruhende Formel zur Berechnung des Schiffswiderstandes ist:

$$W = k \cdot F \cdot v^2.$$

Hierbei bezeichnet W den Schiffswiderstand, k einen Koeffizienten, F die größte eingetauchte Schiffsquerschnittsfläche und v die Schiffsgeschwindigkeit bzw. bei Flüssen die relative Geschwindigkeit, das ist die Geschwindigkeit in bezug auf das Wasser.

Weitere Aufschlüsse über die wenigstens rohe Richtigkeit dieser Formel haben Versuche ergeben, sowohl Modellversuche

als auch solche in der Natur. Die Größe der aufgewendeten Zugkraft wurde durch Dynamometer gemessen, welche zwischen Zugleine und Kahn eingeschaltet wurden. Die Modellversuche von Engels haben ergeben, daß der Zugwiderstand stärker als mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst: während ein Schiffsmodell bei 1 m Geschwindigkeit eine Zugkraft von 497 kg erforderte, beanspruchte dasselbe Modell bei 2 m Geschwindigkeit eine Zugkraft von 2711 kg.

Versuche auf französischen Kanälen haben dargetan, daß bei gleicher Geschwindigkeit und verschiedenen Tauchtiefen die Widerstände langsamer zunehmen als die Flächen des eingetauchten Schiffsquerschnitts, oder was dasselbe besagen will, daß der Koeffizient k eine Funktion des Tiefganges ist.

Weitere wichtige Fortschritte unseres Wissens über die Zugwiderstände haben die umfangreichen Versuche der preußischen Regierung am Dortmund—Ems-Kanal gebracht. Auf Grund derselben kann festgestellt werden, daß sich der Widerstand eines in Bewegung befindlichen Schiffes zusammensetzt aus:

- a) dem Reibungswiderstand;
- b) dem Formwiderstand.

Der Reibungswiderstand entsteht durch die Reibung der Wasserfäden an den Außenflächen des Schiffskörpers. Diese Reibung ist um so größer, je größer die eingetauchte Schiffsoberfläche, je größer die Rauigkeit der Fläche des benetzten Schiffsrumpfes und ist mit je größerer Geschwindigkeit die Wasserfäden an demselben vorbeiziehen.

Der Formwiderstand entsteht durch den Anprall des Wassers an die Vorderflächen des Schiffskörpers. Dieser Widerstand wird gewöhnlich nach der Fläche der größten eingetauchten Schiffsquerschnittsfläche bemessen, ist aber in hohem Maße auch abhängig von der Form des Buges und des Hecks. Scharfer Bug und Heck leiten das Wasser leichter und stetiger ab als breite Enden und reduzieren die Widerstände.

Im eng begrenzten Wasser (Kanäle) sind die Widerstände erheblich größer als im freien unbegrenzten Wasser. Der Widerstand ist nämlich in hohem Maße abhängig von dem Verhältnis des Wasserquerschnitts zum eingetauchten Schiffsquerschnitts. Ist dieses Verhältnis größer als 10, so ist der Widerstand nicht sehr verschieden von demjenigen im freien Wasser. Auch der Abstand des Schiffsbodens von der Kanalsohle spielt eine nicht unbedeutende Rolle.

V. Schiffbare Flüsse.

Die schiffbaren Flüsse eines Landes sind das wohlfeilste Mittel zur Beförderung der Güter.

Die Mündungsgebiete der großen Ströme und Flüsse Deutschlands haben wohl schon frühzeitig einen lebhaften Verkehr mit **Kähnen** aufzuweisen gehabt, weil große Wassermenge, geringes Gefälle und deshalb größere Wassertiefe vorhanden war. Im Mittel- und Oberlauf der Flüsse jedoch hatte die Schifffahrt mit Schwierigkeit an mangelnder Wassertiefe und starken Gefällen zu kämpfen. Diese Umstände brachten es mit sich, daß sich der Verkehr hauptsächlich talabwärts bewegte und daß man die Nachen, um sie nicht wieder aufwärts ziehen zu müssen, nachdem sie an ihrem Bestimmungsort angekommen waren, zerschlug und verkaufte.

Eine **Vergrößerung der Fahrzeuge** konnte erreicht werden, indem man auf einigen Flüssen die intermittierende Schifffahrt oder Schifffahrt auf Schwelungen einführte. Diese besteht darin, daß man durch besondere Einrichtungen, die sog. Stauschleusen, das Wasser zurückhält, um es an bestimmten Tagen der Woche freizugeben. Die Schiffe fahren dann auf der erzeugten Wasserwelle flußabwärts.

Ein weiterer Fortschritt fällt dann zusammen mit dem Aufkommen der „**Flußregulierung**“.

Diese geht darauf aus, dem Flusse ein regelmäßiges Bett zu schaffen und dieses Bett in stets gleichem Zustand zu erhalten, kurz, den Strom in den Zustand der Beharrung zu versetzen. Für die Schifffahrt werden dabei genügende Fahrwassertiefe und -breite und zulässige Flußkrümmungen verlangt, gleichzeitig können andere Zwecke, beispielsweise die Verbesserung landwirtschaftlicher Ver-

hältnisse, mit einbezogen werden. Ein nichtregulierter Fluß hat kein einheitliches Bett, es wechseln vielmehr Flußstrecken, die aus einer kleineren oder größeren Zahl zwischen Kies- und Sandbänken sich hinziehender Flußarme bestehen, ab mit solchen Strecken, die ein mehr oder weniger geschlossenes, aber immerhin unregelmäßiges Bett besitzen. Nach Hochwasser verändert der Fluß häufig seine Lage, neue Flußarme werden gebildet, das Ufer angebrochen und anliegende Geländeteile mit Kiesmassen überschwemmt. So ist der Besitzstand am Ufer ein ganz unsicherer. Der angerichtete Schaden ist meist um so größer, je mehr der Fluß den Charakter eines geschiebeführenden Flusses hat.

Die Herstellung einer regelmäßigen Fahrrinne erfordert nun eine Festlegung der beiden Ufer. Die hierfür üblichen Bauweisen teilt man in Längsbauten und in Querbauten. Die Längsbauten sind sog. Parallelwerke, welche das Ufer sofort festlegen, während die Querbauten Bühnen genannt werden, welche mehr oder weniger senkrecht zur Flußrichtung vom festen Lande ausgehend in den Fluß bis zur künftigen Uferlinie hineinragen. Der Raum zwischen den Bühnen wird allmählich der Verlandung zugeführt. Näheres ist in dem Bändchen über „Flußbau“ enthalten.

Schiffahrtshindernisse im Strom müssen beseitigt werden. Hierher gehören in erster Linie die in manchen Flußbetten aus der Flußsohle emporragenden Felspartien, welche durch ihre Stauwirkung die Stromschnellen bilden.

Wenn durch Einengung eines Flusses die nötige Fahrwassertiefe nicht erreicht werden kann, oder wenn eine derartige Einengung untunlich ist, wenn ferner eine Kanalisierung des Flusses nicht beabsichtigt ist, so kann, falls die Verhältnisse hierfür günstig liegen, eine Vermeh-

zung des Niedrigwassers durch künstliche Wasserzufuhr erreicht werden. Die Lieferung des Wassers geschieht aus Stauweihern, in denen das Hochwasser der Flüsse aufgespeichert wird. Mit der Anlage von Stauweihern erreicht man deshalb gleichzeitig eine Verminderung oder Beseitigung der Hochwassergefahren, außerdem kann damit der Landwirtschaft durch Erlangung von Wässerungswasser und Kraft gedient und die Industrie herangezogen werden, weil mit den Talsperren meist Wasserkraftwerke verbunden sind, die billige Kraft liefern.

Als Beispiel für eine Verbesserung der Schifffahrt durch künstliche Wasserzufuhr sei der Oderstrom erwähnt*). Die fast alljährlich wiederkehrenden Niedrigwasserperioden der Oder führten um so mehr zu unerträglichen Zuständen, als sich der Verkehr stetig vermehrte. Da man durch eine weitere Regulierung die erforderliche Fahrwassertiefe nicht erhalten zu können glaubte, so ging man dazu über, die nötige Fahrrinntiefe von 1,40 m unterhalb Breslau mittels Zuschußwassers herzustellen, das von Stauseen zugelassen wird. Der mächtigste dieser Stauseen ist die im Jahre 1912 vollendete Talsperre bei Mauer am Bober mit 50 Mill. Kubikmeter Stauinhalt**).

Nach den gleichen Grundsätzen werden die Schifffahrtsverhältnisse der Weser durch den Bau von Talsperren verbessert. Die Anlage der Stauweiher erfolgt im Tal der Eder und der Diemel. Sämtliche Talsperren dienen außerdem dem Hochwasserschutz.

VI. Kanalisierte Flüsse.

I. Zweck und Anordnung der Flußkanalisierungen.

Die kanalisierten Flüsse zählen zusammen mit den Kanälen zu den künstlichen Wasserstraßen. Die Flußkanalisierungen sind insbesondere in Frankreich zu hoher Vollendung gelangt, nicht zum wenigsten durch die Erfindung der beweglichen Wehre.

*) Näheres siehe Deutsche Bauzeitung 1913, Seite 250.

**) Näheres siehe Deutsche Bauzeitung 1913, Nr. 4 u. 5.

Zur Kanalisierung eines Flusses schreitet man dann, wenn die Wassermenge desselben nicht groß genug ist, um selbst mit Regulierungsarbeiten eine genügende Fahrwassertiefe zu erhalten. Man erstellt dann in gewissen Abständen quer das Flußbett durchschneidende Dammbauten, die **Wehre**, mittels deren das Wasser bis auf eine gewisse Höhe aufgestaut wird, so daß man eine größere Wassertiefe erreicht. Der dicht oberhalb des Wehres vor-



Abb. 5. Schematisches Längenprofil einer Flußkanalisierung.

handene Wasserspiegel heißt der Oberwasserspiegel, der dicht unterhalb des Wehres der Unterwasserspiegel. Der senkrechte Abstand zwischen beiden, das Wehrgefälle, wird von den Schiffen mittels der Schleusen überwunden.

Das schematische Längenprofil eines kanalisierten Flusses zeigt Abb. 5. Die zwischen zwei Wehren gelegene Strecke wird wie bei den Kanälen Haltung genannt. Der Abstand zwischen dem gestauten Wasserspiegel am Wehre und dem seitherigen Niederwasserspiegel heißt Aufstau. Der Verlauf des gestauten Wasserspiegels im Längenprofil heißt Staukurve. Diejenige Entfernung vom Wehre, bei welcher die Stauwirkung aufhört, nennt man die Stauweite.

Die Größe des Aufstaus richtet sich meist nach der Höhenlage des umgebenden Geländes. Der Aufstau bewirkt nämlich eine Hebung des Grundwasserspiegels des Talgrundes. Falls diese Hebung nicht mehr beträgt, als daß das Grundwasser bei Wiesengelände noch 60 cm, bei Ackerland noch 1 m unter der Geländeoberfläche steht, dürften im allgemeinen schädliche Beeinflussungen des Kulturlandes nicht eintreten. Die Hebung des Grundwasserstandes kann sogar eine Vermehrung des Ertrages mit sich bringen.

Unterschreitet das Maß des Abstandes zwischen Grundwasserspiegel und Geländeoberfläche die vorgenannten Beträge, so sind Versumpfungen des Geländes zu befürchten. In der-

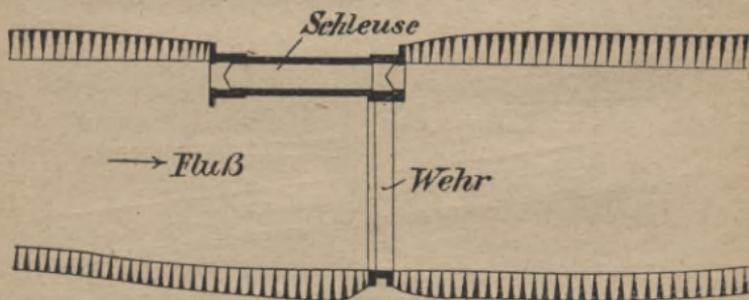


Abb. 6.

artigen Fällen müßten tiefere Entwässerungsgräben im durchwässerten Boden gezogen und nach dem Unterwasser des Wehres geführt werden. Finden sich nur einzelne niedrige Stellen vor, so sind diese am besten aufzufüllen.

Ist die Höhe des Aufstaus gegeben, so ergibt sich daraus die Länge der Haltung bzw. diejenige Stelle, wo das nächstobere Wehr anzulegen ist. Diese Stelle ist dort, wo die Staukurve von der Flußsohle den der erforderlichen Fahrwassertiefe entsprechenden Abstand hat. Bei größerem Aufstau und geringer Wassermenge kann die Staukurve in vielen Fällen als horizontale Linie (hydrostatischer Stau) angenommen werden. Das ist um so eher berechtigt, als man damit hinsichtlich der erforderlichen Tiefe eine zu ungünstige Voraussetzung macht.

Häufig wird die nötige Fahrwassertiefe gegen das obere Ende der Haltung zu nicht allein durch Aufstau, sondern

auch durch Vertiefung der Flußsohle mittels Ausbaggerung erhalten.

Die Schiffe überwinden die Staustufen durch **Schleusen**, die vielfach mit den Wehren verbunden sind. Außerdem sind bei lebhaftem Floßverkehr **Floßgassen** auszuführen. Bei größeren Kanalisierungen sind im Wehre **Schiffsdurchlässe** mit tiefliegender Sohle eingebaut, welche dazu dienen, die Schiffe bei höheren Wasserständen, bei denen noch gefahren werden kann, durchzulassen und so an Zeit zu sparen. Zum Aufstieg und Abstieg der Fische vom

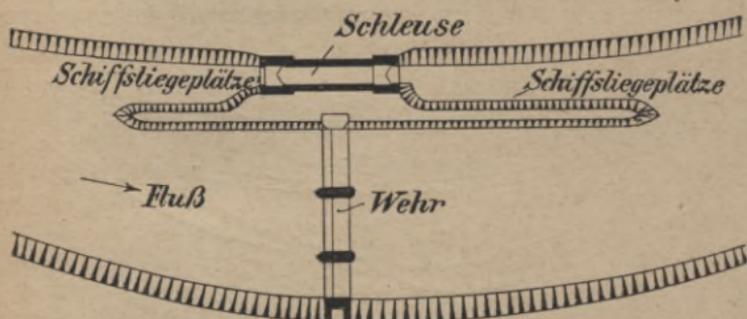


Abb. 7.

Unter- ins Oberwasser bzw. umgekehrt sind Fischpässe vorhanden.

Die Anordnung der bei einem Haltungsverwechsel vorkommenden Bauwerke ist verschiedenartig. Abb. 6 zeigt eine Anlage, bei der die Schleuse an dem einen Ufer des verbreiterten Flusses gelegen ist und das Wehr von dem Unterhaupt derselben ausgehend sich nach dem anderen Ufer erstreckt. Bei der Anordnung in Abb. 7 wird die Schleuse vom Wehre durch eine Erdzunge getrennt, an deren Seiten Schiffsliegeplätze vorgesehen sind. Diese Zunge ist auch sonst von Wert, weil sie als Leitdamm dient und die Schiffe nicht Gefahr laufen, insbesondere bei hohen Wasserständen und starker Strömung, über das Wehr hinabgezogen zu werden. Eine weitere Abweichung in der Anlage zeigt Abb. 8, wobei die Schleuse in einem Seitenkanal des Flusses angelegt ist, welcher das Wehr umgeht.

2. Vor- und Nachteile der Flußkanalisierungen.

Die Vorteile einer Flußkanalisierung gegenüber einer bloßen Flußregulierung bestehen einmal in der Unabhängigkeit des Schiffsbetriebes von der vorhandenen Wassermenge, denn der hydrostatische Wasserspiegel kann gehalten werden, wenn nur so viel Wasser zufließt, als die Verluste an Schleusen, Wehren, Fischpässen, an Verdunstung und Versickerung, sowie an Verbrauchswasser für die Schiffschleusen zusammen genommen betragen. Bei regulierten Flüssen ist es nicht ausgeschlossen, daß außerordentliche Niedrigwasser, mit denen nicht gerechnet wurde, die Schifffahrt erschweren.

Ein weiterer Vorzug ist der, daß die Bergfahrt ganz erheblich erleichtert wird. Durch den Aufstau des Wassers werden

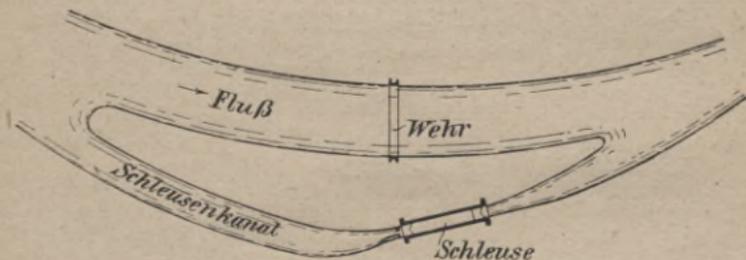


Abb. 8.

größere Flußquerschnitte geschaffen, in denen die Strömungsgeschwindigkeit bedeutend vermindert ist, so daß geringere Zugskosten entstehen.

Schließlich bietet die Kanalisierung eines Flusses Gelegenheit, die an den Haltungswechseln vorhandenen Gefälle durch Wasserkraftwerke auszunutzen, für den Kanalbetrieb selbst zu verwenden oder aber den landwirtschaftlichen Betrieben, dem Bahnbetrieb oder der Industrie zur Verfügung zu stellen.

Die hauptsächlichsten Nachteile einer Flußkanalisierung sind deren hohe Anlage- und Unterhaltungskosten, weil insbesondere die beweglichen Wehre teure Objekte sind und erheblichen Aufwand für Bedienung erfordern.

Weiterhin muß gegenüber dem korrigierten Flusse der Zeitverlust als Nachteil bezeichnet werden, welcher bei der Schleusung entsteht. Auch wird die Talfahrt der schwächeren Strömung wegen erschwert, während die Bergfahrt allerdings im Vorteil ist.

Schließlich liegt die Gefahr nahe, daß, wenn bei Hochwasser oder Eisgang die beweglichen Wehrteile nicht zeitig genug entfernt werden, oder wenn deren Entfernung durch irgendwelche Zufälle nicht gelingt, eine Gefahr für Kulturland oder auch Ortschaften entstehen kann.

3. Kunstbauten.

a) Wehre und Schleusen.

Die Anordnung der Wehre und Schleusen im Grundriß haben wir bereits kennengelernt. Es sollen die bei Flußkanalisierungen gebräuchlichen Wehre einer kurzen Betrachtung unterzogen werden.

Bei den **Wehren** werden unterschieden feste Wehre und bewegliche Wehre. Die festen Wehre können sehr selten angewendet werden, höchstens in tief eingeschnittenen Flüssen, wo die Anstauung des Hochwassers keine Gefahr mit sich bringt und eine Verkiesung des Flußbettes zur festen Wehrkrone herauf nicht zu befürchten ist.

Die beweglichen Wehre werden auf einen festen Unterbau aufgesetzt, dessen Höhe sich danach richtet, daß erhebliche Aufstauungen des Hochwassers nicht eintreten dürfen. Man läßt höchstens 30 cm zu. Beim kanalisierten Maine wurde die feste Wehrschwelle auf Flußsohlenhöhe gelegt, bei anderen Flüssen legt man sie auf die Höhe des Niederwasserspiegels. Die wichtigeren beweglichen Wehre sind das Schützenwehr mit vertikalen Griesständern. Dieses Wehr besteht aus vertikalen, meist eisernen Säulen, zwischen denen Schütztafeln aus Holz oder Eisen eingesetzt sind, welche sich zwischen denselben auf- und abwärts bewegen lassen. Der Wunsch nach Schaffung großer Öffnungen hat dazu geführt, daß man die Fallentafeln auf Rollen laufen ließ, so daß die Bewegungswiderstände vermindert werden.

Die Nadelwehre wurden bei nahezu allen Flußkanalisierungen in Deutschland angewendet. Die Stauwand besteht aus hölzernen, selten eisernen, aufrecht Mann an Mann nebeneinandergestellten Stäben, die sich mit ihrem unteren Ende gegen den festen Bau des Wehres, mit ihrem oberen Ende gegen eiserne Böcke lehnen. Diese sind unten in Zapfen gelagert und können nach Beseitigung der Nadeln nach der Seite hin umgelegt werden.

Über die Böcke hinweg führt gewöhnlich eine Brücke, welche aus einzelnen eisernen Tafeln besteht, von denen jede immer an einem Ende an einem Bock gelenkig befestigt ist und den danebengelegenen Bock an seiner obersten Stange mit Klauen faßt.

Die Nadelwehre haben den Vorteil der einfachen und leichten Handhabung und großer Billigkeit, erfordern jedoch Aufmerksamkeit, um bei anschwellendem Wasser die Nadeln zeitig zu entfernen und Überflutungen der Arbeitsbrücke zu verhindern. Ebenso zeitig müssen die Nadeln bei Eintritt von Frost herausgenommen werden, weil sie sonst zusammenfrieren und überhaupt nicht mehr entfernt werden können. Ein weiterer Nachteil ist der große Wasserverlust, der bei kleinen Wassermengen und dann empfindlich wird, wenn die Wasserkräfte an den Staustufen ausgenutzt werden. Schließlich ist das Einstellen der Nadeln und Aufrichten der Böcke, sowie das Herausnehmen der Nadeln eine langwierige Arbeit und keineswegs ungefährlich.

Klappenwehre sind in Deutschland bei Flußkanalisierungen nicht zur Anwendung gekommen, haben dagegen in Frankreich und nach deren Vorbild in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zahlreiche Ausführungen zu verzeichnen. Ein Klappenwehr besteht aus der lotrechten oder geneigten Stauwand, welche mit Streben auf den festen Wehrkörper abgestützt wird.

Die Strebe ist mit der Stauwand scharnierartig verbunden und stützt sich gegen einen eisernen Schuh, der in der Wehrschwelle verankert ist. Sobald die Strebe mit ihrem unteren Ende seitlich etwas verschoben wird, verliert sie ihr Widerlager und gleitet in den Schuh, die Stauwand mit sich nehmend und auf den Boden niederlegend.

Ein Nachteil der Klappenwehre ist der, daß nach Umlegen sämtliche Teile im Wasser liegen und von Kies und Sand überdeckt werden können. So ist das Wiederaufrichten keine leichte Arbeit.

Schütztafel- und Rolladenwehre sind als eine Verbesserung der Nadelwehre zu bezeichnen. An Stelle der einzelnen Nadeln stellte man gegen die Nadelwehrböcke Tafeln aus Holz oder auch aus Buckelplatten oder aus aufrollbaren Läden. Auch diese Wehre sind bei deutschen Flußkanalisierungen nicht zur Anwendung gekommen.

Trommelwehre werden gewöhnlich zum Verschließen größerer Öffnungen angewendet. Sie bestehen meist aus zwei um eine horizontale Achse drehbaren Klappen. Die eine davon ist die Stauklappe, die andere die Gegenklappe. Letztere bewegt sich in einem im Mauerwerk ausgesparten Raume. Die Drehung der Klappe geschieht so, daß beide Seiten derselben mit dem Oberwasser in Verbindung gebracht werden können, dessen Überdruck die Bewegung herbeiführt. Die Floßrinnen der Mainkanalisierung sind mit Trommelwehren verschlossen, deren Länge 12 m beträgt.

Walzenwehre sind die neuesten Wehre. Es sind walzenförmige, aus Eisenblech zusammengenietete Verschlusskörper, welche mit Seilen oder Ketten auf einer geneigten Bahn emporgeworfen bzw. herabgelassen werden.

Zur parallelen Führung der Walze, welche neuerdings nur von einem Ende aus angetrieben wird, sind Zahnkränze auf die Walzenenden aufgezogen, welche in Zahnstangen auf der Laufbahn eingreifen. Die Walzenwehre bieten die Möglichkeit, große Öffnungen ohne Zwischenstützen zu verschließen, wodurch der schwerwiegende Vorteil der Freimachung einer großen Öffnung auf einmal gegeben ist. Gegenüber den Schützen- und Nadelwehren ist der Vorteil geringerer Wasserverluste vorhanden. Es ist bereits eine Reihe von Walzenwehren mit Walzen bis zu 40 m Länge ausgeführt. Eine Reihe von geplanten Flußkanalisierungen sieht die Anwendung von Walzenwehren vor.

Die Schleusen bei Flußkanalisierungen entsprechen denen bei Kanälen und werden dort besprochen.

b) Sonstige Bauanlagen.

Seitenkanäle sind Anlagen, welche dazu dienen, für die Schifffahrt ungünstige Flußstrecken, z. B. starke Krümmungen oder Stromschnellen, zu umgehen.

In manchen Fällen erfolgt deren Herstellung auch dazu, dem zu dichten Verkehre einer Flußstrecke eine Entlastung zu verschaffen.

Ein Leinpfad muß da angelegt werden, wo die Fortbewegung der Schiffe durch eine das Ufer entlang sich bewegende Zugkraft erfolgt. Seine Breite wird zu 3—4 m angenommen, die Befestigung erfolgt am besten durch Abpflasterung. Die Anlage erfolgt gewöhnlich nur auf einer Seite; nur da, wo ein sehr starker Verkehr vorhanden ist, wird er zweiseitig ausgeführt. Der Höhe nach muß der Leinpfad über dem höchsten schiffbaren Wasserstande gelegen sein.

Für die Unterbringung der Aufsichtsbeamten und Bedienungsmannschaften der Schleusen und Wehre ist neben diesen Anlagen in hochwasserfreier Lage ein Schleusenmeister- und Wehrmeistergehöft nötig, welches außer Wohn- und Diensträumen noch Magazine zur Aufbewahrung von Reserveteilen und Werkstätten zur Ausführung von Reparaturen enthält.

4. Ausgeführte Flußkanalisierungen in Deutschland.

Im nachstehenden sind die wichtigsten in Deutschland ausgeführten Flußkanalisierungen aufgeführt.

Ein Stück der Saar im Kohlengebiet wurde im Anschluß an das in den Jahren 1862—1866 von den Franzosen an diesem Fluß vorgenommene Kanalisationswerk kanalisiert. Später wurden Vertiefungen des Wasserweges vorgenommen und weitere Stufen hinzugefügt. Die Haltungslängen schwanken zwischen 3,8 und 7,3 km, die Schleusengefälle zwischen 1,7 und 2,2 m. Die Stauvorrichtungen sind Nadelwehre. Die Wassertiefe beträgt 2 m.

Die Kanalisierung eines Teiles der Mosel wurde ebenfalls an die französischen Ausführungen anschließend hergestellt. Der Aufstau des Wassers geschieht ebenfalls durch Nadelwehre, die größten verkehrenden Schiffe haben 300 t Tragkraft bei 1,8 m Tiefgang.

Der Main wurde in den Jahren 1883—1886 vom Rheine aufwärts bis nach Frankfurt auf eine Länge von 36 km kanalisiert, welche in fünf Haltungen eingeteilt ist. Das Maingefälle auf dieser Strecke beträgt 10,4 m, die Haltungen haben Gefälle zwischen 1,80 und 2,70 m. Das Gefälle der Staustufe am Rheine ist veränderlich, je nach dem Wasserstand des Rheines. Zu jeder Staustufe gehören die Schleuse, der Fischpaß, das Nadelwehr und die Floßrinne mit ihrem Verschuß, dem Trommelwehr. Die Fahrtiefe, welche bei der Ausführung auf 2 m hergestellt worden war, ist nachher auf 2,5 m vergrößert worden, so daß nunmehr 1000 t-Schiffe fahren können. Später ist noch eine Staustufe bis Offenbach hinzugefügt worden. Mit der weiteren Fortführung der Kanalisierung aufwärts bis Aschaffenburg ist im Jahre 1917 begonnen worden.

Die Lippe ist schon frühzeitig kanalisiert worden, die Leistungsfähigkeit war jedoch keine große, weil das Fahrwasser mangelte. Da sich in neuerer Zeit im Lippegebiet der Kohlenbergbau stark entwickelt hat, so ist in dem preußischen Wasserstraßengesetz vom Jahre 1904 neben anderen Bauten auch die Herstellung einer durchgehenden leistungsfähigen Lippewasserstraße von Wesel bis Lippstadt teils durch Kanalisierung des Flußes, teils durch Führung von Seitenkanälen beschlossen worden.

Die Fulda ist in den Jahren 1893—1897 auf eine Länge von 28 km mit einer Minimaltiefe von 1,5 m von Münden bis Kassel kanalisiert worden. Weitere Arbeiten zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit wurden 1913 zum Abschluß gebracht.

Die kanalisierte Netze von der russischen Grenze bis zum Bromberger Kanal hat 105 km Länge und ist aus See-, Fluß- und Kanalstrecken zusammengesetzt. Vorhanden sind 8 Stufen mit 8 Schleusen. Fahrwassertiefe 1,5 m.

Die kanalisierte Unterspree ist der mittlere Teil der Oder—Spree-Wasserstraße.

Die untere Havelwasserstraße reicht von der Elbe bis Spandau. Durch die im Jahre 1911 vollendeten Verbesserungsarbeiten ist eine Wassertiefe von 2 m geschaffen worden.

Die Oder ist in ihrem Oberlaufe zwischen Kosel und der Neiße-mündung durch Anlage von 12 Staustufen in den Jahren 1891

bis 1897 kanalisiert worden. Die nutzbare Schleusenlänge beträgt 55 m, ihre Weite 9,6 m. Die Stauvorrichtungen sind Nadelwehre. Später sind weitere Staustufen bis nach Breslau hinzugefügt worden, so daß die Anzahl derselben jetzt 22 beträgt. Auf der Wasserstraße können nunmehr 400 t-Kähne mit mindestens $\frac{3}{4}$ Ladung während der ganzen Schifffahrtszeit, ausgenommen bei außergewöhnlich niederen Wasserständen, verkehren.

Die Kanalisierung des Neckars bis Plochingen ist im Jahre 1920 in Angriff genommen worden.

VII. Kanäle.

I. Verschiedene Arten von Kanälen.

Je nachdem es sich um Kanäle handelt, die mit Seeschiffen befahren werden, oder um solche, auf denen nur

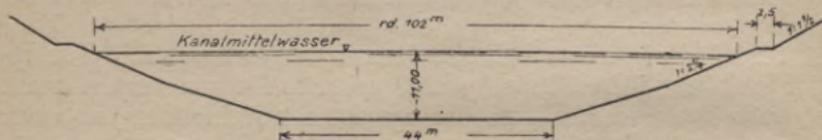


Abb. 9. Querprofil des Kaiser-Wilhelm-Kanals.

Kähne des Binnenverkehrs verkehren, unterscheidet man Seekanäle und Binnenkanäle.

Die bekanntesten Seekanäle sind:

Der Suezkanal zwischen Port Said am Mittelländischen Meere und Suez am Roten Meere wurde in den Jahren 1859—1869 von dem Franzosen Ferdinand von Lesseps erbaut. Er schuf eine gewaltige Abkürzung des Seewegs zwischen Europa und Ostasien und Australien. Der Kanal ist 161 km lang, hat eine Sohlenbreite von 60—70 m und eine Spiegelbreite von 101—129 m. Durch Vornahme großer Ausbaggerungen gelang es im Jahre 1914 eine Wassertiefe von 12 m herzustellen.

Die Dauer der Durchfahrt beträgt $16\frac{1}{2}$ Stunden. Der Verkehr belief sich im letzten Friedensjahre auf 20 Millionen Register-tonnen.

