

Der Wasserbau

Ludwig Franzius,
Eduard Sonne, J.
F. Bubendey

Library
of the
University of Wisconsin

HANDBUCH
DER
INGENIEURWISSENSCHAFTEN

in fünf Teilen.

Dritter Teil:
Der Wasserbau.

Herausgegeben

von

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

Vierte vermehrte Auflage.

Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1906

DER
W A S S E R B A U.

III. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.

Fünfter Band:

Binnenschifffahrt. Schifffahrtskanäle. Flußkanalisierung.

Bearbeitet von

Ed. Sonne und W. Becker,

herausgegeben von

Ed. Sonne,

Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt i. P.

Vierte vermehrte Auflage.

Mit 145 Textabbildungen, vollständigem Sachregister und 10 lithographierten Tafeln.

Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1906

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

166895
SEP 17 1912

649690

SV
·H19
·2
—
5

Vorwort zur vierten Auflage.

Im Herbst des Jahres 1901 wurde die dritte Auflage des vorliegenden Werkes im wesentlichen vollendet. Im Frühling desselben Jahres mußten wir einen großen Verlust schmerzlich beklagen: Geh. Baurat Heinrich Garbe wurde am 6. April 1901, in bestem Mannesalter stehend, aus einer erfolgreichen Tätigkeit abgerufen. Seine Besprechungen der Flussskanalisierung, der Deiche und Deichschleusen sind mustergiltig; dies hat sich auch insofern gezeigt, als bei der nachstehenden neuen Bearbeitung der Kanalisierung der Flüsse durch Baurat Wilhelm Becker, Wasserbau-Assessor im Mainz, wohl Zusätze und Erweiterungen, durchgreifende Änderungen aber nicht erforderlich waren.

Einen unersetzlichen Verlust haben wir ferner durch den am 23. Juni 1903 erfolgten Tod unseres Ludwig Franzius erlitten. Etwa fünfundzwanzig Jahre lang war er die felsenfeste Stütze des Handbuchs; sein Wirken hat Georg Franzius am Anfange der vierten Auflage des ersten Bandes dieses Werkes in einem Lebensbilde seines Bruders in zutreffender Weise geschildert.

In den letzten Jahren des vergangenen Jahrhunderts mußte neben der noch nicht vollendeten dritten Auflage auch die vierte in Angriff genommen werden. Dies veranlaßte den Unterzeichneten, den Herausbergeschäften für die vierte Auflage zu entsagen; an seine Stelle trat J. F. Bubendey, damals Professor an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Die veränderte Einteilung des Handbuchs in zwölf Bände, deren Einzelheiten aus der nachstehenden „Übersicht des Inhalts der im Erscheinen begriffenen vierten Auflage“ ersichtlich sind, ist ihm zu verdanken und diese Zerlegung des Werkes in kleinere Teile wird voraussichtlich vielen willkommen sein; neuerdings ist die Anzahl der Bände auf dreizehn gestiegen.

Vor einigen Jahren hat nun J. F. Bubendey den Lehrstuhl in Charlottenburg mit der ehrenvollen Stellung eines Wasserbaudirektors in Hamburg

vertauscht; hierdurch wurde er gezwungen, seine schriftstellerische Tätigkeit auf die Herausgabe bzw. Bearbeitung des ersten Bandes zu beschränken und die Herausgabe der übrigen Bände wurde auf die Verfasser in angemessener Weise verteilt. Der vorliegende fünfte Band ist dem Unterzeichneten zu Teil geworden. Bei der Bearbeitung der beiden ersten Kapitel dieses Bandes kam es unter anderem darauf an, die Leser mit den hervorragenden Untersuchungen Symphers bekannt zu machen, eine Übersicht über die neueren, den Schiffswiderstand betreffenden Versuche und Theorien zu geben, und ihre Ergebnisse ausführlich zu erörtern, wobei diejenigen der Schleppversuche am Dortmund-Ems-Kanal neu und allgemeiner gestaltet wurden.

Von den zehn Fachgenossen, welche den Wasserbau in einem im Jahre 1879 erschienenen, damals einzigen Bande bearbeitet haben, ist nur die Hälfte noch am Leben, andere sind ausgetreten und auch der Unterzeichnete nimmt hiermit von den Lesern des Handbuchs Abschied. Dies geschieht mit dem Wunsche, daß das Werk trotz fortwährenden Anwachsens den in der technischen Literatur erworbenen Platz auch in Zukunft behaupten möge.

Darmstadt, im Sommer 1906.

Eduard Sonne.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften.

Dritter Teil.

Übersicht des Inhaltes der im Erscheinen begriffenen 4. Auflage:

I. Band. Gewässerkunde.

- I. Kapitel: Regen, Grundwasser, Quellen und stehende Gewässer.
- II. „ Fließende Gewässer.
- III. „ Praktische Hydraulik.

II. Band. Stauwerke.

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

III. Band. Wasserversorgung der Städte.

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

IV. Band. Entwässerung der Städte.

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

V. Band. Binnenschifffahrt. Schifffahrtskanäle. Flußkanalisierung.

- I. Kapitel: Wasserstraßen. Flößerei und Binnenschifffahrt.
- II. „ Binnenschifffahrtskanäle.
- III. „ Kanalisierung der Flüsse.

VI. Band. Flußbau.

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

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

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

VIII. Band. Schiffschleusen.

IX. Band. Meer. Seeschifffahrt. Küsten.

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

X. Band. Strommündungen. Seekanäle.

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

XI. Band. Flufs- und Seehäfen.

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

XII. Band. Seezeichen.

XIII. Band. Ausbau von Wasserkraften.

- I. Kapitel: **Allgemeines.**
- II. " **Ausgeführte Beispiele von Wasserkraft-Anlagen.**
- III. " **Entwurf und Ausführung der einzelnen Bauteile und der Betrieb von Wasserkraft-Anlagen.**

Inhalts-Verzeichnis.

I. Kapitel.

Wasserstraßen, Flößerei und Binnenschifffahrt.

Bearbeitet von Eduard Sonne, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt i. P.

(Hierzu Tafel I, II u. III und 41 Abbildungen im Text.)

A. Die Wasserstraßen im allgemeinen.

	Seite
§ 1. Entwicklung der natürlichen Wasserstraßen und ihres Verkehrs bis Anfang des 19. Jahrhunderts	1
§ 2. Entwicklung der künstlichen Wasserstraßen bis Anfang des 19. Jahrhunderts. Vergleich der Arten	5
§ 3. Entwicklung der deutschen Wasserstraßen im 19. Jahrhundert	9
§ 4. Ausdehnung und Verkehr der Wasserstraßen	12
§ 5. Betrieb und Verwaltung der Wasserstraßen	18

B. Flößerei und Flößereianlagen.

§ 6. Flößerei	22
§ 7. Flößereianlagen	25

C. Binnenschifffahrt.

§ 8. Fluß- und Kanalschiffe. Schifffahrtskosten	31
§ 9. Beziehungen zwischen Kähnen und Bauwerken	41
§ 10. Ältere Arten der Schifffahrt	47
§ 11. Dampfschifffahrt	53
§ 12. Die Schleppversuche auf dem Dortmund-Ems-Kanal	61
§ 13. Ketten- und Seilschifffahrt (Tauerej)	68
§ 14. Motorboote	73
§ 15. Mechanisches Treideln	75
§ 16. Fähren	80

D. Der Schiffswiderstand (Zugwiderstand).

§ 17. Einleitung	83
§ 18. Theoretische Untersuchungen	85
§ 19. Modell-Versuche	91
§ 20. Versuche im großen	94
§ 21. Ergebnisse	105
§ 22. Widerstand der Schiffszüge	118

II. Kapitel.

Binnenschifffahrtskanäle.

Bearbeitet von Professor Eduard Sonne in Darmstadt.

(Hierzu Tafel IV bis VII und 62 Abbildungen im Text.)

§ 1. Einleitung	121
§ 2. Geschichtliches	124

	Seite
§ 3. Wirtschaftliche Voruntersuchungen	134
§ 4. Technische Voruntersuchungen	142
§ 5. Vorläufige Linienführung geplanter Kanäle	146
§ 6. Endgiltige Linienführung, Ausführliche Vorarbeiten	155
§ 7. Querschnitt der Strecken	160
§ 8. Erdarbeiten	165
§ 9. Dichtung des Kanalbettes	167
§ 10. Uferbefestigung	171
§ 11. Schleusen und ihre Umgebungen	176
§ 12. Wasserverbrauch und Wasserverluste	180
§ 13. Beschaffung des Wassers (Speisung)	187
§ 14. Entlastungsanlagen, Sicherheitstore	196
§ 15. Brücken, Düker, Tunnel	205
§ 16. Kanalhäfen, Mündungen	211
§ 17. Betriebstechnik, Erweiterungen	215
§ 18. Betrieb	218
§ 19. Bau- und Unterhaltungskosten	227

III. Kapitel.

Kanalisation der Flüsse.

Mit Benutzung der früheren Besprechung der Flufskanalisationen durch weiland Geh. Baurat Garbe bearbeitet
von Baurat Wilhelm Becker in Mainz.

(Hierzu Tafel VIII, IX, X und 42 Abbildungen im Text.)

§ 1. Aufgabe und Zweck der Kanalisation. Geschichtliches	231
§ 2. Allgemeine Anordnung	234
§ 3. Vorteile und Nachteile der Kanalisationen	235
§ 4. Nutzung der Wasserkraft der Staustufen	237
§ 5. Regulierung oder Kanalisation	241
§ 6. Lage der Staustufen, Bestimmung des Stauspiegels	242
§ 7. Die Entwässerung der seitlichen Grundstücke, Der Leinpfad, Brücken	245
§ 8. Die Wehralage	248
§ 9. Bewegliche Wehre, insbesondere Schützenwehre	251
§ 10. Neuere bewegliche Wehre	253
§ 11. Die Schiffschleusen	263
§ 12. Seitenkanäle	272
§ 13. Flufskanalisationen im Deutschen Reiche	275
§ 14. Kanalisationen in Österreich, Frankreich, Belgien und Amerika	287
§ 15. Bedienung und Unterhaltung der Kanalisationen	292
§ 16. Kanalisierungskosten	295
Sachregister	297

Atlas von 10 Tafeln nebst Inhaltsverzeichnis.

Berichtigung.

S. 248, Z. 14 von unten, lies: 6 Mainwehre statt 5 Mainwehre.

I. Kapitel.

Wasserstraßen, Flößerei und Binnenschifffahrt.

Bearbeitet von

Eduard Sonne,

Geb. Baurat, Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt i. P.

(Hierzu Tafel I, II u. III und 41 Abbildungen im Text.)

A. Die Wasserstraßen im allgemeinen.

§ 1. Entwicklung der natürlichen Wasserstraßen und ihres Verkehrs bis Anfang des 19. Jahrhunderts. Der große Wert der fließenden Gewässer für Landwirtschaft, Gewerbe und Wasserversorgung ist allgemein bekannt, ebensoviel Wichtigkeit und eine große kulturgeschichtliche Bedeutung haben die Bäche und Flüsse, insofern sie als natürliche Wasserstraßen für Verkehrszwecke benutzt werden. Es ist ungemein anziehend, dies bis ins Altertum zu verfolgen, es läßt sich nachweisen, daß vor Eröffnung der großen Seewege die zeitweiligen Haupthandelsstraßen aller Kulturländer stets die Flusstäler aufgesucht haben, und daß die Lage der größeren Ansiedlungen der Menschen in der Regel in unmittelbarem Zusammenhange mit der Flussschifffahrt bezw. der Flößerei steht. Die unten bezeichneten, sehr beachtenswerten Abhandlungen bringen hierüber näheres.¹⁾

Wenn man die technische Entwicklung der natürlichen Wasserstraßen und die Entwicklung ihres Verkehrs verfolgen will, so ist zunächst der Flößerei zu gedenken, welche die Eigentümlichkeit hat, daß die Transporte nur talwärts stattfinden. Das Altertum und die außerdeutschen Länder können hier unberücksichtigt bleiben, nicht minder das Scheitholzflößen oder Triften (vergl. § 6). Über die Flößerei mit gebundenen Flößen liegen für Deutschland geschichtliche Nachweise aus dem 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung vor²⁾, Anfänge reichen ohne Zweifel viel weiter zurück.

Im Verlaufe der Entwicklung wurden die Flöße zum Transport von Scheitholz, Steinen u. dergl., dann auch von Kaufmannsgütern benutzt, sie erhielten eine „Oblast“. Die Flößerei diente aber auch dem talwärts gerichteten Personenverkehr und gewann hierbei vielerorts eine große Bedeutung. Im Jahre 1649 wurden auf der Isar oberhalb

¹⁾ Honsell, Über die kulturgeographische Bedeutung der Flüsse und ihre Entwicklung als Verkehrswege. Verhandlungen des III. Schifffahrts-Kongresses zu Frankfurt a. M. 1888. Frankfurt a. M. 1889; auch Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 365. — J. G. Kohl, Das fließende Wasser und die Ansiedlungen der Menschen. Das Schiff 1883. (Die Abhandlung beginnt in No. 144 und endigt in No. 174.)

²⁾ Pfannenschmid, Über das Alter der Flößerei im Gebiete des oberen Rheins. Colmar 1881.

München regelmässige Floßfahrten eingerichtet, später wurden manche Flöße mit heizbaren Hütten versehen, welche die mitfahrenden Personen gegen besondere Bezahlung benutzen durften. Alles dieses und wie beispielsweise in München die Landungsplätze der Flöße noch im achtzehnten Jahrhundert ein Mittelpunkt des dortigen Handels waren, ist an den unten bezeichneten Stellen ausführlich und anziehend besprochen.³⁾

Den Flößerei-Genossenschaften verdanken wir in den Floßdurchlässen jene urwüchsigsten Anlagen, aus denen sich die Schiffsdrehlässe, als die ersten Schiffschleusen, entwickelt haben. Die weiter unten zu besprechende Schifffahrt auf künstlich erzeugten Anschwellungen des Wassers hat in der Flößerei auf Schwellungen ihren Ursprung, ferner wurde da, wo die Beschaffenheit einzelner Stellen der kleineren floßbaren Wasserläufe die Floßfahrt allzusehr hinderte, eine bessernde Hand angelegt und diese Besserungsarbeiten dürfen als die Anfänge der Flußregelung betrachtet werden.

Im Mittelalter hat sich neben der Flößerei auch die deutsche Flussschifffahrt⁴⁾ mehr und mehr entwickelt; sie erstreckte sich selbst auf ganz kleine, jetzt die Schifffahrt entbehrende Flüsse, hatte aber mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen. Natürliche Hindernisse entstanden beispielsweise im Oberrhein durch unaufhörliche, mitunter plötzliche Veränderungen in der Lage des Fahrwassers, weiter stromabwärts in der Strecke Bingen-Caub durch zahlreiche Riffe und Stromschnellen; bei niedrigen Wasserständen war die Schifffahrt hierdurch ganz unterbrochen. Sehr große Übelstände entstanden aber auch aus der Erhebung zahlreicher, teils auf Grund verbriefter Vorrechte, teils widerrechtlich auferlegter Flußzölle, ferner durch Raub, Strandrecht u. dergl.

Es muß berücksichtigt werden, daß die größeren Flüsse des westlichen Deutschlands, namentlich der Rhein, damals eine Strafe für den Welthandel waren, ein Verbindungsglied zwischen dem nördlichen Italien, mittelbar also dem Orient und allen Gegenden, welche die Seeschiffe der Küstengegenden erreichen konnten. Die Landwege waren schlecht, Transporte auf ihnen ungemein kostspielig, dazu waren sie noch weniger sicher als die Wasserstraßen. Für Transporte größerer Massen waren die letzteren nicht selten der einzige Weg; aber auch für den Personenverkehr wurden die Wasserstraßen häufig benutzt, wenigstens bei der schnell zu bewerkstelligenden Talfahrt.

Bei der Bergfahrt machten sich die aus den natürlichen Zuständen der Flüsse entspringenden Schwierigkeiten in vermehrtem Maße fühlbar, die durch Menschen mühsam stromaufwärts beförderten Schiffe waren bei größeren Entfernungen mitunter monatelang unterwegs. Diese Schwierigkeiten der Bergfahrt führten zu häufiger Anwendung von roh gebauten Schiffen, welche am Bestimmungsorte zerschlagen und verkauft wurden, also verlorene Fahrzeuge waren. Auf dem Rhein hatten dieselben den zutreffenden Namen „Lautertannen“.

Eine solche Schifffahrt mit Gefäßen, welche am Ziele ihrer Reise preisgegeben werden, wurde früher auf vielen Flüssen, so auf der Elbe, der Donau und anderen in großer Ausdehnung betrieben. Die Schifffahrt mit verlorenen Fahrzeugen ist auch

³⁾ Gruber, Die Bedeutung der Isar als Verkehrsstraße. München 1890. — Wichmann, Die Isar als Wasserstraße einst und jetzt. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 438.

⁴⁾ Literatur: Ockhardt, Der Rhein. Ein Beitrag zur Kunde der deutschen Flussschifffahrt. Mainz 1816. — Schirges, Der Rheinstrom. Mainz 1857. — Düsing, Entwicklungsgeschichte der Maas als Schifffahrtsstraße. Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 182. — Von der früheren Rheinschifffahrt. Das Schiff 1886, S. 369. — Münden, einst und jetzt. Das Schiff 1887, S. 257. — Die alte Weser-Schifffahrt. Dasselbst 1888, S. 345. — Zur Geschichte der Weser-Schifffahrt. Dasselbst 1898, S. 214. — Köberlein, Der Obermain als Handelsstraße. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 183.

hentigentags nicht ganz verschwunden. Böhmisches „Zillen“ pflegten bis vor kurzem am Endpunkte ihrer Reise verkauft und dann für den örtlichen Verkehr der märkischen und mecklenburgischen Wasserstraßen verwendet zu werden.³⁾ Die Getreidetransporte auf der Weichsel finden noch jetzt nicht selten mittels solcher verlorenen Fahrzeuge (sogenannter „Traften“) statt.

Im Mittelalter lagen die Endpunkte der Flussschiffahrt anders als jetzt. Weil die damaligen Seeschiffe sehr viel kleiner als die heutigen waren, konnten sie mit Segeln und Rudern Plätze erreichen, welche höher liegen, als die jetzigen Endpunkte der Seeschiffahrt. So ist es gekommen, daß beispielsweise Köln länger als ein Jahrtausend den Flußverkehr mit dem Seeverkehr vermittelt hat, damals also eine Mündungsstadt war. Kölner Schiffe fuhren einerseits den Rhein hinauf (der früheren Zustände in der Felsenstrecke des Rheins wegen in der Regel nur bis Bacharach), andererseits rheinabwärts nach Dordrecht, Utrecht, Leyden, aber auch nach Brügge, London, Bremen, Hamburg, den nordischen Meeren und dem Mittelmeer. Bei der Gründung Kölns im Anfange unserer Zeitrechnung war es die hochwasserfreie Lage zweier an beiden Seiten des Flusses befindlichen Erhebungen des Geländes, welche einen wichtigen militärischen Stützpunkt darbot. Dieser Punkt legte die Richtung verkehrsreicher Landwege fest, es trafen also in Köln Seeschiffahrt, Flussschiffahrt und Landstraßenverkehr zusammen.⁴⁾ An der Elbe war im frühen Mittelalter nicht Hamburg, sondern das etwa 45 km stromaufwärts liegende Bardowiek die Mündungsstadt.

Bei manchen kleinen schiffbaren Flüssen war es Bedürfnis, die Fahrtiefe auf künstliche Weise zu vermehren. Zu diesem Zwecke wurde ihr Wasserspiegel streckenweise angestaut und den talwärts gehenden Schiffen wurde durch Freigeben des gestauten Wassers das nötige Fahrwasser auf kurze Zeit verschafft. Man nennt dies Schiffahrt auf Schwellungen, auch wohl intermittierende Schiffahrt, weil die Beförderung der Schiffe nur an bestimmten Tagen stattfindet. Vorbedingung ist, daß der Verkehr sich vorwiegend talwärts bewegt, weil die Schiffe, selbst wenn sie leer oder nur leicht befrachtet sind, in den Stauschleusen bei der Bergfahrt mit erheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen haben; aber auch die Talfahrt ist beschwerlich, zumal jeder Schwellung eine starke Senkung des Wasserspiegels folgt.

Eine Schiffahrt dieser Art wurde u. a. auf der Alster, später auch auf der Berkel eingerichtet, ferner ist die sogenannte Steckenitzfahrt zu nennen. In der Steckenitz und in der mit ihr durch einen Kanal verbundenen Delvenau sind im Laufe der Zeit 13 Stauschleusen, welche bis zu 2 m Gefälle hatten, angelegt; die Öffnung der Durchlässe fand an den sogenannten Zapfeltafen statt. Die Anfänge dieser Anlage, durch welche Lübeck und Lauenburg, also die Ostsee und die Elbe miteinander in Verbindung gesetzt sind, stammen aus dem Jahre 1390. Noch älter soll die Erbauung der Saale-Schleusen auf der Strecke zwischen der Unstrut-Mündung und der Mündung der Saale in die Elbe sein.⁵⁾

³⁾ Vergl.: Böhmisches Zillen auf deutschen Wasserstraßen. Das Schiff 1885, S. 305. — Über die Bauart der böhmischen Zillen. Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 127. — Klepsch, Die böhmischen Zillen und die Schleppl-Dampfschiffahrt auf deutschen Gewässern. Das Schiff 1889, S. 241.

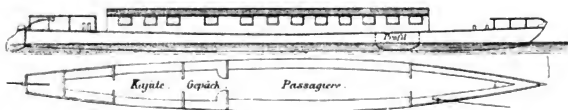
⁴⁾ Näheres s. den Abschnitt Köln und die Seeschiffahrt in Sonne, Bilder vom Rhein. Leipzig 1898.

⁵⁾ Über die Schiffahrt auf der Berkel s. Hagen, Wasserbaukunst II. Teil, 2. Bd. S. 402. — Für die Steckenitzfahrt vergl. Hogrewe, Baukunst schiffbarer Kanäle. — Behrens, Topographie des Steckenitz-Kanals (Hamburg 1818). — Das Schiff 1881, S. 135. — Für die Saale vergl. Eger, Binnenschiffahrt in Europa und Nordamerika (Berlin 1899), S. 9.

Die Erörterung der Einzelheiten der Stauschleusen gehört dem 2. Bande dieses Werkes, welcher die Stauwerke behandelt, an. Über die Schiffs- und Floßdurchlässe, welche sich von den schiffbaren Stauschleusen hauptsächlich dadurch unterscheiden, daß sie einen geneigten Abfallboden haben, während der Boden der Stauschleusen wagrecht ist, wird im Abschnitt B. dieses Kapitels einiges gesagt werden.

Zu dem Zeitabschnitte übergehend, welcher zwischen dem Beginn der neueren Zeit und dem Ende des 18. Jahrhunderts liegt, sei zunächst bemerkt, daß die vorhin besprochene Art der Schifffahrt namentlich in Frankreich weiter ausgebildet wurde. Auf der Yonne (Nebenfluß der Seine) ist die Schifffahrt auf Schwellungen lange Zeit mit Erfolg betrieben worden. In diesem Falle war die oben erwähnte Vorbedingung in vollem Maße vorhanden, weil der Talverkehr die Stadt Paris mit ihrem bedeutenden Verbrauch zum Zielpunkte hatte. Auf der Yonne fanden während der Sommerzeit wöchentlich zwei Schwellungen statt und es konnten durch Öffnen der Durchlässe $2\frac{1}{2}$ Millionen Kubikmeter Wasser den Schwellungen zugeführt werden.⁹⁾ In neuerer Zeit hat die Yonne vollkommener Schifffahrtsanlagen erhalten; nicht minder ist die Steckenitzfahrt durch besseres ersetzt. Auf der Traun ist die Schifffahrt auf Schwellungen neben der ebenso betriebenen Flößerei noch heutigentags im Gebrauch; zu diesem Zwecke ist der Traunsee bei Gmunden, welcher das nötige Wasser liefert, mit großen Stauwerken abgeschlossen.¹⁰⁾ Die Anlagen für intermittierende Schifffahrt bilden ein wichtiges Glied in der geschichtlichen Entwicklung der Wasserstraßen.

Abb. 1. Boot für Personenerkehr. M. 1:250.



Von sonstigen technischen Vervollkommnungen ist die Einführung regelmäßig und möglichst schnell beförderter Fahrzeuge für den Personen- und Stückgut-Verkehr zu erwähnen. Derartige Beförderungen fanden in den Niederlanden lange Zeit vor Einführung der Personenpost und zwar mittels der „Treckschuiten“ statt. Auf dem Rhein traten die „Postschiffe oder Jagden“ gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts auf; durch regelmäßigen Pferdewechsel wurde ermöglicht, daß eine Reise von Mainz nach Köln nur zwei bis drei Tage erforderte.¹⁰⁾ Bau und Einrichtung dieser Fahrzeuge werden im wesentlichen so gewesen sein, wie Abb. 1 vorführt; diese Zeichnung stellt eines der schnellfahrenden Kanalboote dar, welche in den ersten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts namentlich in England eine Rolle spielten. — Hierher gehören auch die vormals weit verbreiteten sogenannten Marktschiffe, welche auch von Reisenden nicht selten benutzt wurden.

⁹⁾ Näheres s. Lagrené, *Navigation intérieure*, II. Bd. S. 19 und *Ann. des ponts et chaussées* 1851, I. S. 334. Ferner: Cambuzat, *Substitution d'une navigation continue à la navigation intermittente produit par les éclusés de l'Yonne*. Dasselbst 1873, I. S. 177.

¹⁰⁾ Vergl. Steiner, *Studien über ausgeführte Ingenieurbauwerke*.

¹⁰⁾ Eitschiffe verkehrten auf dem Oureq-Kanal bei Paris noch im Jahre 1845. Sie wurden von je drei galoppierenden Pferden gezogen, welche in Abständen von 4 km gewechselt wurden, und erzielten etwa 4 m Geschwindigkeit; s. Nördling, *Wasserstraßenfrage*, S. 37.

Die ausschließlich dem Güterverkehr dienenden Flussschiffe (Kähne) erfuhren Vervollkommnungen hinsichtlich ihrer Bauart; hierbei werden die seetüchtigen Schiffe, welche die Flussschiffer an den Mündungsplätzen kennen lernten, von Einfluß gewesen sein. Wichtiger ist, daß die Vorteile großer Fahrzeuge mehr und mehr erkannt wurden und diese Vergrößerung ermöglichte es, auf größeren Strömen die Familie des Schiffers an Bord zu nehmen.

Trotz dieser technischen Vervollkommnungen brachten das 16., 17. und 18. Jahrhundert im allgemeinen einen Niedergang der deutschen Flussschifffahrt. Am schwersten wurden die Städte betroffen, welche von den größer gewordenen Seeschiffen nicht mehr erreicht werden konnten. Nachdem Rotterdam und Amsterdam Mündungsstädte und Seehandelsplätze geworden waren, stieg namentlich Köln von der früheren Höhe langsam, aber unaufhaltsam herab, dazu kamen die langen und verheerenden Kriege der genannten Jahrhunderte. Auch die Ausbildung und Verbesserung der Landwege hat damals die Flussschifffahrt beeinträchtigt, besonders seit Herstellung von Kunststraßen.

Im wesentlichen in das 18. Jahrhundert fallen die Anfänge der Stromregulierung. Sorge für das Fahrwasser war zwar seit alten Zeiten Sache der Landesherren, welchen die Fluszsölle zugute kamen, es geschah aber kaum das Notwendigste. Die erste Gasse in den Felsenriffen unterhalb Bingen (das Binger Loch) ist, soweit bekannt, im 17. Jahrhundert durch Frankfurter Kaufherren hergestellt. Am Oberrhein und in der Schweiz wurden große, aber vereinzelt und oft erfolglose Arbeiten zum Schutze bedrohter Uferstrecken ausgeführt. Am Rhein machte die große Länderzersplitterung ein planmäßiges Vorgehen von vornherein unmöglich. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts berührte der Wasserweg von Frankfurt nach Coblenz die Länder von 21 Herrschaften.¹¹⁾ Im östlichen Deutschland brachten die politischen Zustände ein kräftigeres Vorgehen mit sich. Infolge einer im Jahre 1763 erlassenen Uferordnung für Schlesien sind zwischen Ratibor und der pommerischen Grenze hauptsächlich zur Sicherung der Ufer der Oder, aber auch zur Verbesserung ihrer Schiffbarkeit zahlreiche Durchstiche ausgeführt worden, und diese Arbeiten wurden seit dem Jahre 1819 unter Eytelwein planmäßiger und erfolgreicher fortgesetzt.¹²⁾ Etwa aus derselben Zeit stammt der Beginn der von Tulla entworfenen großartigen Korrektur des Oberrheins, welche aber nicht wegen der Schifffahrt, sondern der Landeskultur wegen unternommen wurde.

§ 2. Entwicklung der künstlichen Wasserstraßen bis Anfang des 19. Jahrhunderts. Vergleich der Arten. Zu den ersten künstlichen Wasserstraßen des Mittelalters gehören die Kanäle des nördlichen Italiens. Der Naviglio grande, welcher von dem mittleren Tessin nach Mailand führt, soll im 12. Jahrhundert begonnen und im 13. Jahrhundert bis Mailand schiffbar gemacht sein.¹³⁾ Aus dem letztgenannten Jahrhundert liegen auch bestimmte Nachrichten über die Herstellung von Schiffahrtskanälen in den Niederlanden vor, die Anfänge der niederländischen Ausführungen reichen aber, insofern die dortigen Entwässerungskanäle von vornherein schiffbar waren, viel weiter

¹¹⁾ Braun, Der Rhein. Kulturgeschichtliche Skizze. Das Schiff 1883, S. 467 u. ff. (Enthält auch eine ausführliche Literatur über den Rhein und die Rheinschifffahrt.)

¹²⁾ Eras, Die Oder-Regulierung. Breslau 1884.

¹³⁾ Hefs, Die Bewässerungsanlagen Ober-Italiens. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1873, S. 309. — Über Kanäle des Altertums vergl. u. a. Merkel, Zur Geschichte des antiken Ingenieurwesens, insbesondere der Wasserstraßen und Uferbauten der Alten. Deutsche Bauz. 1892, S. 261, 266 u. a. — Keller, Die Binnenschifffahrt im Po-Gebiet. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 437. — Oberitalienische Binnenschifffahrt. Dasselb. S. 461 und 1904, S. 49.

zurück. In Deutschland werden Kanäle, welche an manchen Stellen für die Flößerei nicht entbehrt werden konnten, die ersten künstlichen Wasserstraßen gewesen sein. ferner wird bereits im Mittelalter von der Durchstechung einzelner Wasserscheiden berichtet. Ein aus dem 13. Jahrhundert stammender Schifffahrtskanal ist auch im Breunischen nachgewiesen.

Hand in Hand mit der Ausführung solcher Kanäle ging die Ausbildung ihrer Verschlussvorrichtungen: ein Kanal ist auf einen ziemlich gleichbleibenden Wasserspiegel angewiesen und bedarf deshalb mindestens eines Abschlusses gegen die wechselnden Wasserstände der fließenden Gewässer bezw. des Meeres. Im Binnenlande wurden die bereits erwähnten Schiffsdurchlässe und Stauschleusen hierzu verwendet und als bewegliche Teile derselben dienten lange Zeit hindurch vorzugsweise Schützen. An Küsten und in Strommündungen mußten die mit den Deichen entstandenen Deichschleusen zum Teil schiffbar gemacht werden. Diese Schleusen haben vermutlich schon sehr früh Tore erhalten und das Schleusentor scheint eine niederländische Erfindung zu sein.

Die Schiffsdurchlässe und Stauschleusen hatten aber große Mängel¹⁴⁾ und die Schiffbarkeit gewöhnlicher Deichschleusen ist auf die kurzen Zeiten beschränkt, während welcher das Binnenwasser und ein der Ebbe und der Flut unterworfenen Außenwasser nahezu gleiche Höhe haben. Durch die Erfindung der Kammersehleuse wurden diese Mängel und Unvollkommenheiten beseitigt; das geschah an der Wende des Mittelalters, in der Zeit der großen Entdeckungen und Erfindungen. Die Kammersehleusen ermöglichen, die Schiffe auf eine einfache Weise von einem Wasserspiegel nach einem tiefer liegenden zu senken oder sie aus dem letzteren nach dem höher liegenden zu heben.

Über die Erfindung dieser Bauwerke macht Hagen (Wasserbaukunst II. Teil, 3. Bd., S. 4) beachtungswerte Mitteilungen. Hervorgehoben mag werden, daß die erste zuverlässige Nachricht in einem etwa im Jahre 1450 verfaßten Bueche von Leone Battiste Alberti „*De re aedificatoria*“ zu finden ist. Übersetzt lautet die Stelle folgendermaßen: „Man muß doppelte Verschlüsse machen, indem man den Strom an zwei Stellen sperrt, so daß der Zwischenraum das Schiff nach der Länge aufnehmen kann. Soll das Schiff hinaufgehen, so wird der untere Verschluss, nachdem es hineingefahren ist, gesperrt und der obere geöffnet; soll es aber herabgehen, so wird im Gegenteile der obere geschlossen und der untere geöffnet. Auf diese Weise wird das Schiff parallel zu dem fließenden Wasser in sanfter Strömung herausfahren.“

Außer den Italienern beanspruchen die Holländer die Ehre dieser wichtigen Erfindung und es stehen in der Tat die schiffbaren Deichschleusen und die Kammersehleusen in nahen Beziehungen zu einander. Dergleichen Schleusen erhalten, wenn sie im Flutgebiete liegen, nicht selten der Sicherheit wegen doppelte, die Flut abwehrende Verschlüsse, Fluttore. Sobald man nun diesen Verschlüssen einen Abstand gibt, welcher so groß ist, daß ein Schiff zwischen ihnen Platz finden kann, entsteht eine Kammersehleuse. Wahrscheinlich ist die Kammersehleuse sowohl in Italien, wie in den Niederlanden entstanden¹⁵⁾; ähnliches ist bei wichtigen, dringende Bedürfnisse befriedigenden Erfindungen eine nicht seltene Erscheinung.

Die Kammersehleusen stehen in nahen Beziehungen zu den Schiffsdurchlässen und den Stauschleusen und zwar derart, daß jene, wenn sie einen im großen und ganzen wagerechten Boden haben, sich aus zwei oder mehr Stauschleusen zusammensetzen. Wenn man aber einen Schiffsdurchlaß mit sehr steilem Abfallboden und eine Stauschleuse vereinigt denkt, ergibt sich die andere Hauptform der Kammersehleusen, bei

¹⁴⁾ Die Übelstände der Fahrt auf der Stecknitz schildert Schwabe in: Entwicklung der deutschen Binnenschifffahrt (XLIV. Heft der Verbandsschriften des deutsch-österreich-ungar. Verbandes für Binnenschifffahrt, Berlin 1899, S. 60).

¹⁵⁾ Man vergl. VI. Schifffahrts-Kongress 1894. Bericht über die Kongressarbeiten (Haag 1894), S. 24 (Conrad, über das Wasserwesen der Niederlande).

welcher der Boden des sogenannten Oberhauptes höher als der Boden des Unterhauptes liegt. Die Kammersehleusen des Binnenlandes gehören mit seltenen Ausnahmen zu der letztgenannten Art, während die Kammersehleusen an der See stets wagerechte Böden haben.

Die Erfindung der Kammersehleuse hatte eine weitgehende Entwicklung der künstlichen Wasserstraßen und eine größere Ausdehnung der Binnenschifffahrt im Gefolge, und zwar einerseits, weil unter Anwendung dieser Sehleusen die Flusstrecken mit starkem Gefälle, welche früher mit Hilfe von Schiffsdurchlässen nur mühsam zu überwinden waren, mit Leichtigkeit befahren wurden, ganz besonders aber deshalb, weil die Kammersehleuse ermöglichte, eine neue Art von Wasserstraßen, die Schifffahrtskanäle im Hügellande anzulegen, die Kanäle im Flachlande weiter auszudehnen und geeignete Flusstrecken zu „kanalisieren“. Auch den Seehäfen und den Seekanälen ist die Kammersehleuse sehr förderlich geworden; dies gehört jedoch im wesentlichen der neuesten Zeit an.

Jene Verbesserungen der Flussschifffahrt mittels der Kammersehleusen sind zuerst in Frankreich gemacht; die erste derartige Sehleuse soll daselbst im Jahre 1515 gebaut sein. Im Jahre 1528 wurden Kammersehleusen im Ourcq, einem unfern Paris in die Marne mündenden Flüßchen, und im Jahre 1538 wurden solche in der Vilaine, alsbald auch im Lot erbaut, in letzterem an Stelle alter Schiffsdurchlässe. Eine solche Anwendung der Kammersehleuse hat sich im Laufe der letzten Jahrhunderte immer weiter ausgedehnt; der Vorgang war in der Regel, dafs die Sehleusen an Stellen mit besonders starken Gefällen vereinzelt und nach und nach angelegt wurden. Es handelt sich hier um eine Vorstufe der heutigen Flussskanalisierung.

Abb. 2.



Die größere Verbreitung der Schifffahrtskanäle fällt in das 17. und 18. Jahrhundert. In Geländen mit einigermaßen starkem Gefälle sind bei Herstellung eines solchen Kanals Strecken mit wagerechtem Wasserspiegel, sogenannten Haltungen, anzulegen und durch je eine Kammersehleuse abzuschließen. Je nach Umständen entstehen Seitenkanäle oder aber Scheitelkanäle (vergl. Abb. 2, woselbst die Sehleusen durch doppelte Vertikallinien angedeutet sind). Der Seitenkanal begleitet einen von Natur wenig oder gar nicht schiffbaren Wasserlauf, der Scheitelkanal überschreitet eine Wasserscheide. — Bei Würdigung der Bedeutung dieser Wasserstraßen für den Handel und die Industrie muß man berücksichtigen, dafs es sich um Zeiten handelt, in denen der Kunststraßenbau erst in den Anfängen war. Für Massentransporte waren die Schifffahrtskanäle die ersten künstlichen Straßen.

Der große Fortschritt, welcher in der Herstellung von Scheitelkanälen im Hügellande liegt, ist gleichfalls in Frankreich gemacht; als erster Scheitelkanal wurde daselbst im Jahre 1642 der Kanal von Briare, welcher die Seine mit der Loire verbindet, eröffnet. Im vergangenen Jahrhundert wurden Schifffahrtskanäle der genannten Art namentlich in Frankreich, in England und im nordöstlichen Deutschland ausgeführt, sie haben die Entwicklung dieser Länder wesentlich befördert; dasselbe gilt von den Niederlanden. Auf die Geschichte der Schifffahrtskanäle soll im II. Kapitel näher eingegangen werden.