Der Kaiser-Wilhelm-Kanal (Abb. 9) verbindet die Nord- mit der Ostsee und hat eine Länge von 99 km. Der Kanal wurde hauptsächlich aus strategischen Zwecken erbaut, um die deut-

sche Flotte je nach Bedarf rasch in der Nord- oder Ostsee zusammenziehen zu können. Die Bauausführung erfolgte in den Jahren 1887—1895 mit einer Wassertiefe von 9 m, einer Sohlenbreite von 22 m und einer Wasserspiegelbreite von 67 m mit einem Kostenaufwand von 156 Millionen Mark. Bei der sprunghaften Zunahme der Schiffsabmessungen erwies sich der Kanal für die neuen Großkampfschiffe bald als ungenügend, so daß in den Jahren 1909 bis 1915 ein Umbau erfolgen mußte, und der Kanal nunmehr eine Sohlenbreite von 44 m und eine Wassertiefe von 11 m aufweist.

Der Manchester—See-Kanal in England verbindet die Stadt Manchester mit dem Seehafen Liverpool. Die Sohlenbreite des Kanalbetts beträgt $36\frac{1}{2}$, seine Wassertiefe 8 m.

Der Nordseekanal zwischen Amsterdam und Ymuiden erhielt beim ersten Ausbau eine Wassertiefe von 8 m bei 27 m Sohlen- und 61 m Spiegelbreite. Später wurde er erweitert, so daß jetzt Schiffe von 220 m Länge, 24 m Breite und 9,2 m Tiefgang verkehren können. Eine weitere Vergrößerung ist beabsichtigt.

Der Panamakanal bedeutet, was Umfang und Schwierigkeiten der Bauarbeiten anbelangt, die großartigste Ausführung eines Seekanals überhaupt. Er benützt die zwischen dem nordamerikanischen und südamerikanischen Kontinent vorhandene Landenge von Panama, um den Atlantischen mit dem Stillen Ozean zu verbinden. Schon 1881 begann eine französische Gesellschaft unter Führung von Lesseps, dem Erbauer des Suezkanals, mit dem Bau eines Kanals an derselben Stelle, aber die Gesellschaft mußte nach Einbuße großer Summen infolge der Schwierigkeiten die Arbeiten aufgeben. Mit der ihnen eigenen Tatkraft wurden dieselben von den Amerikanern wieder aufgenommen. 1907 setzte der Bau im großen ein, 1915 war das Unternehmen fertiggestellt.

Für den Binnenhandel bedeutet der Kanal eine große wirtschaftliche Annäherung der Ost- und Westküste der Vereinigten Staaten. Für den Ausfuhrhandel bringt er eine Verbesserung der Lage der gewerbereichen Ostküste der Union zu Ostasien infolge Verkürzung des Seewegs.

In strategischer Beziehung ermöglicht es der Kanal, daß sich die amerikanische Flotte je nach Bedarf rasch auf der Ost- oder Westseite der Neuen Welt vereinigen kann.

Binnenkanäle dienen der Verbindung vorhandener natürlicher Wasserstraßen. Auf ihnen wird Binnenschifffahrt betrieben.

Hinsichtlich der relativen Höhenlage der Kanäle kann man dreierlei Arten unterscheiden:

1. Kanäle im Flachlande, also solche in den Mündungsgebieten der großen Ströme und den Niederungen der Küstländer;
2. Seitenkanäle, das sind Kanäle, welche sich in der Talsohle neben einem Flusse herziehen; von ihnen war bereits bei der Kanalisierung der Flüsse die Rede;
3. Scheitelkanäle verbinden zwei verschiedene Stromgebiete, indem sie die dieselben trennende Wasserscheide mittels Schleusen oder Hebewerke treppenartig ersteigen, mittels einer Scheitelstrecke, der Scheitelhaltung, überqueren und auf der anderen Seite auf dieselbe Weise wieder die Talsohle erreichen.

Neben der Schifffahrt dienen die Kanäle nicht selten noch anderen Zwecken. Die Kanäle des nördlichen Italien dienen der Bewässerung, der Teltow-Kanal dient der Entwässerung der benachbarten Gegend.

2. Entwicklung des Kanalbaues.

Die Anfänge des Baues von Kanälen reichen in frühe Zeiten zurück. Die ersten Anlagen von schiffbaren Kanälen sind in denjenigen Ländern geschaffen worden, welche damit gleichzeitig oder in erster Linie den Zweck der künstlichen Bewässerung von Ländereien verbanden, so in Ägypten, Mesopotamien, China.

Als eines der größten Werke im Kanalbau kann der zur Mongolenzeit ausgeführte „Kaiserkanal“ in China angesehen werden, der ebenfalls Zwecken ausgedehnter Bewässerungen dient.

In Ermangelung von Vorrichtungen zur Überwindung von Höhenunterschieden konnten diese Kanäle nur seitlich von einem Flusse abgezweigt werden oder konnten zwei Flüsse mit gleicher Höhenlage miteinander verbunden werden. So entstanden im Mittelalter in der fruchtbaren, aber trockenen Ebene des Po, der Lombardei, Kanäle, welche gleichzeitig zu Bewässerungen dienten und so ebensowohl eine Verbesserung der Landwirtschaft, als eine Steigerung von Handel und Industrie herbeiführten.

Ähnliche Verhältnisse herrschten in den seichten Küstengebieten der Niederlande, bloß mit dem Unterschiede, daß daselbst die Kanäle neben der Schifffahrt zu Zwecken der Entwässerung dienten.

Der Beginn des Baues der Scheitelkanäle, der Kunststraßen im Kanalbau, datiert erst von dem Zeitpunkt der Erfindung der Kammerschleuse an. Mit ihr war ein Mittel an die Hand gegeben, Kanäle in verschiedenen Höhenlagen zu erstellen und, wie seither mit Straßen, nun auch mit Kanälen Wasserscheiden zu überschreiten.

Die Ehre, diese zu großer Bedeutung gelangte Einrichtung erfunden zu haben, nehmen sowohl die Holländer als auch die Italiener für sich in Anspruch. Die gleichzeitige Erfindung hat auch viel für sich, weil eben in beiden Ländern die Bestrebungen auf Ersinnung eines Mittels gerichtet waren, welches den von der Kammerschleuse verfolgten Zweck erfüllen sollte.

Die erste größere Verwendung von Kammerschleusen bei dem Bau von Scheitelkanälen hat Frankreich aufzuweisen. Als erster Scheitelkanal wurde der Kanal von St. Briare im Jahre 1642 ausgeführt, der eine Verbindung der Loire mit der Seine herstellt. Als weitere bedeutende Leistung auf dem Gebiete des Kanalbaues wurde im Jahre 1666 in Frankreich der Kanal du Midi begonnen, der die Garonne mit der Rhone und damit den Atlantischen Ozean mit dem Mittelländischen Meere über Land in Verbindung bringt. Besonders bemerkenswert war der Bau dieses Kanals deshalb, weil bei ihm zum ersten Male die Speisung des Kanals mit Wasser eine sorgenvolle Rolle spielte. Die Frage wurde gelöst durch Erstellung von Talsperren, welche das Hochwasser hinter sich aufspeicherten.

Deutschland vermochte, dank der Kleinstaaterei, auch nach der Erfindung der Kammerschleuse im Kanalbau keine größeren Ausführungen zustande zu bringen. In den Jahren 1662—1668 entstand zwar der Friedrich-Wilhelm-Kanal, eine Verbindung der Spree mit der Oder. Aber erst 1744—1746 kam der Finow-Kanal zur Ausführung, welcher ebenfalls eine Verbindung der Spree mit der Oder schuf. 1773—1774 sodann wurde die Grabung des Bromberger Kanals durchgeführt. 1844—1861 erfolgte die Herstellung des Elbing—Oberländischen Kanals, bei welchem zum ersten Male die Verbindung zweier Haltungen mittels schiefer Ebenen (siehe auch Seite 104) durchgeführt wurde.

In den Jahren 1836—1845 erstand der 176 km lange sog. Ludwigskanal in Bayern zwischen Main und Donau.

Ein mächtiger Fortschritt wurde dann herbeigeführt durch die Verwendung des Eisens und die Erfindung der Dampfmaschine. Die Massenerzeugung von Schmiedeeisen und Stahl brachte eine Umwälzung im Bau der Schiffe und Schleusentore, welche nunmehr in weit größeren Abmessungen hergestellt werden konnten. Die Verwendung der Dampfmaschine, der elektrischen Kraft und anderer Mittel ermöglichten eine schnelle und leichte Bewegung der Schleusentore. Im Bau der Kanäle selbst haben die epochemachenden Erfindungen der Neuzeit vollständige Umwälzungen hervorgebracht, die Ausführung der großen Kanalbauten wäre ohne die modernen Baumaschinen und Bagger gar nicht denkbar.

Im Jahre 1871 hat dann das deutsche Kanalnetz durch Hinzukommen der elsass-lothringischen Kanäle eine erhebliche Bereicherung erfahren.

1887—1890 wurde der Oder—Spree-Kanal gebaut. Die eigentlichen Kanalstrecken erhielten 14 m Sohlen- und 23 m Spiegelbreite bei 2 m Wassertiefe. Der Kanal ist Durchgangsstraße für die Erzeugnisse des oberschlesischen Kohlen- und Industriegebiets nach Berlin und zur Elbe. Die Wasserstraße erwies sich bald als ungenügend, so daß in den Jahren 1909—1915 eine durchgreifende Erbreiterung, Vertiefung und Begradigung vorgenommen werden mußte, und nunmehr 400 t.-Schiffe in Schleppezügen verkehren können.

Der Elbe—Trave-Kanal verbindet die Stadt Lübeck mit der Elbe. Er wurde in den Jahren 1896—1900 mit einer Gesamtlänge von 67 km erstellt. Das Kanalbett hat 22 m Sohlenbreite und 2 m Mindestwassertiefe. Kleinster Krümmungshalbmesser 600 m.

Der Dortmund—Ems-Kanal, in den Jahren 1892—1899 erbaut, verbindet den westfälischen Kohlenbezirk mit der Nordsee. Die Entfernung von Dortmund bis Emden beträgt 270 km. Die Wasserstraße ist für den Verkehr mit 600 t.-Schiffen (65 m lang, 8 m breit, 1,75 m Tiefgang) eingerichtet worden. Der trapezförmige Kanalquerschnitt hat 18 m Sohlenbreite und 2,5 m Wasser-

tiefe. Die Speisung der oberen Kanalhaltungen erfolgt durch Dampfpumpwerke aus der Lippe.

Der Teltow-Kanal wurde in den Jahren 1900—1906 erbaut. Er verbindet im Süden von Berlin die Havel bei Potsdam mit der Spree bei Grünau. Er ist 37 km lang und hat nur zwei Haltungen. Der Kanal ist für den Verkehr mit 600 t-Schiffen eingerichtet. Er dient gleichzeitig der Verbesserung der Vorflut für die Entwässerung der Vororte von Berlin.

Der Mittellandkanal soll das rheinische Wasserstraßennetz mit demjenigen östlich der Elbe verbinden. Nach seiner Vollendung wird er den großartigsten Binnenkanal Deutschlands darstellen. Er geht vom Rhein unterhalb Ruhrort aus und soll bei Magdeburg an die Elbe anschließen. Der Kanal ist bis jetzt nur bis Hannover ausgeführt, während ein weiteres Stück bis Peine im Jahre 1919 als Notstandsarbeit in Angriff genommen worden ist.

Das westlichste Stück des Mittellandkanals ist der Rhein—Herne-Kanal (1900—1904 erbaut). Derselbe verläuft im Tal der Emscher und steigt bei einer Länge von 38 km mit 7 Schleusen zum Dortmund—Ems-Kanal bei Herne auf. Von da an wird das Teilstück des Dortmund—Ems-Kanals bis Bevergern benützt. Nun führt der Mittellandkanal als Ems—Weser-Kanal in einer einzigen Haltungslänge von 169 km (ohne die Abzweigungen) in östlicher Richtung bis zur Weser bei Minden. Die Stadt Osnabrück ist mit einem 18 km langen Stichkanal angeschlossen, die Stadt Minden wird durch einen Abstieg nach der Weser um 14 m erreicht. Nördlich Minden überschreitet der Kanal die Weser auf einer 370 m langen Kanalbrücke und führt mit der gleichen Wasserspiegelhöhe weiter bis nach Hannover. Die Stadt Linden bei Hannover wird durch einen 10 km langen Zweigkanal angeschlossen. Die schleusenlose Durchführung des Kanals von Bevergern bis an sein einstweiliges Ende ergibt äußerst günstige Verhältnisse für den Durchgangsverkehr.

Der Mittellandkanal ist zweischiffig durchgeführt. Die Querschnittsabmessungen sind etwas größer als diejenigen des Dortmund—Ems-Kanals. Der muldenförmige Querschnitt hat an den Seiten 2,5, in der Mitte 3 m Wassertiefe. Den Abmessungen liegt das 600 t-Schiff zugrunde, es ist jedoch auch der Zutritt größerer Schiffe bis 1000 t Tragfähigkeit gestattet, die eine Länge von 80 m und eine Breite von 9 m haben. Alle baulichen Einrichtungen sind so angelegt, daß der Wasserspiegel um weitere 50 cm ansteigen kann.

Der Großschiffahrtsweg Berlin—Stettin (Hohenzollernkanal) verfolgt den Zweck, den Seehafen Stettin, welcher durch die Nordseehäfen, insbesondere Hamburg, in seiner Bedeutung stark zurückgedrängt worden war, durch eine leistungsfähige Wasserstraße mit seinem Hinterlande, insbesondere Berlin, zu verbinden. Es war wohl seither eine dem Schiffsverkehr dienende Wasserstraße zwischen Berlin und Stettin vorhanden, dieselbe war aber vollkommen ungenügend.

Die neue Wasserstraße beginnt bei Berlin, führt in nördlicher Richtung in die Gegend von Liebenwalde und wendet sich dann nach Osten, wo sie bei Hohensaaten die Oder erreicht. Die Länge der Wasserstraße Berlin—Hohensaaten beträgt 100 km, von Hohensaaten abwärts bis Stettin sind auf der Oder weitere 75 km zurückzulegen.

Der Querschnitt des Kanals ist für 600 t-Schiffe bestimmt und entspricht im allgemeinen demjenigen des Mittellandkanals.

Der Masurische Kanal hat eine Länge von 52 km und ist bestimmt, die im masurischen Seengebiet bestehenden Wasserstraßen durch Vermittlung der Aller und des Pregel mit Königsberg zu verbinden, und so den fast ganz brachliegenden Bodenschätzen Masurens, welche hauptsächlich aus den Erzeugnissen der Land- und Forstwirtschaft bestehen, Absatz zu verschaffen. Die Bauarbeiten haben durch den Krieg Unterbrechungen erfahren.

Weitere größere Kanalbauten sind beabsichtigt. Insbesondere wird eine Verbindung des Rheins mit der Donau angestrebt. Ob diese unter Benützung des Neckars oder des Mains erfolgen wird, ist noch nicht entschieden.

3. Linienführung der Kanäle.

Die Linienwahl eines Kanals geschieht nach technischen und nach verkehrs- und volkswirtschaftlichen Erwägungen.

In ersterer Beziehung soll die Kanallinie so gewählt werden, daß Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten möglichst klein werden.

Solange es sich um Seitenkanäle handelt, welche im Tale verlaufen, ist die Linienführung eine verhältnismäßig ein-

fache Sache. Es ist zur Kostenersparnis darauf Bedacht zu nehmen, daß der Kanal möglichst wenige Verkehrswege und Wasserläufe kreuzt. Da das Unterhaupt von Schleusenmauern auf einfache Weise zur Überführung eines Verkehrswegs benutzt werden kann, so werden die Schleusen zweckmäßigerweise — falls sonst keine schwerwiegenden Gründe entgegenstehen — an die Kreuzungen mit Verkehrswegen gelegt.

Die Linienführung der Schleusentreppen ist schwieriger. Die Arbeit entspricht derjenigen der Trassierung der Eisenbahnen. Meist sind Anfangs- und Endpunkt der Anlage gegeben. Die Überschreitung der Wasserscheide soll an einer möglichst niedrigen Stelle erfolgen, damit die Zahl der Schleusen klein wird und an Anlagekosten hierfür und an Zeit zum Durchfahren der Strecke gespart wird. Ferner soll die Strecke möglichst kurz sein. Die Aufstellung einer Anzahl von Planvarianten samt zugehörigen Kostenberechnungen wird auf die beste Lösung führen.

Weiterhin ist bei der Linienwahl die geologische Beschaffenheit des anzuschneidenden Geländes maßgebend. Mooriges, sumpfiges Gelände soll, wenn es irgend geht, vermieden werden, vielmehr soll nach Möglichkeit in festen Boden eingeschnitten werden. Sind Kanaldämme notwendig, so soll das Material zur tunlichsten Vermeidung von Wasserverlusten möglichst wasserundurchlässig und so beschaffen sein, daß Rutschungen nicht entstehen können.

Der große Wasserverbrauch der modernen Kanäle erfordert, daß die Kanallinie so geführt wird, daß das für die Kanalspeisung nötige Wasser auf möglichst billige Weise gewonnen und zugeführt werden kann. Die Rücksichtnahme darauf ist häufig für die Lage der Scheitelhaltung maßgebend.

Die verkehrswirtschaftlichen Gesichtspunkte erheischen für den Durchgangsverkehr eine möglichst kurze Linie mit möglichst geringer Reisedauer. Der örtliche Verkehr und die volkswirtschaftliche Seite erfordern die Berührung wichtiger Städte, Verbrauchsgebiete und Erzeugungsstätten, sowie die Anschließung gewerblich entwickelter, sowie mit natürlichen Bodenschätzen ausgestatteter Landstriche.

Die Achse eines Kanals setzt sich zusammen aus geraden Linien und Kreisbogen. Krümmungen vermehren den Schiffswiderstand ganz erheblich. Es sollte daher ein kleinster Radius nicht überschritten werden, welcher das 10—20fache der Wasserspiegelbreite beträgt. Die modernen großen deutschen Kanäle haben Minimalradien von 500 bis 800 m. Dabei muß in den Krümmungen eine angemessene Verbreiterung des Fahrwassers Platz greifen.

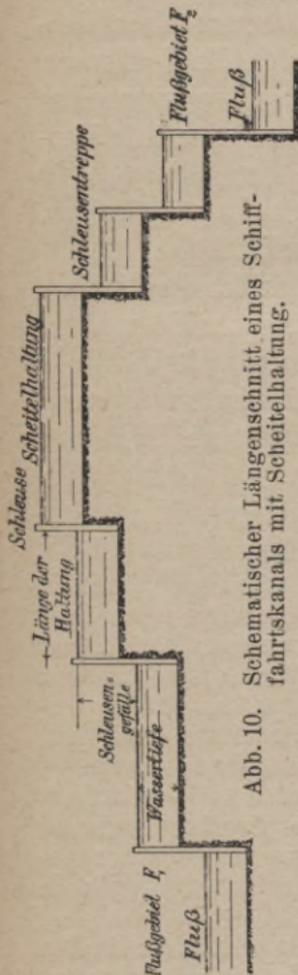


Abb. 10. Schematischer Längenschnitt eines Schiffahrtskanals mit Scheitelhaltung.

4. Längensprofil der Kanäle.

Das schematische Längensprofil eines Schiffahrtskanales mit Scheitelhaltung ist in Abb. 10 dargestellt. Aus ihm sind ersichtlich die Längen der einzelnen Haltungen und deren Höhenlagen, die Lage der Schleusen und deren Gefälle. Die Sohle der Haltungen wird gewöhnlich horizontal angelegt, nur sehr lange Haltungen bekommen mäßige Gefälle. Die Gesamtzahl der Haltungen des Aufstiegs bzw. des Abstiegs heißt eine Schleusentreppe. Steile Anstiege zu den Wasserscheiden erfordern kurze Haltungen. Durch Anlage von Hebewerken läßt sich deren Zahl jedoch verringern.

Die kleinste Haltungslänge beim Dortmund—Ems-Kanal beträgt 1,12 km; die größte 67,34 km zwischen Herne und Münster.

Die Schleusengefälle betragen 3,2—4,1 m, nur die Sparschleusen bei Münster und bei Gleesen haben Gefälle von 6,20 bzw. 6,14 m. Der Rhein—Herne-Kanal fällt bei einer Länge von 38 km vom bestehendenn Dortmund—Ems-Kanal bei Herne mit der Höhenkote 56,00 über N.N. zum Rhein mit der

Höhenkote 22,65 m über N. N. Dieser Gefällsunterschied von 33,35 m wird durch 7 Schleusen bewältigt, von denen die erste 6 m, die anderen 5 m und die letzte ein geringeres und veränderliches Gefälle hat.

Das Längenprofil des Panamakanales ist in Abb. 11 dargestellt. Der Aufstieg vom Atlantischen Ozean zur Scheitelhaltung wird durch eine dreifache Schleuse bei Gatun bewirkt, der Abstieg zum Stillen Ozean erfolgt ebenfalls durch 3 Schleusen, von denen aber nur zwei bei Miraflores gekuppelt, die dritte dagegen weiter ab bei Pedro Miguel erstellt ist.

5. Querprofil der Kanäle.

Die Kanäle werden in der Regel zweischiffig hergestellt, das heißt so breit, daß zwei Schiffe nebeneinander vorbeifahren können (Abb. 12). Stichkanäle zum Anschluß wichtiger Städte an die Hauptwasserstraße werden dagegen meist nur einschiffig gebaut. Die Sohlenbreite eines Kanals wird bemessen nach der doppelten Schiffsbreite, zuzüglich eines Zuschlages von 1 bis 2 m als Zwischenraum zwischen den Schiffen. Die Wassertiefe richtet sich nach dem Tiefgang der auf der Wasserstraße verkehrenden Schiffe. Wegen etwaiger Verschlammung des Kanals und um den Schiffswiderstand nicht zu groß werden

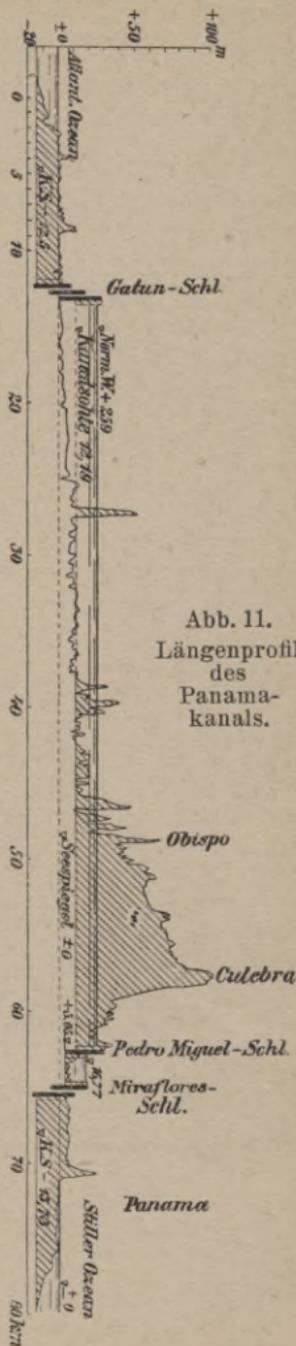


Abb. 11.
Längenprofil
des
Panama-
kanals.

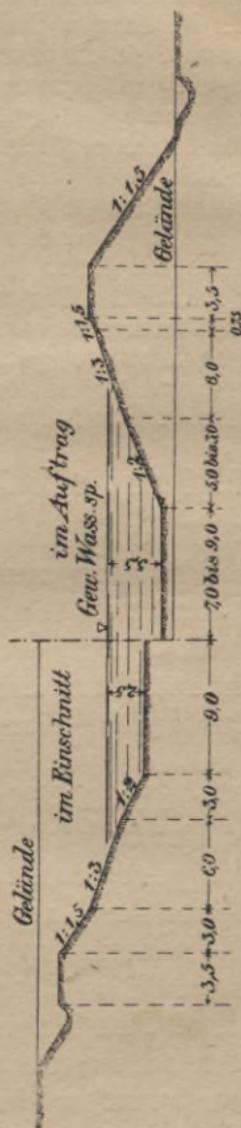
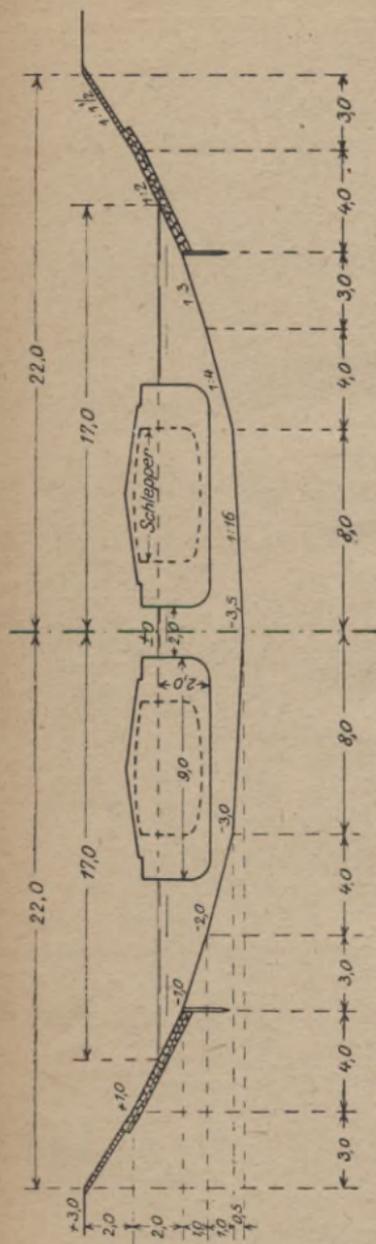


Abb. 13. Normalquerschnitt des Dortmund—Ems-Kanals.

zu lassen, muß zwischen dem Schiffsboden und der Kanalsole ein Zwischenraum von mindestens 30—50 cm vorhanden sein. Die Kanalböschungen werden $1\frac{1}{2}$ —2füßig und in ihrem unteren Teile oft noch flacher angelegt. Versuche haben ergeben, daß ein gewisses Verhältnis des Wasser-

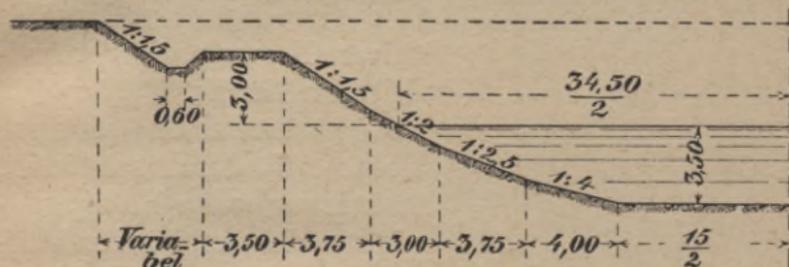


Abb. 14. Querprofil des Rhein—Herne-Kanals im Einschnitt.

querschnitts des Kanals zum eingetauchten Schiffsquerschnitt nicht unterschritten werden darf, wenn der Schiffswiderstand nicht sehr stark zunehmen soll. So ist es bei den neuen deutschen Kanälen zur Regel geworden, dem benetzten Kanalquerschnitt etwa die 4,5—5fache Größe des eingetauchten Schiffsquerschnitts zu geben.

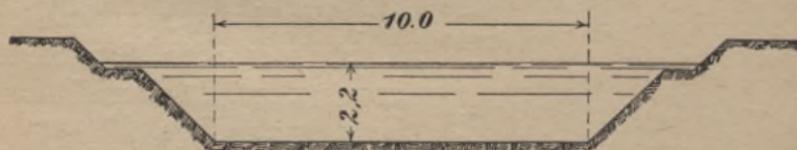


Abb. 15. Querprofil der französischen Kanäle.

Während man noch beim Dortmund—Ems-Kanal den Querschnitt trapezförmig angelegt hat (Abb. 13), ist man durch die beim Betrieb ebendieses Kanals gesammelten Erfahrungen dazu gekommen, bei späteren Kanalbauten einen muldenförmigen Querschnitt (Abb. 12 u. 14) auszuführen. Es wurde nämlich festgestellt, daß der Boden der Kanalsohle durch die Schiffsschrauben des Schleppers und

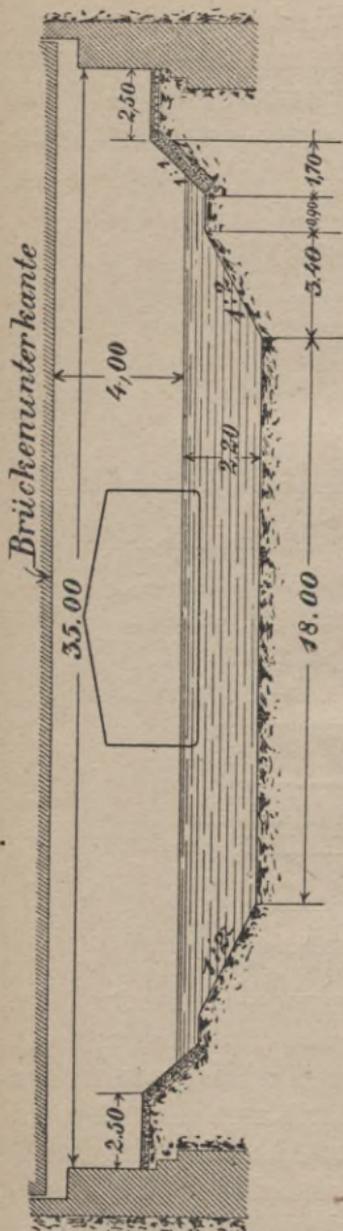


Abb. 16. Kanalquerprofil unter einer Brücke.

das Nachströmen des Wassers nach der Seite geworfen wird, so daß sich der muldenförmige Querschnitt von selbst herstellt.

Abb. 16 zeigt das gegenüber den deutschen Kanälen kleinere Normalprofil der französischen Kanäle.

An besonderen Stellen, welche sich durch schwierige Ausführung oder Kostspieligkeit auszeichnen, können Verengungen des normalen Querprofils eingeführt werden. So bei tiefen Einschnitten, bei Schleusen, Hebewerken, Sicherheitstoren, bei Kanalbrücken und Brückenkanälen. Ebenso wird in den teuren Tunnelstrecken, sowie bei Führung von Kanälen über Straßen, Eisenbahnen oder Wasserläufe hinweg der Kanal meist nur einspurig angelegt.

In Abb. 17 ist ein Querprofil unter einer Überfahrtsbrücke dargestellt. Die sonst oberhalb der Berme $1\frac{1}{2}$ füßig durchgeführten Böschungen sind unter den Überfahrtsbrücken nur einfüßig angelegt, ebenso ist die Breite der sonst mit 3,5 m bemessenen Leinpfade auf je 2,5 m ermäßigt. Damit erhält man eine lichte Weite der Brücke zwischen den Widerlagern von 35,0 m.

Verbreiterungen des Kanals werden dort nötig, wo der Fall eintreten kann, daß mehrere Schiffe zusammenkommen und warten müssen, also insbesondere vor Schleusen. Ferner an Liegestellen, das sind am Kanalufer für das Laden und Löschen der Schiffe bestimmte Plätze. Bei einschiffigen Kanälen sind Ausweichen für das Begegnen zweier Schiffe in gewissen Abständen einzurichten.

6. Uferbefestigung der Kanäle.

Die Kanalufer müssen eine mehr oder weniger starke Sicherung gegen die Einwirkungen des Wellenschlages und



Abb. 17. Uferschutz aus Trockenpflaster mit Steinfuß.

die Wasserbewegungen erhalten, welche durch den Schiffsverkehr hervorgerufen werden. Art und Stärke dieser Befestigungen hängen wesentlich von der Schnelligkeit der Schiffsbewegung und von der Art des angewendeten Schiffszuges ab. Während man bei Anwendung von Menschen- und Pferdetreidelei mit dem einfachsten Schutze durch Wasserpflanzen auskommen kann, erfordert der Betrieb mit freifahrenden Schleppern, deren Schrauben und Bugwellen starke Wellenbewegungen hervorrufen, starke Sicherungen.

a) **Uferschutz aus Holz.** Hierher gehören Befestigungen mit runden und kantigen Hölzern oder aus Faschinen. Letztere Ausführungen haben den Vorteil der Billigkeit,

sind jedoch rascher Zerstörung ausgesetzt, insbesondere dann, wenn sie nicht unter Wasser gelegen sind.