Es mag schon hier bemerkt werden, daß sich im 19. Jahrhundert aus den oben besprochenen Anfängen eine planmäßige Flußkanalisierung entwickelt hat, besonders seit im Jahre 1834 von Poirée mit eisernen beweglichen Wehrböcken versehene Nadelwehre gebaut wurden. Bei der Kanalisierung der Flüsse werden Kammer Schleusen in Verbindung mit beweglichen Wehren derart und in so mäßigen Abständen verwendet, daß der Stau eines Wehres vor dem benachbarten, stromaufwärts liegenden selbst bei niedrigen Wasserständen eine bestimmte Wassertiefe erzeugt; so lange solche Wasserstände vorhanden sind, unterscheidet sich demnach das Längenprofil eines kanalisierten Flusses nur insofern von dem Längenprofile eines Schiffahrtskanals, als die einzelnen Haltungen ein geringes Gefälle haben.

Es sind somit heutigentages drei Arten von Wasserstraßen vorhanden, nämlich:
 Schiffbare Flußstrecken, welche sich im großen und ganzen in natürlichem Zustande befinden, gewöhnlich aber einer Regelung behufs Erhöhung ihrer Schiffbarkeit bedürfen,
 kanalisierte Flußstrecken; dieselben sind nach obigem teils unvollständig, teils vollständig kanalisiert,
 Schiffahrtskanäle.

Diese drei Arten der Wasserstraßen des Binnenlandes unterscheiden sich in mehrfacher Beziehung voneinander.

Auf Flüssen ist die „Talfahrt“ wesentlich verschieden von der „Bergfahrt“, weil bei ersterer die Anziehungskraft der Erde fördernd, bei letzterer aber hindernd wirkt. Außerdem kommt der Wechsel der Wasserstände in Betracht, welcher es nur unter günstigen Umständen gestattet, die Tragfähigkeit der Schiffe voll auszunutzen.

Auf Schiffahrtskanälen dagegen ist der Hauptsache nach ein und derselbe Wasserstand und ein horizontaler Wasserspiegel vorhanden, der Betrieb ist somit gleichmäßiger als auf Flüssen, die Hebung der Schiffe in den Schleusen erfolgt ohne erhebliche Kosten. Auf der anderen Seite aber liegt in den Schleusen ein erheblicher Übelstand, weil sie die Fahrten unterbrechen und Zeitverluste verursachen.

Die kanalisierten Flüsse unterliegen im wesentlichen den Verhältnissen der Schiffahrtskanäle, so lange niedrige Wasserstände vorhanden sind, bei mittleren Wasserständen findet indessen der Verkehr bei niedergelegten Stauwerken auf dem freien Strome statt. — Den drei Arten gemeinsam ist eine zeitweilige Unterbrechung des Betriebes durch Eis; bei Flüssen wird der Betrieb außerdem noch durch Hochwasserstände unterbrochen.

Dieser Vergleich ließe sich noch weiter fortsetzen. Was sich im allgemeinen sagen läßt, ist an der unten bezeichneten Stelle in zutreffender Weise zum Ausdruck gebracht. Schwieriger wird die Sache, wenn bestimmte Fälle untersucht werden müssen; einige derselben werden unten namhaft gemacht.¹⁶⁾

In Ansehung an Vorstehendes ist auch der Schiffahrt auf Binnenseen kurz zu gedenken. Diese Art der Schiffahrt hat da, wo ausgedehnte Seen vorhanden sind, eine

¹⁶⁾ III. Schiffahrts-Kongress 1888. Verhandlungen der allgemeinen und der Abteilungs-Sitzungen. Frankfurt a. M. 1889 (S. 30, Boulé, Zweck und Nutzen der Flußkanalisierung; S. 44, Schlußergebnisse). — Janicki, Die verschiedenen Methoden zur Verbesserung der Schiffbarkeit von Flüssen in Deutschland, Frankreich, Rußland u. s. w. Mit Zusätzen von Klett. Hannover 1882. — J. Karg, Korrektion oder Kanalisation. Betrachtungen über die gegenwärtige und zukünftige Schiffbarkeit und Floßbarkeit des Mains. Würzburg 1888. — Rohms, Ruhr-Kanalisierung oder Emscher-Kanal. Hannover 1888. — Honsell, Die Wasserstraße zwischen Mannheim-Ludwigshafen und Kehl-Straßburg. Kanal oder freier Rhein. (Sonderdruck aus dem Zentrabl. d. Bauverw. 1890.) Berlin 1890.

große Bedeutung, sie bildet in einigen Ländern, z. B. in Schweden, sogar den Ausgangspunkt für den binnenländischen Wasserverkehr.

§ 3. Entwicklung der deutschen Wasserstraßen im 19. Jahrhundert. Im 19. Jahrhundert haben die größeren Wasserstraßen und ihr Verkehr infolge der Vervollkommnung der Eisenindustrie und des Maschinenbaues, insbesondere infolge des Baues von Dampfschiffen bedeutende Fortschritte gemacht.

Die Eisenindustrie gelangte zu einer Massenerzeugung des Schweißeisens, des Stahls und stahlähnlicher Eisensorten; bei den Wasserbauten, welche in früherer Zeit fast ganz auf Holz und Stein angewiesen waren, wurden diese Baustoffe alsbald heimisch. Es ist oben bereits erwähnt, daß eine vollständige Kanalisierung der Flüsse mit der Herstellung eiserner Wehrböcke für Nadelwehre begonnen hat, auch sonstige Arten der neueren beweglichen Wehre, z. B. die Trommelwehre, sind auf die Verwendung von Eisen angewiesen. Beim Bau der Tore größerer Schleusen wird das Holz mehr und mehr durch Eisen verdrängt, ältere Formen von Kammerschleusen, welche früher wenig lebensfähig waren, haben infolge der Verwendung eiserner Tore von neuem Bedeutung erhalten. Von den eisernen Schiffen und ihren Vorteilen wird weiter unten gesprochen werden; das Eisenschiff wird das Holzschiff nach und nach ganz in den Hintergrund drängen. Infolge der Entwicklung der Eisenindustrie und des Maschinenbaues entstanden neue Betriebsarten, z. B. die Ketten- und die Seilschiffahrt; auch im übrigen hat die Ausbildung des Maschinenbaues auf die Wasserbauten wesentlich eingewirkt. Die Baumaschinen, beispielsweise die Bagger, sind in hohem Grade vervollkommenet und unentbehrlich geworden.

Die erheblichsten Umgestaltungen hat aber die Einführung der Dampfschiffahrt mit sich gebracht. Sie wurde zunächst auf größeren Flüssen eingeführt, erst später und allmählich konnte sie sich auf Schifffahrtskanälen einigermaßen einbürgern. Auf dem Rhein sollen die ersten Dampfschiffe im Jahre 1816, auf der Donau im Jahre 1830, auf der Elbe im Jahre 1838, auf der Oder im Jahre 1856 erschienen sein. Mittels der Dampfschiffe finden die Transporte regelmäßiger und rascher statt und bei Wasserständen, welche den Leinizug ausschließen, kann man die Dampfschiffahrt fortsetzen, bis das Hochwasser zu mächtig wird. Besonders die Bergfahrt ist durch die Dampfschiffe erheblich erleichtert. Während früher und in der Regel jedes einzelne Fahrzeug vom Lande aus mühsam bergwärts gezogen werden mußte, werden jetzt Gruppen von schwerbeladenen Kähnen durch freifahrende Schlepper stromaufwärts geschleppt, lange Züge leerer Kähne durch Kettenschlepper befördert u. s. w.

Die Einführung der Dampfschiffahrt hat die Anforderungen an die Beschaffenheit der Wasserstraßen mehr und mehr gesteigert. Es wird weiter unten nachgewiesen werden, daß ein billiger Dampftrieb auf Wasserstraßen hauptsächlich bedingt wird durch die Anwendung großer Fahrzeuge und starker Maschinen und es ist leicht verständlich, daß große Fahrzeuge auch große und möglichst gleichmäßige Fahrtiefen erfordern. Hierdurch, aber auch durch den Nutzen, welcher die Regulierung der Flüsse der Landwirtschaft bringt, rechtfertigen sich die in neuerer Zeit zur Verbesserung der schiffbaren Flüsse, insbesondere zur Beseitigung der Schifffahrtshindernisse vorgenommenen umfangreichen Arbeiten. Wenn man sich vergegenwärtigt, wie wandelbar die Ufer und die Wassertiefen der schiffbaren Flüsse im Naturzustande waren, und wie vormals ungezählte Schiffe durch große Steine und versunkene Baumstämme beschädigt worden sind, wird man die Bedeutung dieser Arbeiten würdigen. Infolge der Einführung der

Dampfschiffahrt ist auch die Kanalisierung der Flüsse sehr wichtig geworden, weil sie die Herstellung größerer Fahrtiefen ermöglicht, und die letzten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts haben uns den Bau bezw. die Inangriffnahme von drei ansehnlichen Schiffahrtskanälen (Oder-Spree-Kanal, Dortmund-Ems-Kanal und Elbe-Trave-Kanal) gebracht, welche sich durch große Wassertiefen auszeichnen.

Auch die Entwicklung der Seekanäle hängt mit der Ausbildung der Dampfschiffahrt und ihre Gestaltung mit der Zunahme der Größe der Seeschiffe eng zusammen, weil es ein hauptsächlichlicher Zweck dieser großartigen Ausführungen ist, den Seedampfern, welche den Weltverkehr vermitteln, kürzere und gute Wege zu verschaffen.

Aber nicht allen Wasserstraßen hat die Dampfmaschine Vorteile gebracht. Da, wo in den Flüssen eine zu geringe Fahrtiefe vorhanden war, konnte sich das Dampfschiff nicht einbürgern, statt dessen erschien an den Ufern die Lokomotive und minderte den Wasserverkehr. Auch die Flößerei hat an verschiedenen Stellen stark gelitten. Die Flussschiffahrt wurde auf verschiedenen kleineren Nebenflüssen fast ganz eingestellt und ging selbst auf größeren erheblich zurück. Auf Schiffahrtskanälen von ungünstiger Beschaffenheit, insbesondere auf dem Main-Donau-Kanal, entwickelte sich ein nur geringer Verkehr. Auf dem Wien-Neustädter Kanal hörte die Schiffahrt nach und nach ganz auf, namentlich in England und Amerika ist die Zahl der aufgegebenen Schiffahrtskanäle nicht gering. Es muß aber beachtet werden, daß Wasserstraßen mit großen Querschnitten stets standgehalten haben; hiervon wird bei anderer Gelegenheit weiter die Rede sein.

Der Verkehr auf den deutschen Wasserstraßen hat im großen und ganzen in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts erheblich zugenommen. Das geht unter anderem aus einer Denkschrift des Königl. preuss. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten hervor, welche dem Schiffahrtskongress zu Düsseldorf i. J. 1902 zugestellt ist.¹⁾ Von den Schlufsergebnissen dieser Schrift sei hier aus dem Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 345, das Folgende aufgenommen:

„Die Entwicklung, welche die deutsche Binnenschiffahrt seit etwa 20 Jahren genommen hat, zeigt einen Aufschwung, wie er selbst von deren eifrigsten Freunden nicht erwartet werden konnte. Wenn man zwei von dem Geh. Ober-Baurat Sympher aufgestellte Übersichten miteinander vergleicht, ergibt sich folgendes:

- „1. Die Transportleistung der Wasserstraßen hat sich in 25 Jahren von 2900 Mill. auf 11500 Mill. Tonnenkilometer erhöht, ohne daß die Länge der wirklich befahrenen Wasserstraßen wesentlich zugenommen hätte. Dagegen stieg bei den Eisenbahnen, deren Länge von 26500 km im Jahre 1875 auf 49600 km im Jahre 1900 zunahm, die Güterbewegung in demselben Zeitraume von 10900 auf 36900 Mill. Tonnenkilometer.“
- „2. Von dem Gesamtgüterverkehr Deutschlands, der im Jahre 1875 13800 Mill. und 1900 48400 Mill. Tonnenkilometer betrug, entfielen auf die Eisenbahnen 1875 79% und 1900 76%, auf die Wasserstraßen im ersten Jahre 21 und im letzten Jahre 24%.“
- „3. Der kilometrische Verkehr, der zutreffendste Wertmesser eines Transportweges, betrug im Jahre 1875 bei den Wasserstraßen 290000 t, bei den Eisenbahnen 410000 t, war also bei den ersteren wesentlich geringer. Bereits

¹⁾ Vergl. auch Hilken, Verkehr auf deutschen Wasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1899, S. 365 und Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 485. Ferner Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 238.

Ältere Literatur über den Wasserstraßenverkehr findet man in der 3. Aufl. dieses Werkes, Kap. X, S. 158.

im Jahre 1885 übertraf dagegen der Wasserstraßenverkehr denjenigen der Eisenbahnen. Während sich der kilometrische Verkehr der Wasserstraßen zu dem der Eisenbahnen im Jahre 1875 wie 3 : 4 verhielt, hat dies Verhältnis im Jahre 1900 den Wert 8 : 5 angenommen. Die wirklich leistungsfähigen Wasserstraßen zeigen einen erheblich größeren Verkehrsaufschlag als der Durchschnitt; fast die ganze seit 1875 zu verzeichnende Verkehrsvermehrung entfällt auf die großen Hauptströme Rhein, Elbe, Oder, Weser, Weichsel, Memel und die Donau, sowie die neuen Kanäle. Der Steigerung des Güterverkehrs entspricht die Zunahme der im Dienste der Binnenschifffahrt stehenden Flotte. Die deutschen Flufs-, Kanal-, Haff- und Küstenschiffe wiesen im Jahre 1877 einen Bestand von 570 Dampfschiffen mit 31000 t Tragfähigkeit und 17083 Segel- und Schleppfahrzeugen mit 1350000 t Tragfähigkeit auf. Dagegen betrug der Bestand am 31. Dezember 1897: 1953 Dampfer mit 104000 t Tragfähigkeit und 20611 Segel- und Schleppschiffe mit 3270000 t Tragfähigkeit. Die Zahl und Tragfähigkeit der Dampfschiffe hat sich also in der angegebenen Zeit verdreifacht, während die Zahl der eigentlichen Lastfahrzeuge um 21%, ihre Tragfähigkeit um 142% zugenommen hat.“

Von dem Steigen des Verkehrs auf den deutschen Wasserstraßen wird im folgenden Paragraphen bei Besprechung der Verkehrskarten nochmals die Rede sein.¹⁶⁾

Ausführliche Mitteilungen über die Wasserstraßen der einzelnen deutschen Flufsgebiete und deren Verkehr bringt das oben (Anm. 14, S. 6) erwähnte Werk von Schwabe.

Näheres über den Bestand der deutschen Flufs-, Kanal-, Haff- und Küstenschiffe in den Jahren 1877 und 1897 findet man im Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 265 und in Sympher, Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten (Anlage 5). Aus dieser Zusammenstellung soll hier nur das die Rheinschiffe Betreffende auszugsweise aufgenommen werden.

Es wurden auf dem Rheine gezählt:

Im Jahre 1877:	Dagegen im Jahre 1897:
Dampfschiffe 204	Dampfschiffe 437
Segelschiffe und Schleppkähne	Segelschiffe und Schleppkähne
von 10 bis 200t Tragfähigkeit 2133	von 100 bis 200t Tragfähigkeit 1450
„ 200 „ 400 t „ 598	„ 200 „ 400t „ 673
„ 400 „ 800 t „ 115	„ 400 „ 1400t u. mehr 976

(Die Zahl der kleineren Fahrzeuge hat sich also vermindert, die Zahl der größeren aber erheblich vermehrt.)

In einer Zeit, welche Vereine und verwandte Veranstaltungen in ungezählter Menge hervorgerufen hat, ist auch auf dem Gebiete der Binnenschifffahrt eine derartige Tätigkeit nicht ausgeblieben und besonders die seit dem Jahre 1885 bestehenden internationalen Schifffahrtkongresse haben der Sache viel genützt. Auf Grund von Vorberichten (Referaten) wird zuerst in Abteilungssitzungen, dann in allgemeinen Sitzungen über wichtige Fragen der Schifffahrt und des Wasserbaues verhandelt, außer-

¹⁶⁾ Vergl. auch: Brandt, Zur Wirtschaftsgeschichte des Rheins (Vortrag bei der Wanderversammlung des Verbandes deutscher Arch.- u. Ing.-Vereine). Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 471.

dem werden Ausstellungen und Besichtigungen veranstaltet. Namentlich jene Vorberichte, welche gewöhnlich nur den Kongressmitgliedern zugänglich geworden sind, enthalten viel neues.

In der Regel wird alle zwei Jahre ein Kongress veranstaltet. Die ersten sechs Kongresse waren Binnenschiffahrts-Kongresse, seit dem Jahre 1896 erstreckt sich die Tätigkeit der Kongresse aber auch auf die Seeschiffahrt. Über Entstehung derselben und über ihre Tätigkeit bis zum Jahre 1898 hat Geck (Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1898, S. 215) Mitteilungen gemacht.¹⁹⁾ Der Kongress des Jahres 1898 war der siebente und wurde in Brüssel abgehalten, dann folgten Paris im Jahre 1900, Düsseldorf im Jahre 1902 und Mailand im Jahre 1904.

In Deutschland macht sich namentlich der Zentralverein für Hebung der deutschen Flufs- und Kanalschiffahrt um die Förderung der Binnenschiffahrt verdient. Derselbe ist im Jahre 1869 ins Leben getreten und hat in Berlin seinen Sitz. Seine Druckschriften waren anfangs nur den Vereinsmitgliedern zugänglich. Sie brachten bis 1882 im wesentlichen die Verhandlungen der Generalversammlungen, dann (bis zum Herbst des Jahres 1894) aber eingehendere Mitteilungen; jetzt erscheint eine im Buchhandel erhältliche Zeitschrift für Binnenschiffahrt, welche auch die Verbandszeitschrift des deutsch-österreichisch-ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt geworden ist. Bezüglich des Wirkens des Zentralvereins und seiner Zweigvereine sei auf das verwiesen, was Bubendey (Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1899, S. 238) hierüber gesagt hat.

§ 4. Ausdehnung und Verkehr der Wasserstraßen. Die Ausdehnung der verschiedenen Arten von Wasserstraßen ist in den Kulturländern sehr ungleich. Es gibt Länder ohne künstliche Wasserstraßen, in denen auch der Naturzustand der Flüsse wenig oder gar nicht geändert ist; damit pflegt dann ein Überwiegen der Flösserei und des Taltransports Hand in Hand zu gehen.

Dagegen haben die seit vielen Jahrhunderten kultivierten und von ansehnlichen Flüssen durchströmten Küstenländer ein weitverzweigtes Kanalnetz, auf welchem auch die Dampfschiffahrt heimisch geworden ist, überhaupt eine hochentwickelte Binnenschiffahrt. Auch in Frankreich sind die Schiffahrtskanäle und die Flufskanalisierungen zahlreich und von großer Bedeutung, während dort die Flufsregelung vergleichsweise weniger gepflegt wird.

In England und in Nordamerika werden im allgemeinen die Eisenbahnen höher geschätzt, als die Binnenschiffahrt, der Kanalverkehr hat vielerorts nachgelassen. Kanäle in guter Lage haben aber noch heute Bedeutung; von Flufsregelungen ist, abgesehen von der Verbesserung verschiedener Strommündungen, weniger bekannt.

Auch in Nordamerika sind manche älteren Kanäle außer Betrieb gesetzt, Flufskanalisierungen aber in ziemlicher Anzahl vorgenommen. Die große Ausdehnung der Schiffahrt auf den dortigen Binnenseen bringt es mit sich, dafs besonders auf die von letzteren ausgehenden Kanäle Wert gelegt wird.

In Deutschland verwenden die Staaten viel Sorgfalt auf die Verbesserung der schiffbaren Flüsse und namentlich die Ströme Norddeutschlands eignen sich für die Schiffahrt sehr gut; in neuerer Zeit geschieht auch viel für Flufskanalisierungen und Schiffahrtskanäle.

¹⁹⁾ Ältere, die Schiffahrts-Kongresse betreffende Literatur s. die 3. Aufl. dieses Werkes, Kap. X, S. 98.

— Für die Tätigkeit der Kongresse der Jahre 1885 bis 1894 vgl.: Weber von Ebenhof, Bau, Betrieb und Verwaltung der Wasserstraßen. Wien 1895.

Über die Ausdehnung und die Beschaffenheit der deutschen Wasserstraßen sind eine Reihe beachtenswerter Mitteilungen vorhanden. An dieser Stelle soll vor allem eine Karte der deutschen Wasserstraßen nach dem Stande des Jahres 1887, bearbeitet von Sympher und Maschke (Berlin, Lithographisches Institut von J. Moser, 1887) erwähnt werden.²⁰⁾ Abb. 1, Taf. I gibt von dieser lehrreichen Karte eine Probe, bei deren Herstellung einige durch den kleineren Maßstab gebotene Vereinfachungen des in 1:1250000 gezeichneten Originals sich nicht vermeiden ließen. — Zur Erläuterung sei folgendes bemerkt:

Die Wassertiefen bei mittlerem Wasserstande sind durch Breitenbänder (M. 1:215) angedeutet, welche den Lauf der Wasserstraße verfolgen; bei freien Flüssen haben diese Bänder eine blaue, bei den kanalisierten Strecken eine braune, bei den Schifffahrtskanälen eine gelbe Farbe; die in die Bänder eingetragenen eingeklammerten Zahlen geben die bei Niedrigwasser erreichbaren Wassertiefen an. Kammerschleusen sind durch ein in den Breitenbändern ausgespartes Rechteck angedeutet, in dessen Mitte die Lage der Stenmtore, also auch die Gefällrichtung, durch einen Haken (bei Scheitelkanälen durch ein Kreuz) markiert ist. Neben den Schleusenbildern sind die nutzbare Länge, die lichte Weite, die Wassertiefe über dem Drömpel und die Anzahl der Schleusen angegeben. — Auf dem Originale sind die märkischen Wasserstraßen und die Wasserstraßen zwischen Unter-Elbe und Ems in besonderen Karten und in größercm Maßstabe dargestellt.

Von dem Vergleich dieser Wasserstraßenkarte mit der Verkehrskarte, von welcher in Abb. 2, Taf. I eine Probe gegeben ist, wird weiter unten die Rede sein.

Die Längen der schiffbaren Strecken der Wasserstraßen des Deutschen Reiches²¹⁾, soweit sie für die Binnenschifffahrt in Betracht kommen, sind auf Grund der Statistik des Reiches und nach Angaben der Wasserbaubehörden neuerdings ermittelt, wie folgt:

	Gesamtlänge der schiffbaren Strecken km	Davon können betahren werden durch Schiffe mit einem Tiefgange von				
		1,75 m	1,50 m	1,00 m	0,75 m	unter 0,75 m
K i l o m e t e r						
Für Flußläufe	9292	1587	2395	3915	384	1012
Kanalisierte Flußläufe . .	2469	261	408	1583	168	49
Gegrabene Kanäle	2474	459	279	1567	48	121

Die österreichischen Wasserstraßen sind fast ausschließlich natürliche Flüsse oder Seen. Im Jahre 1896 waren für Schiffe und Flöße fahrbar 2644 km, außerdem waren 3817 km flossbare Gewässer vorhanden. Die Länge der floss- und schiffbaren Wasserstraßen Ungarns beträgt 4971 km, davon sind etwa 1900 km nur flossbar.

Rußland (ohne Finland) hat 36740 km schiffbare Flüsse und 36860 km nur flossbare fließende Gewässer. Die Kanäle und kanalisierten Flüsse haben eine Länge von 1850 km.

Diese letzteren Angaben sind entnommen aus: Eger, Die Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika, nach amtlichen Berichten und Veröffentlichungen bearbeitet (Berlin 1899). Man findet in diesem Werke Mitteilungen über die Ausdehnung und

²⁰⁾ Im Jahre 1893 ist von dieser Karte ein zweiter Abdruck erschienen, bei welchem die inzwischen eingetretenen Veränderungen sorgfältig berücksichtigt sind.

²¹⁾ Siehe Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 328.

den Verkehr der Wasserstraßen in dreizehn verschiedenen Staaten; besondere Beachtung verdienen die zugehörigen vier Karten. Für sonstige die Wasserstraßen in außerdeutschen Ländern betreffende Einzelheiten sei auf die am Schlusse dieses Paragraphen vermerkte Literatur verwiesen.

Ermittelungen über die Ausdehnung der Wasserstraßen haben erst dann viel Wert, wenn Untersuchungen über die Gröfse des Verkehrs mit ihnen Hand in Hand gehen. Beim Güterverkehr kommt hierbei hauptsächlich die Menge der Massengüter, welche auf ansehnliche Entfernungen transportiert werden, in Betracht und man ermittelt den kilometrischen Verkehr, auch Umlauf oder durchschnittliche Zirkulation genannt. Hierbei sind zunächst die jährlich geleisteten Tonnenkilometer der einzelnen Teilstrecken zu ermitteln und der durchschnittliche kilometrische Verkehr wird erhalten, indem man die Summe der geleisteten Tonnenkilometer durch die Länge der ganzen Strecke dividiert. Genaue Erhebungen dieser Art lassen sich indessen nur selten bewerkstelligen, in der Regel mufs man sich damit begnügen, die Anzahl der beförderten Tonnen an einzelnen Hauptpunkten zu verzeichnen und aus dem Durchschnitt dieser Zahlen den kilometrischen Verkehr abzuleiten. Dafs Bergverkehr und Talverkehr hierbei zu trennen sind, ist selbstverständlich.

Die Ermittlungen über den Verkehr der Wasserstraßen, welche in Deutschland zur Zeit angestellt werden, sind in mancher Hinsicht lückenhaft, beispielsweise pflegen Transporte auf kurze Entfernungen unberücksichtigt zu bleiben. Diese und ähnliche Umstände lassen den Güterverkehr der Wasserstraßen in der Regel etwas kleiner erscheinen, als er in Wirklichkeit ist.

Das umfangreiche Zahlenmaterial, welches in den Verkehrsermittlungen aufgespeichert ist, wird am besten nutzbar, wenn bildliche Darstellungen zu Hülfe genommen werden, wie solche in Frankreich seit längerer Zeit üblich sind.²⁷⁾ Eine von Sympher bearbeitete Karte des Verkehrs auf den deutschen Wasserstraßen i. J. 1885 ist i. J. 1889 in Berlin erschienen. Von dieser sehr beachtenswerten Karte, welche die Gröfse und die Verteilung des Güterverkehrs einschliesslich des Flofsverkehrs zur Anschauung bringt, ist in Abb. 2, Taf. I eine Probe gegeben, jedoch unter Beschränkung auf den Streckenverkehr. Die weiter unten zu besprechenden bildlichen Darstellungen des Ortsverkehrs der gröfseren Städte, welche das Original bringt, sind in unsere Abbildung nicht aufgenommen.

Die Breiten der farbigen Bänder, welche sich neben den Wasserstraßen befinden, geben den Streckenverkehr, also den kilometrischen Verkehr derselben, in Bergverkehr und Talverkehr getrennt, an. Es ist aber zu beachten, dafs diese Breiten nicht nach einem gewöhnlichen Mafsstabe aufgetragen sind. Der Mafsstab des Originals ist vielmehr so gewählt, dafs

5 mm Breite einem kilometrischen Verkehr von 100000 t und
50 " " " " " " " " 10000000 t entsprechen.

Aus den neben den Bändern vermerkten Zahlen erhält man die kilometrischen Verkehre durch Multiplikation mit 1000 t. Wenn man nun 1000 t als Einheit ansieht, so sind die Breiten der Bänder den Quadratwurzeln der kilometrischen Verkehre proportional und wenn man bei Benutzung des Originals umgekehrt aus den Breiten b

²⁷⁾ Man vergleiche die bildliche Darstellung des Güterverkehrs auf den französischen Wasserstraßen. Zeitschr. f. Bauw. 1880, Bl. 55. — Mitteilungen über den Güterverkehr auf der Rhône in den Jahren 1879 bis 1903 siehe Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1904, S. 286.

(in mm) der Bänder auf die Verkehrsgrößen schliessen will, so hat man die Formel $4 b^3 \cdot 1000 t$ anzuwenden.

Wenn man bei Betrachtung der Verkehrskarte den Maßstab der Breiten der Bänder berücksichtigt, so tritt, was bereits angedeutet wurde, deutlich hervor, daß man auf unseren Wasserstraßen, je nachdem sie den Wettbewerb der Eisenbahnen ertragen können oder nicht, entweder sehr große oder ganz geringfügige Verkehre findet; die ersteren sind gewöhnlich im Steigen, die letzteren im Sinken begriffen.

Der Ortsverkehr wird auf den in Rede stehenden Verkehrskarten durch die Größe farbiger Flächen von Kreisen und Kreisringen versinnlicht, für den Empfang (ankommende Güter) ist rote, für den Versand (abgehende Güter) dagegen neutrale Farbe gewählt und es entspricht stets die Fläche des inneren Kreises der Menge des kleineren und die Fläche des Kreisringes der Menge des größeren Verkehrs. Beide Flächen zusammen stellen also den gesamten Ortsverkehr dar. Infolge dieser sinnreichen Behandlung kann man auf den ersten Blick erkennen, an welchen Orten der Empfang den Versand überwiegt und umgekehrt. Bei Ruhrort (nebst benachbarten Plätzen), bei Hamburg und Breslau umgibt infolge des Überwiegens der Versendungen ein neutraler Ring einen roten Kreis, während bei den großen Städten, namentlich auch bei Berlin, infolge des Überwiegens des Empfangs in der Regel ein roter Ring einen neutralen Kreis umgibt.²⁹⁾

Mit Beifügung von Verkehrskarten hat Sympher den Verkehr der deutschen Wasserstraßen wiederholt untersucht³⁰⁾, besonders lehrreich ist seine Abhandlung: Entwicklung der deutschen Binnenschifffahrt in den 25 Jahren 1875 bis 1900 (Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 151). Es werden behandelt: Umfang des Wasserstraßennetzes. — Größe der Binnenschifffahrtsflotte. — Umfang des Wasserstraßenverkehrs. — Vergleich des Wasserverkehrs mit demjenigen der Eisenbahnen. — Vergleich des deutschen Binnenschifffahrtsverkehrs mit demjenigen Frankreichs. — Schlußbemerkungen.

Die Zunahme des deutschen und des französischen Güterverkehrs auf Eisenbahnen und Wasserstraßen in den Jahren 1875 bis 1900 ist in üblicher Weise bildlich dargestellt und zwar sowohl für den Gesamtverkehr, wie für den durchschnittlichen kilometrischen Verkehr. Aus den Schlußbemerkungen darf das Nachstehende wörtlich aufgenommen werden:

„Es liegt der Wunsch nahe, den durch die Wasserstraßen gewährten Nutzen durch weitere Verbesserung und Vermehrung der Binnenschifffahrts-Einrichtungen noch zu steigern und weiteren Kreisen zugänglich zu machen. In welcher Weise hier vorgehen sein wird, darüber geben die hier besprochenen Verkehrskarten einige bedeutungsvolle Winke.“

„Zunächst zeigt sich im Vergleich der Karten von 1875 und 1900, daß fast nur dort eine erhebliche Verkehrssteigerung stattgefunden hat, wo große Schiffe von 400 und mehr Tonnen Tragfähigkeit verkehren können. Fast alle kleineren Wasserstraßen sterben allmählich ab oder weisen doch nur eine geringe Verkehrszunahme auf. Sie vermögen neben den Staatseisenbahnen nur bei guter Lage und geringen

²⁹⁾ Für den Güterverkehr der größeren deutschen Binnenhäfen vom Jahre 1898, nach dessen Größe geordnet, vergl. Schwabe a. a. O. S. 130. — Verkehr in den Ruhrhäfen und Entwicklung der Rheinschifffahrt. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 323 u. 340. — Der Wasserstraßen-Verkehr in den bedeutenderen Durchgangs- und Hafenorten des Deutschen Reiches in den Jahren 1897 bis 1902 nebst einigen allgemeinen Bemerkungen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 335.

³⁰⁾ Siehe u. a. Zeitschr. f. Bauw. 1891, S. 45 und Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 150.

Abgaben zu bestehen. Deshalb muß das Bestreben darauf gerichtet sein, vorhandene Schifffahrtswege, wenn die sonstigen Verhältnisse einen lebhaften Verkehr versprechen, allmählich umzubauen und neue Kanäle sogleich in größeren Abmessungen zu errichten. Ausnahmen können durch besondere Verhältnisse gerechtfertigt sein, müssen dann aber eingehend begründet werden können.“

„Sodann beweisen die Verkehrskarten, daß eine gute Wasserstrasse allein nicht genügt, regen Verkehr zu erwecken. Deutlich zeigt sich dies an der Weichsel und dem Memelstrom, wo die russische Grenze ein bisher in technischer und wirtschaftlicher Beziehung ungünstiges Hindernis für die Entwicklung der östlichen Schifffahrt gewesen ist. Neue Wasserstraßen sollten daher nur dort angelegt werden, wo die örtlichen Verhältnisse große Verkehrsmengen und die Möglichkeit weiterer Entwicklung versprechen.“

„Leistungsfähigkeit und richtige Lage, das sind hiernach die beiden Hauptbedingungen, unter denen im Eisenbahn-Zeitalter noch Wasserstraßen gedeihen und als Neuanlage berechtigt sein können.“²⁵⁾

Mit der Zunahme des Streckenverkehrs geht Zunahme des Ortsverkehrs selbstverständlich Hand in Hand. In welchem Grade letzteres bei einigen Städten der Fall gewesen ist, zeigen die nachstehenden, den besprochenen Karten entnommenen Angaben:

In Berlin sind			
im Jahre	angekommen	abgegangen	im ganzen
1875	2992	247	3239 . 1000 t,
1900	5902	735	6639 . 1000 t,
in Köln			
1875	160	98	258 . 1000 t,
1900	615	269	884 . 1000 t,
in Frankfurt a. M.			
1875	197	4	201 . 1000 t,
1900	1133	172	1305 . 1000 t,

Bezüglich des Personenverkehrs auf dem Rhein sei beispielsweise bemerkt, daß im Jahre 1887 allein von der Köln-Düsseldorfer Dampfschiffahrts-Gesellschaft 1066000 Personen befördert wurden, dazu kommt die (übrigens nicht erhebliche) Personenbeförderung der niederländischen Dampfschiffs-Reederei und die sehr bedeutende der sogenannten lokalisierten Dampfschiffahrts-Gesellschaften (Köln-Bonn, Köln-Mülheim und andere).

Über den Verkehr auf den märkischen Wasserstraßen pflegen die Zeitschriften eingehende Mitteilungen zu bringen, einige neuere sind unten namhaft gemacht.²⁶⁾ Man kann aus denselben entnehmen, daß daselbst der Ortsverkehr in den ersten Jahren unseres Jahrhunderts vorübergehend abgenommen hat. In derselben Zeit mußte auch

²⁵⁾ Eine Besprechung der neuesten Verkehrskarte Symphers liegt auch vor in: Roloff, Der deutsche Wasserstraßenverkehr i. J. 1900. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 401.

²⁶⁾ Verkehr auf den märkischen Wasserstraßen. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 226. — Schumann, Großschifffahrtsweg durch Berlin. Dasselbst 1900, S. 249. — Graupo, Entwicklung des Verkehrs auf den Berliner Wasserwegen. „Das Schiff“ 1900, S. 122. — Der Verkehr auf den Wasserstraßen Berlins i. J. 1901. Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 236. — Dasselbe i. J. 1902. Dasselbst 1903, S. 136. — Dasselbe i. J. 1903. Dasselbst 1904, S. 208. — Vergl. auch Greve, Die Bedeutung der Binnenschifffahrt für Berlin. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 263.

die Rheinschiffahrt eine Krisis überstehen, bei welcher die Schiffahrt auf dem kanalisiertem Main in Mitleidenschaft gezogen ist; dieselbe dauerte aber nicht lange.³⁷⁾

Über den Verkehr auf den österreichischen Wasserstraßen liegen ausführliche Angaben nicht vor; aus dem, was Eger in dem obengenannten Werke über Österreich bringt, mag entnommen werden, daß im Jahre 1896 das Gewicht der angekommenen und abgegangenen Güter in Summa auf den österreichischen Donau-Stationen 1690000 t, auf den österreichischen Elbe-Stationen aber 3130000 t betragen hat. Die Anzahl der auf österreichischen Binnengewässern im Jahre 1890 beförderten Personen war 2312000.³⁸⁾ Die Gründe, weshalb der Güterverkehr auf der österreichischen Donau einstweilen in bescheidenen Grenzen bleibt, erörtert Suppán in „Wasserstraßen und Binnenschiffahrt“, S. 498.

Eine Zusammenstellung der Länge der Eisenbahnen und Binnenschiffahrtsstraßen in 13 Staaten Europas und Nordamerikas nebst dem Verkehr im Verhältnis zur Einwohnerzahl und zum Flächeninhalt findet man in Eger's bereits erwähntem Werke, S. 4.

Aus dem in diesem Paragraphen Gesagten wird man entnehmen, daß Untersuchungen über die Größe des Verkehrs auf bestehenden Wasserstraßen nützlich sind. Wichtiger, aber auch schwieriger, ist die Vorherbestimmung des Verkehrs auf einer umzugestaltenden oder neu zu erbauenden Wasserstraße. Diese Sache, welche in erster Linie die Schiffahrtskanäle betrifft, soll im II. Kapitel unter „Wirtschaftliche Voruntersuchungen“ erörtert werden.

Literatur

betreffend die Ausdehnung und Beschaffenheit der Wasserstraßen.

Von älteren, vor dem Jahre 1890 erschienenen Mitteilungen soll nur M. M. von Weber, Die Wasserstraßen Nord-Europas (Leipzig 1881) erwähnt werden; im übrigen sei auf die Angaben in der 3. Aufl. dieses Werkes, Kap. X, S. 155 verwiesen.

Schlichting, Reisebericht über einige Wasserstraßen in Norwegen und Schweden. Mitteilungen des Zentralvereins 1889, 16. Okt. — Deutsche Bauz. 1890, S. 29.

Marten, Der gegenwärtige Zustand und die möglichen Verbesserungen der Binnenwasserstraßen Englands. Vorbericht für den IV. Schiffahrts-Kongress, Manchester 1890.

Die niederländischen Ströme. Henket, Waterbouwkunde. XI. Abteilung. Loly, Rivieren en rivierwerken. Haag 1890.

Die Wasserstraßen Rußlands, nach M. de Sytenko. L'aperçu général des voies navigables de la Russie, dépenses d'exploitation et conditions d'amélioration, 1890. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 374.

Die Wasserstraßen Italiens. Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 6.

Düll, Die Wasserstraßen in Frankreich. Nach einem Berichte des Oberingenieurs Holtz in Paris. Berlin 1891.

Keller, Die Wasserstraßen Italiens. Zentralbl. d. Bauverw. 1891, S. 6.

Düll, Zustand und Betrieb der Wasserwege in den Niederlanden. Nach einem Berichte des Oberingenieurs van der Sleyden. Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 250.

Führer auf den deutschen Schiffahrtsstraßen. Tabellarisches Handbuch in 3 Teilen nebst einer Übersichtskarte und mehreren Sonderplänen. Bearbeitet im Königl. preuss. Ministerium der öffentlichen Arbeiten. Berlin 1893. I. Teil. Rhein-, Donau-, Ems- und Wesergobiet. II. Teil. Elbe- und Oder-Gebiet einschließlich des Gebietes der Märkischen Schiffahrtsstraßen. III. Teil. Weichselgebiet und östliche Schiffahrtsstraßen 2. Aufl. 1903.