Die Verwendung von Hölzern geschieht meist in der Weise, daß in bestimmten Abständen Pfähle am Böschungsfuß eingeschlagen werden, deren Verbindung mittels eines aufgelegten Holmes erfolgt oder hinter welche Bohlen gelegt werden. Gegen diese stützt sich die eigentliche Uferbefestigung. Von Wichtigkeit



Abb. 18. Uferschutz aus Pflaster in Zementmörtel mit Wippenfuß.

ist es, daß das Holz immer unter Wasser ist, weil es sonst rasch der Fäulnis anheimfällt.

b) **Uferschutz aus Stein.** Die Befestigung mit Steinen erfolgt gewöhnlich als Böschungspflaster von 0,15—0,30 m Stärke, das in ein Sand- oder Kiesbett verlegt wird. Die Pflastersteine können hierbei in Reihen versetzt sein: Reihenpflaster, wobei die Steine rechteckige Oberfläche besitzen, oder sie können polygonale Form haben und unregelmäßig, aber im Verbande versetzt sein: Zyklopenpflaster.



Abb. 19. Uferschutz aus Pflaster mit Bohlenfuß.

Die Fugen werden entweder überhaupt nicht ausgefüllt: Trockenpflaster, oder sie werden mit Zementmörtel ausgegossen.

Häufig erfolgen die Abpflasterungen auch mit Rollschichten aus Backsteinen. Die untersten Pflastersteine legen sich gegen Steine größeren Formats, gegen Senkwellen oder gegen die unter a) genannten Holzwerke (Abb. 17—19). Noch widerstandsfähiger sind die sog. Steinsätze von gegen 0,4—0,5 m Stärke, wobei die Steine mit ihrer hohen Seite nebeneinander gestellt werden.

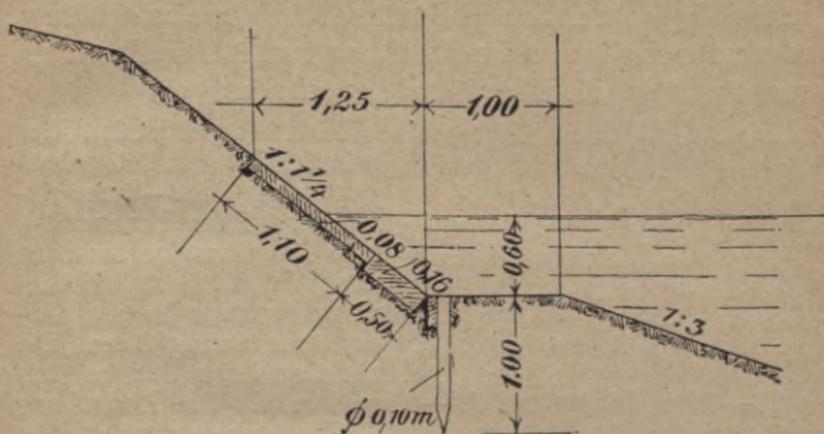


Abb. 20. Uferbefestigung mit Betoneisenplatten am Oder—Spree-Kanal mit Sicherung des Fußes durch Pfähle mit hintergestellten Bohlen.

c) **Uferschutz aus Beton und Eisenbeton.** In Gegenden, in denen die Beschaffung von Natursteinen schwerfällt, sind Befestigungen aus Beton und Eisenbeton angezeigt. Man verwendet Betonplatten von 8—20 cm Stärke zur Abdeckung der Böschungen, die sich gegen Betonfüße oder Holzwände lehnen. Die Platten haben zweckmäßigerweise

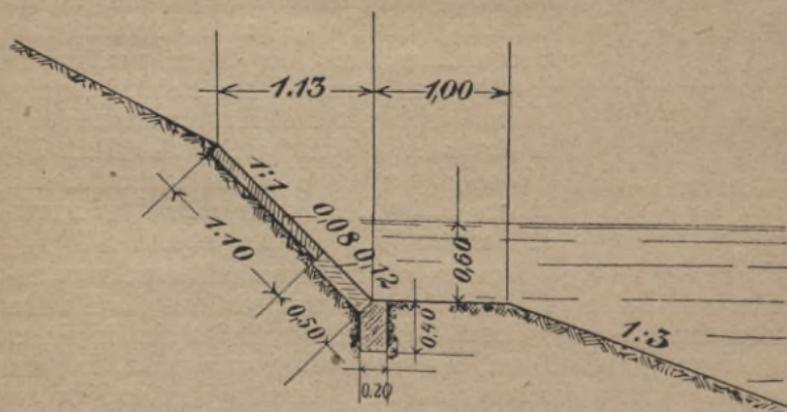


Abb. 21. Uferbefestigung mit Betoneisenplatten am Oder—Spree-Kanal mit Sicherung des Fußes durch Betonmäuerchen.

Drahteinlagen, um ihre Widerstandsfähigkeit zu erhöhen, und sind meist aus einer Mischung von 1 Teil Portlandzement und 4 Teilen Kiessand hergestellt.



Abb. 22. Dichtung der Fugen zwischen den Belagplatten der Uferböschung beim Teltow-Kanal.

Abb. 20 und 21 stellen Uferbefestigungen mit Betoneisenplatten am Oder—Spree-Kanal dar. Beim Dortmund—Ems-Kanal wurden bewehrte und nichtbewehrte Betonplatten verwendet, die Plattenstärke betrug 8 cm. Die nichtbewehrten Platten hatten 1,1—1,2 m Länge und 0,4—0,5 m Breite. Die Herstellung erfolgte meist unter Dach und Fach. Die Abmessungen der bewehrten Platten waren $1,80 \times 0,60$ m, die Eiseneinlagen bestanden aus hochkantig gestellten Flacheisen von 20×2 mm Stärke. Die Fugen zwischen den Platten sind teils mit Moos, teils mit hintergelegten Teerpappstreifen gedichtet worden.

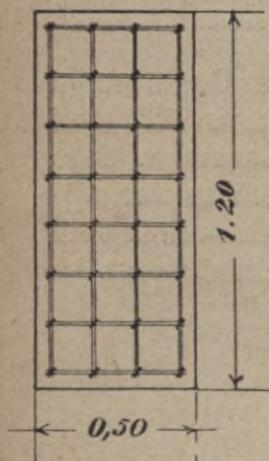


Abb. 23. Belagplatten der Uferböschung beim Teltow-Kanal.

Beim Teltow-Kanal geschah die Herstellung der Platten an der Verwendungsstelle, wobei die Trennung der einzelnen Platten während der Anfertigung durch aufrecht gestellte Blechstreifen erfolgte, zur Dichtung der Fugen fanden Betonstreifen Verwendung, die die Fuge von unten deckten und die in der aus Abb. 22 ersichtlichen Weise mit den Platten durch Bügel in elastische Verbindung gebracht sind. Die Eiseneinlagen der Platten bestanden aus einem Netz sich kreuzender Rundeisen-drähte von 3 mm Stärke (Abb. 23).

Von den bisher genannten Beispielen unterscheidet sich die Bauweise Möller dadurch, daß sie die Platten mit dem Erdboden verankert. Die Anker befinden sich in einem Abstand von etwa 60 cm, ihre Herstellung erfolgt so, daß ein etwa 4 cm starker Vortreiber auf die Ankerlänge in den Boden eingeschlagen und wieder herausgezogen wird. Danach wird ein 4 mm starker Eisendraht in das Loch eingeführt und dasselbe

mit Zementmörtel ausgegossen. Das obere Drahtende wird umgebogen und mit den Eiseneinlagen der Platte verbunden. Die Platte wird in einzelnen Streifen mit Fugen zur Verhinderung von Rissebildungen betoniert (Abb. 24 und 25).

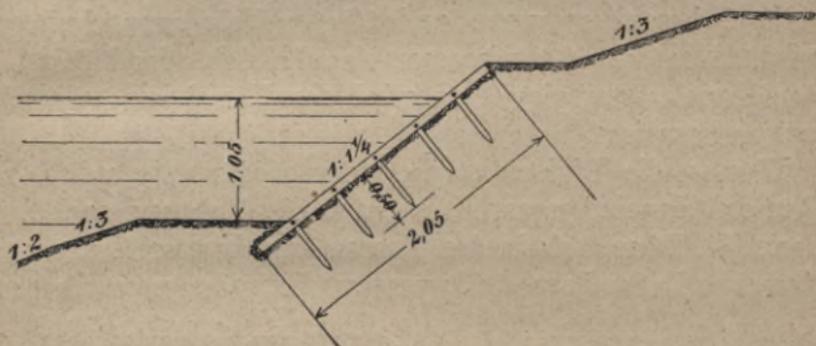


Abb. 24. Uferbefestigung am Dortmund—Ems-Kanal. (Bauweise Möller)

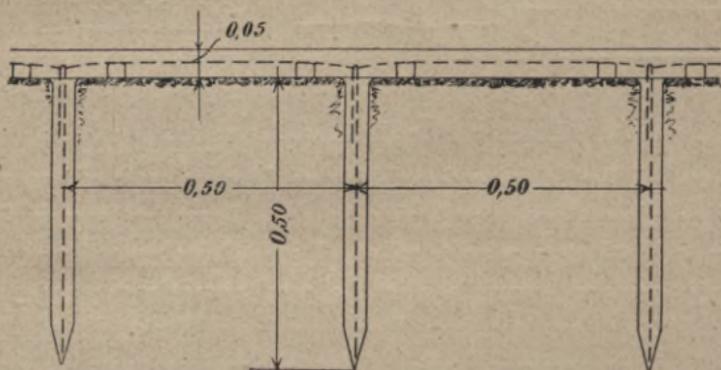


Abb. 25. Längenschnitt der Befestigung nach Möller.

7. Dichtung der Kanäle.

Die möglichste Dichthaltung des Kanalbetts ist von großer Wichtigkeit, sie ist um so notwendiger, je schwieriger die Beschaffung des Wassers für die Speisung des Kanals ist. Die durch Versickerung entstehenden Wasserverluste hängen ab von der relativen Lage des Kanalwasserspiegels

zum Grundwasserspiegel und von der Durchlässigkeit des Bodens. Die größten Wasserverluste entstehen im allgemeinen in den auf Dämmen geführten Kanalstrecken. Doch können Wasserverluste auch in Einschnitten entstehen, besonders wenn zerklüfteter Fels angeschnitten wird. Liegt der Grundwasserspiegel gleich oder höher als der Kanalwasserspiegel, so wird der Kanal vom Grundwasser gespeist.

Werden die Dichtungsarbeiten gleichzeitig mit dem Bau des Kanals hergestellt, so kann die Dichtung nach Art der Abb. 26 mittels in den Damm eingebauter Kerne aus Ton oder Beton hergestellt werden, die in den gewachsenen

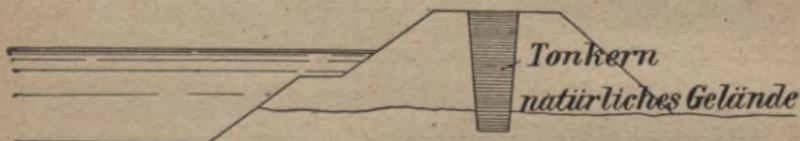


Abb. 26. Kanaldichtung mittels stehenden Tonschlagkörpers.

Boden oder besser in eine undurchlässige Schicht eingreifen. Liegt der undurchlässige Boden zu tief, so wird eine schalenartige Auskleidung des Kanalbetts mit Ton, Lehm oder Beton angewendet. Diese Schalen müssen zum Schutz gegen Angriffe der Schraubenwirkung usw. mit einer 30—50 cm starken Decklage aus Erde, Sand, Kies oder Steinen versehen sein. Die Anwendung von Beton ist überall da bedenklich, wo Bodensetzungen zu erwarten sind, also bei höheren Aufträgen und im Bergbaugebiet. Es würden sich Risse bilden, welche dem Wasser den Durchtritt gestatten.

Abb. 27 zeigt die Abdichtung des Bettes beim Dortmund—Ems-Kanal in den höheren Aufträgen. Die Stärke der Dichtungsschicht wechselt zwischen 0,50 und 1,0 m. Der Lehm wurde schichtenweise in 10 cm Stärke unter Anfeuch-

ten und Stampfen eingebracht. Da die Dämme aus Mergel geschüttet sind, mußten dieselben gleichzeitig der Einwirkung der Atmosphärien entzogen werden, weil sonst die Standsicherheit gefährdet gewesen wäre. So wurde die Lehmlage auch an den wasserabgelegenen Seiten ausgeführt.

Sehr umfangreiche Dichtungsarbeiten mußten in der Scheitelhaltung des Großschiffahrtswegs Berlin—Stettin ausgeführt werden. Auf rund 27 km Länge wurden gegen 480000 cbm Ton zur Herstellung von Dichtungen eingebracht. Sehr günstig war dabei der Umstand, daß das Material in der Nähe des Kanals gewonnen werden konnte. Um den Einbau der großen Tonmassen zu bewältigen, wurden besonders gebaute Motorwalzen verwendet, welche den in 20 cm starken Lagen ausgebreiteten Ton festwalzten.

Wenn der Kanal mit Wasser gefüllt ist, so kann die Dichtung mit Hilfe des Lehm- und Sandeinschlammverfahrens vorgenommen werden. Das Einschlammern erfolgt durch Abwerfen des allenfalls mit Wasser verrührten Materiales von Kähnen oder Flößen aus, wobei die Poren des Untergrundes verstopft werden. Das Verfahren ist also eine Beförderung der Selbstdichtung des Kanals.

Die Ausführung der Dämme selbst ist für die Größe der Wasserverluste ebenfalls von Bedeutung, lagenweises

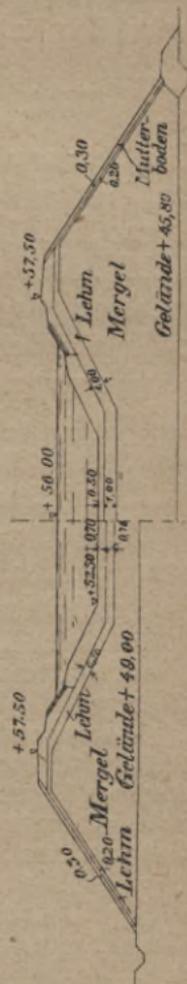


Abb. 27. Schüttung der Mergeldämme beim Dortmund—Ems-Kanal.

Aufbringen des Bodens und tüchtiges Stampfen desselben ist nötig. Auch Abwalzen und Tränken mit Kalkmilch ganz so, wie man es bei den Erddämmen für Talsperren macht, trägt zur Erhöhung der Dichtigkeit bei.

8. Bauausführung der Kanäle.

Die **Grabung der Kanäle** erfolgt in unserem Zeitalter der Maschinen in der Hauptsache durch Bagger. Es handelt sich gewöhnlich um die Bewegung sehr großer Erdmassen, beispielsweise betrug beim Dortmund—Ems-Kanal die Bodenbewegung nahe an $23\frac{1}{2}$ Millionen Kubikmeter. Die Art der zur Verwendung gelangenden Grabemaschinen ist abhängig von der Art und Beschaffenheit des auszuhebenden Bodens. Erdiger Grund, Kies und Sand werden mit Trockenbaggern ausgehoben. Dieselben bestehen, wie Abb. 28 zeigt, aus einer größeren Zahl von eimerartigen Gefäßen, die an einer Kette ohne Ende über eine Eimerleiter geführt werden und bei ihrer Bewegung eine kontinuierliche Arbeit verrichten.

Wenn sie im Nassen arbeiten, heißen sie Naßbagger, diese sind auf Schiffsgefäßen montiert (Abb. 29). Der Trockenbagger samt zugehörigem Mechanismus ist auf einem Wagen aufgebaut, der auf den Kanal entlang liegenden Schienen läuft. Der Wagen kann entweder auf der Einschnittssohle oder neben dem oberen Böschungsrande laufen. Die Eimer schütten das Material mittels einer Schüttrinne in Transportwagen, die unter oder neben dem Bagger auf besonderen Gleisen stehen, oder auf ein Förderband, welches das Material weitergibt. Während des Baggerns rückt der Wagen, durch eine besondere Maschine angetrieben, vor. Größere Bagger sind fähig, 1200—1400 cbm pro Arbeitstag zu leisten.

Ist der Boden hart und mehr felsiger Natur, so sind Bagger mit ununterbrochener Förderung nicht mehr zu gebrauchen. Dann verwendet man den Löffelbagger, welcher die Arbeit einer Handschaufel nachahmt. Er besteht

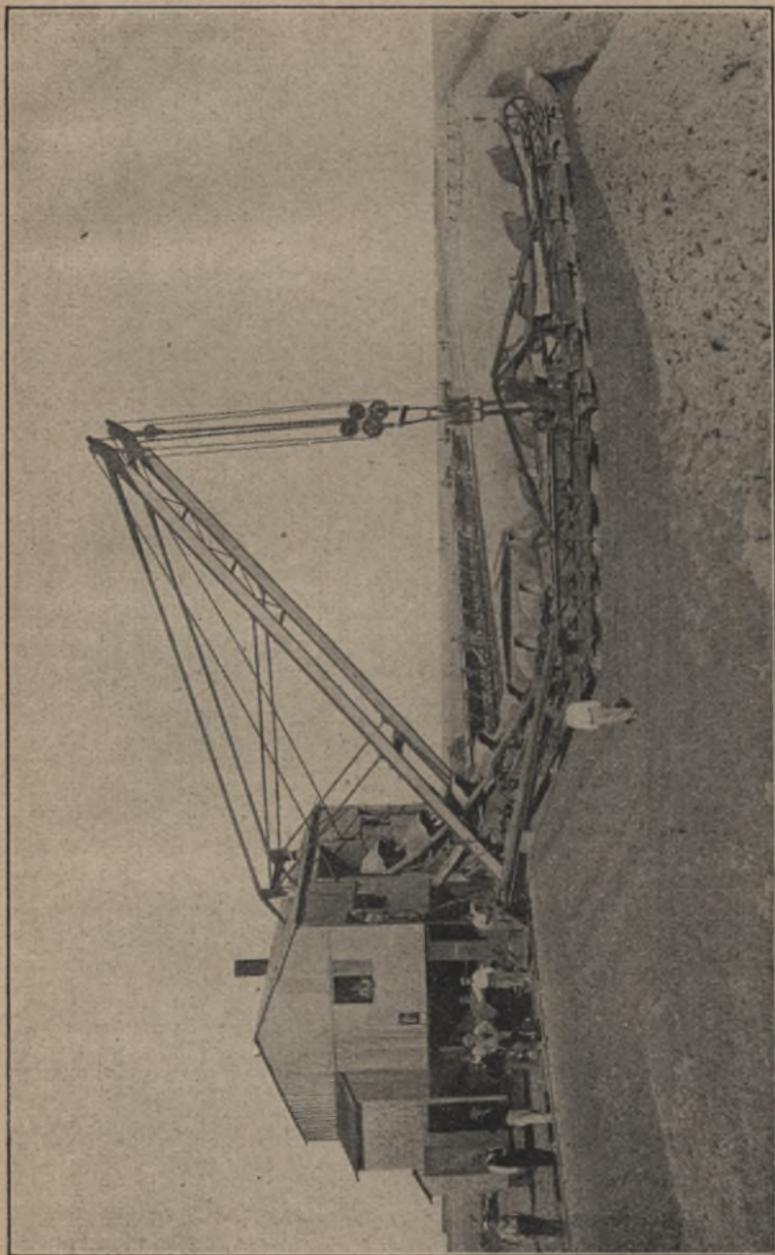


Abb. 28. Trockenbagger der Lübecker Maschinenbauengesellschaft beim Aushub eines Kanals.

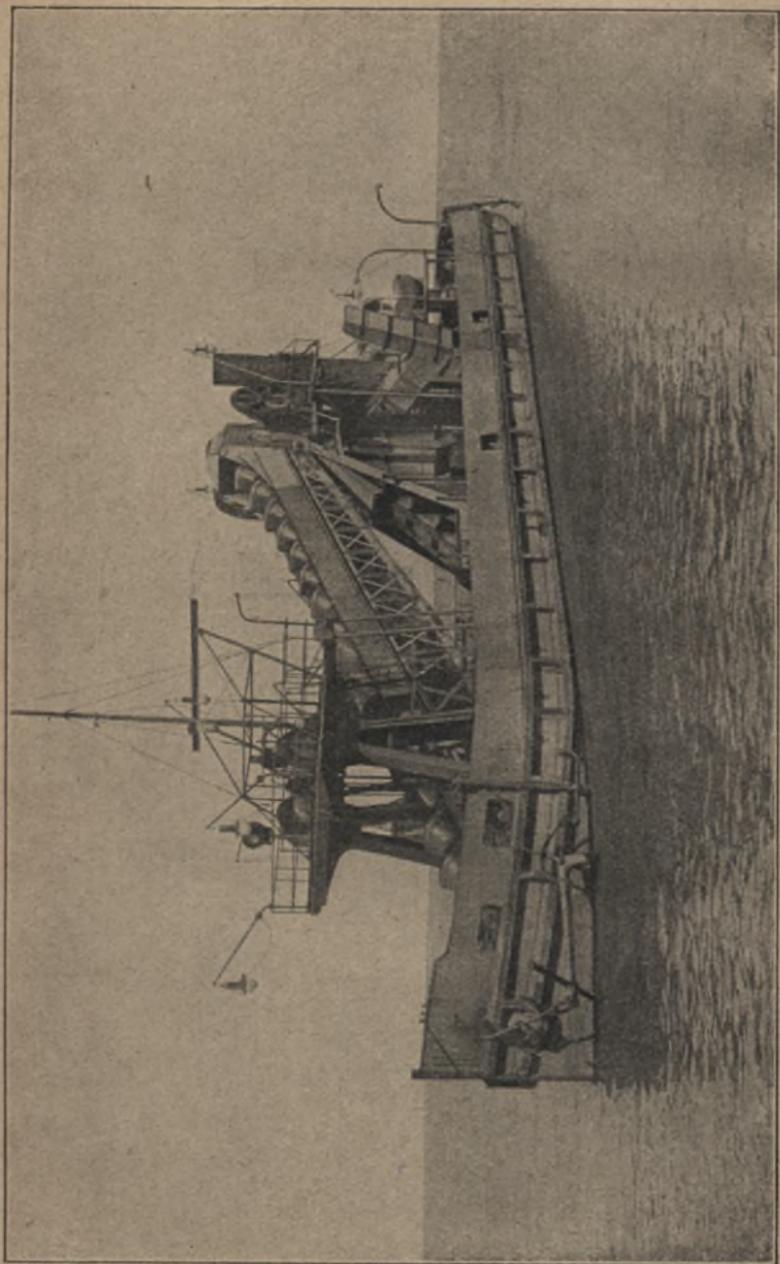


Abb. 29. Naßbagger der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft.

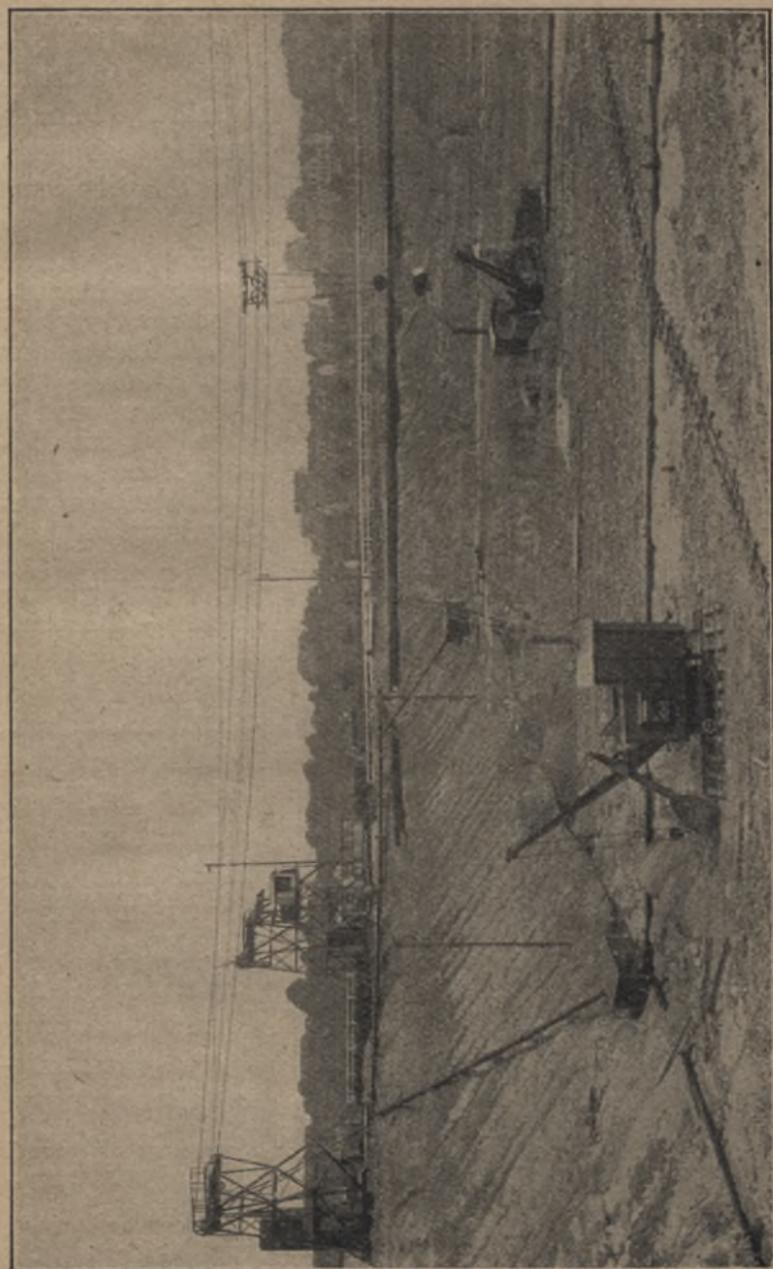


Abb. 30. Löffelbagger von Menck und Hambrock am Kaiser-Wilhelm-Kanal.

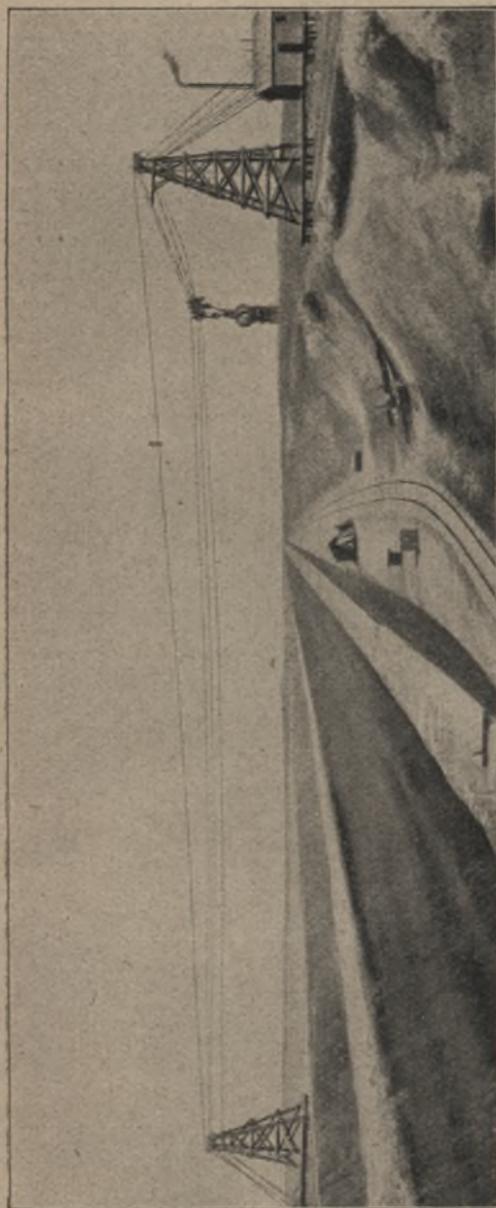


Abb. 31. Kabelbahnen bei amerikanischen Kanälen.

aus einer mit Zähnen versehenen großen Schaufel mit festem oder aufklappbarem Boden.

Die Schaufel ist an einem Stiel festgemacht, welcher durch Ketten gegen die Böschung vorgeschoben und in dieselbe hineingepreßt, bzw. von ihr zurückgezogen werden kann. Abb. 30 zeigt 2 Löffelbagger beim Aushube am Kaiser - Wilhelm - Kanal.

Sollen feiner Sand und Schlick beseitigt werden, so kann der Eimerkettenbagger nicht mehr Anwendung finden, mit Vorteil arbeitet dann der Pumpenbagger. Die im Schiff aufgestellten und von der Betriebsmaschine getriebenen Zentrifugalpumpen saugen eine

Mischung von Sand und Wasser an, wobei das Baggergut in Rohrleitungen mittels der Druckwirkung der Pumpe auf größere Entfernungen fortgeschafft werden kann.

Abb. 31 zeigt die **Förderung** des gegrabenen Materiales mit Hilfe der Kabelbahnen, welche in den Vereinigten Staaten von Nordamerika umfassende Verwendung finden. Die Anlage besteht aus 2 auf beiden Kanalufern laufenden Türmen, welche durch mehrere Kabel miteinander verbunden sind, auf welchen mittels eines Wagens das Fördergefäß hin- und hergezogen werden kann. Die Fördergefäße sind hölzerne oder eiserne Mulden oder Greifer.

Ein anderes Mittel zur Förderung des ausgehobenen Materiales auf die Ufer ist der Bremsberg, bei welchem zweckmäßig 2 Gleise angelegt werden, eines für den hochgehenden vollen Wagen, das andere für den abwärts fahrenden leeren Wagen.

VIII. Kunstbauten bei den Kanälen.

1. Schleusen und mechanische Hebewerke im allgemeinen.

Während die Straßen und Eisenbahnen die Höhenunterschiede des Geländes allmählich mit Hilfe von gewissen stetigen Steigungen überwinden, geschieht die Höhensteigerung bei den Kanälen mit Hilfe von Gefällen, welche an einzelnen Stellen konzentriert sind, die zwischenliegenden Strecken sind horizontal ausgeführt. Als bauliche Einrichtung zur Gefällsüberwindung sind zwei Mittel im Gebrauche, die Kammerschleusen und die mechanischen Hebewerke. Bei den Kammerschleusen wird das Wasser allein zur Schiffshebung benutzt, während bei den Hebewerken mechanische Hilfsmittel hinzukommen. Die mit

den Kammerschleusen zu überwindenden Gefälle sind jedoch beschränkt, nicht zum mindesten deshalb, weil die Beschaffung des nötigen Schleusungswassers häufig auf Schwierigkeiten stößt. Durch Anlage von Sparbecken sucht man allerdings den Wasserverbrauch zu verringern, allein es ist damit eine Vermehrung an Schleusungszeit verbunden, weil die Druckhöhe über den Wasserausströmungsquerschnitten kleiner ist und die Ventile der Sparbecken geöffnet werden müssen. Wenn es sich um Ersteigung großer Höhen handelt, erhält man eine verhältnismäßig große Zahl von Schleusen, deren Durchfahren viel Zeit erfordert. Ein Hebewerk ermöglicht den Ersatz mehrerer Schleusen und damit eine erhebliche Ersparnis an Fahrzeit. Der besondere Vorteil ist auch der, daß der Wasserverbrauch gleich Null oder nur sehr klein ist.

2. Kammerschleusen.

Die Kammerschleuse ist ein zwischen 2 Kanal- oder Flußhaltungen gelegenes Bauwerk, mit dessen Hilfe es möglich ist, ein Schiff von der unteren in die obere Haltung zu heben, bzw. dasselbe von der oberen Haltung in die untere hinabzulassen. Das die Hebung und Senkung bewirkende Element ist dabei das Wasser.