Zustand und mögliche Verbesserung der Binnenwasserstraßen Englands. Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 220.

³⁷⁾ Woltmann, Die Krisis in der Rheinschiffahrt (1900—1902). Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1903, S. 432. — Schiffahrt und Flößerei auf dem Main. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 331 u. 1904, S. 332.

³⁸⁾ Vergl. auch Schwabe a. a. O. S. 120.

Rehbock, Die Wasserstrafse durch die kanadischen Seen und ihr Verkehr. Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 181 (Sonderabdruck, Berlin 1894).

Schweiger-Lerchenfeld, Die Donau als Völkerweg, Schiffsfahrtsstrafse und Reiseroute. Wien 1895.

Der Dnjepr und seine schiffbaren Wasserverbindungen mit dem Memelstrom und der Weichsel. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1896, S. 138.

Schwabe, Chinas Binnenwasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 123 u. 170.

Symphor, Die Binnenschiffahrt Rußlands. Zentralbl. d. Bauverw. 1900, No. 68 und Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 318.

Kirchhoff, Die schiffbaren Wasserstraßen Sibiriens. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1903, S. 396.

§ 5. Betrieb und Verwaltung der Wasserstraßen. Der heutige Verkehr verlangt von allen Verkehrsmitteln Sicherheit, Schnelligkeit, Billigkeit und Regelmäßigkeit oder mit anderen Worten: Schutz gegen Gefahren, sparsame Verwendung der Zeit, mäßige Preise und pünktliches Eintreffen der beförderten Gegenstände.

Aus dem Vorstehenden ergeben sich auch die Gesichtspunkte für einen Vergleich verschiedener Verkehrsmittel, insbesondere für einen Vergleich der Wasserstraßen mit den Eisenbahnen. Es ist nicht erforderlich, auf diesen Vergleich ausführlich einzugehen, denn darüber, daß Wasserstraßen neben den Eisenbahnen Berechtigung haben, besteht kein Zweifel; das Schlagwort ist nicht mehr „Wasserstraßen oder Eisenbahnen“, sondern „Wasserstraßen und Eisenbahnen“. Es ist aber natürlich, daß die Betriebe bestehender Wasserstraßen und bestehender Eisenbahnen in einen lebhaften Wettbewerb miteinander treten.

Eine der Schattenseiten der Wasserstraßen kann jedoch nicht unerwähnt bleiben: Unterbrechungen des Betriebes, welche bei den Eisenbahnen nur stellenweise vorkommen und bald vorübergehen, kommen bei den Wasserstraßen infolge von Hochwassern, namentlich aber durch Frost alljährlich wochen-, selbst monatelang vor. Auch durch Ergänzungs- und Unterhaltungsarbeiten, durch Schiffsunfälle u. dergl. kann bei Kanälen und kanalisierten Flüssen das Sperren der Wasserstrafse unter Umständen erforderlich werden. Die erstgenannten Unterbrechungen finden in der Regel in den Monaten Dezember bis März statt, also zu einer Zeit, in der die Eisenbahnen weniger in Anspruch genommen sind, als in den Herbstmonaten. Man sollte deshalb die Nachteile solcher Unterbrechungen nicht überschätzen.²⁹⁾

Die Dauer der Schiffsfahrtszeit ist im Westen Deutschlands etwas größer als im Osten, weil sie hauptsächlich vom Klima abhängt. In dieser Zeit findet aber an manchen Tagen, unter anderen an Sonntagen, nur ein beschränkter Betrieb statt, was bei Ermittlung der Anzahl der jährlichen vollen Betriebstage berücksichtigt werden muß. Symphor gibt diese Zahlen an wie folgt: für den Rhein, die Elbe und die neuen Kanäle des westlichen Deutschlands 270, für die Oder 250, für die Weichsel 230.³⁰⁾

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Eisenbahnen und Wasserstraßen besteht darin, daß bei den ersteren die Strafe, die Fahrzeuge und das Transportgeschäft ein ganzes bilden. Dagegen sind die Wasserstraßen der Regel nach öffentliche Wege, auf denen innerhalb der Grenzen der Betriebsordnungen jeder mit Fahrzeugen beliebiger Größe und Bauart und unter Anwendung irgend eines geeigneten Motors verkehren kann. Transportgeschäft und Strafe sind sonach voneinander getrennt. Die Schiffsahrt

²⁹⁾ Näheres s.: Symphor, Über die Wintersperren der Wasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 49.

³⁰⁾ Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten. Anlage 6, S. 20.

wird von den Schiffern als freies Gewerbe ausgeübt. Diese Verhältnisse tragen zur Beförderung des Verkehrs bei, sie haben aber auch zur Folge, daß im allgemeinen der Betrieb auf den Wasserstraßen bei weitem nicht so gut geregelt ist, wie derjenige der Eisenbahnen.

Die Schwierigkeiten, mit welchen die einer festen Organisation entbehrende Schifffahrt zu kämpfen hat, und nicht zu verkennende Übelstände, welche u. a. daraus erwachsen, daß beim Wassertransport die dem Gesetze von Angebot und Nachfrage unterworfenen Frachtsätze unter Umständen allzu tief herabsinken, haben wiederholt den Vorschlag wachgerufen, die Transporte auf den Wasserstraßen zu monopolisieren. Von einer Monopolisierung des Betriebs auf freien Flüssen wird jedoch nicht ernsthaft die Rede sein können, diese müssen unbedingt öffentliche Straßen bleiben. Anders liegt die Sache bei den Schifffahrtskanälen. Dem Besitzer eines solchen kann es nicht verwehrt werden, das Transportgeschäft, mindestens aber die Beförderung der Kähne selbst zu besorgen, was in England und Amerika mehrfach geschieht.

Meistens hat sich infolge Einführung der Dampfschifffahrt der Betrieb auf größeren Wasserstraßen insofern wesentlich geändert, als die Schleppdampfer und die Taueri den Fernverkehr in die Hand kapitalkräftiger Gesellschaften bringen. Fast noch wichtiger sind die Anfänge staatlicher Einrichtungen zur Beförderung der Kanalkähne. Nachdem in Frankreich seitens des Staates auf den einschiffigen Scheitelstrecken verschiedener Schifffahrtskanäle mechanische Vorrichtungen für das Ziehen der Schiffe hergestellt waren, fiel auch ihr Betrieb dem Staate zu und wenn der Staat bei den neuen deutschen Hauptkanälen bauliche Einrichtungen für das elektrische Treideln trafe, würde derselbe wahrscheinlich auch das Schleppen der Kähne unter Ausschluß anderer Arten des Schleppens übernehmen, zumal für ein solches sogenanntes Schlepp-Monopol noch andere Gründe sprechen. Im II. Kapitel werden wir hierauf zurückkommen.

Es ist jetzt noch über die Eigentums- und die finanziellen Verhältnisse der Wasserstraßen einiges zu sagen. Die ersteren sind sehr verschieden. In Frankreich besitzt und verwaltet der Staat sämtliche Wasserstraßen und stellt sie einem jeden kostenfrei zur Verfügung. Die Interessenten haben jedoch für die Ausrüstung der öffentlichen und der privaten Häfen zu sorgen. Beim Betrieb legt man in erster Linie Gewicht auf mächtige Frachten, läßt also die Fahrgeschwindigkeit in den Hintergrund treten. In Schweden sind die künstlichen Wasserstraßen von Privatgesellschaften oder Vereinigungen von Gemeinden erbaut, für deren Landbau, Fabriken und sonstige Unternehmungen sie Zu- und Abfuhrwege bilden; an einer kräftigen Unterstützung seitens des Staates hat es aber nicht gefehlt. Diese Umstände bringen Kanalzölle mit sich.²¹⁾ In den Niederlanden hat man einen Mittelweg eingeschlagen. Dasselbe haben die Kanäle verschiedene Eigentümer und Verwaltungen; es entfallen auf den Staat 18, auf Provinzen 30, auf Gemeinden und Genossenschaften 39, auf Gesellschaften oder Privatpersonen 13% der Gesamtlänge von 3000 km. Im allgemeinen werden Abgaben erhoben, fünf dem Staate gehörige Kanäle sind jedoch abgabenfrei.

In Deutschland stehen sämtliche ältere Wasserstraßen, einzelne Ausnahmen abgerechnet, unter der Verwaltung des Staates; neuerdings ist aber der Elbe-Trave-Kanal von der Stadt Lübeck und der Teltow-Kanal von dem Kreise Teltow erbaut und werden von diesen verwaltet. Unsere natürlichen Wasserstraßen sind als öffentliche Wege im allgemeinen abgabenfrei; die Verfassung des deutschen Reiches gestattet

²¹⁾ von Weber, Wasserstraßen Nord-Europas S. 306 u. 355.

jedoch Abgaben für die Benutzung besonderer Anstalten, welche zur Erleichterung des Verkehrs dienen.

Etwas anders liegt die Sache bei den Schifffahrtskanälen, aber auch bei diesen sind nur Abgaben gestattet, welche die zur Unterhaltung und gewöhnlichen Herstellung erforderlichen Kosten nicht übersteigen. Tatsächlich werden die Abgaben in Deutschland nur selten in solcher Höhe erhoben.

Wenn festgestellt ist, daß Abgaben erhoben werden sollen, sind Bestimmungen über die Höhe und die Art der Bemessung derselben, sowohl für Schiffe, wie für Flöße zu treffen, sodann Bestimmungen über Ermäßigungen oder Befreiung in bestimmten Fällen, über die Art der Erhebung, über die Kontrolle u. s. w.

In neuester Zeit ist über die Abgabenerhebung viel und lebhaft verhandelt und man hat gelegentlich der ständischen Beschlüsse über den sogenannten Mittellandkanal sogar für geregelte Flüsse die Wiedererhebung von Abgaben ins Auge gefaßt. Der betreffende Vorschlag lautet wie folgt:

„Von der Inbetriebsetzung des Kanals vom Rhein zur Weser an sind Gebühren zum Ausgleich für die Kosten der Verbesserung und Unterhaltung der natürlichen Binnenschiffahrtsstraßen, soweit diese durch staatliche Aufwendungen eine über das natürliche Maß hinausgehende Verbesserung oder Vertiefung erfahren haben, zu erheben.“

Für die Einzelheiten der Abgabenfrage, nicht minder für die Einzelheiten sonstiger Angelegenheiten des Betriebs und der Verwaltung kann im allgemeinen auf die nachstehende Literatur verwiesen werden. Auch die hierher gehörigen Verhandlungen des Schifffahrts-Kongresses zu Düsseldorf (1902), auf die Mitteilungen, welche Eger in: „Die Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika“ über die Schifffahrtsabgaben und die Aufbringung der Kosten für wasserbauliche Anlagen, besonders für den Bau von Schifffahrtskanälen, in verschiedenen Ländern macht, nicht minder auf das, was Schwabe über die früheren Rheinzölle und Elbzölle (a. a. O. S. 1 u. 49), ferner über die Nachteile der Schifffahrtsabgaben (dasselbst S. 147) sagt, soll hier aufmerksam gemacht werden.

Schließlich sei bemerkt, daß die Beamten, denen die Verwaltung der Wasserstraßen übertragen ist, im wesentlichen folgendes wahrzunehmen haben:

Unterhaltung und Ergänzung der Wasserstraßen, insbesondere Verbesserung der Schifffahrt der Flüsse, Beseitigung von Schifffahrtshindernissen (z. B. der von gesunkenen Schiffen herrührenden), Ausnutzung der Wintersperren für geeignete Unterhaltungsarbeiten, Sorge für Verhütung von Eisstopfungen und Beseitigung des Eises u. s. w.

Ferner: Beförderung der Sicherheit und Regelmäßigkeit der Schifffahrt. Hierher gehören: Bezeichnung des Fahrwassers und Einrichtung eines Signaldienstes in schwer schiffbaren Strecken, auch Regelung der Schifffahrt durch Betriebs- und Hafenordnungen.

Sodann: Wasserstandsbeobachtungen und Hochwasser-Nachrichtendienst. Beaufsichtigung der Deichunterhaltung und der Deichverteidigung. Förderung der auf Wasserstraßen, Schiffe, Verkehr und Unfälle sich erstreckenden Statistik. An einzelnen Orten auch Schiffsvermessung.

Literatur

zu Betrieb und Verwaltung der Wasserstraßen.

Allgemeines.

von Weber, Die Wasserstraßen Nord-Europas. Leipzig 1881.

Philippi, Die Organisation des Binnenschifffahrts-Betriebes. Mitteilungen des Zentralvereins 1887, 19. Jan. — Das Schiff 1887, S. 41. — Deutsche Bauz. 1887, S. 160.

Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse. Im Auftrage der Reichskommission zur Untersuchung der Rheinstromverhältnisse herausgegeben von dem Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden. Berlin 1889. Zweiter Teil: Recht und Verwaltung des Wasserwesens.
 Weber von Ebenhof, Bau, Betrieb und Verwaltung der natürlichen und künstlichen Wasserstraßen auf den internationalen Schifffahrts-Kongressen 1885 bis 1894. Wien 1895.

Vergleich der Wasserstraßen mit den Eisenbahnen.

Baum, Der Wettkampf der Flussschifffahrt und der Eisenbahnen in Deutschland. Ann. des ponts et chaussées 1883, II. S. 79.
 Wettstreit zwischen Flussschifffahrt und Eisenbahnen in Deutschland. Zentrabl. d. Bauverw. 1883, S. 424.
 Gaston Cadart, Wettkampf der Eisenbahnen und Wasserwege in den Vereinigten Staaten und in Kanada. Ann. des ponts et chaussées 1884, II. S. 232.
 Nördling, Die Selbstkosten des Eisenbahntransportes und die Wasserstraßen-Frage in Frankreich, Preußen und Österreich. Wien 1885.
 Todt, Der Güterverkehr der deutschen Wasserstraßen. (Betrifft hauptsächlich den Vergleich zwischen Wasserstraßen und Eisenbahnen.) Archiv f. Eisenbahnwesen 1887, S. 153.
 Die Wasserstraßen und Eisenbahnen der Rheinisch-Westfälischen Industrie-Bezirke. Deutsche Bauz. 1889, S. 408.
 Der Konkurrenzkampf der Eisenbahnen. Mitteilungen des Zentralvereins 1890, 17. Dez.
 Gegenseitige Beziehungen zwischen Wasserstraßen und Eisenbahnen. Neun Vorberichte für den V. Schifffahrts-Kongress, Paris 1892. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 222.
 Ströhler, Die Beziehungen des Wasserstraßen- und Eisenbahnnetzes in Deutschland. Mitteilungen d. Zentralvereins 1892, 28. Sept.
 Ulrich, Staffeltarife und Wasserstraßen. Berlin 1894.

Betriebsordnungen.

Verhandlungen des von dem Ausschufs des Zentralvereins für Hebung der deutschen Flufs- und Kanalschifffahrt im Jahre 1873 berufenen Techniker-Kongresses.
 Das Schiff 1881, S. 63 (Strompolizei-Ordnung für die Warthe).
 Nördling, Die Selbstkosten des Eisenbahntransportes und die Wasserstraßenfrage. Wien 1885 (S. 193. Die französische Kanalordnung).
 Schromm, Vorschläge zur Regelung und Überwachung der Binnenschifffahrt. Das Schiff 1887, S. 129.
 Entwurf einer Binnenschifffahrts-Betriebsordnung. Zusammgestellt nach den Beschlüssen eines vom Zentralverein gebildeten Sonder-Ausschusses. Berlin 1891. (Nicht im Buchhandel).
 Dienstordnung für die Rheinschiffer. 2. Aufl. Ruhrort 1896.
 Rheinschifffahrts-Polizeiordnung (amtliche Ausgabe). Mannheim 1897.

Abgaben.

Verhandlungen des Schifffahrts-Kongresses zu Paris (1892) über Schifffahrtsabgaben. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 200.
 Hatschek, Abgaben auf den Wasserstraßen. Haag 1894.
 Die Abgaben auf den Wasserstraßen. VI. Schifffahrts-Kongress, Haag 1894. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 327.
 Schifffahrtsgebühren auf den Binnenwasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1895, S. 10, vergl. auch daselbst S. 70.
 Kandt, Die deutschen Binnenschifffahrts-Abgaben in Vergangenheit und Gegenwart. I. Die Rheinzölle. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1895, S. 2.
 Zur Schiffsabgaben-Frage auf den märkischen Wasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1896, S. 230.
 Tarif der Schifffahrts- und Flößerei-Abgaben auf dem Elbe-Trave-Kanal. Das Schiff 1900, S. 177.
 Heubach, Die Frage der Schifffahrtsabgaben. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 250.
 Schwabe, Über die Einführung von Schifffahrtsabgaben auf den Strömen. Daselbst 1903, S. 255.
 Gothein, Über Wiedereinführung von Schifffahrtsabgaben auf den freien Strömen. Daselbst 1904, S. 64.

Statistik.

Statistik der auf der Elbe und Saale vorgekommenen Schiffsunfälle in den Jahren 1883, 1884, 1885. Zentrabl. d. Bauverw. 1884, S. 372; 1885, S. 146; 1886, S. 214.
 v. Studnitz, Die deutsche Binnenschifffahrts-Statistik. Das Schiff 1887, S. 369 u. 400.
 Reutsch, Statistik der Binnenschifffahrt. Mitteilungen des Zentralvereins 1888, 14. Nov. und 12. Dez.

Vervollkommnung der Statistik des Binnenschiffahrts-Verkehres. III. Schiffahrts-Kongress, Frankfurt a. M. 1888.

Weber von Ebenhof a. a. O. S. 56.

Vorschläge des Zentralvereins betreffend die Statistik des Güterverkehrs auf deutschen Wasserstraßen. (Eingabe an den Reichskanzler.) Mitteilungen des Zentralvereins 1889, 20. Febr.

Verbesserung der Binnenschiffahrts-Statistik. Beratung auf dem IV. Schiffahrts-Kongress, Manchester 1890. Mitteilungen des Zentralvereins 1890, 8. Okt. S. 6. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 98.

Kurs, Die Statistik der Binnenschiffahrt Frankreichs. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1896, Okt.

B. Flößerei und Flößereianlagen.

§ 6. Flößerei. Von der geschichtlichen Entwicklung der Flößerei ist in dem vorhergehenden Abschnitt die Rede gewesen. Es sei daran erinnert, daß es zwei Arten von Flößerei gibt, je nachdem man die Hölzer, welche befördert werden sollen, einzeln im Wasser treiben läßt oder mehrere derselben zu einem gebundenen Flöße vereinigt. Eine eingehende Besprechung dieser Arten und der Flößerei überhaupt gehört nicht hierher, für den vorliegenden Zweck dürfte das Nachstehende genügen.

1. Das Triften (die wilde Flößerei). Wenn man eine Menge Holz als Scheite, als einzelne Blöcke (Masseln) oder als Stämme von mäfsiger Länge im Wasser treiben (triften) läßt, so ist nur mäfsige Nachhilfe seitens hierzu angestellter Triftarbeiter erforderlich. Das Triften gehört somit zu den billigsten Transportarten, welche es überhaupt gibt. Trotzdem findet es, seit die anderen Arten des Wasser- und Landtransports ausgebildet sind, in beschränkterem Mafse Anwendung. Der Grund liegt einerseits darin, daß Brennholz, für welches sich das Triften vorzugsweise eignet, am Bestimmungs-orte lange Zeit trocknen muß, und anderseits darin, daß für die Ausführung des Triftens ausgedehnte bauliche Vorkehrungen erforderlich sind, welche bei den jetzigen Preisen der Baustoffe einen großen Geldaufwand verursachen. Es mag auch noch erwähnt werden, daß beim Triften erhebliche Verluste eintreten und daß während der Triftzeit die Flößerei und sonstige Benutzungen des Wassers in mancherlei Weise behindert werden. In manchen Gegenden wird jedoch das Triften noch heute in großer Ausdehnung betrieben; beispielsweise ist dies der Fall im Salzkammergut, im Böhmerwald und in Schweden und Norwegen. — Behufs Bezeichnung der Eigentümer werden die Masseln, nach Bedarf auch sonstiges gefloßtes Holz, mit eingehauenen, runenartigen Zeichen versehen. Proben solcher Holzmarken findet man u. a. in Gruber, Die Bedeutung der Isar als Verkehrsstrafe. München 1890.