Die verschiedenen Bezeichnungen und Begriffe bei einer Kammerschleuse sollen an Hand der Abb. 32 vorgeführt werden:

Die drei Hauptteile einer Kammerschleuse sind die Kammer *K* als mittlerer Teil und die beiden Schleusenhäupter als Enden der Schleuse. Das dem Oberwasser zu gelegene Haupt heißt Oberhaupt (*OH*), das dem Unterwasser zu liegende Unterhaupt (*UH*). Ober- und Unterhaupt haben die beiden Verschlußvorrichtungen, die Schleusentore, welche fast stets Stemmtores sind, auf-

zunehmen. Je nach ihrer Lage nach dem Oberwasser bzw. Unterwasser heißen die Tore Obertor (*OT*) und Untertor (*UT*). Das obere Tor ist in geschlossenem, das untere in geöffnetem Zustande gezeichnet. Die Sohle der Kammer heißt der Kammerboden, ihre Wände die Kammerwände. Der Raum, welcher von den Toren beim Öffnen bestrichen

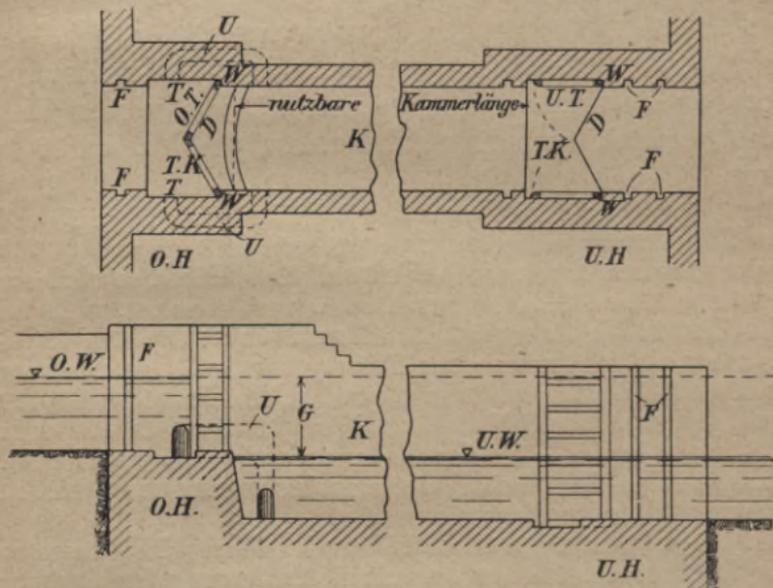


Abb. 32. Die verschiedenen Teile einer Kammerschleuse.

wird, heißt die Torkammer (*TK*). Der Absatz, gegen welchen sich der untere Teil des Stemmtores anlegt, heißt der Dremmel (*D*) (Ober- und Unterdremmel). Im geöffneten Zustande legen sich die Stemmtore, damit sie die Lichtweite der Schleuse nicht verringern, in Vertiefungen der Häupter, die Tornischen *T*, herein.

Diejenige Fläche, gegen welche sich die Wendesäule des Stemmtores legt, heißt die Wendesische (*W*). Zum Füllen und Leeren der Schleuse sind die Umläufe *U* vor-

handen, das sind im Mauerwerk ausgesparte Kanäle, welche die in manchen Stemmtoren angebrachten Schützen ganz oder teilweise ersetzen. Der Wasserspiegel der oberen Kanalhaltung heißt das Oberwasser (*OW*), derjenige der unteren Kanalhaltung das Unterwasser (*UW*) der Schleuse, der Höhenunterschied zwischen beiden heißt das Schleusengefälle (*G*). Zum Trockenlegen der Schleuse beim Notwendigwerden von Reparaturen sind gewöhnlich im Ober- und Unterhaupt der Schleuse Nuten im Mauerwerk, sog. Dammfalze (*F*), ausgespart, welche zum Einsetzen von Dammbalken oder sonstigen Verschlüssen dienen.

Der Vorgang beim Schleusen der Schiffe ist folgender: Es soll in der Kammer der Stand des Unterwassers vorhanden sein. Will ein von unterhalb kommendes Schiff aufwärts fahren, so wird das Untertor geöffnet, falls dies noch nicht geschehen ist, und das Schiff fährt in die Kammer ein. Hierauf wird das Untertor geschlossen und die Umläufe zur Füllung der Schleusenkammern oder die Schützen in den Stemmtoren, welche demselben Zweck dienen, geöffnet. Das Schiff hebt sich langsam, bis das Wasser in der Kammer in der Höhe des Oberwasserspiegels angelangt ist. Alsdann werden die Obertore aufgemacht, worauf das Schiff in die obere Haltung ausfahren kann.

Bei der Talfahrt fährt das Schiff nach Öffnung des Obertores in die Kammer ein. Hierauf beginnt die Entleerung der Kammer durch Öffnung der nach dem Unterwasser ausgießenden Umläufe bzw. der in den Untertoren befindlichen Schützen. Hat sich der Wasserspiegel in der Kammer bis auf die Höhe des Spiegels der unteren Haltung gesenkt, so wird das Untertor geöffnet, worauf das Schiff ausfahren kann.

a) Schleusen besonderer Anordnung.

Bei Kanälen mit starkem Verkehre können Doppelschleusen erstellt werden (Abb. 33), wobei zwei Schiffe nebeneinander in der Schleuse Platz finden. Die Schiffe fahren in derselben Reihenfolge, in der sie eingefahren sind, auch wieder aus.

Ebenfalls zur gleichzeitigen Aufnahme mehrerer Schiffe dienen die Schleppzugsschleusen, die gewöhnliche Schleusen mit

langer Kammer sind. Die Schleppzugsschleusen des Dortmund—Ems-Kanals haben eine nutzbare Kammerlänge von 165 m und sind imstande, das gleichzeitige Durchschleusen eines Schleppdampfers von 25 m Länge und zweier Lastschiffe mit je 65 m Länge zu ermöglichen. Die Schleusen des im Bau begriffenen

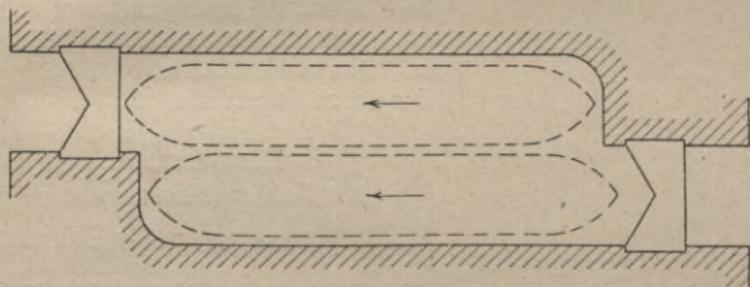


Abb. 33. Doppelschleuse.

Rhein—Herne-Kanales sind ebenfalls Schleppzugsschleusen mit 165 m nutzbarer Länge.

Zur Überwindung großer Gesamtgefälle an einer Stelle verwendet man die gekuppelten Schleusen (Abb. 34), bei denen mehrere Kammerschleusen unmittelbar hintereinander angeordnet sind, so daß also beispielsweise das Untertor der obersten Schleuse

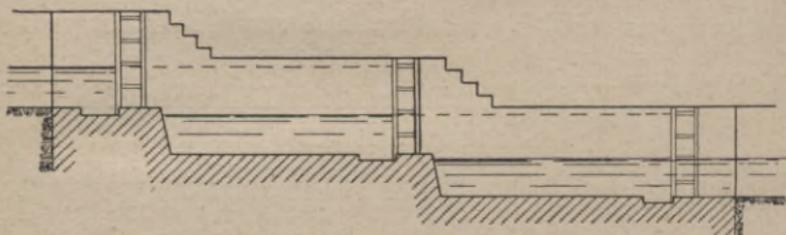


Abb. 34. Gekuppelte Schleuse.

gleichzeitig Obertor der nächstunteren Schleuse ist. Ein großartiges Beispiel von einer dreifachen Kuppelschleuse sind die Schleusen des Panamakanals bei Gatun mit einer Gesamtlänge von rund 1183 m (Abb. 35) und einem Gesamtgefälle von 25,9 m.

Schutzschleusen oder Sperrschleusen sind Bauwerke, welche an der Einmündung eines Kanals in einen Fluß gelegen sind. Sie sind dem Haupte einer einfachen Kammerschleuse nachgebildet und enthalten gewöhnlich ein Fluttore, welches einer

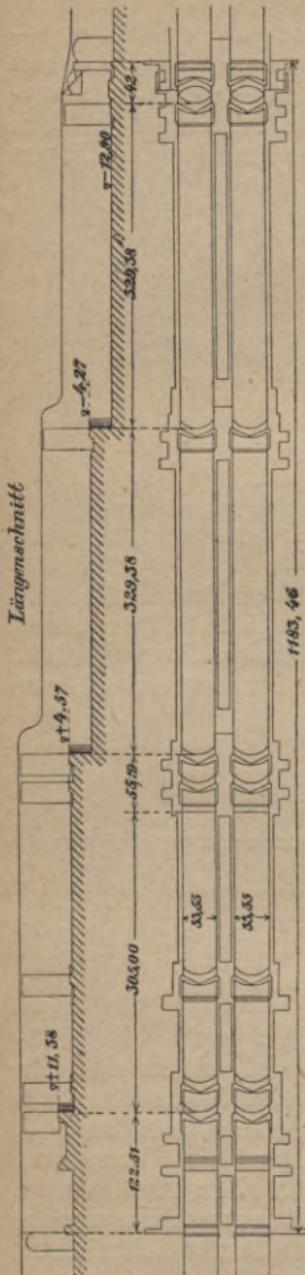


Abb. 35. Schleusen des Panamakanals bei Gatun.

zeitweiligen höheren Wasserstand des Flusses vom Kanale abhalten soll. Die umgekehrte Funktion, einen gegen außen zeitweilig höheren Wasserstand im Kanale (bei Niederwasser in einem Fluß) oder auch in einem Hafenbecken zur Zeit der Ebbe zu halten, besorgen die Dockschleusen, welche mit Ebbetoren versehen sind.

b) Konstruktion der Schleusenkammern.

Die **Abmessungen** der Schleusen richten sich nach den Abmessungen der größten zu schleusenden Schiffe bzw. Schiffszüge. Als nutzbare Länge der Schleusenkammer bezeichnet man den Abstand zwischen der Sehne der Abfallmauer und dem Beginn der Torkammer des Untertors. Diese Länge soll um das Maß von 0,5—1,5 m größer sein als die Länge der größten zu schleusenden Kähne bzw. Schiffszüge. Ebenso soll die Schleusenbreite um etwa 1 m größer sein als die größte Kahnbreite. Die nutzbare Kammerlänge der Schleppzugsschleusen am Dortmund—Ems-Kanal setzt sich zusammen aus $2 \times 67,0$ m (Kähne) + 25,0 m (Schlepper) + $4 \times 1,50$ m Spielraum = 165 m. Mittelhäupter werden ab und zu zwischen Ober- und Unterhaupt bei großen

Schleusen angelegt, damit man, wenn kleine oder bei Schleppzugsschleusen einzelne Schiffe geschleust werden

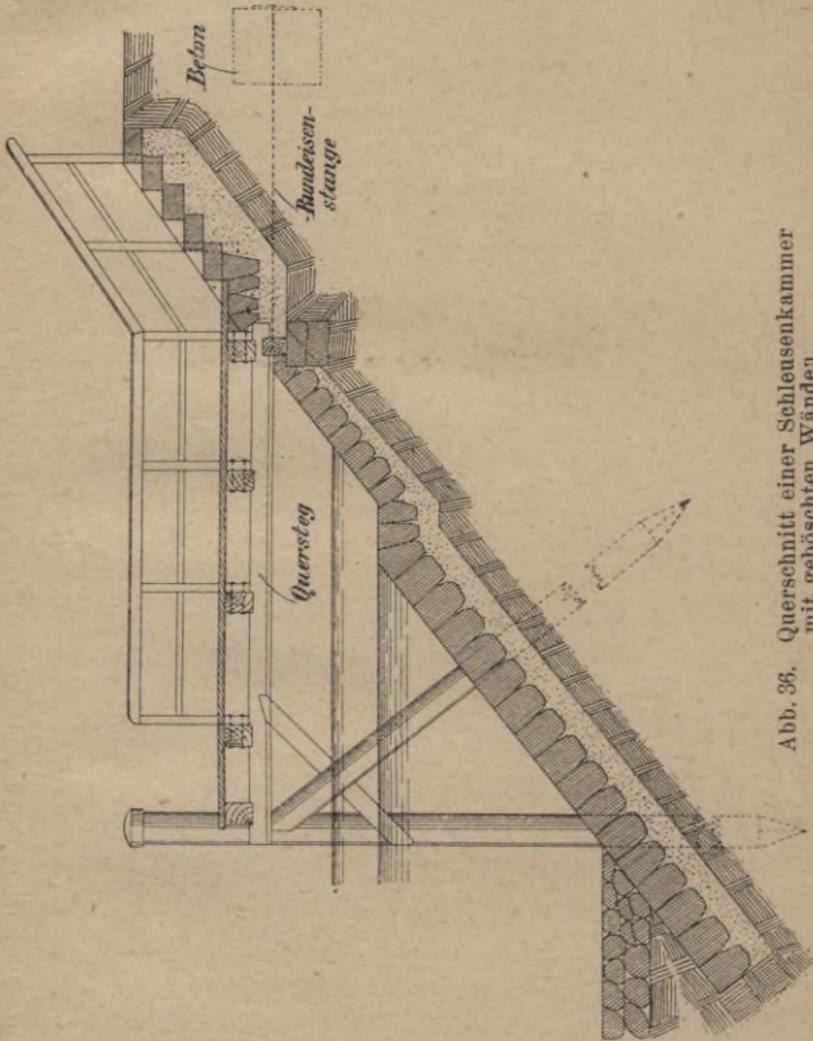


Abb. 36. Querschnitt einer Schleusenammer mit geböschten Wänden.

sollen, nicht die ganze Kammer zu füllen braucht, was dann einen Gewinn an Zeit und Ersparnis an Wasser bedeutet.

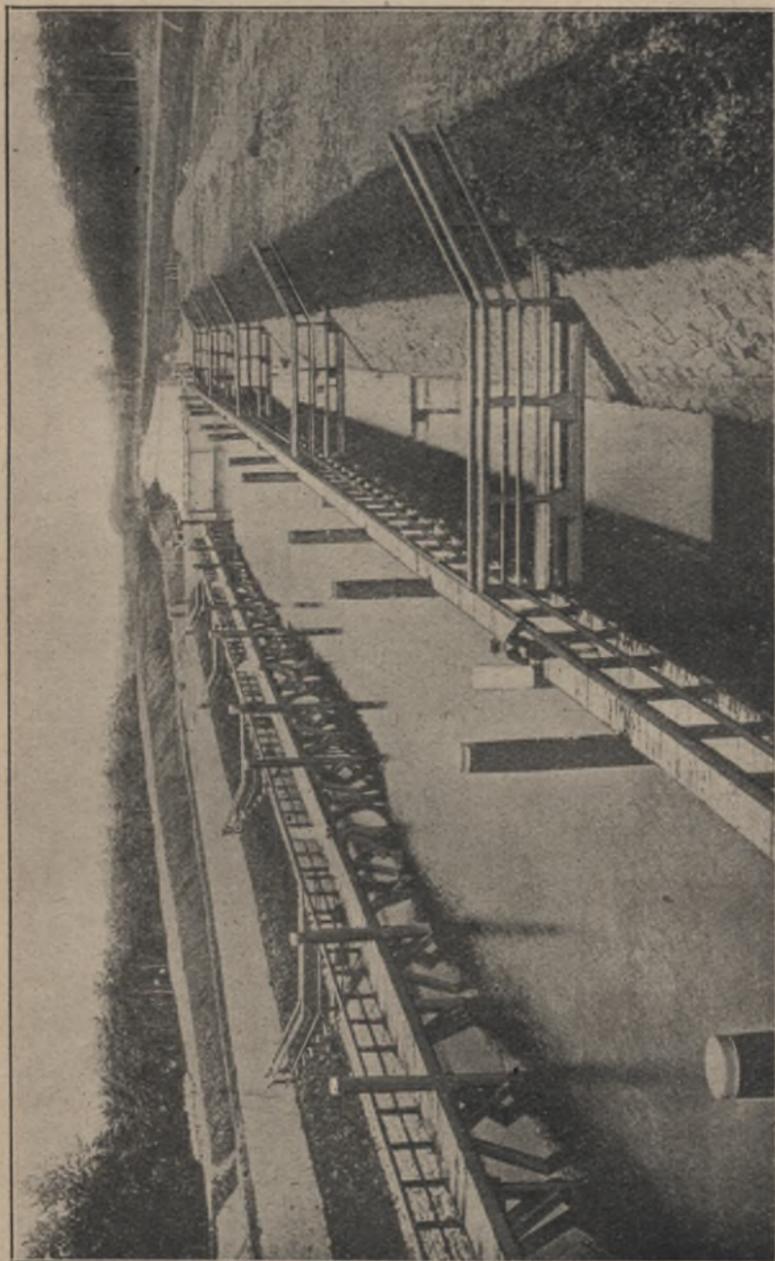


Abb. 37. Dortmund—Ems-Kanal. Sperrschleuse am Haneken. Ansicht vom Oberhaupt aus.

Die Art der **Konstruktion** der Schleusenammern ist abhängig von dem Boden, auf dem man zu bauen hat, insbesondere von dessen Wasserdurchlässigkeit und von der Menge des zur Verfügung stehenden Wassers.

Kommt es auf Wasserverluste nicht an, so kann man Erdböschungen und Holz verwenden. Die Böschungen müssen zweckmäßig abgepflastert werden, der Fuß des Pflasters wird durch eine Spuntwand oder eingerammte Pfähle gehalten. Bei geböschten Wänden ist es nötig, bei-

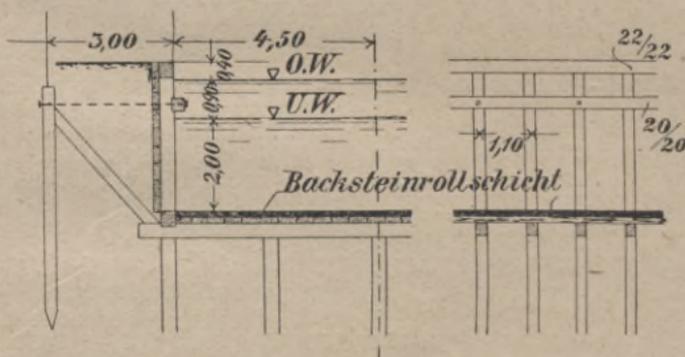


Abb. 38. Hölzerne Schleusenkamme.

derseits zur Führung und zum Verholen der Schiffe Laufstege anzuordnen, welche durch Querstege zugänglich gemacht werden müssen. Eine derartige Anordnung zeigt Abb. 36. Ein Lichtbild einer Kammerschleuse mit geböschten Wänden ist in Abb. 37 dargestellt*).

Ein Beispiel einer rein hölzernen Schleuse auf Pfahlrost mit Bohlwerkswänden zeigt Abb. 38. Die Bohlwerkswand ist nach hinten an eingerammte Rundpfähle mit Rundeisenstangen verankert. Der Boden der Schleuse ist zum Schutze gegen Angriffe von Ankern und anderen Eisenteilen mit einer Rollschicht aus Ziegelsteinen abgepflastert. Die Konstruktion hat natürlich den Nachteil baldiger Vergänglichkeit.

*) Nach Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1904.

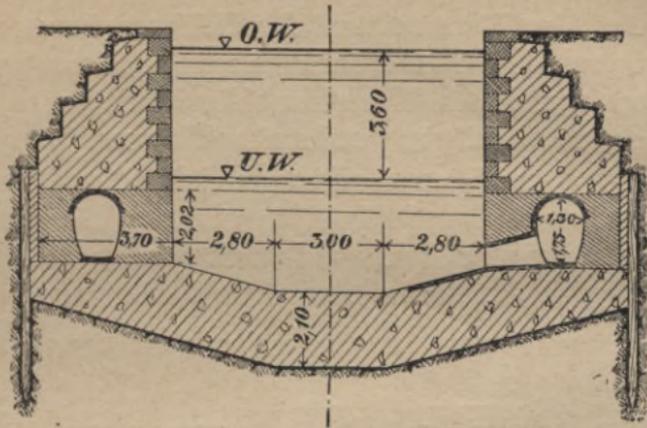


Abb. 39. Querschnitt einer gemauerten Schleusenammer.

Die besten Konstruktionen sind diejenigen aus Stein und Beton. Als Steine werden Natursteine und Ziegelsteine verwendet. Die Sichtseiten der Schleusenmauern werden meist mit Werksteinen oder Klinkern verkleidet, während das Mauerinnere und die Kammersohle aus Beton, Backsteinen oder Bruchsteinmauerwerk bestehen kann. Bei durchlässigem Boden erfolgt die Gründung gewöhnlich

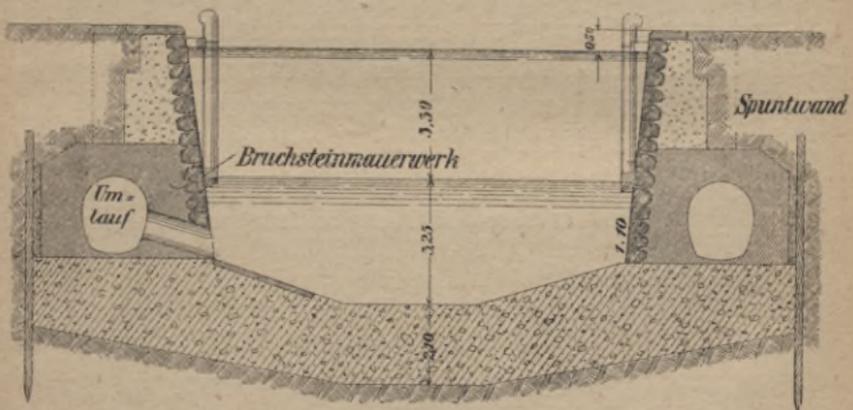


Abb. 40. Kammerquerschnitt der Schleuse des Dortmund-Ems-Kanals bei Teglingen.

auf Beton zwischen Spundwänden eingebracht. Nachdem der Beton erhärtet ist, wird die Baugrube ausgepumpt und das aufgehende Mauerwerk hergestellt.

Bei nicht genügend widerstandsfähigem Untergrund können die Mauern auf Pfähle gestellt oder auf eisenbewehrte Betonplatten aufgesetzt werden.

Abb. 39 zeigt einen typischen Kammerquerschnitt. Die Betonsohle ist dabei wie ein umgekehrtes Gewölbe geformt, die Schleusenmauern sind bis über Umlaufhöhe aus Ziegelsteinen aufgebaut. Weiter hinauf ist Beton mit Klinkerverblendung angewendet.

Abb. 40 zeigt den Querschnitt der Kammer der Schleuse des Dortmund—Ems-Kanales bei Teglingen*). Die Ansichtsflächen der Kammermauern haben $\frac{1}{10}$ Anlauf, die Kammerwände bestehen im unteren Teil aus Bruchsteinmauerwerk, im oberen aus Magerbeton mit Bruchsteinverblendung.

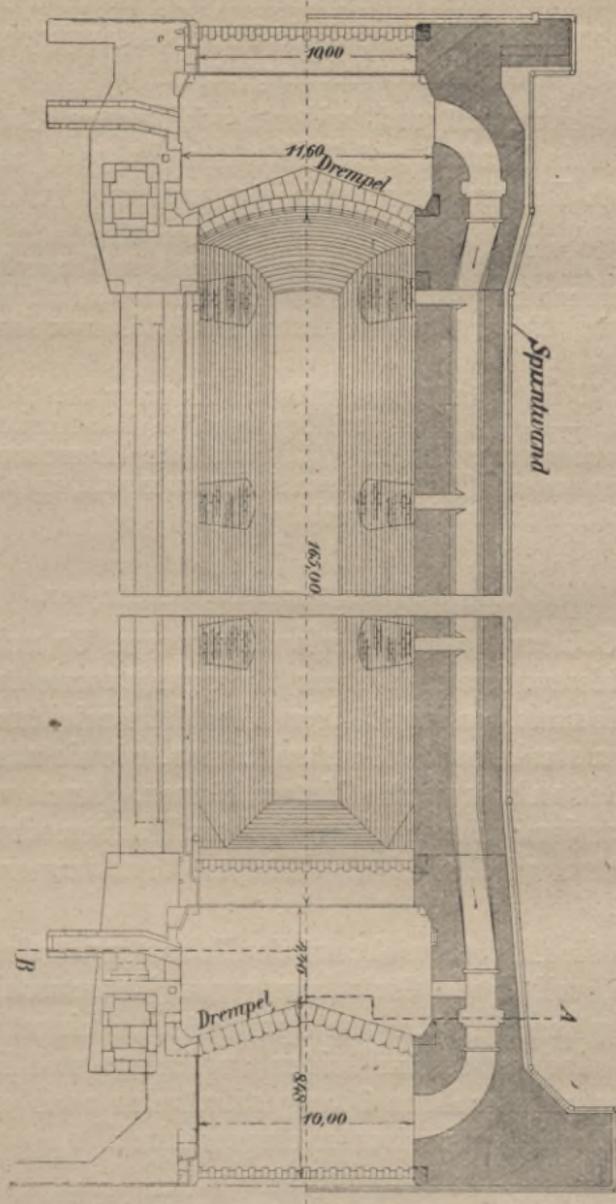
c) Konstruktion der Schleusenhäupter.

Die Schleusenhäupter erfordern wegen Unterbringung der Schleusentore und ihrer Bewegungsvorrichtung, der Umläufe samt den zugehörigen Abschlusseinrichtungen und Ventilen starke solide Konstruktionen, wie sie nur Stein- und Betonbauwerke bieten können. Auch wenn die Kammer der Schleuse mit geböschten Wänden oder in Holz ausgeführt wird, sind die Häupter fast immer massiv gebaut.

Falls die Häupter nicht auf den Felsen gegründet werden können, soll deren Grundbau gegen Unterwaschen und Hinterspülen ringsum von Spundwänden eingefasst sein. Häufig sind außer den beiden am Anfang und Ende des Hauptes angebrachten Querspundwänden noch eine oder mehrere solche dazwischen eingeschaltet.

*) Zeitschrift für Bauwesen 1901, Atlas Blatt 48.

Abb. 41. Grundriß und Oberansicht der Schleuse des Dortmund—Ems-Kanals bei Tegligen.



Die Stärke der Schleusenhäupter ist, wenn Umläufe angeordnet werden, größer, als wenn solche fehlen und durch Schützen in den Schleusentoren ersetzt sind.

Abb. 41 zeigt den Grundriß und die Oberansicht der bereits genannten Schleuse bei Teglingen*), während Abb. 42 einen Querschnitt durch das Unterhaupt vor dem Drempel mit Sicht nach diesem bietet. Der Drempel ist als Gewölbe ausgebildet und aus Basaltlava hergestellt. Aus demselben Material besteht die Wendensche. Die übrigen vorzugsweise beanspruchten Kanten und Ecken bestehen aus Sandsteinen. Das Maß, um welches der Drempel über den Torkammerboden emporragt, beträgt meist

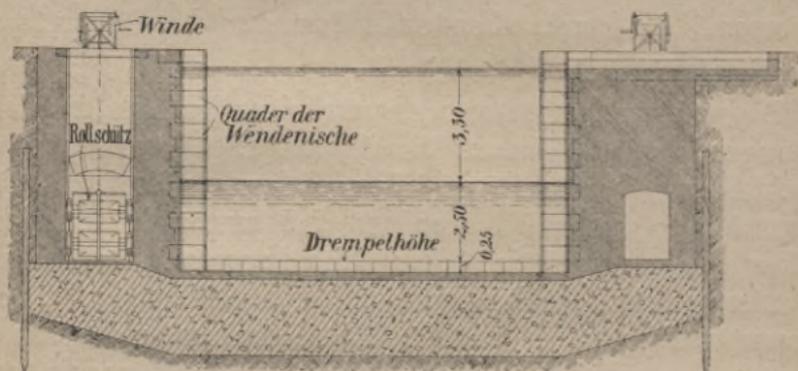


Abb. 42. Querschnitt A—B in Abb. 41.

25 cm. Die Tiefe der Tornische richtet sich nach der Dicke des Tores, das sich vollständig in die Nische hereinlegen lassen und die lichte Schleusenweite freilassen muß.

d) Anordnung der Schleusentore.

Das Material, aus dem die Schleusentore hergestellt werden, kann Holz, Eisen oder eine Verbindung von beiden sein. Das Holz, meist Eichenholz, wird für kleine Tore auch heute noch verwendet. Sobald es sich jedoch um größere Weiten handelt, kommt nur Eisen in Betracht

*) Zeitschrift für Bauwesen 1901, Atlas Blatt 48.

wegen der größeren Anpassungsfähigkeit und der geringeren Konstruktionsstärken.

Die Tore, mit denen die Schleusen verschlossen werden, sind meistens Stemmtore, d. h. zweiflügelige Tore mit senkrechter Drehachse, deren Flügel im Grundriß miteinander einen stumpfen Winkel bilden. In einzelnen Fällen sind Klapp Tore — Tore mit horizontaler Drehachse — ausgeführt worden. Für große Schleusen sind auch schon Schiebetore verwendet worden, welche den Vorzug haben, daß sie nach beiden Seiten kehren können. Im nachstehenden sollen nur die Stemmtore eingehender besprochen werden.

Die an einem Stemmtor zu unterscheidenden Teile sind das Torgerippe und die auf dasselbe aufgelegte wasserdichte Bekleidung, die Torhaut. Je nachdem die Rippen horizontal oder vertikal angeordnet sind, unterscheidet man Riegeltore und Stiel- oder Ständertore. Außerdem werden neuerdings Tore gebaut, deren Gerippe aus 2 gekreuzten Diagonalen besteht. Die Umrahmung des Tores besteht natürlich auch aus biegungs- und druckfesten Stücken. Die obere horizontale Torbegrenzung heißt der Oberrahmen, auch Obertramen, die entsprechende untere Begrenzung Unterrahmen bzw. Untertramen. Die vertikale Begrenzung gegen die Mauer bildet die Wendesäule, diejenige gegen die Kammermitte die Schlagsäule.

Bei den Riegeltoren sind also die Riegel mit Wende- und Schlagsäule verbunden, der Oberrahmen ist zugleich der oberste, der Unterrahmen der unterste Riegel.

Bei den Ständertoren sind die Ständer oder Stiele mit dem Ober- und Unterrahmen verbunden. Schlagsäule und Wendesäule sind die äußersten Stiele.

Außer den Riegeln und Stielen sind in den meisten Fällen noch Seitenaussteifungen vorhanden, welche Druckstreben und Zugelemente sein können. Am oberen Ende der Tore sind meist Laufstege festgemacht, welche eine Verbindung der beiden Kammerseiten ermöglichen und von denen aus die Bedienung der Torschützen, falls solche vorhanden sind, vorgenommen wird.

e) Berechnung der Stemmtole.

Die äußeren auf das Tor wirkenden Aktivkräfte sind neben dem Eigengewichte der Wasserdruck, dessen Höhe dem Schleusengefälle entspricht, und der Auftrieb. Diese äußeren Kräfte werden auf das Mauerwerk der Häupter übertragen.

Der Wasserdruck wirkt senkrecht auf die Torflächen, er wird unmittelbar von der Torhaut aufgenommen, auf

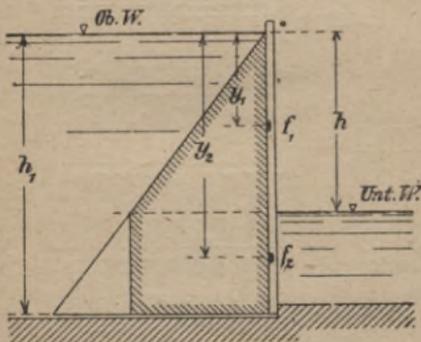


Abb. 43.

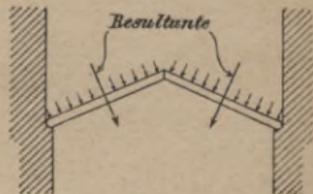


Abb. 44.

das Torgerippe übertragen und von diesem in das Mauerwerk hineingeleitet.

Riegeltore. Der auf ein Flächenelement f_1 des Tores (Abb. 43) entfallende Wasserdruck ist, wenn y_1 den Abstand des Schwerpunkts des Flächenelements von dem Oberwasser und γ das spezifische Gewicht des Wassers bedeutet

$$W_1 = f_1 \cdot \gamma \cdot y_1.$$

Der Wasserdruck ist bis auf die Höhe des Unterwasserspiegels proportional dem Flächenabstande vom Oberwasser. Ein Flächenelement f_2 unterhalb des Unterwasserspiegels dagegen erleidet den Druck:

$$W_2 = f_2 \cdot \gamma \cdot y_2 - f_2 \cdot \gamma \cdot (y_2 - h) = f_2 \cdot \gamma \cdot h,$$

wenn y_2 den Flächenschwerpunktsabstand vom Oberwasser und h das Schleusengefälle bedeuten. Unterhalb des Unterwasserspiegels ist also der Wasserdruck konstant. Damit erhält man die in Abb. 43 mit Schraffur dargestellte Druckfigur.

Der von einem Riegel aufzunehmende Wasserdruck wirkt als gleichmäßige Belastung (Abb. 44). Ist in Abb. 45 der Höhenchnitt durch ein Stemmtor dargestellt, so ist die schraffierte Fläche der Ausdruck für die auf die Riegel R ausgeübten Drucke. Befindet sich der Riegel über dem Unterwasser, dann ist der

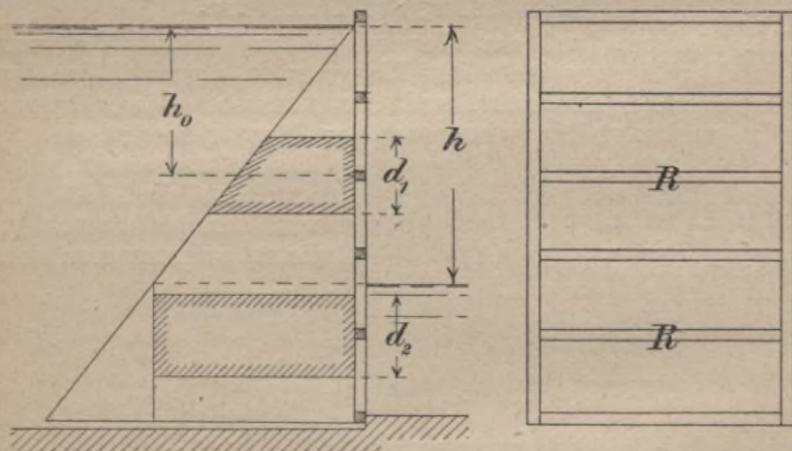


Abb. 45.

den Riegel auf Biegung in Anspruch nehmende Druck pro lfd. Meter:

$$q_1 = d_1 \cdot \gamma \cdot h_0.$$

Befindet sich der Riegel unter dem Unterwasser, dann ist derselbe Wasserdruck:

$$q_2 = d_2 \cdot \gamma \cdot h.$$

Ist l die Länge der Riegel, so ist das auf sie einwirkende biegende Moment:

$$M = \frac{q l^2}{8}$$

mit den aus der vorgenannten Abbildung ersichtlichen Bezeichnungen.

Die durch die biegende Kraft hervorgerufene Beanspruchung ist dann:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W},$$

worin W das Widerstandsmoment des Riegels bedeutet.

Durch das Gegeneinanderstemmen der beiden Torflügel werden die Riegel jedoch noch in axialer Richtung durch eine Druckkraft, den sog. Stemmdruck, beansprucht.

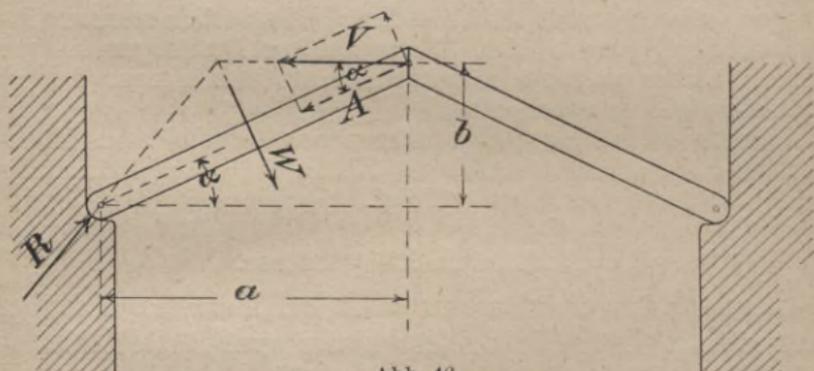


Abb. 46.

Bedeutet W den Wasserdruck auf den Riegel, V die Reaktion des Gegentores, A den Stemmdruck, so ist nach Abb. 46:

$$V \cdot b = \frac{W \cdot a}{2 \cos \alpha}$$

und mit

$$V = \frac{A}{\cos \alpha}$$

$$A = \frac{W}{2} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Die zusammengesetzte Beanspruchung des Riegels ist daher:

$$\sigma = \frac{A}{F} \pm \frac{M}{W},$$

wenn F die Querschnittsfläche des Riegels ist.

Will man den Riegeln gleiche Abmessungen geben, so kommen dieselben nach abwärts immer näher zusammen zu liegen. Häufig legt man die Riegel jedoch in gleiche Entfernungen und macht die Querschnitte verschieden stark.

Der auf das Mauerwerk ausgeübte Druck R ist ebenso groß wie der Stemmdruck. Seine Richtung erhält man, wenn man den Schnittpunkt von V und W mit dem Tordrehpunkt verbindet.

Ständertore. Die Ständer oder Pfosten laufen vom Oberzum Unterrahmen durch. Diese Ständer werden lediglich auf Biegung in Anspruch genommen. Bei einer gewissen Ständerlänge und bestimmtem Abstand derselben erhält man unter Berücksichtigung der in Abb. 43 dargestellten Druckfigur das auf einen Ständer wirkende Biegemoment und hieraus das zu wählende Widerstandsmoment.

Wende- und Schlagsäulen müssen aus konstruktiven Rücksichten meist schon so stark ausgeführt werden, daß sich häufig eine Berechnung derselben erübrigt.

f) Hölzerne Schleusentore.

Die Holztore werden nur noch bei kleineren Kanälen ausgeführt. Für die Schleusen der großen Schiffahrts-

kanäle oder gar bei Seeschleusen würden die Abmessungen der einzelnen

Teile derartige, daß schwere, plumpe und zudem teure Konstruktionen entstanden. Bei den Seeschleusen tritt hinzu der schnelle Untergang der Tore durch den Bohrwurm. Als Mittel dagegen benagelte man die

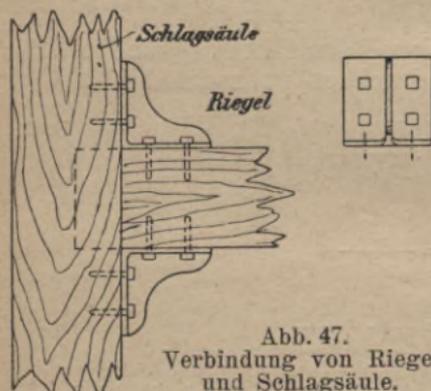


Abb. 47.
Verbindung von Riegel
und Schlagsäule.

ganze Holzfläche mit Kupfernägeln, was jedoch sehr teuer war.

Die hölzernen Schleusentore sind meist Riegeltore. Wende- säule sowohl als Schlagsäule bestehen aus kräftigen Balken, die

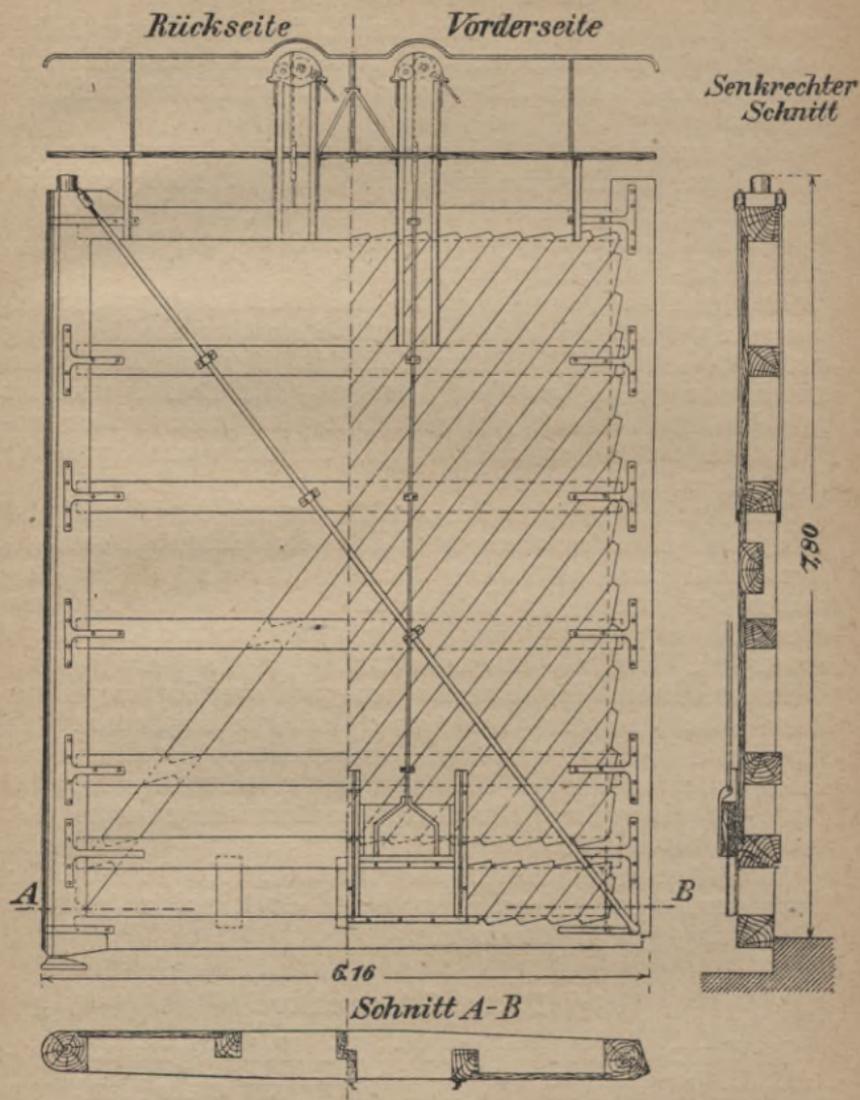


Abb. 48. Kanalisierung des Maines. Obertor der Schleuse bei Kostheim.

an einer Seite zylindrisch abgerundet sind. Die Riegel sind gewöhnlich einfache rechteckige Balken von gleichem Querschnitt und mit gleichem oder nach unten abnehmendem Zwischenraume. In

weniger häufigen Fällen werden Riegel, die aus mehreren Balken zusammengesetzt sind, also verdübelte Balken oder Konstruktionen, die aus kleinen Hänge- oder Sprengwerken bestehen, verwendet.

Die wasserdichte Bekleidung erfolgt mit einem Belag aus Holzbohlen, der fast immer in diagonaler Richtung aufgelegt wird, wobei er zugleich als Aussteifung gegen das Versacken des Tores nützlich verwertet werden kann. Ober- und Untertramen und Wende- und Schlagsäule sind meist in gleicher Stärke ausgeführt, während die Riegel um Bohlenstärke schwächer genommen werden. Die Bohlung geht dann über die Riegel weg und ist in die Hölzer des äußeren Rahmens eingelassen, mit denen sie alsdann bündig ist. Die Befestigung der Bohlen geschieht mittels Nägel oder mit Holzschrauben. Zur besseren Dichthaltung sind die Bohlen kalfatert und außerdem mit Spundung irgendeiner Art versehen.

Zum Gerippe gehört außer den Riegeln und der Wende- und Schlagsäule noch eine vom oberen Ende der Schlagsäule zum unteren Ende der Wendesäule führende Strebe gegen das Versacken des Tores. Die Bohlenbekleidung ist in der Richtung dieser Strebe verlegt. Sie ist beim Durchschneiden der Riegel ebenso wie diese halb ausgeschnitten.

In der anderen diagonalen Richtung sind zwei Zugstangen aus Rund- oder Flacheisen je auf einer Torfläche angebracht. Die Riegel sind in die Wende- und Schlagsäule eingezapft und mit ihnen außerdem durch Flacheisenbänder oder Rippenwinkel (Abb. 47) verbunden. Die Dicke der Bekleidungsbohlen geht von 4 cm bis zu 7 cm.

Abb. 48 zeigt das Obertor der Schleuse zu Kostheim bei der Kanalisierung des Maines. Hierbei sind die Riegel in der Mitte stärker als gegen die Enden hin.

g) Eiserne Schleusentore.

Bei ihnen besteht das Gerippe aus Walzträgern oder genieteten Trägern und die Bekleidung aus einer Haut von ebenem Blech, Wellblech, Buckelplatten, zuweilen auch aus Holz. Die Bekleidung kann entweder einseitig nur auf der Oberwasserseite angeordnet sein oder aber auf beiden Seiten (doppelhäutig). Der Zweck der zweiseitigen Be-

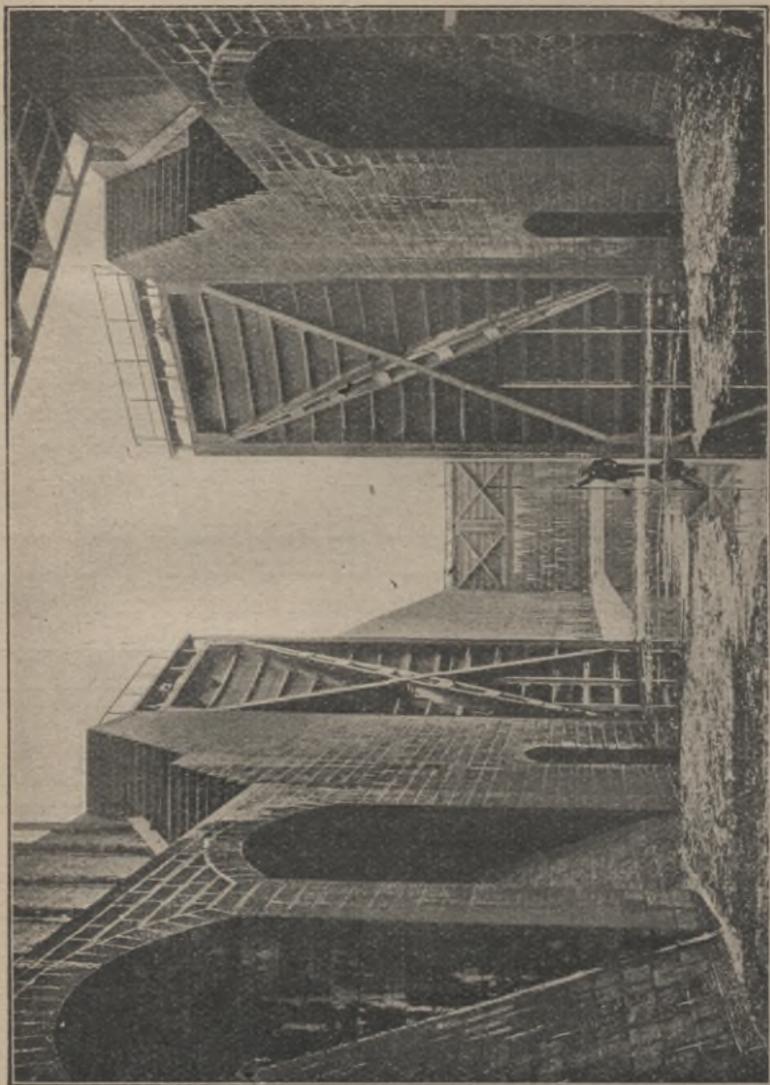


Abb. 49. Dortmund—Ems-Kanal. Sparschleuse bei Münster. Ansicht vom Unterwasser.

kleidung ist der, Luftkammern zu schaffen, um das Gewicht des Tores teilweise auszubalancieren und dieses leichter bewegen zu können. Diese Tore nennt man Schwimm-

tore, sie werden nur für große Seeschleusen benutzt. Der dichte Anschluß an das Nebentor, den Drempeel und die Wendenische erfolgt mit Hilfe von Dichtungsleisten aus Holz.

Die eisernen Tore können Riegeltore, Ständer- oder Stieltore oder Tore mit gekreuzten Diagonalen und bogenförmiger Blechbekleidung sein (ein solches ist in Abb. 49 im Lichtbild vorgeführt), sie haben eine große seitliche Steifigkeit*).

Als Querschnittsformen der Riegel werden entweder gewalzte Profile von [- oder I-Formen verwendet oder genietete Träger derselben Form aus Blechen und Winkeln zusammengesetzt.

Der unterste Riegel oder Untertramen trägt das an den Drempeel anschließende Dichtungsholz. Dieses ist auf den Tramen aufgeschraubt und besteht meist aus Eichenholz. Bei kleineren Toren genügt eine starke Bohle, während bei großen Toren Balken von 20—30 cm Stärke verwendet werden.

Der oberste Riegel oder Obertramen trägt den Fußsteg. Bei dünnen Toren krägt der letztere konsolartig über das Tor hinaus, bei dicken Toren genügt die Breite des Oberrahmens zum Gehen. Die Belegung des Stegs geschieht mit Holzbohlen oder Riffelblech, zur Sicherheit beim Begehen sind beiderseits Geländer angebracht. Die Stegbreite genügt schon mit 50 cm, große Tore haben zweckmäßig mehr.

Die Wendesäule vermittelt den Toranschluß an das Mauerwerk der Schleuse, sie enthält auch die senkrechte Abdichtung gegen dasselbe. Als Querschnitte für Wendesäulen kommen vor Walzträger und genietete Träger, meist

*) Zeitschrift für Bauwesen 1901, Atlas Blatt 52.

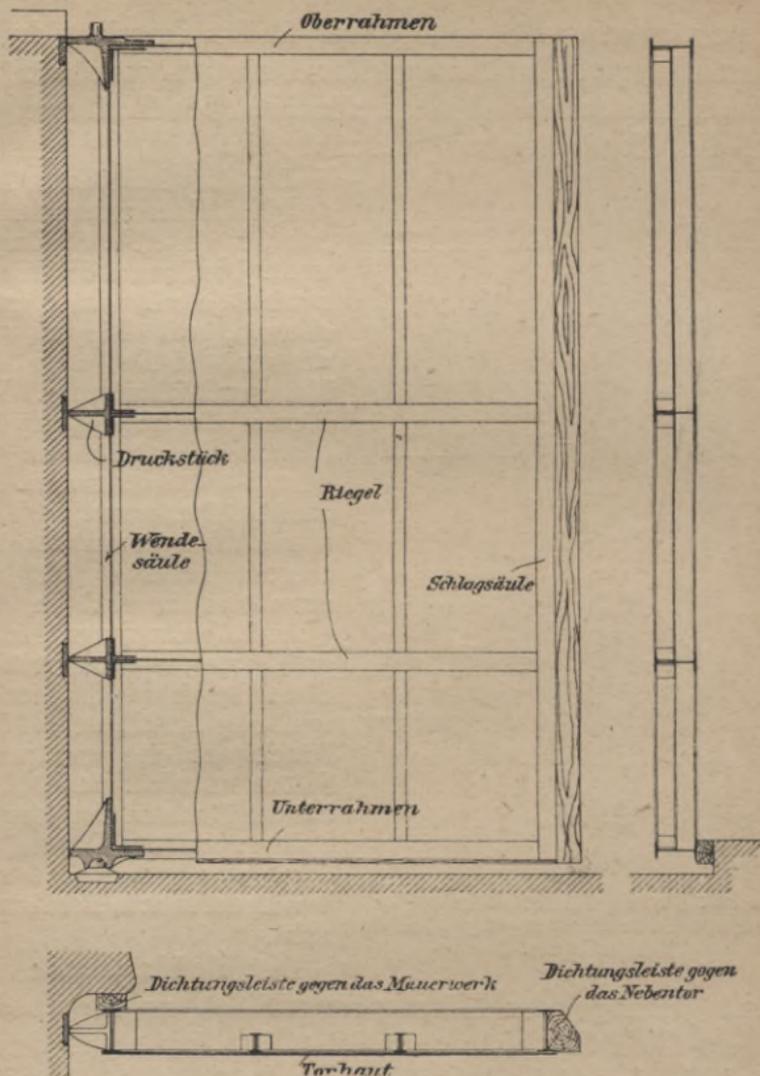


Abb. 50. Eisernes Stemmtor.

von I- oder [-Form, oder halbkreisartige Röhrenquerschnitte. Während Wendesäulen mit den letztgenannten Querschnitten ihrer ganzen Länge nach am Mauerwerk anliegen, so geschieht die Übertragung des Stemmdruckes bei

den anderen Formen an einzelnen Stellen derselben durch Vermittlung von stuhlartigen Druckstücken, welche in gewissen, meist nach unten hin abnehmenden Entfernungen auf die Wendesäule aufgeschraubt sind.

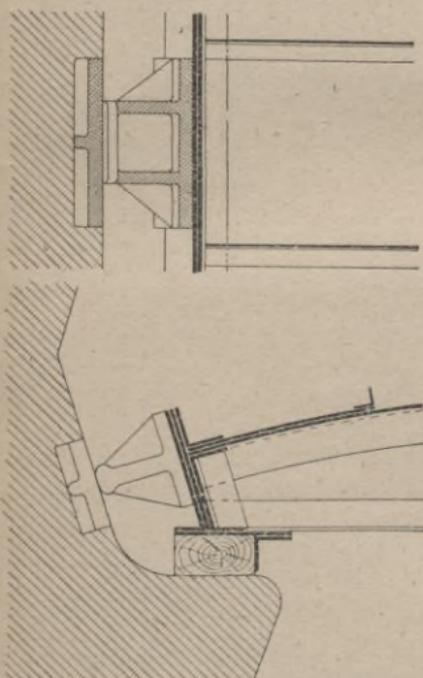


Abb. 51. Druckstuhl eines Stemmtores mit Druckübertragung nach einer Linie.

Ein einfaches eisernes Tor, aus Walzeisen zusammengesetzt, ist in Abb. 50 dargestellt. Die Drucke der Riegel werden je mit einem gußeisernen, mit Rippen versehenen Stuhle auf das Mauerwerk übertragen. Die Rippen laufen gegen das Mauerwerk theoretisch in einem Punkte zusammen. Da das bloße Mauerwerk zur Aufnahme eines derartig konzentrierten Druckes nicht geeignet ist, so sind an den

Druckübertragungsstellen gußeiserne Platten mittels Steinschrauben in das Mauerwerk eingelassen, welche den Druck auf eine genügende Fläche verteilen. In Abb. 51 ist eine Konstruktion dargestellt, wobei der Druckstuhl durch eine gerade Linie mit dem Mauerwerk in Berührung steht.

Die Schlagsäule ist meist]förmig oder I förmig ausgebildet, an sie ist die äußere Dichtungseiste mit Schrauben befestigt, deren Köpfe in das Holz versenkt werden müssen.

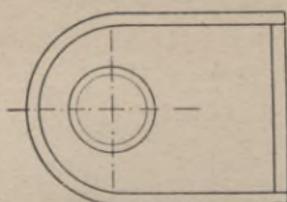
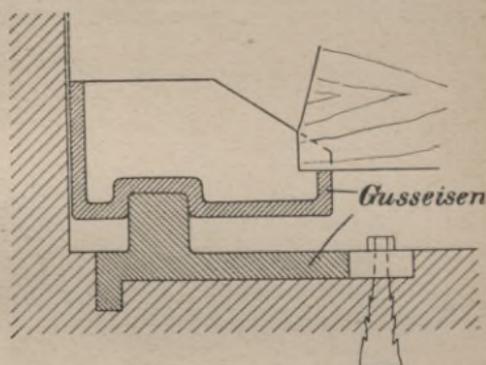
h) Die Befestigung der Schleusentore.

Die Drehung des Schleusentores erfolgt um die Wendesäule. Diese sitzt mit ihrem unteren Ende auf dem in den Schleusenboden eingelassenen Spurzapfen, während

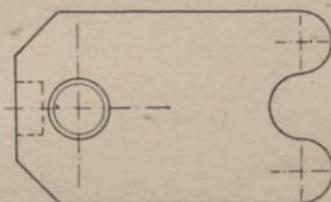
die Drehung am oberen Ende sich um den Halszapfen vollzieht. Der Spurzapfen greift in einen am untern Teil der Wendesäule befestigten Schuh, die Spurpfanne, ein, während der an der Wendesäule selbst befestigte Halszapfen von den Halsbändern gehalten ist. Das Material für die Zapfen und Schuhe ist Gußeisen und Stahl. Gußeisen wird bei kleineren Toren benutzt, während Stahl oder Verbindungen von Gußeisen und Stahl für größere Tore Verwendung finden. Das Gußeisen hat den Nachteil, daß es Stöße nicht auszuhalten vermag.

Abb. 52 zeigt einen gußeisernen Schuh, der Zapfen ist in den Boden der Schleuse eingelassen, während die zugehörige

Pfanne sich in der Wendesäule befindet. Man könnte auch umgekehrt den Zapfen an der Wendesäule und die Pfanne im Torkammerboden befestigen, es würde sich damit jedoch der Nachteil ergeben, daß sich die Pfanne leicht mit Schmutz anfüllen könnte, woraus Unannehmlichkeiten entstehen würden. Die Platte, auf welcher der Zapfen sitzt, ist mit zwei Steinschrauben im Mauer-



Grundriß der Spurpfanne



Grundriß des Spurzapfens

Abb. 52. Drehpunkt eines Holztores.

werk des Schleusenkörpers befestigt. Abb. 53 zeigt eine Konstruktion, bei welcher der Zapfen selbst aus Stahl hergestellt und in eine gußeisernerne Platte eingesetzt ist. Die Berührungsflächen von Zapfen und Pfanne sind eben oder nach Kugelkalotten gekrümmt, und zwar nach gleicher Richtung oder nach entgegengesetzter Richtung.

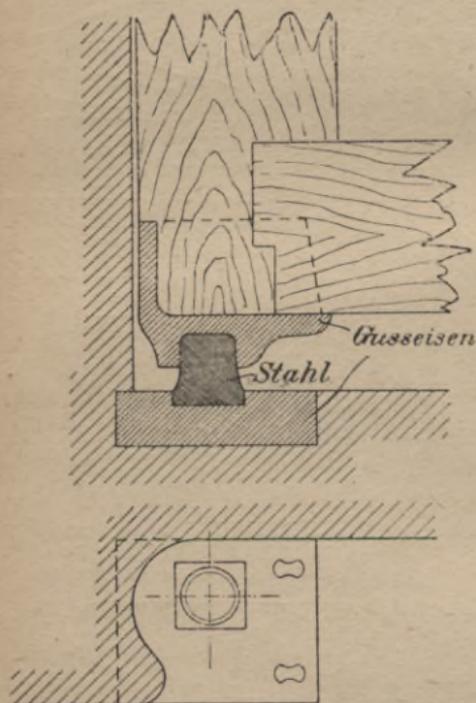


Abb. 53. Drehpunkt eines Holztores.
Zapfen aus Stahl.

Der Drehzapfen am oberen Ende der Wendesäule ist entweder so hergestellt, daß die Wendesäule über den obersten Riegel hinaus verlängert und selbst als Drehzapfen ausgebildet ist, oder daß ein besonderes Stück aus Gußeisen oder Stahl auf der Wendesäule aufgesetzt ist, das den Zapfen enthält. Dieser Zapfen kann hohl oder voll sein, im letzteren Falle ist er natürlich erheblich dünner.

Den oberen Drehzapfen eines eisernen Tores sieht man in Abb. 50. Das Gußstück ist ähnlich befestigt wie dasjenige am unteren Drehpunkt. Der Zapfen wird von einem Halsband umfaßt, das gewöhnlich aus einem Flacheisen besteht. Kurz hinter dem Zapfen ist das Halsband mit zwei oder mehr Ankergliedern mittels Einschaltung von Keilen oder Schrauben in eine derartige Verbindung gebracht, welche gestattet, die Lage der Drehachse um kleine Beträge zu ändern. Die Ankerglieder greifen dann kräftig in das Mauerwerk ein.

Exzentrizität der Drehachse. Wäre die Drehachse in den Mittelpunkt der Wendensche gelegt, so würde die Wendensäule bei der Torbewegung stets mit dem Mauerwerk in Berührung bleiben, was eine nicht unerhebliche Reibung und als Folge davon ein Mehr an Kraftaufwand für die Bewegung erfordern würde.

Man legt deshalb die Drehachse etwas exzentrisch zur Tormittellinie und erreicht damit, daß sich die Wendensäule beim Öffnen des Tores allmählich von der Wendensche entfernt, so daß nur noch die Reibung des Spur- und Halslagers zu überwinden ist. Der Betrag der Exzentrizität wird zu 10—20 mm angenommen.

i) Das Füllen und Leeren der Schleusenammern.

Zum Füllen und Leeren der Kammern können Torschützen, Umläufe und Grundläufe Verwendung finden. Die Torschützen sind in der Torfläche angebrachte Öffnungen, während Umläufe und Grundläufe im Mauerwerk der Schleusenmauern bzw. des Schleusenbodens ausgesparte Kanäle sind. Die Anbringung von Schützen ist nur im Untertore zweckmäßig, im Obertore verursacht das Ausströmen des Wassers aus den Öffnungen gegen das dicht unterhalb liegende Schiff Bewegungen desselben, infolge deren es leicht gegen das Untertor angetrieben wird. Die Schützen des Obertores haben gegen Um- und Grundläufe den Nachteil, daß zum möglichst raschen Füllen der Kammer nicht immer das ganze Schleusengefälle als Druckhöhe ausgenutzt werden kann. Schließlich verschwächen die Torschützen überhaupt die ganze Torkonstruktion, wie die Um- und Grundläufe das Mauerwerk der Schleusen verschwächen.

k) Torschützen.

Füllungszeit. Zur Ermittlung der Größe der in den Toren anzubringenden Öffnungen bzw. der Zeit, welche bei gegebenen Öffnungen zum Füllen und Leeren der Schleuse erforderlich ist, sind die Gesetze des Ausflusses des Wassers aus Behältern in Anwendung zu bringen. Nach Abb. 54 hat man es beim Ausströmen so lange mit einer konstanten Druckhöhe zu tun, bis das Wasser die Mitte der Torschütze erreicht hat. Von dort ab nimmt die Druckhöhe konstant ab. Bedeuten also:

F = Gesamtfläche der Schützen,

G = Horizontalschnitt der Schleusenammer,

t_1 = Zeit, nötig, um den Wasserspiegel in der Kammer auf die Höhe h_1 zu bringen,

k = Ausströmungskoeffizient = etwa 0,65,

so ist:

$$t_1 = \frac{G h_1}{F \cdot k \sqrt{2g h_2}}.$$

Von nun an nimmt die Druckhöhe von h_2 bis auf 0 ab, man kann annähernd annehmen, daß die mittlere Ausflußgeschwindigkeit $\frac{1}{2}k\sqrt{2g h_2}$ betrage; dann ist, wenn t_2 die Zeit bedeutet, welche vollends zum Füllen der Kammer nötig ist:

$$t_2 = \frac{2G h_2}{F \cdot k \sqrt{2g h_2}}.$$

Und damit ist die gesamte zum Füllen der Kammer nötige Zeit:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{G h_1 + 2G h_2}{F \cdot k \sqrt{2g h_2}}.$$

Mit Rücksicht auf eine möglichst schnelle Füllung der Kammer ist natürlich eine möglichst große Schützenöffnung anzustreben, da die Füllungszeit umgekehrt proportional zur Schützenfläche ist, andererseits steht diesem Bestreben der Nachteil der Torverschwächung entgegen.