2. Das Flößen. Der Transport in gebundenen Flößen tritt in verschiedenen Gestaltungen auf. Einige wenige Beispiele von der Zusammensetzung der Flöße sollen hier gegeben werden, weil die Art und Weise, wie dieselben hergestellt und lenkbar gemacht werden, Einflufs auf die Flößereianlagen hat.⁹⁹⁾ Charakteristisch für den Bau der Flöße ist, daß zu den Verbindungen u. s. w. fast ausschließlich Holz verwendet wird; in früheren Zeiten behielten sich die Flößer sogar ohne Seile zum Anlegen der Flöße an das Land, sodafs sie vom Bestimmungsorte zurückkehrend nur ihre Äxte, diese zugleich als Waffe, mitzunehmen brauchten.

Balkenflöße. Eine Verbindung der einzelnen Stämme zu einem „Gestöre“ der Balkenflöße, wie solche bei sogenannten steifen Flößen stattfindet, ist in Abb. 3 angedeutet. Der Verband zwischen den Stämmen wird durch eine über denselben liegende Zenkelstange hergestellt, deren Befestigung entweder mit Nägeln (Zenkeln) oder mit

⁹⁹⁾ Näheres u. a. in Jägerschmid, Handbuch für Holztransport und Flöswesen (Karlsruhe 1828).

Krampen oder in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise durch „Wieden“ erfolgt, d. h. durch 2 bis 4 cm starke Zweige von Fichten- oder Haselnufholz, welche erwärmt und dann gedreht werden. Das dünne Ende der Wiede wird in dem entsprechenden Bohrloche mit einem Holzkeil befestigt. In den oberen Teilen der flossbaren Wasserläufe ist indessen eine derartige steife Verbindung nicht am Platze. Man wendet daselbst nicht selten die Verbindung „in der verbohrten Wiede“ an, indem die einzelnen Balken an den Enden gelocht und mit Wieden aneinandergekuppelt werden.

Abb. 3. *Balkenfloß.*

Die Gestöre werden einzeln oder in Gruppen gefloßt, indem man dieselben in letzterem Falle durch „Gurtwieden“ aneinander befestigt. Das Floß erhält hierbei Biegsamkeit in lotrechter Richtung, was namentlich wegen des Befahrens der Floßgassen erforderlich ist. In dieser Gestalt und nicht selten mit Brettern, Brennholz oder Eichenholz befrachtet, gelangen die Flöße nach den Hauptpunkten des Holzhandels, woselbst die Bestandteile teils auf andere Verkehrswege übergehen, teils zur Herstellung von „Hauptflößen“ behufs Weitertransports auf dem Wasser verwendet werden. In diesen Hauptflößen (Knieflößen) wurden früher sehr große Massen Holzes im Gewicht von 15 bis 16000 t durch eine Besetzung von 400 bis 500 Mann gleichzeitig verfloßt. Diese Art des Transports ist jetzt aber aufgegeben, es kommen statt der Knieflöße, selbst auf größeren Strömen, einfacher gebaute Flöße zur Anwendung, welche aber immer noch bedeutende Abmessungen aufweisen.

Die Breite der Flöße ist von der nutzbaren Breite der Wasserläufe und der in ihnen befindlichen Flößeranlagen abhängig, somit sehr verschieden. Auf kleinen Nebenflüssen des Rheingebiets sind Flöße von 4 m Breite üblich, während auf der Strecke Mannheim-Koblenz eine Breite von 63 m, unterhalb Koblenz sogar eine solche von 72 m zulässig ist, das bedingt mittelbar die kleinsten schiffbaren Lichtöffnungen der Brücken. Zur Anwendung gelangen so große Breiten in neuerer Zeit schwerlich, die jetzige größte Länge der unterhalb Mannheim fahrenden Rheinflöße wird zu 250 m angegeben.³⁹⁾

Die mannigfaltigen Vorkehrungen, welche an den Flößen angebracht werden, um sie zu lenken, zu bremsen und anzuhalten, können nicht in den Kreis der Besprechung gezogen werden. Es mögen nur die sogenannten Schrickpfähle beispielsweise erwähnt werden. Dies sind starke, geneigt stehende und in der Mitte des Floßes scharnierartig befestigte Pfähle, welche bei Anheben des oberen über Wasser befindlichen Endes mit dem anderen Ende die Flußsohle berühren und dann wie Bremsen wirken.

Abb. 4. *Bretterfloß (Grundriß und Längenschnitt).*

Bretterflöße können gebunden werden, wie Abb. 4 zeigt. Hierbei werden die Bretter in Bündeln von 10 bis 15 Stück so zusammengelegt, daß ein Brett um etwa 0,5 m vor den übrigen hervorragt, man legt ferner 6 bis 8 Bunde nebeneinander und

³⁹⁾ Vergl. für Donauflöße nach Benennung, Bauart, Größe, Tragvermögen und Kosten: Deutsche Bauz. 1885, S. 95. Ferner für die Flößererei auf der Isar: Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 438.

läßt die beiden äußersten Bunde ebenfalls um 0,5 m vorspringen. An geeigneten Stellen werden die Gestöre oben und unten mit Querbohlen versehen und mit Wieden zusammengehalten.

Abb. 5. *Bretterfloß der Vogesen (Längenschnitt und Grundrifs).*

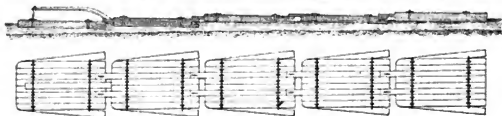


Abb. 5 zeigt, wie man die vorderen Enden der Gestöre eines Bretterfloßes anheben kann, damit Untiefen weniger hinderlich werden. Für das erste Gestör wird zu diesem Zweck eine Art Feder aus starken Brettern gebildet, während die folgenden Gestöre mit hervorgezogenen Bretterenden auf ihren Vorläufern ruhen. Aus dem Grundrifs ist ersichtlich, wie man die Ecken der Gestöre dadurch schützt, daß an jeder Seite einige Bretter der äußersten Bunde fächerförmig angeordnet sind. Derartige Bretterflöße werden bei 0,30 m Dicke 70 bis 100 m lang und 2,30 bis 2,50 m breit gemacht.

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein in einem Flusse treibendes Floß sich bewegt, ist etwas größer, als die Oberflächengeschwindigkeit des Wassers, in der Regel also nur mäßig. Hieraus und aus der oben besprochenen Bildung der Flöße folgt, daß dieselben schwer lenkbar sind. Man bringt deshalb sogenannte Streichruder, bei großen Flößen in bedeutender Zahl, nicht allein am hinteren, sondern auch am vorderen Ende an und benutzt unter schwierigen Verhältnissen außerdem noch Taue, welche am Lande oder an Anker befestigt werden, zu ihrer Lenkung. Trotz derartigen Mafsregeln läßt sich ein Floß schwerer steuern, als jedes andere Fahrzeug und es ergibt sich hieraus, daß die Lage der Baulichkeiten, welche von Flößen durchfahren werden, mit besonderer Sorgfalt zu wählen ist und daß für das Flößen mancherlei durch besondere Verordnungen geregelte Vorsichtsmafsregeln getroffen werden müssen.²⁴⁾ Die Flößerei gerät somit leicht in Widerstreit mit dem sonstigen Wasserverkehr, nicht minder mit den auf Wasserkraft angewiesenen, an einem floßbaren Wasserlaufe liegenden Mühlen und Fabriken, weil sie dieselben bedeutende Wassermengen entzieht.

In neuerer Zeit benutzt man zur Beförderung der Flöße nicht selten die Dampfkraft und erzielt hiermit großen Zeitgewinn und erhebliche Verringerung der Bemannung. Dies Verfahren ist u. a. auf dem Mississippi ausgebildet, woselbst Hinterraddampfer verwendet werden, welche nicht ziehen, sondern schieben. Auf dem Rheine erhalten die Flöße in der Regel einen kleinen Dampfer als Vorspann, das beschleunigt ihre Geschwindigkeit, befördert aber hauptsächlich die Lenkbarkeit des Floßes. Auch Ketten-schlepper sind für die Flößerei bereits zur Verwendung gekommen, beispielsweise auf der Brahe.²⁵⁾ In Kanada hat man Versuche mit überseeischer Holzflößerei angestellt.

²⁴⁾ Hierüber und wegen mancherlei Einzelheiten betreffs der Zusammensetzung der Flöße, auch betreffs der Lenkvorrichtungen, der Vorkehrungen zum Mäßigen der Geschwindigkeit u. s. w. siehe Hagen, Wasserbaukunst II. Teil, 2. Bd. S. 490. — Jägerschmid, Handbuch für Holztransport und Flößwesen, 2. Bd. — Lagrené, Navigation intérieure, II. Bd. S. 11.

²⁵⁾ Mitteilungen des Zentralvereins vom 19. Jan. 1887. — Über Beförderung der Flöße sind ferner zu vergleichen: Dampfflößerei. Das Schiff 1883, S. 106. — Flößerei und Schifffahrt auf dem Mississippi. Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 279. — Das Flößen des Holzes auf schwedischen Seen. Dasselbst 1886, S. 400.

Über eine derartige Flößerei zwischen der Mündung des Columbia-Stromes und San Franzisko berichtet Suppán in „Wasserstraßen und Binnenschifffahrt“, S. 222.

In neuerer Zeit hat die durch die Eisenbahnen hervorgerufene Umgestaltung der Verkehrsverhältnisse einen erheblichen Einfluss auf die Ausdehnung der Flößerei ausgeübt; sie ist stellenweise zurückgegangen, während sie sich an anderen Orten gehoben hat, ihr fällt aber noch heute ein ansehnlicher Teil des Wasserverkehrs zu, namentlich im östlichen Deutschland.²⁶⁾

Die Kanalisierung der Flüsse schädigt die Flößerei in empfindlicher Weise, weil in den Haltungen die Geschwindigkeit treibender Flöße nicht selten außerordentlich klein wird. Unter Umständen müssen deshalb die Flöße in den Strecken, welche dem Wehrstau unterworfen sind, geschleppt werden; bei kurzen Haltungen kann es sogar zweckmäßig sein, auf das Flößen zu verzichten und das Holz in Kähnen zu befördern. Die hierbei sich ergebenden Fragen hat Ebner sorgfältig untersucht²⁷⁾ und zwar zunächst für die Kanalisierung der böhmischen Elbe bis Melnik und der Moldau von Melnik bis Prag. Seine ausführlichen Mitteilungen gipfeln in dem Vergleich der Fahrdauer und der Kosten für 1000 cbm Holz bei verschiedenen Transportarten (freie Fahrt der Flöße, stellenweises Schleppen derselben durch einen Dampfer, Beförderung in Kähnen). Das Ergebnis ist, dass man im vorliegenden Falle die Verladung des Holzes in Kähne ernstlich zu erwägen hat. Bei der gleichfalls untersuchten Kanalisierung der Moldau von Prag bis Budweis gestaltet sich die Kostenberechnung noch ungünstiger für die Flößerei. — Man vergleiche hierzu die Angaben über die vorerwähnten Kanalisierungen im Kapitel III.

§ 7. Flößereianlagen. Ein Bach oder Fluss, in welchem ohne besondere Vorkehrungen gefloßt werden soll, muß eine angemessene Wassertiefe haben. Bretterflöße von der oben beschriebenen Anordnung können schon bei 0,25 m Wassertiefe fahren, bei 0,5 m Tiefe geht das Flößen ohne Beschwerde vor sich, die zweckmäßigste Tiefe für das Triften wird zu 0,6 bis 0,9 m angegeben. Bei Floßkanälen sind geringere Wassertiefen ausreichend. Die Anforderungen, welche in Betreff der Breite, der Richtung und des Längenprofils der zum Triften und Flößen benutzten Wasserläufe zu stellen sind, ergeben sich, wenn man sich vergegenwärtigt, wie diese Arbeiten von statten gehen.

Die genannten Wassertiefen finden sich nun an vielen Stellen, woselbst gefloßt werden soll, nicht oder zum wenigsten nicht dauernd. Hieraus ergibt sich das Bedürfnis von Stauwerken, hinter denen die erforderlichen Wassermengen aufgesammelt werden. Ferner sind im Anschluß an die zur Gewinnung von Wasserkraft angelegten Wehre Floßdurchlässe (Floßgassen) erforderlich, sodann — insbesondere für die Zwecke des Triftens — Leitwerke, welche dem Trifft Holz den richtigen Weg anweisen; endlich sind die Vorrichtungen zum Landen des Holzes und die Floßhäfen zu erwähnen. Hiermit sind jedoch nur die Anlagen bezeichnet, welche der Flößerei eigentümlich sind. Hand in Hand mit ihnen gehen einerseits allerlei Vorkehrungen zum Schutz der Ufer der Floßstraßen und zur Herstellung regelmäßiger Begrenzungen derselben, andererseits die Erbauung verschiedenartiger Gräben, Kanäle und sonstiger Vorrichtungen, welche teilweise zum Transport der Hölzer an die Ausgangspunkte der Flößerei benutzt werden

²⁶⁾ Für die Flößerei auf dem Rhein vergl. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 273.

²⁷⁾ Floßschleppversuche in der kanalisiertem Moldaustrecke bei Prag. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 595.

(sogenannte Riesen), zum Teil aber zur Umgehung schwieriger Stellen der Flossstraßen und zur Bewirtschaftung der Vorratsplätze dienen.³⁶⁾

Die Flosskanäle sind mitunter recht ansehnliche Bauwerke. Ein Beispiel ist der Fürstlich Schwarzenbergische Holzschwemmkanal im Böhmerwalde, über den Ebner a. a. O. S. 616 ausführlich berichtet. Dieser Kanal hat 44,3 km Länge und 137 m Fall; sein trapezförmiger Querschnitt ist bei 0,8 m Tiefe unten 2,2 m und oben 2,5 m breit.

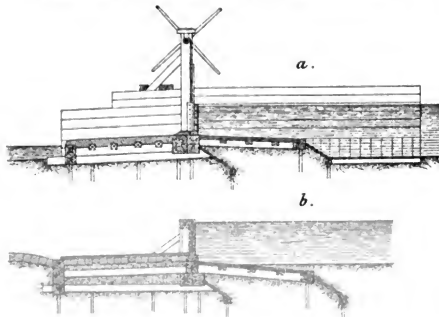
Die Stauwerke, welche die zum Flößen erforderlichen Wassermengen sammeln, zerfallen in Wasserstuben und Klausen. Früher hat man, namentlich für die Zwecke des Triftens, auch sogenannte Keuter, das sind Abdammungen aus Stangen, Faschinen, Moos und Erde hergestellt, um Wasser zur Fortschwemmung des Holzes zu sammeln und hat diese Abdammungen durchstochen, wenn das Fortschwemmen stattfinden sollte.

Wasserstuben. Dieselben werden durch abgestrebte Wände von mässiiger Höhe gebildet, welche in der Mitte einen verschließbaren Einschnitt, also eine Flossgasse, haben. Jene Wände sind ganz oder teilweise so eingerichtet, daß sie sich nach Beendigung des Flossgeschäftes beseitigen lassen. Eine bewährte Anordnung ist in Abb. 6 dargestellt.³⁷⁾ Nachdem hinter dem Werke Wasser in ausreichender Menge angesammelt ist, wird durch Heben des Schützes der Flossgasse ein kräftiger, aber rasch verlaufender Strom erzeugt, welcher das Holz mit sich fortführt.

Abb. 6. Wasserstube. M. 0,01.

a Schnitt durch die Flossgasse.

b Schnitt durch die Brustwand.



Heben des Schützes der Flossgasse ein kräftiger, aber rasch verlaufender Strom erzeugt, welcher das Holz mit sich fortführt.

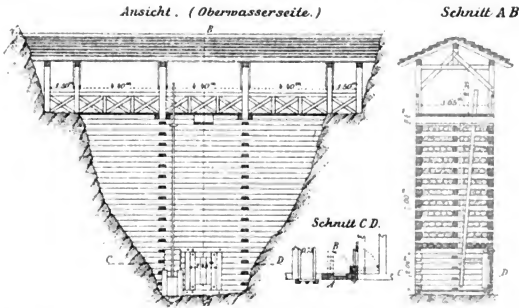
Klausen. Die in manchen Gegenden üblichen Klausen sind starke, den unteren Teil einer Schlucht durchquerende Dämme oder Mauern, in welchen verschiedene Öffnungen angebracht sind, sie gehören also zu den nicht überströmten Stauwerken. Der

Raum, auf welchem sich das durch die Klausen aufgestaute Wasser ausbreitet, wird der Klausenhof genannt. Die Abb. 7 zeigt die Anordnung einer älteren, im wesentlichen aus Holz hergestellten, im Innern mit Steinen beschwerten Stauwand; in neuerer Zeit werden Staumauern bevorzugt. Eigentümlich und als Vorläufer der heutigen Spültore beachtenswert sind die „Schlagtoore“, mit denen die zur „Wässerung“ dienenden Öffnungen der

³⁶⁾ Literatur betr. Flößereianlagen: Jägerschmid, Handbuch für Holztransport und Flosswesen (Karlsruhe 1828), 2. Bd. — Schaffer, Abhandlungen aus dem Gebiete des Wasser- und Straßenbanes (Wien 1867). — Nagel u. Kaemp, Wehranlage mit Trommelschütz im Main bei Schweinfurt. Deutsche Bauz. 1878, No. 52. — Steiner, Studien über ausgeführte Ingenieurbauwerke (Prag 1879). — Mazoyer, Du flottage à buches perdues dans la région du Morvan. Ann. des ponts et chaussées 1891, II. S. 221—260.

³⁷⁾ Näheres s. Rheinhard, Beschreibung einer Wasserstube und einer Flossgasse. Zeitschr. f. Bauk. 1880, S. 363.

Abb. 7. Wachbach-Klausen bei Baierischzell. M. 0,004.



Klausen nicht selten verschlossen wurden (s. Abb. 8). Aufser derartigen Toren, welche ein kräftiges Fahrwasser erzeugen, werden indessen auch „Hebetore“ (Schützen) verwendet, namentlich dann, wenn es sich darum handelt, das Fahrwasser der Flöße nur zu verstärken. Die in Abb. 7 dargestellte Stauwand ist mit einem Schlagtore und mit einem Hebetore ausgerüstet.

Abb. 8. Schlagtor.



Floßdurchlässe (Floßgassen). Die mit Mühlenanlagen in Verbindung stehenden Wehre gestatten die Fahrt der Flöße nicht ohne weiteres. Es ist vielmehr erforderlich, in den Wehren einen mit einer beweglichen Vorrichtung versehenen Einschnitt herzustellen, dessen Abfallboden eine mäfsige Neigung hat, also auch hier einen Floßdurchlaß zu erbauen. Derselbe sollte sich tunlichst in der Richtung der Floßfahrt befinden; man findet aber auch ungünstigere, durch Eigentumsverhältnisse und alte Berechtigungen bedingte Lagen. Die Weite des Durchlasses und die Tiefe des Fachbaums ergeben sich aus den ortsüblichen Abmessungen der Flöße, das Neigungsverhältnis des Abfallbodens ist sehr verschieden, weil hierbei die örtlichen Verhältnisse und die für die Floßfahrt zur Verfügung stehende Wassermenge in Betracht kommen. Zwei große Floßdurchlässe bei München haben 3⁰/₁₀₀, bzw. eine von 4⁰/₁₀₀ bis 1⁰/₁₀₀ allmählich abnehmende Neigung.