Die in den Toren angebrachten Schützen kann man einteilen in:

1. Zugschützen,
2. Dreh- oder Klappschützen.

Zugschützen.

Die Zugschützen sind Verschlüsse, die in einer zur Torfläche parallelen Ebene bewegt werden. Ist die Schützenfläche voll ausgeführt, so hat man eine volle Zugschütze; ist sie durchbrochen, so hat man eine Register- oder Jalousieschütze. Bei ersterer muß zur Freimachung der Ausflußöffnung die Schütze um ihre ganze Höhe angehoben werden. Die Registerschütze ist streifenweis durchbrochen, sie befindet sich vor einem mit gleichen Durchbrechungen versehenen festen Rahmenwerk.

In geschlossenem Zustande decken die Streifen der Schütze die Durchbrechungen im Rahmenwerke zu,

so daß kein Wasser ausfließen kann. Zur Öffnung ist nur ein Anhub um Streifenbreite nötig, ein großer Vorteil vor den vollen Zugschützen.

Des Umstandes wegen, daß das Eigengewicht der hölzernen Schützen durch den Auftrieb fast ganz ausbalanciert wird, werden hölzerne Schützen auch bei eisernen Toren nicht ungerne verwendet; eine weitere Verringerung der Reibung und der Aufzugskräfte wird erreicht durch die Rollschützen, das sind auf Rollen sich bewegende Verschlüsse, bei denen man statt gleitender die erheblich geringere rollende Reibung zu überwinden hat.

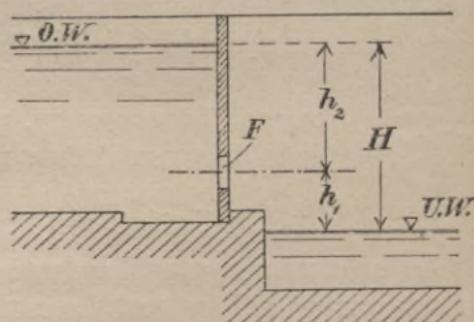


Abb. 54.

Dreh- oder Klappschützen.



Abb. 55.
Klapp-
schütze.

Sie haben vor den vorgenannten Verschlüssen den Vorteil eines kleineren Zeit- und Kraftaufwandes beim Öffnen. Die Drehachse wird meist horizontal gelegt (Abb. 55), kann aber auch vertikal angeordnet sein. Die Achse liegt gewöhnlich nicht in der Mitte der meist rechteckigen Klappe, weil sonst die Wasserdrucke auf die zu beiden Seiten der Achse liegenden Flächen gleichgroß wären und die Klappe im labilen Gleichgewicht sich befände. Um genügend dicht zu schließen, muß die Klappe sich fest gegen die Anlagestücke pressen, was nur durch ungleichgroße Klappenhälften erreicht werden kann.

1) Umläufe und Grundläufe.

Außer den im vorangehenden besprochenen Torschützen können zum Füllen und Leeren der Schleusenammern Umläufe und Grundläufe angewendet werden. Die Umläufe bestehen in Kanälen, welche im Körper der Schleusenmauern ausgespart sind und Oberkanal und Kammer bzw. Kammer und Unterkanal miteinander verbinden. Die Grundläufe hingegen sind Verbindungskanäle, welche im Schleusenboden ausgespart sind. Während bei Anwendung von Torschützen Torverschwächungen eintreten, bringen die Umläufe und Grundläufe Verschwächungen der Mauerwerkskonstruktionen mit sich.

Bei den Umläufen gibt es solche, die lediglich aus einem kurzen, das Tor umgehenden Kanale bestehen, und Umläufe mit Stichkanälen, bei denen sich der Kanal die ganze Länge der Kammer entlang hinzieht und durch eine Anzahl von Stichkanälen mit derselben in Verbindung steht (Abb. 41). Die Querschnittsfläche der Umläufe richtet sich nach der Größe der

Kammer und nach der Zeit, innerhalb welcher die Kammer gefüllt bzw. geleert werden soll; diese wird häufig zu fünf Minuten angenommen. Neuerdings erhalten die Umläufe verhältnismäßig große Querschnittsflächen, um die Leistungsfähigkeit der Schleusen durch Abkürzen der Schleusungszeit zu steigern. Die Querschnittsform ist kreisrund, eiprofilförmig, rechteckig oder mit flachen Segmentgewölben im Scheitel. Die Umläufe der Schleuse bei Altenrheine des Dortmund—Ems-Kanales haben einen Querschnitt von 1,98 qm, der Gesamtquerschnitt der Stichkanäle beträgt zusammen $9.0,28 = 2,52$ qm und ist somit das $1\frac{1}{4}$ fache des Umlaufquerschnitts. Füllung und Leerung der Schleusenkammer einschl. Bewegung der Tore dauert zusammen etwa sieben Minuten.

Die Grundläufe sind bei uns nicht gebräuchlich, werden dagegen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika verwendet. Die Ausströmung des Wassers erfolgt dabei in einer für das Schiff sehr günstigen Richtung.

m) Verschlussvorrichtungen bei Umläufen und Grundläufen.

Zum Verschließen der Umläufe dienen in der Hauptsache Schützen und Ventile. Die Schützen sind entweder gewöhnliche Gleitschützen oder Rollschützen oder Drehschützen.

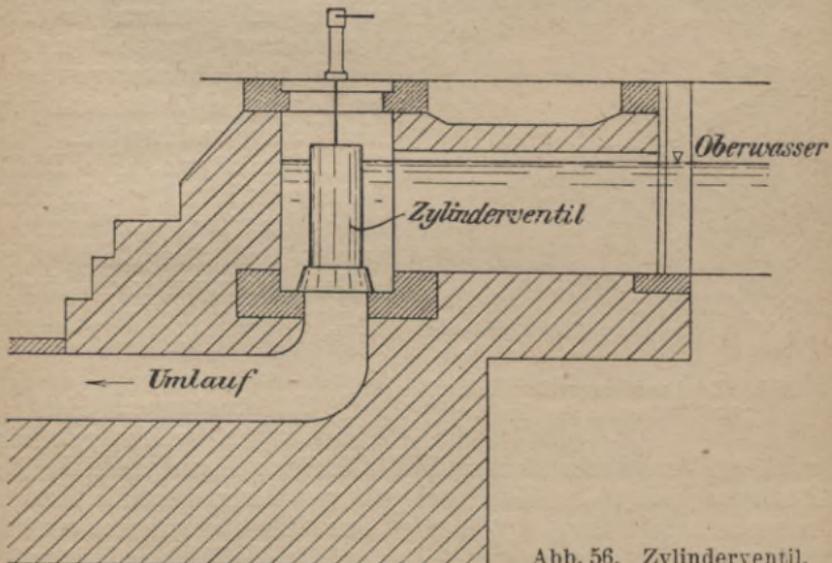


Abb. 56. Zylinderventil.

Bei den Roll- und Drehschützen sind die Bewegungswiderstände am kleinsten. Eine Rollschütze mit darüberstehender Aufzugs-
winde ist aus Abb. 42 zu ersehen.

Die Ventilverschlüsse sind meist sog. Zylinderventile und bestehen aus einem hohlen Blechzylinder, dessen unteres Ende auf einem im Mauerwerk eingesetzten kreisrunden Gußstück sitzt, während das obere Ende über den Wasserspiegel herausragt (Abb. 56). Bei der Bewegung wird der Zylinder geführt und zwar entweder durch eine in seiner Achse angebrachte senkrechte Stange oder durch außerhalb angebrachte Führungen. Häufig ist das Zylindergewicht noch durch Gegengewichte ausbalanciert, die an über Rollen laufenden Ketten angehängt sind. Der Vorteil der Zylinderventile vor den anderen Verschlüßvorrichtungen ist der, daß Wasserdrucke, die überwunden werden müßten, nicht vorhanden sind. Es ist lediglich das Eigengewicht des Ventiles zu heben, und wenn dieses noch durch Gegengewichte ausgeglichen ist, so sind die Bewegungswiderstände ganz minimal.

n) Vorrichtungen zum Bewegen der Tore.

Die bewegende Kraft zum Öffnen und Schließen der Tore ist Menschenkraft, Dampfkraft, Luftdruck, Wasserdruck und Elektrizität. An Bewegungsvorrichtungen kommen in Betracht:

a) Drehbäume,
b) Schiebestangen,
c) Ketten, d) Zahnstangen und Zahnquadranten.

a) **Drehbäume.** Die Drehbäume sind Hebel, welche oben über das Tor herübergelegt werden und über die Wendesäule hinausragen, so daß durch Anstemmen an die Verlängerung die Drehung des Tores bewirkt werden kann.

b) **Schiebestangen.** Sie sind Eisenstangen, welche gelenkig

mit dem Tore verbunden sind. Bei kleinen Toren geschieht die Bewegung mit freier Hand, bei größeren Toren wird die Stange zusammen mit einer Kette oder einem Taue verwendet, wobei letztere beim Öffnen, erstere beim Schließen in Wirksamkeit tritt.

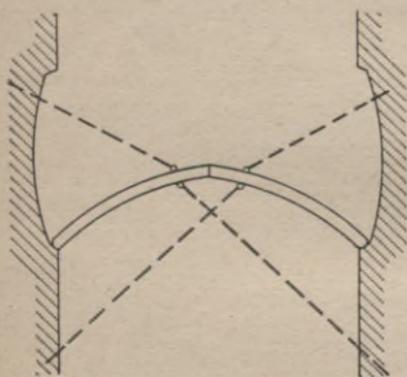


Abb. 57. Anordnung der Ketten zum Bewegen der Tore.

Die Bewegung geschieht meist mit Hilfe eines Spills mit vertikaler Achse.

c) **Ketten.** Da mittels der Ketten nur Zug übertragen werden kann, so muß jedes Tor mit zwei Ketten versehen sein, einer zum Öffnen und einer zum Schließen in der Weise, wie dies Abb. 57 zeigt. Da zum Ein- und Ausfahren eines Schiffes der lichte Raum frei sein muß, so müssen die Ketten, falls sie von einem Tore nach

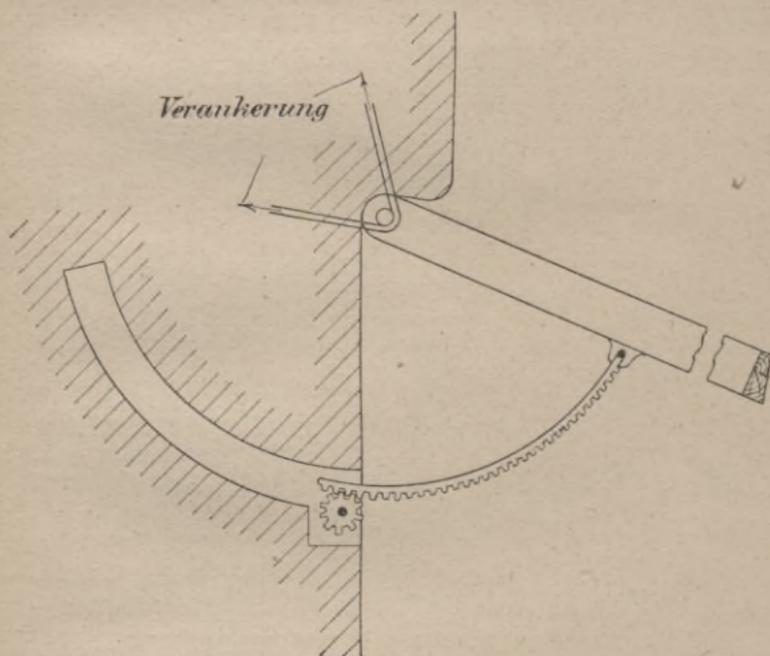


Abb. 58. Torbewegung mit Zahnstangen.

der gegenüberliegenden Mauer reichen, so tief angebracht sein, daß das Schiff ungestört fahren kann. Dann kommt die Kettentrommel, wenn man die Kette horizontal hereinführt, in das Wasser zu stehen. Man kann aber auch durch Rollenüberleitungen die Kette hochbringen, so daß die Trommel über Wasser aufgestellt werden kann. Die Bewegung der Ketten geschieht mittels Winden von Hand, durch Elektromotoren, durch Preßwasser- oder Preßluftzylinder. Der elektrische Antrieb hat den Vorteil, daß die Kraft von einer Stelle aus ohne Schwierigkeiten auf beide Schleusenmauern verteilt werden kann.

d) **Zahnstangen und Zahnquadranten.** Die Zahnstange ist eine mit Zähnen versehene Schiebestange, die Zug und Druck ausübt. Die Bewegung der Zahnstange geschieht durch ein Zahn- oder Sprossenrad, das mit irgendeinem Antriebsmechanismus in Verbindung gebracht ist (Abb. 58).

An Stelle der Zahnstange kann ein Zahnbogen treten, dessen

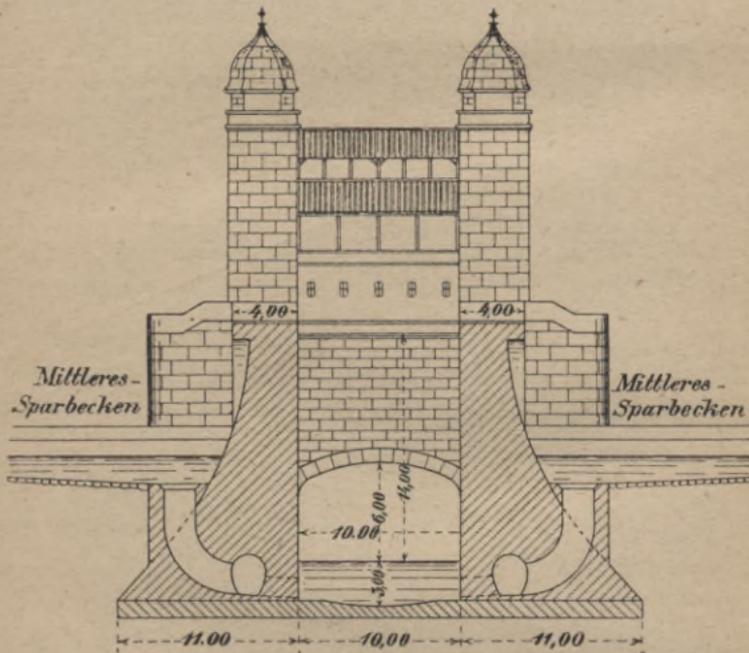


Abb. 59. Schachtschleuse bei Henrichsburg mit 14 m Gefälle. Querschnitt durch die Kammer und Sicht gegen das Unterhaupt.

Mittelpunkt mit der Drehachse des Tores zusammenfällt. Solche Zahnquadranten werden bei den französischen Schleusen fast allgemein angewendet.

o) Schachtschleusen.

Den Ersatz für mehrere Schleusen mit kleinem oder mittlerem Gefälle bilden die Schachtschleusen, das sind Kammerschleusen mit großem Gefälle. Bei ihnen braucht der untere Kammerabschluß nur bis auf die für das Durchfahren der Schiffe nötige

Höhe beweglich ausgeführt zu werden. Weiter aufwärts wird eine gemauerte Abschlußwand hergestellt. Hierbei ist der Vorteil vorhanden, daß die Untertorhöhe von dem Gefälle ganz unabhängig ist; außerdem können die Torstärken noch dadurch wesentlich vermindert werden, daß der obere Torrahmen ebensogut am Mauerwerk anliegen kann, wie der untere Torrahmen am Dremmel. Mit Vorteil können auch Hubschützen mit Rollen und allenfalls

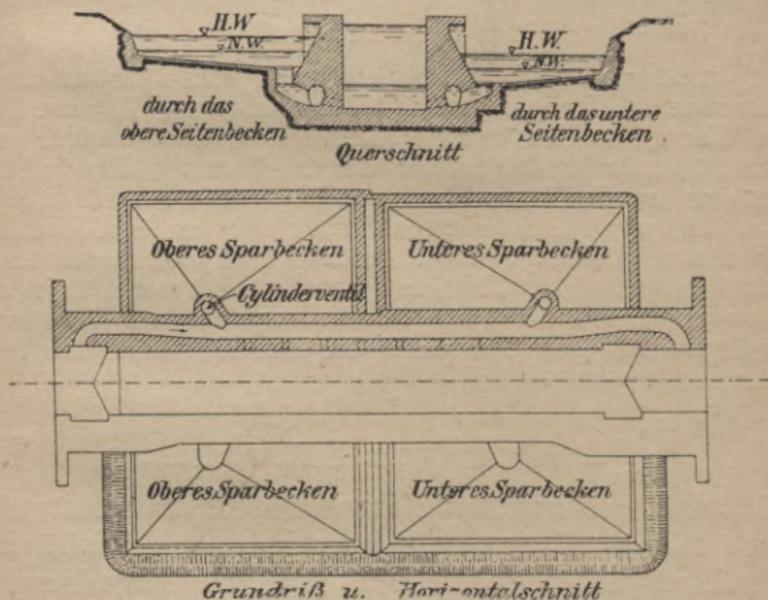


Abb. 60. Sparschleuse.

Gegengewichtsausgleichungen ausgeführt werden, so daß das untere Tor einer Schachtschleuse trotz des großen Schleusen-gefälles leicht betätigt werden kann. Ein Nachteil der Schacht-schleusen ist ihr großer Wasserverbrauch.

Die zuerst ausgeführte Schachtschleuse ist diejenige im Kanale St-Denis bei Paris mit 9,92 m Gefälle. Eine Schachtschleuse mit 14 m Gefälle, 95 m nutzbarer Länge und 10 m nutzbarer Breite ist im Dortmund—Ems-Kanal neben dem Schiffshebewerk bei Henrichenburg (s. S. 100) erstellt und wurde nötig als Entlastung desselben infolge des gesteigerten Verkehrs. Die Schleuse ist mit fünf Sparbecken auf jeder Seite versehen, die eine Wasser-

ersparnis von 50% ermöglichen. Ein Querschnitt des großartigen Bauwerks ist in Abb. 59 dargestellt.

Eine weitere Schachtschleuse ist am Ems—Hannover-Kanal zum Abstieg vom Kanal nach der Weser ausgeführt. Das Gefälle beträgt im Mittel 13 m.

Weiter sind am Masurischen Kanal einige Schachtschleusen mit 15—18 m Gefälle vorgesehen.

p) Sparschleusen.

Sparschleusen sind solche Schleusen, welche neben ihren Seitenmauern oder in denselben Räume aufweisen, die einen Teil des Wassers, welches aus der Kammer abgelassen wird, aufnehmen, damit dasselbe bei der nächsten Kammerfüllung wieder verwendet werden kann. In fast allen praktischen Fällen sind diese Räume als Sparbecken auf einer oder beiden Seiten der Schleuse ausgeführt (Abb. 60). Die Zahl der Sparbecken ist theoretisch unbeschränkt. Je mehr Sparbecken, um so größer ist die Wasserersparnis. Diese hängt außerdem von dem Verhältnis der Grundfläche jedes Sparbeckens zur Grundfläche der Schleusen-kammer ab.

3. Mechanische Hebewerke.

Mit den mechanischen Hebewerken ist man imstande, große Höhen auf einmal zu überwinden und damit eine Anzahl von Schleusen durch ein einziges Hebewerk zu ersetzen.

Die Schiffe fahren in entsprechend große Kasten oder Tröge ein, um dann mit maschinellm Antrieb gehoben oder gesenkt zu werden, je nachdem das Schiff bergwärts oder talwärts fährt.

Man kann unterscheiden:

- a) senkrechte Schiffshebewerke,
- b) Hebewerke mit geneigten Ebenen,
- c) Drehhebewerke,
- d) schwingende Hebewerke.

a) Senkrechte Schiffshebewerke.

Bei ihnen durchläuft das Schiff eine gerade und senkrechte oder annähernd senkrechte Bahn.

Sie zerfallen wieder in Kolbenhebewerke und Schwimmerhebewerke.

Die Kolbenhebewerke bestehen aus einem Paar von Kammern, die je auf den Kolben einer hydraulischen Presse aufgebaut sind. Die beiden Kammern wirken immer zusammen, geht eine aufwärts, dann geht die andere abwärts; dazu müssen beide Zylinder durch eine Rohrleitung miteinander in Verbindung stehen. Die Überlast erhält man dadurch, daß man in die obere Kammer mehr Wasser einläßt als in die untere.

Die erste derartige Anlage wurde im Jahre 1875 zu Anderton bei Manchester (England) ausgeführt zur Verbindung des Trent—Mercey-Kanales mit dem 15,35 m tiefer liegenden Weaver-Flusse.

Zwei weitere derartige Anlagen in Europa sind in Les Fontinettes in Nordfrankreich und im Kanal du Centre bei La Louvière in Belgien im Betrieb.

In Nordamerika sind zwei solche Hebewerke vorhanden, eines bei Peterborough im Staate Ontario mit einer Hubhöhe von 19,8 m*) und eines bei Kirkfield im selben Staate, letzteres ist in Abb. 61 in einem Längenschnitt vorgeführt. Die Kammern, welche zu beiden Seiten von Fachwerkträgern mit 9,75 m mittlerer Höhe getragen werden, haben eine Länge von 42,3 m, eine Breite von 10,1 m und eine Höhe von 3,00 m. Die Wassertiefe beträgt 2,44 m. Das Blech des Kammerbodens ist 10 mm stark. Die Last wird mittels vier Stück 2,74 m hoher Blechträger auf den Kopf des Kolbens übertragen. Die Brunnen, in welchen die hydraulischen Pressen aufgestellt sind, haben eine Tiefe von 19,51 m unter der Sohle des Hebewerkbodens. Die Kolben haben 2,29 m Durchmesser und arbeiten in Zylindern von 2,34 m Durchmesser. Die Kolben bestehen aus Gußeisen und sind in einzelnen Stücken von 1,60 m Länge zusammengeflanscht. Die Zylinder bestehen aus Gußstahlstücken von 80 mm Stärke und sind eben-

*) Näheres siehe Deutsche Bauzeitung 1904, Seite 511.

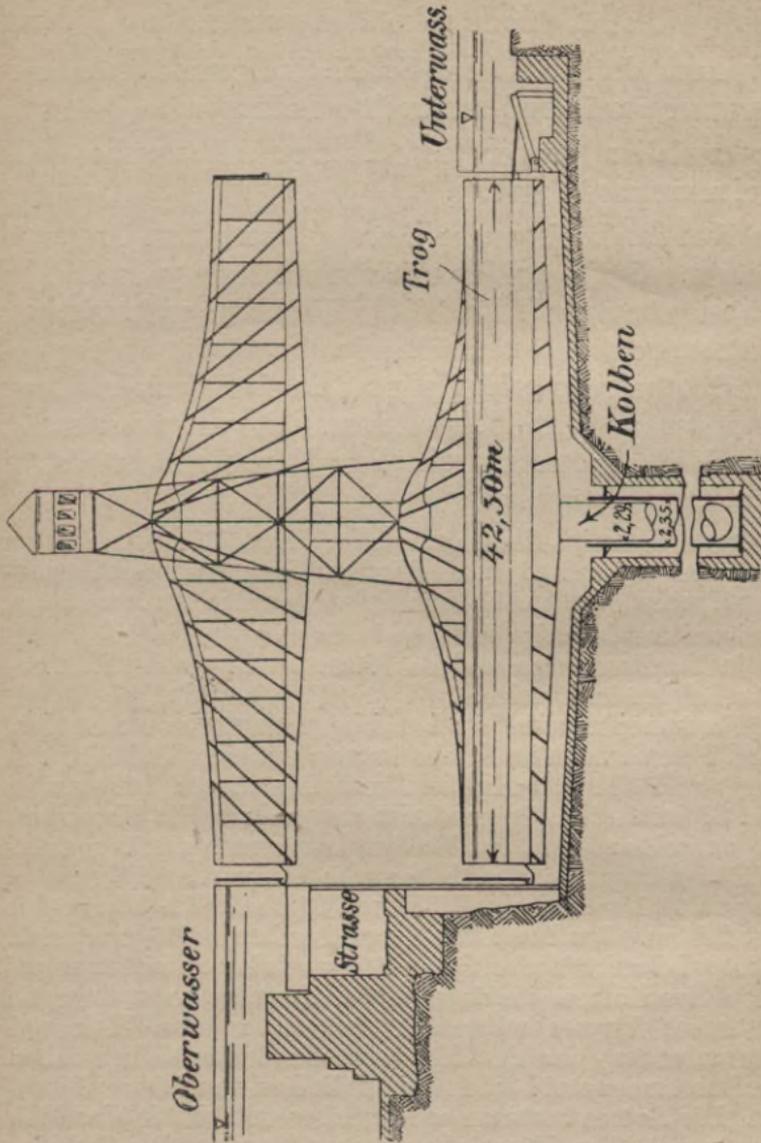


Abb. 61. Hebewerk bei Kirkfield. Längenschnitt.

falls aus einzelnen Stücken zusammengesetzt. Das obere Ende jeder Presse ist mit einer Stopfbüchse versehen.

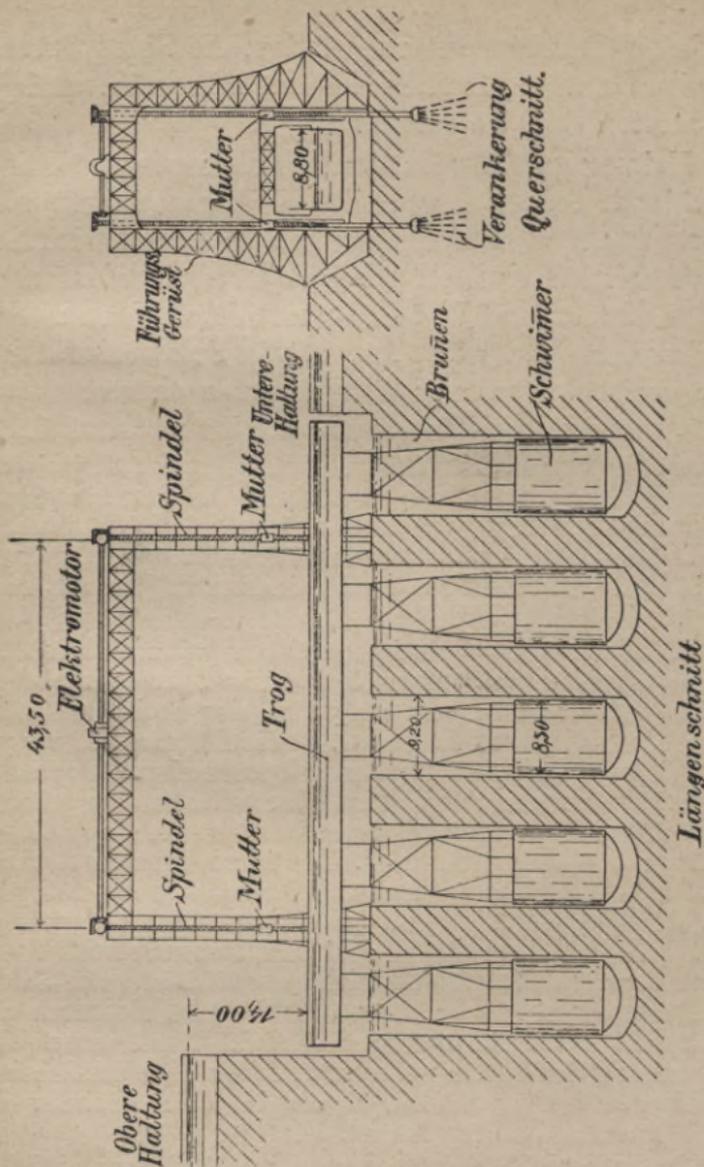


Abb. 62. Schiffshebewerk bei Heinrichsburg am Dortmund-Ems-Kanal.

Der Nachteil der Kolbenhebewerke besteht in der Schwierigkeit, die tiefen Brunnen für die Preßkolben mit

ihren hohen Drucken gut zu gründen, die Beanspruchung der Kolben und der Zylinder ist eine sehr hohe, auch die Anlagekosten sind bedeutend.

Zur Hebung größerer Lasten, wie die modernen Kanäle Deutschlands es verlangen, sind Kolbenhebwerke nicht mehr geeignet. Vorzuziehen sind dann die Schwimmerhebwerke. Bei diesen wird die Ausbalancierung der Last von Kasten und Wasser anstatt durch einen zweiten Trog durch einen oder eine Anzahl von Schwimmern erreicht, welche in wassergefüllte Brunnen eintauchen und daselbst einem entsprechenden Auftrieb ausgesetzt sind.

Die einzige ausgeführte Anlage dieser Art ist diejenige zu Henrichenburg am Dortmund—Ems-Kanal bei der Abzweigung der Dortmunder Haltung von diesem Kanal. Abb. 62 gibt einen schematischen Längen- und Querschnitt des Bauwerks, während die Abb. 63 bis 65 Ansichten der imposanten Anlage vor Augen führen*).

Das Hebewerk ist eine Schwimmerschleuse mit Parallelführung des Troges durch senkrecht stehende drehbare Schraubenspindeln. Der Trog, welcher eine Länge von 68 m, eine Breite von 8,6 m und eine Wassertiefe von 2,5 m hat, ist ein Eisenkasten, der von fünf im Achsabstande von 14,50 m gelegenen eisernen zylinderförmigen Schwimmern getragen wird. Zur Aufnahme der Schwimmer sind Brunnen von 9,20 m lichtem Durchmesser abgeteuft, die bis obenan mit Wasser gefüllt sind. Die Wandungen der Brunnen sind auf die oberen 3 m mit einem 0,77 m starken Betonring bekleidet, der übrige Teil ist mit gußeisernen Rippenplatten geschützt. Die einzelnen Ringe sind mit Zementmörtel hintergossen und unter sich durch Bleieinlagen gedichtet. Die Sohlen der Schächte bilden Abschnitte von Hohlkugeln, die durch eine 0,80 m starke Betonschicht geschützt sind. Die Brunnen sind untereinander durch 0,12 m weite Rohre in der Tiefe des Scheitels der Sohlengewölbe verbunden, damit in allen Brunnen der gleiche Wasserstand vorhanden ist.

Das Gesamtgewicht, welches durch die Schwimmer zu heben ist, beträgt gegen 3000 t; hiervon entfallen 1550 t auf das Wasser-

*) Siehe Zeitschrift für Bauwesen 1901, Seite 278 ff.