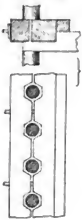
Als Verschlussvorrichtungen werden in der Regel hölzerne Schützen verwendet, welche so hoch gehoben werden, daß die auf dem Floße befindliche Mannschaft nicht gefährdet wird. Es kommen aber auch Wippen (ähnlich den bei alten Ziehbrunnen gebräuchlichen) vor, mit welchen dann die Öffnung ganz freigelegt werden kann. Über Verbesserungen, welche in neuerer Zeit an den Schützenverschlüssen durch eiserne Gestelle und Verwendung des Eisens zu sonstigen Hauptteilen erzielt worden sind, ist die untenbezeichnete Mitteilung zu vergleichen.⁴⁰⁾ Vollkommener sind die mit Trommelwehren ausgerüsteten Floßdurchlässe, welche man in neuerer Zeit bei großen Licht-

⁴⁰⁾ Rheinhard, Eiserne Aufzugsvorrichtung für Floßgassen. Wochenbl. f. Bauk. 1886, S. 208.

weiten nicht selten ausgeführt hat. Über die Trommelwehre wird im III. Kapitel dieses Bandes mehr gesagt; daselbst sollen auch die in neuester Zeit erfundenen Walzenwehre und ihre Anwendung bei Flosdurchlässen besprochen werden.

Leitrechen. An Stellen, woselbst Mühlgräben oder Floskanäle mit dem Flusse in Verbindung stehen, muß dem Trifft Holz der Weg in den Arm versperrt werden, welchen es vermeiden soll. Hierzu dienen zeitweilige „Holzfänge“ verschiedener Art, namentlich aber die Leitreechen (Trifftreechen).

Abb. 9.
Rechen-
spindeln.



Die Rechen bestehen aus 12 bis 15 cm starken, in Abständen von etwa 30 cm aufgestellten Rundhölzern, den sogenannten Spindeln, welche in der durch Abb. 9 angedeuteten oder in sonst geeigneter Weise oben und unten durch Spindelbäume gestützt werden. Damit die Spindeln beim Beginn des Triftens eingesetzt und nachher wieder entfernt werden können, müssen die Rechen durch einen Triftsteg *T* (Abb. 10 u. 11) zugänglich gemacht werden. In dem dargestellten Falle steht der Rechen mit einem Wehre in Verbindung, welches eine schiefe Richtung gegen den Flußlauf hat.

Zur Erläuterung der Zeichnung sei bemerkt, daß hier aus dem Flusse ein Floskanal *S* abzweigt, von welchem die Sinkstoffe möglichst fern gehalten werden sollen. Zu diesem Zweck sind unterhalb einer mit *O* bezeichneten Vertiefung für gröbere Geschiebe sogenannte Sandgitter angebracht; die unter ihnen befindlichen Räume entwässern durch Grundablässe in das Unterwasser des Flusses. Über ihnen befinden sich Dammbalkenwehre zur Regulierung des Oberwassers bei Hochwassern. *U* ist die Überdachung derselben. Näheres s. Pechmann, Praktische Anleitung zum Flußbau, II. Bd. S. 32.

Abb. 10 u. 11. Triftsteg.

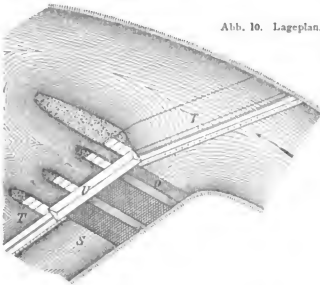


Abb. 10. Lageplan.

Wenn das Wehr in normaler Richtung angelegt ist, so muß doch für den Rechen eine schiefe Lage gewählt werden, weil andernfalls das Holz vor demselben sich ansammeln würde. In diesem Falle sind sogenannte Jochreechen zu erbauen, d. h. es sind für die Spindelbäume Stützpunkte durch hülzerne Jochs zu schaffen (Abb. 12). Unter Umständen verwendet man mit Ketten gekuppelte schwimmende Baumstämme statt der Rechen.

Abb. 11. Querschnitt.

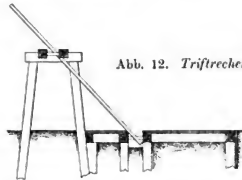
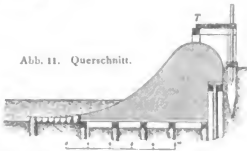


Abb. 12. Trifftreechen.

Triftstrafe müssen die Hölzer gesammelt und aufgestapelt werden. Man stellt deshalb Leitreechen her, welche das Holz nach dem mit einem Netze von Floskanälen, oft auch mit Fahrwegen versehenen Lagerplätze weisen. Durch geeignete Handhabung von Schützen und von kleinen Rechen wird das Holz bald in diesem, bald in jenem Kanal geleitet, um dann auf das Land gezogen und aufgestapelt zu werden. Bei größerem Betriebe

stehen die Holzplätze mit einer Art Hafenbecken (dem Rechenhofe) in Verbindung. Das obere Ende desselben schließt sich an die Flossstraße an, während das untere Ende durch einen „Hauptrechen“ abgeschlossen ist. Ein Beispiel dieser Art zeigen die Abb. 13 bis 15.

In Abb. 13 bezeichnet *A* den Leitreehen und *D* die sogenannte Rechenbrust. Der Rechenhof ist mit Mauerwerk eingefasst, welches sich dem durch den Hauptrechen erzeugten Stau entsprechend über das benachbarte Gelände erhebt. In den Mauern sind Einschnitte angebracht, welche durch Dammbalken verschließbar sind und zum Ausbringen des Holzes dienen. Die Rechenbrust setzt sich aus einem Fangreehen und aus einer dahinter befindlichen Holzwand, in welcher zwei Schlag- und drei Hebetore angebracht sind, zusammen (Abb. 14 u. 15). Der mit Holz und Wasser angefüllte Rechenhof wird durch Öffnen der Tore von letzterem nach Bedarf befreit, worauf das Holz durch die oben erwähnten Mauersehlitz nach den Holzplätzen geschafft wird.

Bei diesen und den sonstigen für das Triften und Flößen dienenden Anlagen gewinnt behufs Verminderung der Unterhaltungskosten der Massivbau mehr und mehr Raum; früher wurden dieselben unter einem bedeutenden Aufwande von Holzgebaut. Behufs Herstellung von Hauptfängen errichtete man beispielsweise in Abständen von 6 bis 10 m und in einer hufeisenförmig gestalteten Linie eine Anzahl Pfeiler oder starker hölzerner Joche, legte Streckbäume von Pfeiler zu Pfeiler und lehnte gegen dieselben die sogenannten Esel (Abb. 16). Derartige kostspielige Bauten werden heutzutage nicht mehr neu hergestellt, immerhin ist in den Gebirgsgegenden Österreichs und Bayerns, in der Schweiz, auch im Schwarzwalde eine große Anzahl der in obigem beschriebenen Anlagen zum Triften und Flößen des Holzes und unter ihnen nicht wenige von bedeutender Ausdehnung zu unterhalten. Manche derselben verfallen jedoch und zwar namentlich in den Gegenden, woselbst die Unterhaltung der Anlagen Gesellschaften von Flößern obliegt, welche heutigentages bei den Reparaturkosten ihre Rechnung nicht mehr finden.

Abb. 13, 14 u. 15.

Hauptfang mit Triftrechen bei Weissenbach.

Abb. 13. Lageplan.

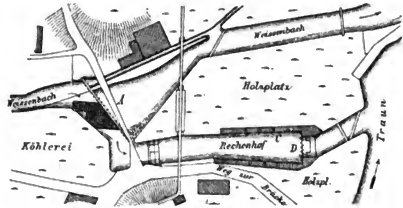
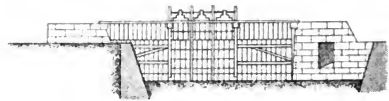
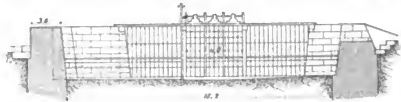
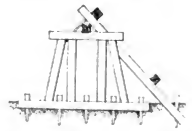
Abb. 14. Oberwasser- und Unterwasserseite der Rechenbrust *D*. M. 0,002.Abb. 15. Ansicht bei *C*.

Abb. 16. Hauptfang.



Unter den Ländern, in welchen die Flößerei von besonderer Bedeutung und hoch entwickelt ist, nehmen Schweden und Norwegen eine der ersten Stellen ein. Weil die dortige, fast ein Vierteljahr andauernde Schnee- und Frostzeit ziemlich gleichförmig und beständig ist, findet sich eine gute Gelegenheit, Massen von Hölzern auf Schlitten nach geeigneten Lagerplätzen zu bringen, und bei der Verarbeitung des geflösten Holzes stehen in den eisfreien Bächen und Flüssen infolge ihres starken Gefälles unerschöpfliche Wasserkräfte zur Verfügung.

Von Einzelheiten der großartigen Flößereianlagen Skandinaviens ist aus Reiseberichten einiges bekannt. Beispielsweise sei hier die hölzerne Flofkanalbrücke erwähnt, welche bei Hafslund über eine Ausbuchtung des Glommen, des größten Flusses Norwegens, erbaut ist. Die beiden Hauptöffnungen dieser langen Brücke haben Lavesche (Fischbauch-)Träger von 25 m Stützweite, deren tiefster Punkt 12 m über dem mittleren Wasserstande des Flusses liegt.⁴¹⁾ Auf dem Glommen ist die Flößerei so bedeutend, dafs es der Mühe wert gewesen ist, einen etwa 23 m hohen Wasserfall mit einem Flofkanal zu umgeben und eine Maschine zu erbauen, welche die in wilder Flößerei ankommenden Stämme zu Flößen vereinigt, die in der Regel aus sieben Schichten kreuzweise übereinanderliegender Stämme bestehen. Für die Einzelheiten dieser eigenartigen Maschine und für sonstige hierher gehörige Flößereianlagen sei auf die unten vermerkten Mitteilungen verwiesen.⁴²⁾

Flofshäfen. Schliesslich sind noch die Flofshäfen zu erwähnen. Dieselben dienen teils als Sicherheitshäfen, teils werden sie benutzt, um gröfsere Flöße aus kleineren herzustellen, ferner aber auch, um das Holz zu landen, wenn dasselbe den Landstrassen oder den Eisenbahnen zugeführt werden soll. Die Anlage der Flofshäfen ist aber von der Anlage der sonstigen Flufshäfen, von welchen an anderer Stelle die Rede sein wird, nicht so sehr verschieden, dafs eine eingehende Besprechung an dieser Stelle angezeigt wäre. Es genügt zu bemerken, dafs bei geeigneter Örtlichkeit aufser der stromabwärts liegenden Hafenmündung auch am oberen Ende des Hafens eine Einfahrt angelegt wird. Dies ist beispielsweise bei dem in neuerer Zeit zu einem Industriehafen erweiterten Mannheimer Flofshafen der Fall, woselbst sich in jener Einfahrt ein Flofsdurchlaf von ansehnlicher Lichtweite befindet. Auch der Flofshafen bei Kostheim unfern Mainz hat eine obere Einfahrt; diese ist mit einem eisernen Drehtore ausgerüstet, dessen wagerechte Achse an der unteren Kante liegt. Zeichnungen der Flofshäfen bei Kostheim und Mannheim findet man in der 3. Aufl. dieses Werks (Kap. XI, Taf. XVII und XVIII).

In den Flofshäfen erblicken wir die Vorläufer der Häfen für Flufsschiffe und die Flößereianlagen sind überhaupt bedeutsam für die geschichtliche Entwicklung vieler Wasserbauten des Binnenlandes. Den Flofsdurchlässen folgten die neben Wehren erbauten Schiffsdurchlässe, welche selbst bei ansehnlichen, bis 7 m betragenden Weiten gleichfalls mit Schütztafeln geschlossen wurden. Geneigte Vor- und Abfallböden sind den Flofsgassen und den Schiffsdurchlässen gemeinsam. Von letzteren gelangte man

⁴¹⁾ Aquadukt bei Hafslund in Norwegen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1870, S. 417.

⁴²⁾ John, Die Flößereianlagen in Glommen unterhalb des Sarpafos bei Greaker in Norwegen. Zentrabl. d. Bauverw. 1890, S. 470. — Zöllner, Über Bauten zum Flößen des Holzes in schwedischen Bächen. Zentrabl. d. Bauverw. 1882, S. 156. — Derselbe. Bauten zum Flößen des Holzes in schwedischen Flüssen. Dasselbst 1885, S. 152. — Derselbe. Vorrichtungen zur Beförderung des Flofholzes auf dem Holzschneidewerk Borregaard in Norwegen. Dasselbst 1885, S. 317.

zu den schiffbaren Stauschleusen, die mit einem im großen und ganzen wagerechten Boden in kleinen Flüssen als selbständige Bauwerke hergestellt wurden, um die Schifffahrt zu befördern. Dabei wurden dann alsbald zum Verschluss der Öffnungen Torgerippe verwendet, deren freie Stellen mit Schützen verschlossen wurden, und als zwei derartige, aber mit dicht verkleideten Toren versehene Stauschleusen in mäsigem Abstände erbaut wurden, entstand die Kammerschleuse.

Die zeitweiligen kleinen Ansammlungen von Wasser, welche durch die oben erwähnten Keuter bewirkt wurden, können als die Anfänge der Teiche betrachtet werden, deren man im Laufe der Zeit durch Anlage von Dämmen viele Tausende als Fischteiche, Feuerteiche u. s. w. hergestellt hat, und die Klausenhöfe sind nichts anderes, als große Sammelteiche. Aus ihren anfangs rohen Abschlussmauern haben die neuen sorgfältig konstruierten Talsperren sich nach und nach entwickelt.

Dafs die Floßkanäle zu den Vorläufern der Schifffahrtskanäle gehören und dafs die ersten Regelungen der Ufer fließender Gewässer behufs Beförderung der Flößerei beschafft sind, ist bei anderer Gelegenheit bereits erwähnt.

C. Binnenschifffahrt.

Bei allen Verkehrswegen besteht eine Wechselwirkung zwischen der Strafe, den Fahrzeugen und den zu ihrer Fortbewegung dienenden Hilfsmitteln; bald ist es die Strafe, welche die letzteren und die Fahrzeuge beeinflusst, bald findet das Umgekehrte statt. Es ist deshalb erforderlich, von den Fahrzeugen der Wasserstraßen und ihrer Beförderung insoweit zu sprechen, als die Beziehungen zwischen ihnen und den wasserbaulichen Anlagen von Bedeutung sind. Eine ausführliche Besprechung der Binnenschifffahrt findet man in: Suppán, „Wasserstraßen und Binnenschifffahrt“, Berlin 1902.

§ 8. Flufs- und Kanalschiffe.⁴³⁾ Schifffahrtskosten. Die auf Flüssen und Kanälen benutzten Fahrzeuge sind Schiffe im weiterem Sinne des Wortes, der Seemann aber pflegt unter „Schiff“ ein seetüchtiges Fahrzeug zu verstehen. Genauer ist es, die Fahrzeuge, welche zur Vermittelung des Personenverkehrs dienen, „Boote“ und „Nachen“, diejenigen für den Güterverkehr Kähne oder Frachtschiffe zu nennen. Nachen und Boote fallen nicht in den Rahmen der zunächst folgenden Besprechungen; es handelt sich somit hier um die Fahrzeuge, welche dem Güterverkehr dienen. Je nach Bauart und Ausstattung haben die Kähne auf den verschiedenen Flüssen mannigfaltige Namen, deren Aufzählung aber zu weit führen würde. Beispielsweise sei erwähnt, dafs man die flachen, offenen, namentlich beim Baggern gebrauchten Fahrzeuge Prahme zu nennen pflegt.

⁴³⁾ Bellingrath, Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes (Berlin 1879). Angaben über örtliche Benennungen der Fahrzeuge auf den deutschen Wasserstraßen, deren Größe und Bauart s. Statistik des deutschen Reiches, VII. Band. — Schlichting, Die zweckmäßigste Konstruktion der Binnenschiffe auf den verschiedenen deutschen Gewässern. Mitteilungen des Zentralvereins 1881, 18. Mai. — Donaukähne: Simring, Gamsen, Köhammer, Tiroler Plätten. Deutsche Bauz. 1885, S. 95. — „Welches sind die geeignetsten Fahrzeuge und deren Fortbewegungsmittel auf den dem großen Verkehr dienenden Wasserstraßen?“ Schifffahrts-Kongress Frankfurt a. M. 1888. Weber von Ebenhof, a. a. O. S. 61. — Querschnitt eines Normalkahns. Mitteilungen des Zentralvereins 1888, 11. April (Anlage). — Neue Bauart eines Frachtschiffes für die Elbe. Das Schiff 1892, S. 557. — Neuerungen im Bau von Binnenschiffen. Das Schiff 1893, S. 106. — Das Material für Binnenschifffahrt in Belgien. Ann. des travaux publ. de Belgique 1901, S. 483.

Die heutigen Kähne haben sich aus den unvollkommenen, in § 1 besprochenen Fahrzeugen entwickelt, welche nur für die Talfahrt benutzt und am Bestimmungsorte verkauft werden. Ihre Gestaltung und Konstruktion hat sich mit der Verbesserung der Wasserstraßen mehr und mehr vervollkommenet. Ein nicht geregelter Fluß bedingt einen starken und schweren Bau der Fahrzeuge, unter Umständen die Anwendung eines doppelten Bodens und veranlaßt die Wahl beschränkter Abmessungen. Eine folgenreichere Erscheinung: die fortwährende Zunahme der Abmessungen und somit der Tragfähigkeit der Flussschiffe ist größtenteils eine Folge der Flußregelungen. Auf die Größe der Kähne haben aber noch andere Umstände Einfluß, sie ist auch durch die zu ihrer Beförderung dienenden Mittel bedingt, und namentlich durch die Einführung der Dampfkraft erheblich gesteigert. Ferner spielt die Art des Verkehrs eine Rolle. „Es wäre beispielsweise zwecklos, Schleppkähne von 1000 t Tragfähigkeit auf der mittleren und oberen Donau in Betrieb zu bringen, wenn erfahrungsgemäß die Kaufmannschaft zumeist 500 und nur in seltenen Fällen 600 Tonnen Getreide auf einmal aufbringt.“ Für Torf und andere sperrige Gegenstände eignen sich Kähne von mäßiger Größe. Endlich kommen auch die Entfernungen in Betracht, indem im Nahverkehr mehr kleine, im Fernverkehr vorzugsweise größere Kähne Verwendung finden.

Bauart. Benennungen. Baustoffe. Die Kähne haben stets einen flachen Boden, ihre Seitenwände (Borde) sind im wesentlichen parallel und lotrecht und man erblickt, nach der Fahrrichtung sehend, links das Backbord, rechts das Steuerbord. Bei älteren hölzernen Kähnen hat der untere Teil der Borde eine „Lehnung“ (Abb. 2 u. 7, Taf. II). In der Regel erhalten die Kähne in der Mitte eine Verdachung (Abb. 3, 4 u. 7, Taf. II). Der Vorderteil des Kahns (der Bug) und der Hinterteil desselben (das Heck) sind stets überdeckt und dienen dem Schiffer bzw. der Mannschaft zu Kajüten, auch zur Aufbewahrung von Gerätschaften. Falls der Bug kantig endigt (Abb. 4, Taf. II), sind sogenannte Steven vorhanden. Bei Seeschiffen sind die Steven Verlängerungen des Rückrats des Schiffes, des Kiels, Flussschiffe haben einen solchen nicht, aber stets Spanten, d. h. Rippen, wie jene. In der Mitte befindet sich der Hauptspant oder Nullspant. Die Spanten tragen bei Holzschiffen die Beplankung oder Bekleidung, bei Eisenschiffen die Aufsenhaut.