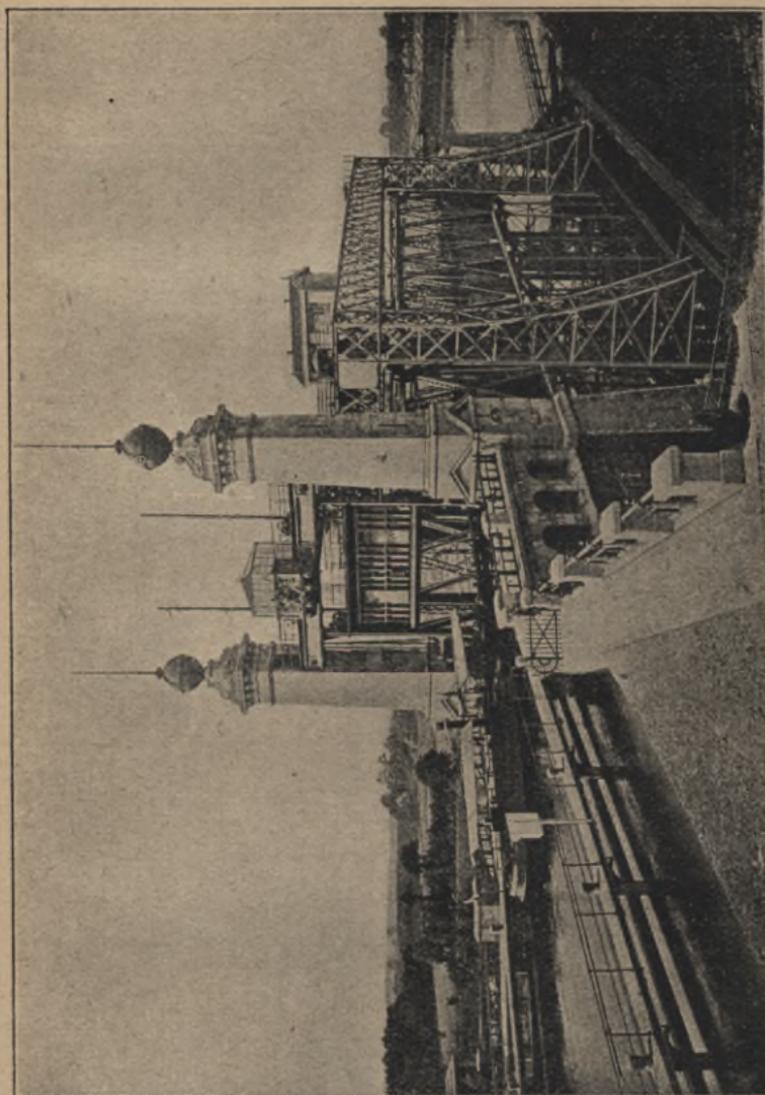


Abb. 63. Schiffshebewerk bei Henrichsburg. Ansicht vom Oberhaupte.

gewicht im Troge, 800 t auf das Eisengewicht des Troges und 600 t auf das Eisengewicht der Schwimmer. Diese sind Hohlkörper von Zylinderform mit 8,30 m äußerem Durchmesser und 10,30 m Höhe. Jeder Schwimmer verdrängt 620 cbm Wasser,

der Auftrieb aller Schwimmer zusammen entspricht also etwa der Gesamtlast. Das Innere der Schwimmer ist durch einen Einsteigeschacht zugänglich, der stets über das Wasser emporragt.



Abb. 64. Schiffshebewerk bei Henrichenburg. Innenansicht bei gehobenem Troge.

Auf die Schwimmer setzen sich eiserne Gerüstpfiler von 17,90 m Höhe, die oben in 4,60 m voneinander entfernte Querträger aus Gitterwerk endigen. Auf deren auskragenden Enden setzen sich die zwei Hauptträger des Troges auf.

Der Trog selbst ist ein Kasten mit Querträgern aus oben offenen Rahmen und einer Blechbekleidung von 8—14 mm Stärke. Die Führungs- und Bewegungsvorrichtungen des Troges sind

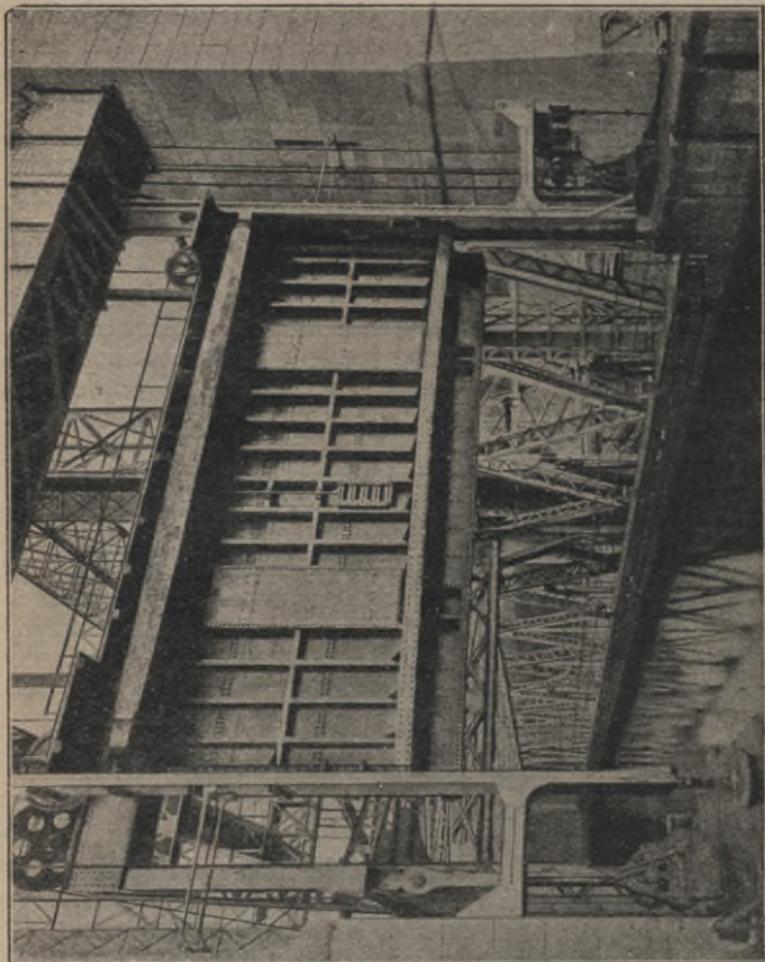


Abb. 65. Schiffshebewerk bei Henrichenburg. Haltungstor am Unterhaupt.

an vier starken 29 m hohen Fachwerkgerüsten angebracht, die durch Quer- und Längsträger miteinander verbunden sind. Der Trog samt Stützen und Schwimmern hängt mittels zweier Querriegel an vier Mutterschrauben; die auf vier senkrechten,

drehbaren Schraubenspindeln sitzen. Diese Spindeln hängen oben in einem am oberen Querträger des Führungsgerüsts angebrachten Halslager und sind unten im festen Mergelfels durch 11 Anker verankert.

Die Bewegung der Schraubenspindeln erfolgt durch einen 150 pferdigen Elektromotor, der auf der oberen Bühne über Trogmitte aufgestellt ist. Die Zeit, um den Trog vom Unterwasser nach dem Oberwasser oder umgekehrt zu bewegen, beträgt $2\frac{1}{2}$ Minuten.

Die Anlagekosten dieses großartigen Kunstbaues betragen 2,8 Millionen Mark. Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten betragen etwa 75 000 Mk.

b) Hebewerke mit geneigten Ebenen.

Die Ausführbarkeit der senkrechten Hebewerke hat ihre Grenzen, weil bei großen Hubhöhen die Anlagekosten sehr wachsen und auch technische Schwierigkeiten entgegenreten. Es dürften sich deshalb Schwimmerhebewerke für Hubhöhen von mehr als 20 m nicht mehr eignen, hierfür sind vielmehr die schiefen Ebenen geeigneter.

Die einfachsten Einrichtungen sind so angelegt, daß ein Schiff auf einer möglichst glatten, also mit Bohlen oder Balken belegten Bahn mit Hilfe einer Winde aufwärts gezogen bzw. abgelassen wird. Da die hierbei zu überwindende gleitende Reibung sehr groß, das Schiff außerdem ungünstigen Beanspruchungen ausgesetzt ist, so ist diese Art der Förderung nur für kleine Schiffe (Nachen) geeignet.

Einen Schritt vorwärts bedeutet die Einrichtung, wie sie am Elbing—Oberländischen Kanale getroffen wurde. Hierbei geschieht der Schiffstransport auf einem Wagen, und zwar so, daß auf zwei nebeneinanderliegenden Bahnen ein abwärts gehender Wagen einen aufwärts gehenden emporzieht. Die Wagen sind durch ein endloses Drahtseil miteinander verbunden, das durch Rollen und Scheiben entsprechend geleitet ist. Die noch nötige Betriebskraft wird dem Oberwasser entnommen und beaufschlagt ein Wasserrad. Der vorgenannte Kanal weist fünf derartige Ebenen auf, die ersten wurden schon im Jahre 1860 in Betrieb genommen, ihre Steigung beträgt 1:12, der zu ersteigende Höhenunterschied geht bis zu 25 m. Die Schiffe haben allerdings verhältnismäßig kleine Abmessungen.

Ein weiterer Fortschritt war es, als man die Schiffe nicht mehr „trocken“, sondern in einem Troge schwimmend „naß“ beför-

derte. Eine größere Ausführung dieser Art ist die von Dodge hergestellte geneigte Ebene am Potomac, die den Verkehr mit dem 11,6 m höher gelegenen Chesapeake—Ohio-Kanal vermittelt.

Geneigte Ebenen für große moderne Kanalschiffe sind noch nicht ausgeführt worden, doch haben einige veranstaltete Preis-



Abb. 66. Längsbahn im Höhengchnitt.

ausschreiben, insbesondere das vom österreichischen Staat erlassene Preisausschreiben im Jahre 1904 sorgfältig ausgearbeitete und einer praktischen Ausführung wohl zugrunde zu legende Projekte geliefert*). Das Hauptaugenmerk ist bei nahezu allen

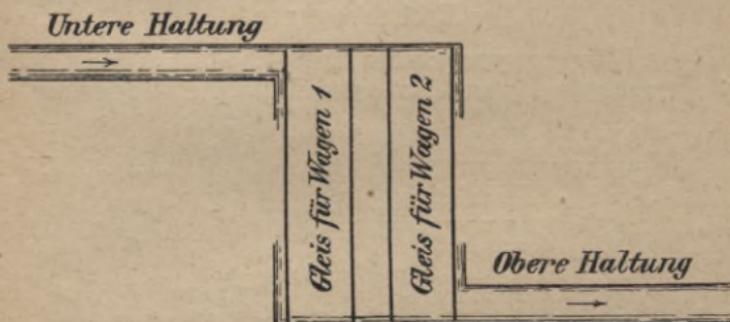


Abb. 67. Querbahn im Grundriß.

Projekten, soweit sie Schiffswagen verwenden, auf eine gleichmäßige Verteilung des großen Gewichtes des mit Wasser gefüllten Troges auf die entsprechend große Rad- oder Rollenzahl gerichtet.

Ein Schiff kann nun der Länge oder der Quere nach befördert werden (Längsbahnen und Querbahnen). Im ersteren Falle liegt die Schiffsachse in der Richtung der Förderbahn, im Falle der Querbahn liegt sie senkrecht zur Förderbahn (Abb. 66 u. 67):

*) Näheres siehe Deutsche Bauzeitung 1905, Nr. 30, 31, 32 u. 40.

Der Nachteil der Beförderung eines großen Schiffes der Länge nach liegt einmal darin, daß durch kleine Unregelmäßigkeiten in der Vorwärtsbewegung der Schiffe Wasserbewegungen im Schiffstrog entstehen, deren Wellen das im Trog liegende Schiff gefährden können, und dann in dem Umstande, daß die schiefen Ebenen bei größeren Gefälldifferenzen recht lang werden.

Querbahnen leisten bei der Großschifffahrt bessere Dienste. Die geneigte Ebene steht senkrecht zur Richtung der Kanalhaltungen. Dabei können erheblich steilere Neigungen als bei den Längsbahnen eingeführt werden, wodurch an Bahnlänge gespart wird. Als ganz erheblicher Nachteil ist jedoch die Schwierigkeit einer genügend geraden Führung des Schiffes zu erwähnen. Die Laufbahn muß überaus sorgfältig hergestellt werden.

Die einzige ausgeführte Querbahn besteht zu Foxton im Grand-Junction-Kanal in England. Die beiden sich gegenseitig ausgleichenden Wassertröge haben eine Länge von 24,40 m, eine Breite von 4,57 m und eine Seitenhöhe von 1,52 m. Die Tragfähigkeit der zu fördernden Schiffe beträgt etwa 70 t.

c) Drehhebwerke.

Ein sorgfältig ausgearbeiteter Entwurf eines solchen ist aus dem vorgenannten, von der österreichischen Regierung aus-

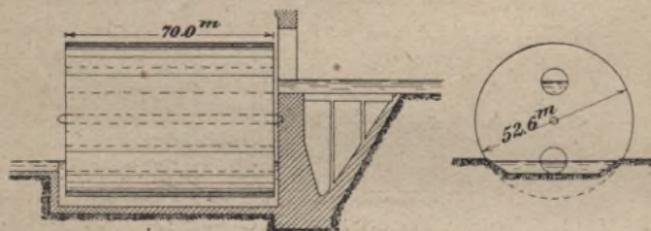


Abb. 68. Drehhebwerk.

geschriebenen Wettbewerb mit dem zweiten Preis hervorgegangen und in Abb. 68 schematisch dargestellt*). Das Hebwerk besteht im wesentlichen aus einem auf dem Unterwasser schwimmenden Hubzylinder von 52,6 m innerem Durchmesser und 70 m Länge, in welchen diametral einander gegenüberliegend zwei Schiffströge von je 12 m Durchmesser eingebaut sind. Durch Drehung

*) Näheres siehe Deutsche Bauzeitung 1905, Nr. 6 u. 8.

des Zylinders um seine Achse um 180° können die Schiffströge abwechselnd mit dem Unterwasser und mit dem Oberwasser in Verbindung gebracht werden. Zum Antrieb der Trommel ist an deren Umfang ein Zahnkranz aufgezogen. Ein derartiges Hebewerk hätte zweifellos eine große Leistungsfähigkeit.

d) Schwingende Hebewerke.

Ein solches — nach Art der Abb. 69 — ist für den zweiten Abstieg des Großschiffahrtswegs Berlin—Stettin bei Nieder-

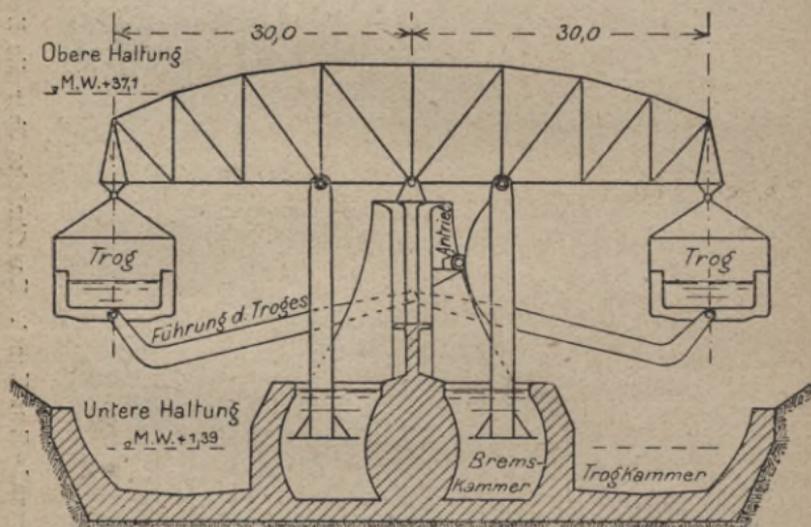


Abb. 69. Schwingendes Hebewerk am Hohenzollernkanal bei Niederfinow. (Projekt.)

finow zur Überwindung eines Gefälles von rd. 36 m in Aussicht genommen. Die zwei Tröge sind an vier Wagbalken gelenkartig aufgehängt, so daß Gleichgewicht vorhanden ist. Bei der Bewegung muß daher nur die in den beweglichen Teilen entstehende Reibung überwunden werden. Um eine beim Betrieb entstehende pendelnde Bewegung der Tröge auszuschließen, werden dieselben von Stäben geführt und stets in senkrechter Stellung gehalten. Zur Sicherung gegen etwaige Unfälle (Leerlaufen eines Tröges usw.) und zur Regelung der Geschwindigkeit dient eine Wasserdruckbremse. Der Antrieb erfolgt an den Bremsstäben mit einem 70—100pferdigen Motor.

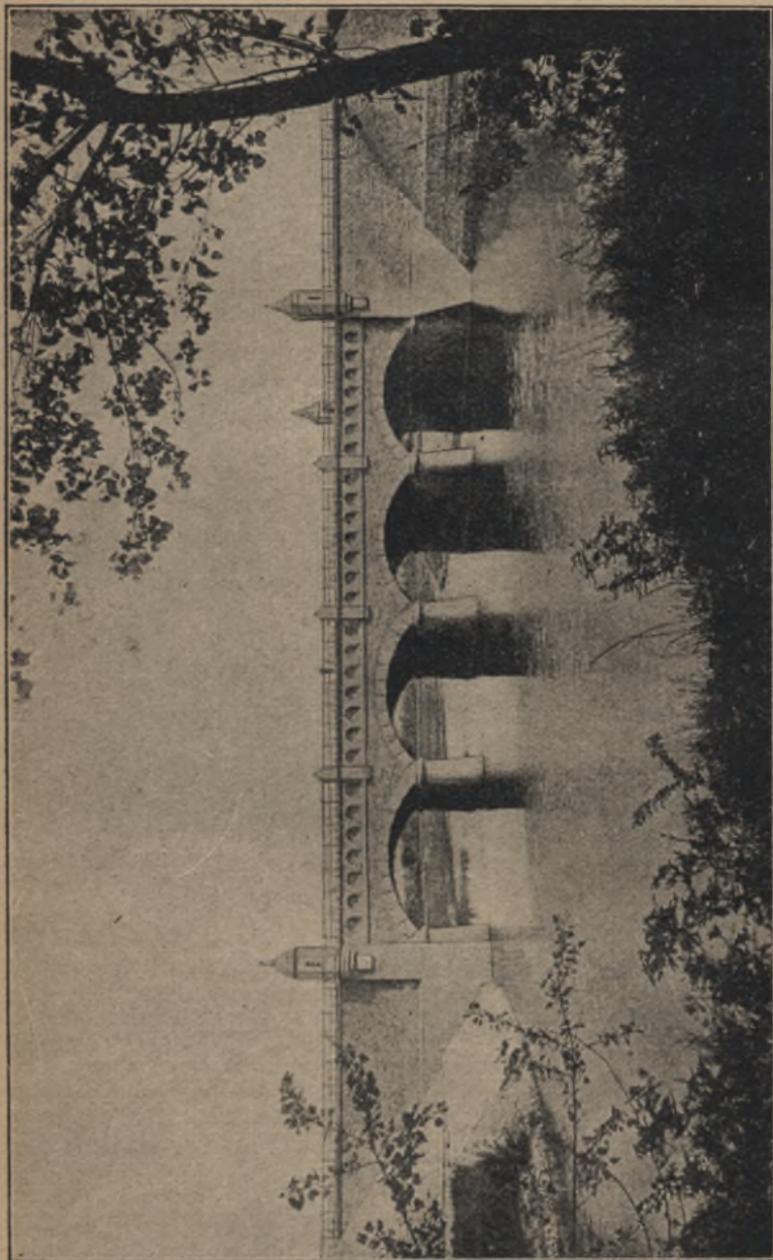


Abb. 70. Dortmund—Ems-Kanal. Kanalbrücke über die Ems.

4. Kanalbrücken und Brücken über Kanäle.

Kanalbrücken überführen Schiffahrtskanäle über Talmulden, Wasserläufe, Eisenbahnen, Wege oder Straßen. Die Brücken werden in Eisen, Stein oder Beton hergestellt, größere Kanalbrücken aus Holz existieren in Deutschland nicht. Die Brückenbreite wird so festgelegt, daß der Kanal

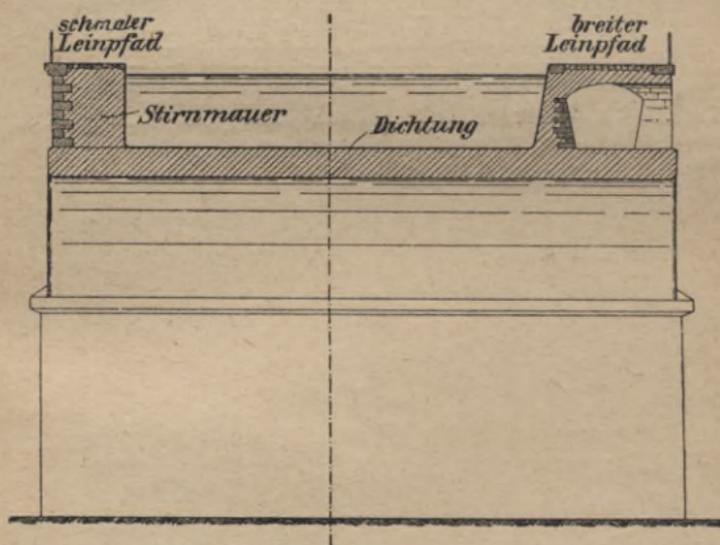
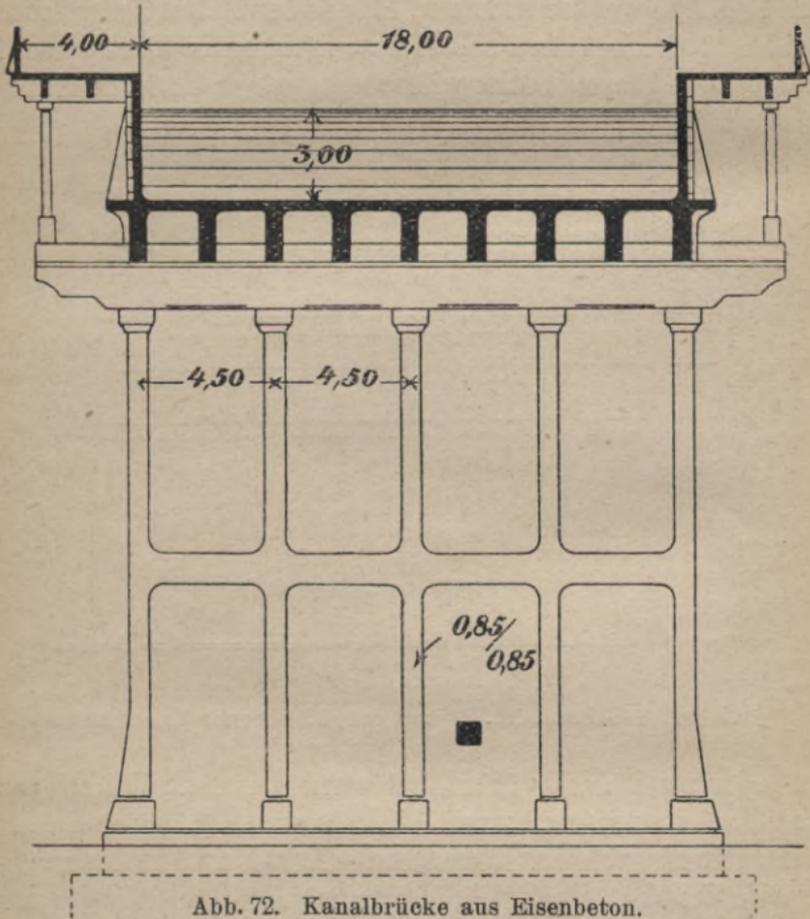


Abb. 71. Kanalbrücke
mit voller Stirnmauer. mit durchbrochener Stirnmauer.

ein- oder zweischiffig überführt werden kann. Wichtigere Kanalbrücken werden zweischiffig hergestellt. So erhielten die Brückenkanäle des Dortmund—Ems-Kanales eine nutzbare Breite von 18 m, gleich der normalen Sohlenbreite der freien Strecke, und eine Wassertiefe von 2,50 m. Die Brückenkanäle des Marne—Saône-Kanales haben eine Breite von 11 m und eine Wassertiefe von 2,2 m. Die Ausführungen in Stein und Beton sind häufiger als diejenigen in Eisen, weil dieselben längere Dauer, größere Sicherheit

gegen Beschädigungen, geringere Unterhaltungskosten und gefälligere Gesamterscheinung aufzuweisen haben (Abb. 70). Für den Eisenbau sprechen die leichtere Herstellung der



Dichtigkeit und einfache Instandsetzung undichter Stellen. Bei Eisen sowohl als bei Stein und Beton sind weitgespannte Konstruktionen zu vermeiden, um die Bewegungen möglichst klein zu halten. Die Gewölbe sind aus wetter-

beständigem und gleichartigem Material herzustellen, die Stirnmauern haben den Seitendruck des Wassers aufzunehmen, sie tragen auch den Leinpfad.

Abb. 71 stellt auf der linken Hälfte den Querschnitt einer gewölbten Kanalbrücke mit schmalen Leinpfad dar, wobei die Stirnmauer voll durchgeführt ist; die rechte Hälfte zeigt einen Querschnitt mit breitem Leinpfad, bei dem die Stirnmauer durch sekundäre Überwölbungen durchbrochen ist. Abb. 72 zeigt einen Viadukt aus Eisenbeton, der sich für derartige Konstruktionen vorzüglich anwenden läßt. Die Seitenwände des Troges werden unter Zuhilfenahme von nach unten anlaufenden Rippen auf den Trogboden abgestützt. Dieser besteht aus einer Plattenbalkenkonstruktion, die hinwiederum auf Eisenbetonjochen mit starkem oberem Querbalken aufgelagert ist. Der Leinpfad ruht einerseits auf einer auf dem auskragenden Querbalken aufgestellten Säule und andererseits auf der Trogwand.

Eine der großartigsten Kanalbrücken ist diejenige, mittels welcher der Ems—Weser—

Hannover-Kanal über die Weser hinweggeführt wird. Sie ist eine Eisenbetonbogenbrücke mit acht Öffnungen, wovon die beiden Stromöffnungen eine Lichtweite von je 50 m und die sechs Flutöffnungen eine solche von 32 m besitzen, die Gesamtlänge der Brücke beträgt 370 m.

Für die Ausführung bilden die Dichtung und der sichere Anschluß an die hohen Dämme die schwierigsten Punkte. Die dichte Herstellung von Seitenwänden und Sohle des Kanalbettes ist von großer Wichtigkeit, weil durchsickern des Wasser durch Frosteinwirkungen das Mauerwerk zerstört. Die Ausdehnung und Zusammenziehung der Ge-

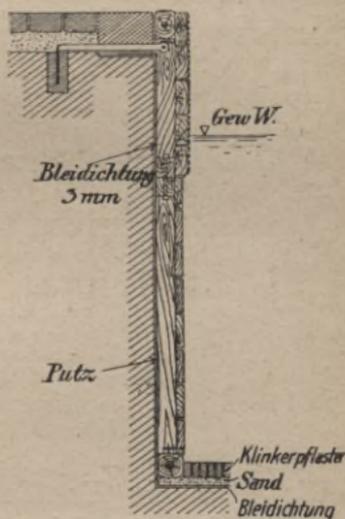


Abb. 73. Dichtung der Kanalbrücken beim Dortmund—Ems-Kanal.

wölbe erfordert ein elastisches und widerstandsfähiges Dichtungsmittel. Zementputz allein genügt nicht.

Beim Dortmund—Ems-Kanal, wo nur steinerne Kanalbrücken ausgeführt wurden, sind zur Dichtung Siebelsche Patentasphaltplatten verwendet worden (Abb. 73).

Aus Abb. 74 ist eine eiserne Kanalbrücke zu ersehen, der Trog wird von zwei hohen Blechträgern getragen, welche gleichzeitig die Seitenwände bilden. Die Querträger, welche den Blechboden aufnehmen, sind ebenfalls Blechträger. Für die Unterbringung des Leinpfades sind besondere Blechträger hinzugefügt, welche gleichzeitig das Geländer ersetzen.

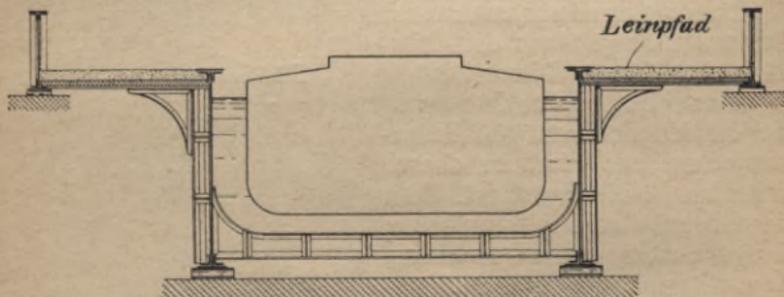


Abb. 74. Eiserne Kanalbrücke.

Die über die Kanäle hinwegführenden Brücken für Straßen, Fußwege, Eisenbahnen sind meist sehr zahlreich. Damit der Schiffsverkehr ungehindert fortgeführt werden kann, muß die Brücke entweder so hoch gelegen sein, daß das Schiff anstandslos darunter durchfahren kann, oder aber die Brücke muß beweglich sein, so daß die Durchfahrt für das Schiff freigemacht werden kann. Derartige bewegliche Brücken können Drehbrücken, Klappbrücken und Hubbrücken sein. Bei den Binnenschiffahrtskanälen wird gewöhnlich verlangt, daß die festen Brücken mit ihrem untersten Punkte bei 600-t-Schiffen mindestens 4 m, bei 1000-t-Schiffen mindestens 6 m vom normalen Wasserspiegel entfernt sind. Um an Baukosten

für die Brücken zu sparen, wäre eine Einengung des Kanalquerschnitts bei der Brücke angezeigt, doch wird bei den neuen Kanälen davon abgesehen, vielmehr wird die Normalbreite des Kanals durchgeführt und höchstens die oberen Böschungen steiler und die Leinpfade schmaler gemacht (Abb. 16).

5. Durchlässe und Düker.

Durchlässe sind Bauwerke, welche hergestellt werden müssen, um Straßen, Eisenbahnen, Bäche oder Flüsse unter dem Bette eines Kanals hindurchzuführen. Diese Kunstbauten unterscheiden sich kaum von gleichartigen Bauwerken unter Eisenbahn- und Straßendämmen, nur muß auf die wasserdichte Abdeckung derselben besondere Rücksicht genommen werden.

Die die Kanallinie kreuzenden Wasserläufe werden nur in seltenen Fällen in den Kanal eingeführt, weil das Mitführen von Geschiebe und die unregelmäßige Wasserführung derselben für den Betrieb des Kanals hinderlich, wenn nicht gar gefährlich werden könnte. Die Leitung unter dem Kanale hindurch muß natürlich so dimensioniert werden, daß sie die größte anlaufende Wassermenge zu bewältigen vermag. Ist zwischen Kanalsohle und Bachhochwasser nicht so viel Abstand

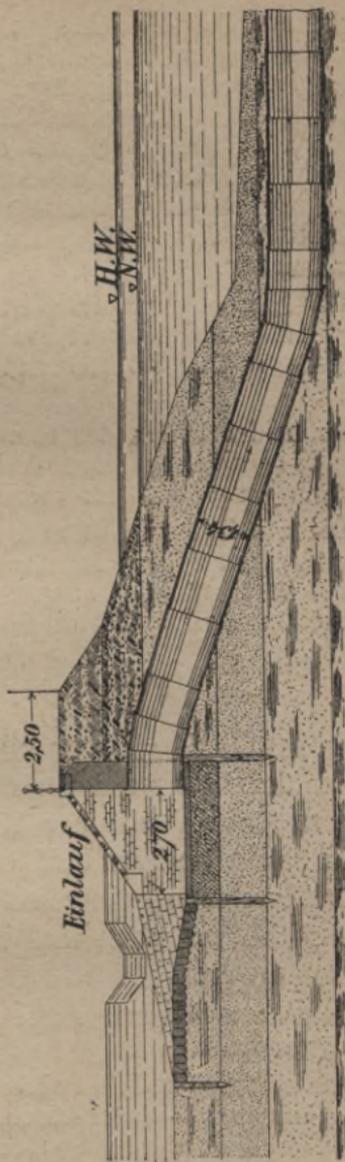


Abb. 75. Rohrdüker.

vorhanden, daß die Sohle geradlinig durchgeführt werden kann, so entsteht ein Düker. Die Querschnittsformen der Dükerleitungen sind mannigfaltig. Für kleinste Wassermengen sind gußeiserne und flußeiserne Rohrleitungen im Gebrauch (Rohrdüker). Wichtig ist, daß dieselben ab und zu nachgesehen werden; sie sollten deshalb schlupfbar sein und müssen in diesem Falle mindestens 60 cm Durchmesser erhalten. Abb. 75 zeigt einen Rohrdüker, bestehend aus flußeisernen Rohren von 1,34 m Durchmesser.

Für kleine gemauerte Düker wird häufig die rechteckige Form mit Halbkreisgewölbe verwendet. Für größere Querschnitte werden Scheitel und Sohle mit Stichelgewölben ausgeführt.

Zu beiden Seiten des Kanals endigt der Düker in den Fallschächten, die häufig zur Ablagerung des mitgeführten Schlammes mit vertiefter Sohle versehen sind.

Die von Zeit zu Zeit notwendige Spülung des Dükers erfolgt entweder mit Hilfe von Kanalwasser oder es wird das Bachwasser vorübergehend aufgestaut und durchfließt dann mit erhöhter Geschwindigkeit die Leitung, die Ablagerungen mit, sich reißend.

6. Kanaltunnels.

Kanaltunnels werden nötig, wenn Bergvorsprünge oder Wasserscheiden mit der Kanallinie durchfahren werden müssen. Im letzteren Falle hat man die Scheiteltunnels, deren Ausführung eine niedrigere Lage der Scheitelhaltung ermöglicht, als wenn man die Wasserscheide offen überschreiten würde.

Ihrer Kostspieligkeit wegen sind die Tunnels fast immer einschiffig ausgeführt.

In Frankreich bestehen einige sehr lange Tunnels. Der Scheiteltunnel des Marne—Saône-Kanals hat eine Länge von 4820 m; derjenige des Kanals von St-Quentin hat nahezu dieselbe Länge, der Tunnel des Marne—Rhein-Kanals ist sogar 4877 m lang.

Abb. 76 und 77 geben die Ansicht des Tunnelportals und den Querschnitt des Marne—Saône-Kanaltunnels wieder.

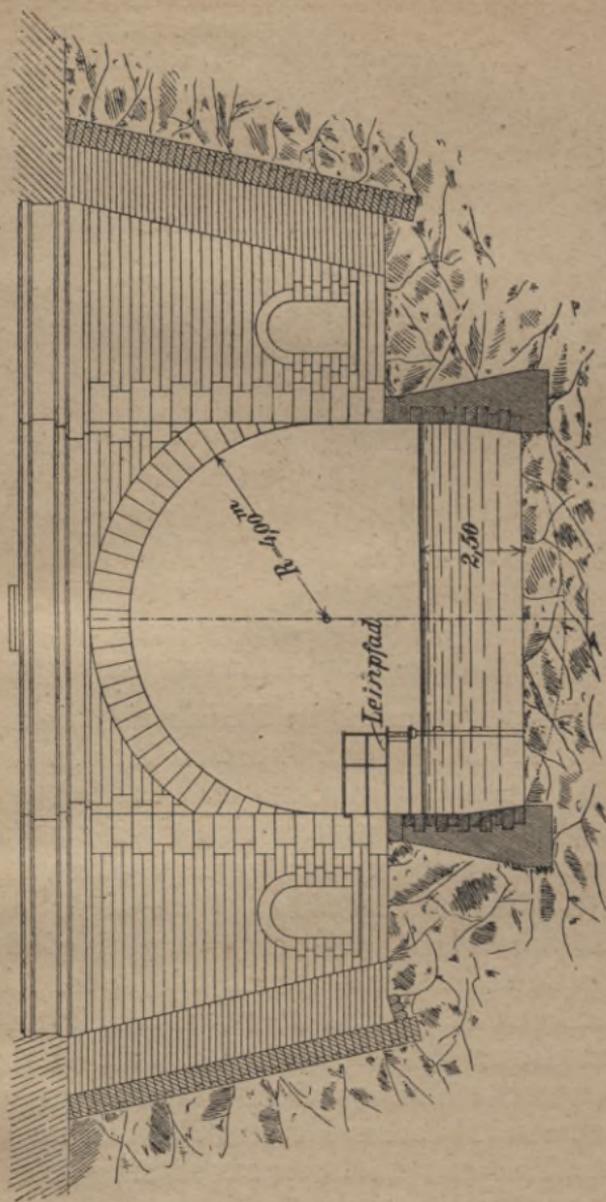


Abb. 76. Ansicht des Portals des Scheiteltunnels des Marne—Saône-Kanals.

Der längste ist der Rove-Tunnel des Marseille—Rhone-Kanals, welcher 7,2 km Länge aufweist und 2schiffig ausgeführt worden ist (Abb. 78).

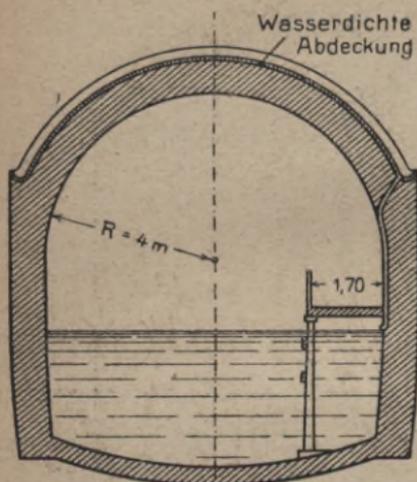


Abb. 77. Querschnitt des Scheitel-tunnels des Marne—Saône-Kanals.

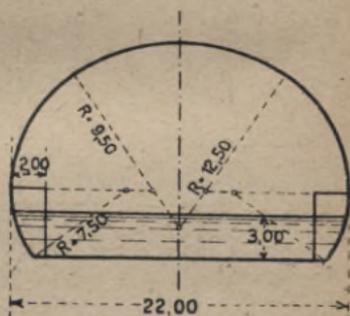


Abb. 78. Querprofil des Rove-Tunnels.

7. Entlastungs- und Entleerungsanlagen.

Da der Wasserverbrauch im Kanäle nicht immer gleichen Schritt hält mit dem Wasserzuflusse, so müssen Übereiche vorhanden sein, um einen zu hohen Kanalwasserspiegel zu verhüten. Sie sind einen oder mehrere Dezimeter über dem normalen Wasserspiegel angelegt und treten in Wirksamkeit, sobald das Wasser im Kanal über dieses Maß sich erhebt. Derartige Überfälle sind natürlich, wenn sie nicht sehr lang sind, nicht sehr leistungsfähig, man setzt daher ihre Oberkante häufig tiefer und sperrt den oberen Teil durch Schützen ab, die bei steigendem Wasser geöffnet werden. Um die ausgeworfene Wassermenge möglichst rasch einem Vorfluter zuzuführen, werden die Entlastungsanlagen zweckmäßig mit Kanalbrücken und Durchlässen in Verbindung gebracht. Die

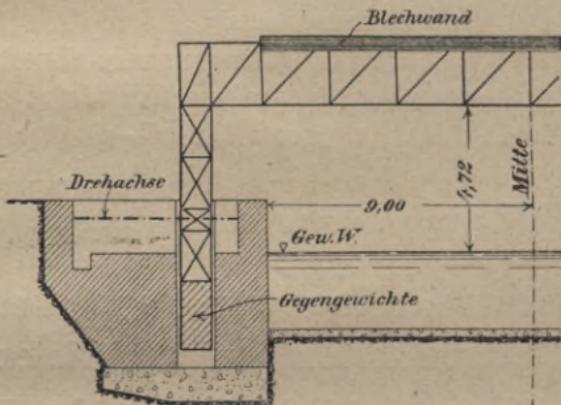
vollständige Entleerung des Kanals geschieht durch Grundablässe; das sind auf oder nahe der Sohle angebrachte Rohre, die mit Klappen oder Schiebern verschlossen sind.

Auch Heber- oder Saugüberfälle werden neuerdings häufiger als Entlastungs- und Entleerungsvorrichtungen benutzt, seitdem sie Verbesserungen erfahren haben.

Die 67 km lange Scheitelhaltung des Dortmund—Ems-Kanals weist fünf Entlastungsvorrichtungen auf.

8. Sicherheitsstore.

Die Sicherheitsstore sind dazu da, bei etwaigem Bruche eines Kanaldammes oder Bauwerks einen Teil

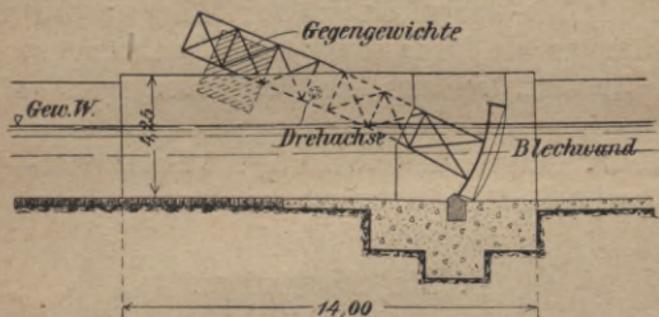


Schnitt quer durch den Kanal. Tor geöffnet.

Abb. 79. Sicherheitsstor beim Dortmund—Ems-Kanal.

des Kanals abzuschneiden und damit die völlige Entleerung der Haltung zu verhindern. Die Gefahren für die durchschnittenen Flußtäler werden dadurch vermindert.

Die Sicherheitstore des Oder—Spree-Kanals, welcher deren vier Stück aufzuweisen hat, sind Klapptore mit horizontaler Achse. Die Sicherheitstore des Dortmund—Ems-Kanals sind als hochliegende Segmenttore aus-



Schnitt längs durch den Kanal Tor geschlossen.
Abb. 80. Sicherheitstor beim Dortmund—Ems-Kanal.

geführt. Der schirmförmig ausgebildete Torkörper ist beiderseits auf wagerechten Achsen gelagert (Abb. 79 u. 80).

Die Sicherheitstore der in hohen Aufträgen liegenden Teile der Scheitelhaltung des Berlin—Stettiner-Großschiffahrtsweges sind Hubtore, welche mit Brücken in Verbindung gebracht sind.

IX. Schutz der Bauwerke gegen Bodensenkungen in den Bergbaugebieten.

Infolge Abbaues der Kohlenflöze in den Bergbaugebieten stehen erhebliche Senkungen der darüberliegenden Erdoberfläche zu erwarten (Messungen haben bis 75 cm Bodensenkungen in zwei Jahren ergeben). Selbst auf kurze Entfernungen sind diese Bodensenkungen nicht gleich, außerdem hat man auch wagerechte Verschiebungen festgestellt.

Bei den Brücken von über Bergbaugebieten hinwegführenden Kanälen wird daher möglicherweise eine spätere Hebung derselben notwendig. Es müssen deshalb alle solchen Brückenarten ausscheiden, bei denen eine spätere Hebung des Überbaues schwierig ist, also alle gewölbten Brücken, eisernen Bogenbrücken mit Horizontalschub usw. Auch die Anwendung von Eisenbeton wird von manchen für bedenklich gehalten, und man hat deshalb beim Rhein—Herne-Kanal darauf verzichtet. Ausgeführt wurden daselbst im allgemeinen eiserne Balkenbrücken auf zwei Stützen. Für die leichte Hebung sind zum Ansatz der Hebwerkzeuge gleich die nötigen Verstärkungen vorgenommen worden.

Von der Herstellung gemauerter Durchlässe über Bergbaugebieten sollte wegen Rissegefahr Abstand genommen werden. Der geeignetste Baustoff ist in solchen Fällen Schmiedeeisen, welches natürlich gegen Rostgefahr genügend gesichert werden muß.

Die Kammerschleusen werden in Bergbaugebieten am besten in bewehrtem Beton ausgeführt. Beim Rhein—Herne-Kanal sind die Häupter von den Kammern getrennt und ganz für sich gegründet worden. Die langen Kammermauern sind wieder in einzelne Abschnitte geteilt worden.

X. Speisung der Kanäle.

Die Frage der Kanalspeisung gehört mit zum Wichtigsten beim Projektieren eines Kanals. Im allgemeinen ist der Bedarf an Wasser um so schwieriger zu beschaffen, je höher die Scheitelhaltung des Kanales liegt, weil das Wasser der Bäche und Flüsse sowohl als die Grundwassergebiete fehlen.

I. Wasserverluste.

Verluste an Wasser entstehen durch Versickerungen im Boden, durch Verdunstung, durch Undichtigkeiten der Schleusentore und Umläufe und durch die Schiffsschleusung selbst.

Durch Versickerung können Wasserverluste natürlich nur da entstehen, wo der Kanalwasserspiegel über dem Grundwasserspiegel liegt; im übrigen ist die Größe der Versickerung abhängig von der Bodenbeschaffenheit, der Größe des benetzten Umfangs und dem Wasserüberdrucke, welcher letzterer aber höchstens gleich der Kanalwassertiefe angenommen werden darf. Nachdem sich mit der Zeit eine Selbstdichtung des Bodens durch Schließung der Bodenporen mit feinen Partikeln vollzieht, werden naturgemäß diese Verluste allmählich geringer. Für den Dortmund—Ems-Kanal sind seinerzeit 8 l, für den Mittel-land-Kanal 12 l für 1 km Kanallänge und eine Sekunde als Versickerungsverlust angenommen worden.

Die Größe der Wasserverluste durch Verdunstung wächst mit der Größe des Wasserspiegels des ganzen Kanals und ist abhängig vom Klima und von der Jahreszeit. Bei den neuen deutschen Kanälen ist für Verluste durch Verdunstungen 4 l pro 1 km Kanallänge und eine Sekunde angenommen worden.

Für Versickerung und Verdunstung zusammen sind also 12—16 l pro 1 km Kanallänge und eine Sekunde zugrunde gelegt worden.

Die Verluste an den Schleusen gehören nicht in dieselbe Linie mit denjenigen durch Verdunstung und Versickerung, weil der Verlust einer Schleuse der nächstunteren Schleuse wieder zugute kommt, es geht also nur dasjenige Wasser verloren, was aus der Schleusentreppe abströmt.

Der Verlust an den Schleusen durch Undichtigkeiten der Tore und Absperrvorrichtungen ist natürlich abhängig von dem Schleusengefälle und von der Art der angewendeten Verschlüsse. Er ist beim Dortmund—Ems-Kanal zu 0,20 cbm pro Sekunde angesetzt worden. Der Wasserverlust durch Schleusungen ist im Gegensatz zu den anderen Verlusten von dem Verkehr auf dem Kanale abhängig.

Beim Dortmund—Ems-Kanal z. B. sind täglich 20 Schleusenfüllungen zugrunde gelegt, wobei sich der größte Füllungsbedarf einer Schleuse auf 2600 cbm beläuft, somit erfordern 20 Füllungen täglich $20 \cdot 2600 = 52000$ cbm oder $\frac{52000}{86400} =$ rund 0,60 cbm in der Sekunde. So ermittelte sich der gesamte Bedarf an Speisewasser für die Kanalstrecke von Herne bis zur Ems einschl. der Dortmunder Haltung mit einer Gesamtlänge von rund 150 km zu:

- | | | | |
|---|-----------|-----------|---------------|
| 1. für Verdunstung und Versickerung: | 150.0,008 | 1,20 | cbm/sec. |
| 2. für Verluste durch Undichtigkeiten | | 0,20 | „ |
| 3. für Schleusungen | | 0,60 | „ |
| 4. Zuschlag für anfänglich größere Versickerungen | | 0,60 | „ |
| | | <hr/> | |
| | | im ganzen | 2,60 cbm/sec. |

2. Wasserbeschaffung.

Das Wasser zur Speisung der Kanäle wird erhalten aus dem Grundwasser, aus Fluß- und Bachwasser, aus Seen und Talsperren. Je nach den Verhältnissen kann eine oder können mehrere dieser Möglichkeiten zur Speisung herangezogen werden. Dabei kann das Wasser dem Kanale entweder mit natürlichem Gefälle zufließen oder es muß mit Pumpwerken gehoben werden.

Die Anlagen müssen instand sein, auch im ungünstigsten Falle, nämlich zur Zeit des größten Wasserbedarfs im Kanale und der größten Wasserklemme, zu genügen.

Eine Speisung mit Flußwasser weist der schon mehrfach erwähnte Dortmund—Ems-Kanal auf. Zur Speisung des Scheitel-

kanals wird eine sekundliche Wassermenge von 1,72 cbm aus der Lippe entnommen. Mit Rücksicht auf gelegentlichen stärkeren Bedarf wurde die Leistungsfähigkeit des Pumpwerks jedoch auf das Doppelte, also 3,4 cbm/sec., bemessen. Das Wasser muß 16 m hoch gehoben werden. Hierzu stehen drei Kreiselpumpen von je 0,86 cbm mittlerer und 1,15 cbm höchster Leistung zur Verfügung.

Der im Jahre 1907 vollendete 225 km lange Marne—Saône-Kanal in Frankreich hatte mit großen Schwierigkeiten zur Erlangung genügenden Speisewassers zu kämpfen. Schließlich wurden große Staubecken mit einem Wasserinhalt von zusammen 40 Mill. cbm erstellt, die gesamten Anlagekosten für Speisung betragen allein 17 Mill. Fr. gegenüber 104 Mill. Fr. Anlagekosten des ganzen Kanals, also mehr als 12% der Gesamtkosten.

Der Ems—Weser-Kanal erhält sein Speisewasser aus den Flüssen Lippe und Weser. Durch die aufgestellten Pumpwerke können dem Kanale bis zu 13 cbm pro Sekunde zugeführt werden. Für diese Wasserentziehung muß Ersatz zur Aufhöhung des Niedrigwassers geschaffen werden, was durch die gewaltigen Staumauern im Quellgebiete der Weser, der Eder- und Diemeltalsperre, geschieht.

Bei Kanälen, welche Seengebiete durchziehen, wie der Oder—Spree-Kanal, liegt die Speisung aus diesen Seen, welche eine vorzügliche und billige Wasseraufspeicherungsmöglichkeit gewähren, auf der Hand.

Die Zuleitung des Wassers zu den Kanälen bzw. Kanalhaltungen erfolgt mittels der Speisegräben, die gewöhnlich trapezförmigen Querschnitt haben und für den Maximalbedarf bemessen sein müssen. Die Einmündung der Speisegräben in die Kanäle erfolgt in den Speiseschleusen, welche mittels Schützen eine Regulierung des Wasserzuflusses entsprechend dem Wasserbedarfe ermöglichen.



Register.

- Abgaben bei Kanälen** 10, 12.
- Bargekanal** 9.
Bauhöfe 13.
Betrieb der Wasserstraßen 12.
Binnenkanäle 36, 37.
Boote 14.
Bromberger Kanal 35.
- Dampfschleppschiffahrt** 12, 20.
Displacement eines Schiffes 16.
Dichtung der Kanäle 53.
Dockschleusen 66.
Doppelschleuse 64.
Dortmund—Ems-Kanal 40, 46, 54.
Drehhebewerk 106.
Drempe 63.
Durchlässe unter Kanälen 113.
- Ebbeschleusen** 66.
Eisbrechdampfer 11.
Eisenbetonschiffe 15.
Eissperre 11.
Elbe—Trave-Kanal 40.
Elbing—Oberländischer Kanal 39, 104.
Elektrische Tauer 20.
Ems—Weser-Kanal 41.
Entlastungsanlagen 116.
- Fernsprechanlage an Kanälen** 13.
Finow-Kanal 39.
Fischpässe 29.
Floßgassen 29.
- Flußkanalisierung** 26.
Flußregulierung 24.
Flutter 65.
Formwiderstand der Schiffe 23.
Frachtschiffe 14.
Friedrich-Wilhelm-Kanal 39.
Fuldakanalisierung 35.
Füllungszeit der Kammerschleusen 88.
- Gekuppelte Schleusen** 65.
Geschwindigkeit der Schiffe 10.
Grabung der Kanäle 56.
Grundläufe 90.
- Halsband bei Stemm-toren** 86.
Haltung 27, 44.
Hauptspant 16.
Havelwasserstraße 35.
Hebewerke, senkrechte 97.
— mit geneigten Ebenen 104.
Heckraddampfer 21.
Hochwasser-nachrichtendienst 13.
Hohenzollernkanal 42.
Hubtore 118.
Hydraulischer Stau 27.
Hydrostatischer Stau 27, 28.
- Intermittierende Schiff-fahrt** 24.
- Kabelbahnen** 61.
Kähne 14.
Kaiser-Kanal in China 38.
- Kaiser-Wilhelm-Kanal** 33.
Kammerschleuse, Er-findung 39.
— **Konstruktion** 62.
Kanal du Midi 39.
Kanalbrücken 109.
Kanaldüker 113.
Kanalisierte Flüsse 26.
Kanalsperren 11.
Kanaltunels 114.
Kanalverbreiterungen 49.
Kettenschleppschiffahrt 19.
Kettenschlösser 20.
Klappenwehre 32.
Kolbenhebewerke 97.
- Ladelinie eines Schiffes** 16.
Längenprofil der Kanäle 44.
Längsbahnen 105.
Leinpfad 17, 44.
Lieghäfen 11.
Lippekanalisierung 35.
Ludwigskanal 40.
Luftmotoren zur Schiffs-bewegung 22.
- Mainkanalisierung** 35.
Manchester—See-Kanal 37.
Marne—Saône-Kanal 7.
Masurischer Kanal 42.
Mechanische Hebewerke 96.
Mittellandkanal 10, 41.
Moselkanalisierung 35.
- Nadelwehre** 32.
Naviglio Grande 8.
Neckarschlepper 20.

- Netzekanalisation 35.
 Nordostseekanal 36.
 Nordseekanal 37.
- O**berhaupt einer
 Schleuse 62.
 Obertramen 74, 82.
 Oder-Kanalisation 35.
 Oder—Spree-Kanal 19,
 40.
- P**anamakanal 37, 45.
 Personenschiffe 14.
- Q**uadratseil von Bek 19.
 Querbahnen 105.
 Querprofil der Kanäle 45.
- R**addampfer 20.
 Reibungswiderstand der
 Schiffe 23.
 Rhein—Herne-Kanal 41,
 46.
 Rhein—Weser—Hanno-
 ver-Kanal 41.
 Riegeltoore 74.
 Rolladenwehre 33.
- S**aarkanalisation 34.
 Schachtschleusen 94.
 Scheitelhaltung 38.
 Scheitelkanäle 38.
 Scheiteltunnel 114.
 Schifffahrt auf Schwel-
 lungen 24.
 Schifffahrtshindernisse
 25.
 Schifffahrtsordnung 12.
 Schiffsdurchlässe 29.
 Schiffshaut 15.
 Schiffsliegeplätze 29.
 Schiffswiderstand 22.
 Schlagsäule 74, 84.
 Schlepptau 21.
 Schleppzug 21.
 Schleppzugschleusen 64.
 Schleusen 29, 61.
- Schleusenhäupter 71.
 Schleusenmeistergehöft
 34.
 Schleusentore 62.
 Schleusentore, eiserne 80.
 Schleusentore, hölzerne
 78.
 Schleusentreppe 44.
 Schraubendampfer 20.
 Schützenwehre 33.
 Schutzhäfen 11.
 Schutzschleusen 65.
 Schwimmerhebewerke
 100.
 Schwimmtore 82.
 Schwingende Hebewerke
 107.
 Seekanäle 36.
 Seilbetrieb als Schiffs-
 zug 20.
 Seilschleppschifffahrt 19.
 Seitenkanäle 34, 38, 42.
 Seitenraddampfer 21.
 Sicherheitstore 117.
 Spanten eines Schiffes 15.
 Spantenrisse 16.
 Sparschleusen 96.
 Speisegräben 122.
 Speiseschleusen 122.
 Speisung der Kanäle 119.
 Sperrschleusen 65.
 Spurpfanne bei Stemm-
 toren 85.
 Spurzapfen 84.
 Staukurve 27.
 Stauschleusen 24.
 Stauweite 27.
 Stemmdruck 77.
 Stemmtore 62, 74.
 Stieltore 74.
 Suezkanal 36.
- T**auerei 19.
 Teltow-Kanal 41.
 Tiefgang eines Schiffes
 16.
- Torschützen 88.
 Tragfähigkeit eines
 Schiffes 16.
 Treidelei mit Dampf-
 lokomotiven 19.
 Treidelei mit elektr. Lo-
 komotiven 18.
 Treidelei mit Menschen
 und Tieren 17.
 Treidelweg 17, 34.
 Trommelwehre 33.
- U**ferbefestigung der
 Kanäle 49.
 Umläufe 90.
 Unterhaltung der
 Wasserstraßen 12.
 Unterhaupt einer
 Schleuse 62.
 Untertramen der Stemm-
 toren 74, 82.
- V**ölligkeitsgrad eines
 Schiffes 16.
- W**alzenwehre 33.
 Wandertau 19.
 Wasserbeschaffung für
 Kanäle 121.
 Wasserkraftwerke 30.
 Wasserlinienriß 16.
 Wasserverluste bei
 Kanälen 53, 120.
 Wasserzufuhr, künst-
 liche, bei Flüssen 26.
 Wehre 27.
 Wehre, bewegliche 31
 Wehre, feste 31.
 Wehrmeistergehöft 34
 Wendensische 63.
 Wendensäule 73, 82.
 Werkstattschiff 13.
- Z**ugleine 17.
 Zugwiderstand bei
 Schiffen 23.

Aus Sammlung Göschen:

- Flußbau** von Baurat O. Rappold. Mit 103 Abbild. Nr. 597.
- Wasserversorgung der Ortschaften** von Professor Dr.-Ing. Robert Weyrauch. Mit 85 Figuren. Nr. 5.
- Meliorationen** von Baurat Otto Fauser. 2 Bände. Mit vielen Figuren. Nr. 691, 692.
- Wasserkraftanlagen** von Regierungs-Baumeister a. D. Dr.-Ing. Th. Rümelin.
- I. Beschreibung. Mit 66 Figuren. Nr. 665.
- II. Gewinnung der Wasserkraft. Mit 35 Fig. Nr. 666.
- III. Bau und Betrieb. Mit 56 Figuren. Nr. 667.
- Wasserturbinen** von Dipl.-Ing. G. Holl.
- I. Allgemeines. Die Freistrahlturbinen. Mit 113 Abbildungen. Nr. 541.
- II. Die Überdruckturbinen. Die Wasserkraftanlagen. Mit 102 Abbildungen. Nr. 542.
- Die allgemeinen Grundlagen des Brückenbaues** von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. Th. Landsberg. Mit 45 Fig. Nr. 687.
- Gründungen der Brücken** von Prof. Th. Janssen. Mit 40 Abbildungen. Nr. 803.
- Eisenbetonbrücken** von Dr.-Ing. K. W. Schaechterle. Mit 104 Abbildungen. Nr. 627.
- Vermessungskunde** von Professor Dipl.-Ing. P. Werkmeister.
- I: Feldmessen u. Nivellieren. Mit 146 Abb. Nr. 468.
- II: Der Theodolit. Trigonometrische u. barometrische Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Abb. Nr. 469.
- Die Baustoffkunde** von Professor H. Haberstroh. Mit 36 Abbildungen. Nr. 506.

VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER

WALTER DE GRUYTER & CO., VORMALS

G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG

J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG

GEORG REIMER / KARL J. TRÖB-

NER / VEIT & COMP.

BERLIN W. 10 UND

LEIPZIG

ADOLF SOMMERFELD

Bauausführungen BERLIN W9

SHELLINGSTRASSE 5

Fernruf: Nollendorf 1620; Lützow 713, 4658, 4659, 5032
Drahtanschrift: Großbauten Berlin

*

Abteilungen:

Siedlungswesen	Transporte mit Voll- u.
Hochbau, Tiefbau	Feldbahnen
Torfverwertung	Schottergewinnung

Werke:

Säge- u. Hobelwerke	Vollbahnen · Feld-
Ziegelei	bahnen
Torfwerk	Lokomotiven,
Schotterwerk	Lokomobilen

Filialen:

Danzig	Stettin
Weichselmünde	Dragemühl
Kolmar	Insterburg
(in Posen)	Tilsit
Schneidemühl	Podejuch

Spezialität:

Siedlungsblockhäuser u. Hallenbauten

FLOTTMANN

**Spezialfabrik
von Pressluftanlagen für
Bauunternehmungen**

**Kompressoren
Gesteinsbohrhämmer
Gesteinsbohrmaschinen
Dreifussgestelle
Pressluftstampfer
Niet- und Meisselhämmer
u. dergl.**

**Maschinenbau-Aktiengesellschaft
H. Flottmann & Comp.
Hauptwerk und Zentrale: Herne i.W.**



Nieflose
Spundwand Eisen
Bauart Larßen

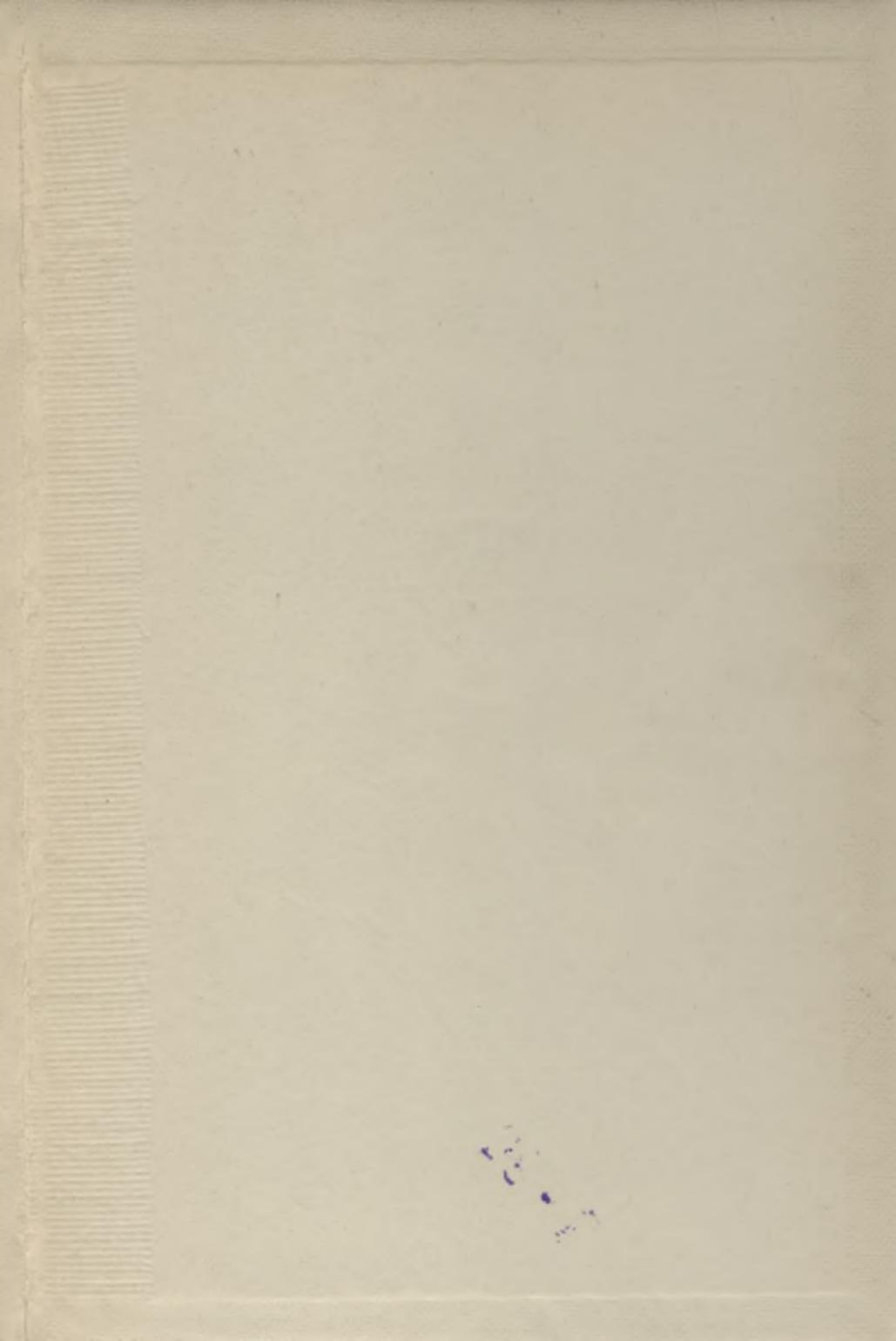
Deutsch-Luxemburgische
Bergwerks- u. Hütten-A.G.
Abteilung

Dortmunder Union
Dortmund



2,00

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301381



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298075