Von den Ausrüstungsgegenständen sind die Maste zu erwähnen, welche des Segelns wegen bei Flussschiffen früher sehr lang und stark waren (die sogenannten Spretmaste bei 150 t tragenden Elbkähnen hatten beispielsweise 36 m Länge). In neuerer Zeit sind die Längen der Masten erheblich verringert; bei neueren Oderkähnen haben dieselben z. B. 13 m Länge.

An dieser Stelle mögen die Mastenkrane (Mastenrichter) als ein Beispiel der Beziehungen zwischen den Fahrzeugen und den baulichen Anlagen erwähnt werden. Dieselben wurden hergestellt, um beim Beginn und am Ende der Fahrt, namentlich aber vor dem Durchfahren von festen Brücken mit tiefliegenden Trägern die Maste niederzulassen und wieder aufzurichten, falls die Schiffe hierfür nicht eingerichtet waren. Wegen der Einzelheiten ist auf die unten vermerkten Mitteilungen zu verweisen.⁴⁴⁾ Mit Verringerung der Höhe der Masten und der allgemeineren Einführung umlegbarer haben die Mastenkrane ihre Bedeutung vielerorts verloren; sie sind jedoch vielleicht noch nicht ganz verschwunden.

Die Linie, in welcher bei einem regelrecht und vollbeladenen Schiffe der Wasserspiegel die Mantelfläche schneidet, nennt man die oberste oder Konstruktions-Wasserlinie; der größte lotrechte Abstand zwischen der Ebene dieser Linie und der

⁴⁴⁾ Die Schiffahrtseinrichtungen an den Oderbrücken zu Dyrenfurth, Steinau und Deutsch-Neutkow der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn. Deutsche Bauz. 1876, S. 283.

Unterkante des Schiffes ist der größte Tiefgang oder die Tauchung desselben. In der genannten Ebene werden auch die Breite b und die Länge l des Schiffes gemessen; genauer nennt man die letztere die Länge zwischen den Loten. Die ganz oben gemessene, volle Länge ist „Die Länge über alles“.

Abb. 1 u. 2, Taf. III geben Beispiele für die zeichnerische Darstellung der äußeren Begrenzungen eines Schiffes. Eine kurze Erläuterung findet man in den Elementen des Wasserbaues, S. 233, ausführlich ist dieser Gegenstand im XVI. Kapitel der 3. Auflage dieses Werkes besprochen. Jene Abbildungen zeigen auch die übliche Höhenlage der Bordkanten am Bug und am Heck.

Viele Fluß- und Kanalschiffe bestehen zur Zeit noch aus Holz. Die fichtenen oder kiefern Bohlen (Planken) des Bodens liegen nach der Längsrichtung des Schiffes, und bei größeren Fahrzeugen liegen quer über ihnen die eichenen Bänke oder Bodenträger (Abb. 4^a, Taf. II). An letzteren sind die Spanten befestigt, welche ihrerseits die Bordplanken stützen. Bei großen Kähnen werden einzelne sogenannte Duchten d eingebaut (Abb. 7, Taf. II), welche die auf die Borde einwirkenden seitlichen Pressungen aufnehmen. Holzschiffe haben aber u. a. den Übelstand, daß ihr Boden eine unregelmäßige und wechselnde Form hat, denn die Bodenkonstruktion ist wenig widerstandsfähig gegen Vertikalkräfte, auch die Seitenwände sind nicht sehr steif. Das beladene Schiff schlägt sich deshalb nach unten durch; wenn dasselbe aber leer ist, sind Vorder- und Hinterteil stärker belastet, als die Mitte und es zeigt sich eine kleine Durchbiegung nach oben. Die Durchbiegungen betragen je nach der Schiffslänge 30 bis 40 cm, bei älteren Schiffen bis 60 cm. Eiserner Schiffe haben diesen Übelstand bei weitem nicht in solchem Maße; die Durchbiegung beträgt bei guter Bauart auf 60 m Länge hier nur 4 bis 10 cm. Diese Durchbiegungen, namentlich die der hölzernen Kähne, dürfen bei dem Entwerfe von Schiffshehewerken nicht unberücksichtigt bleiben.

Das Eisenschiff hat jedoch noch andere Vorteile. Das Eisen ermöglicht einen festeren Verband aller Teile des Schiffes, bei aufmerksamer Wartung gibt es demselben eine bedeutend längere Dauer, die Reparaturen und die damit verbundenen Betriebsstörungen werden eingeschränkt, Querwände (Schotte s. Abb. 11^a u. 12^b, Taf. II) vermehren die Steifigkeit und verringern die Gefahr des Sinkens bei Beschädigungen. Das Eisen bringt auch eine bessere Form der Kähne und eine geringere Reibung mit sich, dazu ist das Eisen unter Umständen ein billigeres Material als Holz.⁴⁵⁾

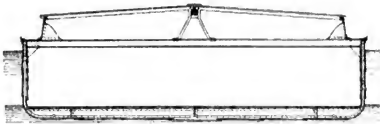
Abb. 17 (S. 34) bringt den Querschnitt eines eisernen Rheinkahns von mittlerer Größe, dessen aus einem Stück bestehende Spanten 0,5 m Abstand haben. Hinsichtlich der Einzelheiten ist auch die Konstruktion der hölzernen Kähne in neuerer Zeit sorgfältig ausgebildet, namentlich seit die vereinigten Transport-Versicherungsgesellschaften in eigenem Interesse hierfür sorgen.⁴⁶⁾

In einigen Gegenden, z. B. auf der Elbe und Oder, findet man auch Kähne, deren Boden einschließlich der untersten Planke im Wege des Mischbaues aus Holz hergestellt ist, während die Seitenwände aus Eisen bestehen (Abb. 8 u. 12, Taf. II). Ob diese Anordnung den Vorzug vor eisernen Böden verdient, ist fraglich. Weserschiffe haben wegen des groben Gerölls des Weserbettes mitunter eine Holzbekleidung unter dem eisernen Boden.

⁴⁵⁾ Vergl. Klepsch, Der Flußschiffbau und seine Ausführung in Eisen, Holz und Komposit-Material. Weimar 1889.

⁴⁶⁾ Vergl. hierzu: Bauvorschriften für Elbe-Fahrzeuge (Riesbordwinkel, Gangborde u. anderes betreffend). Das Schiff 1900, S. 130. — Die Bearbeitung von Normalien für den Bau von Fluß- und Kanalschiffen ist seitens des Zentralvereins für Binnenschifffahrt in Angriff genommen (vergl. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 135).

Abb. 17. M. 1:120.



Abmessungen. Von den Abmessungen der Schiffe ist der Tiefgang bei voller Ladung die wichtigste; er ist von den Wassertiefen der Wasserstraßen abhängig und liegt bei größeren Schiffen zwischen 0,8 m und 2,4 m. Weiteres ist aus einer Tabelle zu entnehmen,

von welcher die unten bezeichnete Abhandlung begleitet ist.⁴⁷⁾ Das Verhältnis des Tiefgangs t zur Breite der Schiffe b liegt hiernach etwa zwischen 1:3 und 1:6, als einen Mittelwert kann man 1:4,5 annehmen. Das Verhältnis der Breite zur Schiffslänge l liegt etwa zwischen 1:5- und 1:9, als Mittelwert kann man $b:l = 1:8$ setzen. Dies ergibt $t:b:l = 1:4,5:36$.

Diese Verhältnisse sind bei Flußschiffen in der Regel andere als bei Kanalschiffen. Die gleichmäßige Wassertiefe der Kanäle und andere Umstände bringen es mit sich, daß die Kanalschiffe im Vergleich mit ihrer Breite gewöhnlich einen größeren Tiefgang haben als die Flußschiffe, so daß bei letzteren $t:b$ im Mittel gleich 1:5,5 angenommen werden kann. Der Tiefgang des unbeladenen Kahnens ist je nach Umständen 25 bis 32 cm.

Ein geringer Tiefgang des leeren Kahnens (Leertiefgang) ist wegen der geringen Fahrtiefen der Flüsse bei niedrigen Wasserständen, wobei immer noch einige Tragfähigkeit vorhanden sein muß, zu erstreben. Auch hierdurch ist es begründet, daß die Flußschiffe vergleichsweise breiter gebaut werden als die Kanalschiffe. Ein Beispiel ist aus der Mitteilung zu entnehmen, welche über einen im Jahre 1889 seitens der preussischen Regierung veranstalteten Wettbewerb um Entwürfe für ein Lastschiff zum Befahren der Oder u. s. w. vorliegt.⁴⁸⁾ Die Fahrinne der Oder bietet bei niedrigen Wasserständen nur eine Fahrtiefe von 1 m. Die preisgekrönten Kähne (Abb. 10 bis 12, Taf. II) haben (ausschließlich der Scheuerleiste) 8 m Breite bei 55 m Länge; ihr Leertiefgang beträgt nicht ganz 30 cm. Bei niedrigen Wasserständen und 15 cm Spielraum zwischen Schiffsboden und Flußsohle können sie noch durchschnittlich 200 t, d. i. die Hälfte der verlangten normalen Tragfähigkeit von 400 t tragen. Wenn die letztere eintritt, haben sie durchschnittlich rund 1,40 m Tiefgang. Hier ist also $t:b:l = 1:5,7:39,9$.

Das Obige betrifft die gewöhnlichen oder normalen Tiefgänge, es kommen aber auch größere nicht selten vor. Bei der Flußschiffahrt ist dies selbst dann lohnend, wenn die Kähne nur ausnahmsweise mit voller Ladung fahren können. Bei großen Rheinkähnen von 1000 t Tragfähigkeit findet man beispielsweise $t = 2,07$ m, $b = 9,2$ m, $l = 69$ m; dies ergibt $t:b:l = 1:3,9:29$. Der normale Tiefgang der neueren 600 t-Kanalkähne ist 1,75 m; ausnahmsweise wird aber ein solcher von 2,0 m zugelassen. Hierüber und über die sogenannten Seeleichter wird weiter unten mehr gesagt werden.

⁴⁷⁾ Schlichting, Die Frachtschiffe auf deutschen Wasserstraßen. Deutsche Bauz. 1881, S. 283. — Sonstige Mitteilungen über Abmessungen der Fluß- und Kanalschiffe: Deutsche Bauz. 1880, S. 472 (Abmessungen der Rheinfrachtschiffe), vergl. auch Das Schiff 1883, S. 457 u. 478. — Denkschrift über die Ströme Memel, Weichsel, Oder, Elbe, Weser und Rhein. Berlin 1888. (Nicht im Buchhandel.) — Jetzige Größen der Flußschiffe. Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 494.

⁴⁸⁾ Wettbewerb um ein Segel- oder Lastschiff zum Befahren der Oder, des Oder-Spree-Kanals und der Spree innerhalb Berlins. Berlin 1893. (Sonderdruck aus der Zeitschr. f. Bauw. 1893.)

Beispielsweise ist die Länge des auf Taf. III, Abb. 1 dargestellten Kahns 65,1 m, die Breite 8,10 m, dies ergibt bei 1,75 m Tiefgang $t : b : l = 1 : 4,63 : 37,2$. (Die Länge über alles ist 66,95 m, die Höhe 2,4 m.)

Einschränkungen des normalen Tiefgangs der Flussskähne lassen sich bei ungenügenden Wasserständen nicht vermeiden und es kommt oft vor, daß dieselben nicht mit voller Ladung fahren können. Angaben über die Anzahl der Tage eines Jahres, wo mit ganzer, dreiviertel, halber und einviertel Schiffsladung gefahren werden konnte, geben den besten Aufschluß über die Schiffbarkeit eines Flusses und über die Möglichkeit, die Tragfähigkeit der Schiffe infolge wechselnder Wasserstände auszunutzen.⁴⁹⁾

Formen. Bei Wahl der Formen der Kähne, insbesondere des Bugs und Hecks, ist zu berücksichtigen, daß ein guter Kahn nicht allein geringe Zugkraft beanspruchen, sondern sich auch leicht steuern lassen soll und zwar unbeschadet seiner Tragfähigkeit, soweit möglich. Auf die Tragfähigkeit hat man früher zu viel Gewicht gelegt und hieraus erklären sich die Formen der älteren hölzernen Kähne (s. Taf. II, Abb. 1 bis 6). Von einigen dieser Kähne wird in Abschnitt D. eingehender die Rede sein, hier soll hervorgehoben werden, wie jene älteren Formen an verschiedenen Stellen Kanten aufweisen. Die Beobachtungen über den Ausfluß und Durchfluß des Wassers haben aber gezeigt, daß Kanten namhafte, Abrundungen dagegen geringe Widerstände mit sich bringen. Man kann also von vornherein annehmen, daß bei einer Form des Bugs, welche keinerlei Kanten, sondern im Grundriß und im Längenschnitt Krümmungen zeigt, also unter anderem bei der sogenannten Löffelform (Taf. II, Abb. 11 und Taf. III, Abb. 1) die Zugkraft vergleichsweise gering sein wird. Diese Form verträgt sich auch gut mit der Anwendung des Eisens und beeinträchtigt die Ladefähigkeit nicht erheblich. Es ist auch nicht unwesentlich, daß das Eisen eine Abrundung der unteren Kanten des mittleren Teils der Schiffe (Halbmesser der Rundung 0,5 bis 0,6 m) mit sich gebracht hat; auch an dieser Stelle wirken scharfe Kanten sehr nachteilig.

Obwohl die Löffelkähne sich gut steuern lassen, sind ihnen in dieser Hinsicht „schärfer“ gebaute Schiffe, d. h. solche mit Steven (Taf. III, Abb. 2) überlegen. Beim Steuern erzeugt der Stofs des das Ruderblatt treffenden Wassers einen Normaldruck (Ruderdruck), welcher, auf die Lager der Ruderspindel übertragen, eine Drehung des Schiffs um den Mittelpunkt seiner Massen bewirkt. Das betreffende Moment wächst mit dem Abstände der Spindel von jenem Mittelpunkte. Es läßt sich aber leicht nachweisen, daß auch der Bug bei der Drehung beteiligt ist, und daß diese durch schnabelförmige Wasserlinien wesentlich befördert wird. Wegen des besseren Steuerns werden deshalb unter anderem auf der Donau die schärfer gebauten Kähne bevorzugt, Löffelkähne aber nicht verwendet. Eine Verminderung der Tragfähigkeit muß man allerdings dabei in den Kauf nehmen.

Die Anforderungen an die Steuerfähigkeit wiegen bei Flussskähnen schwerer als bei Kanalkähnen, aber auch bei letzteren kommt auf leichtes Steuern wegen der weiter unten zu besprechenden Schwierigkeiten beim Begegnen und Überholen der Kähne sehr viel an. Daß bei Wasserstraßen, woselbst Flufs- und Kanalstrecken miteinander abwechseln, Schiffe mit Steven den Vorzug verdienen, haben die Erfahrungen beim Betrieb des Dortmund-Ems-Kanals ergeben.⁵⁰⁾

⁴⁹⁾ Näheres s. Sympher, Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten. Leipzig 1901. Anlage 6, S. 21.

⁵⁰⁾ Hermann, Schiffsfahrtsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1900, S. 401.

Die Schiffe der Binnenseen und diejenigen Fahrzeuge, welche sowohl auf den Wasserstraßen des Binnenlandes, wie auch an den Küsten verkehren (Watt- und Hafl-Fahrzeuge), nähern sich in Form und Bauart den Seeschiffen. Sie haben nicht selten eine größere Tauchung und eine verhältnismäßig geringere Länge, als die besprochenen Fahrzeuge. Die Ausführung langgestreckter Schiffe verbietet sich hier durch die stärkeren Winde, denen sie zu Zeiten ausgesetzt sind. Aus obigem erklärt es sich, daß die Kanäle in Ostfriesland und Oldenburg für mäfsige Schiffslängen eingerichtet werden. So ist beispielsweise der Hunte-Ems-Kanal für Schiffe von 22 m Länge, 5 m Breite und 1,5 m Tauchung bemessen, deren Tragfähigkeit bei zweckmäfsiger Bauart 60 bis 80 t betragen mag. Die Breite der Küstenfahrzeuge, welche auf dem Ems-Jade-Kanal verkehren werden, wird zu 5,6 m, ihre Länge zu 27,6 m angegeben.

Vermessung. Die Vermessung oder Aichung eines Schiffes bezweckt Ermittlung des Gewichts der Ladung bei verschiedenen Tauchtiefen. Da das Gesamtgewicht eines Schiffes dem Gewichte der von ihm verdrängten Wassermenge gleich ist, so ist das Gewicht der Ladung gleich dem Gewichte dieser Wassermenge vermindert um das Gewicht des durch das leere, aber vollständig ausgerüstete und bemannte Schiff verdrängten Wassers. Die Bestimmung des Gewichts der Ladung ist für verschiedene Zwecke des Schiffsbetriebes, insbesondere für die Erhebung der Abgaben wichtig, nicht minder für die Statistik der Schifffahrt; amtliche Bestimmungen über die Schiffsvermessung sind deshalb schon lange getroffen, sie waren aber in den verschiedenen Ländern und selbst in den einzelnen Staaten Deutschlands verschieden. Die Bestrebungen zur Beseitigung der hiermit verbundenen Übelstände, welche sich besonders bei der Elbeschifffahrt fühlbar machten, bewirkten, daß im Juni 1899 vom Reichskanzler eine Aichordnung für die Binnenschifffahrt auf der Elbe erlassen wurde.⁵¹⁾ Mittlerweile war aber zwischen dem Deutschen Reiche, Belgien, Frankreich und den Niederlanden über eine einheitliche Aichordnung verhandelt. Die betreffende Übereinkunft und die Ausführungsbestimmungen für Deutschland stammen aus den Jahren 1898 bzw. 1900 und seitdem besteht eine für die genannten Länder maßgebende Internationale Aichordnung für die Binnenschiffe.⁵²⁾ Im nachstehenden wird einiges daraus mitgeteilt:

Das Aichverfahren beginnt mit der Ermittlung der die Leerebenen begrenzenden Loerlinien. „Dieselben werden durch die Schwimmlage bestimmt, welche das Schiff annimmt, wenn es nichts anderes trägt, als 1. das Takel- und Segelwerk, die Vorräte und die Mannschaften, die zur Führung des Schiffes erforderlich sind; 2. das Wasser, das aus dem Schiffsraum mit den gewöhnlichen Schöpfmitteln nicht zu entfernen ist; 3. wenn es ein Dampfschiff ist, das Wasser, das den Kessel bis zur Normalhöhe füllt.“

Der von der Leerebene und der Ebene der obersten Wasserlinie begrenzte Aichraum wird durch wagerechte Ebenen in Aichschichten von (in der Regel) 10 cm Höhe geteilt. Der Rauminhalt jeder Aichschicht ergibt sich durch Multiplikation ihrer Höhe mit der halben Summe der Flächeninhalte der sie begrenzenden Einsenkungsebenen. — An Schiffen von mehr als 40 m Länge sind an jeder Seite drei Aichskalen in angemessenen Abständen anzubringen. Als Eintauchung gilt das Mittel aus den Angaben, die an allen Aichskalen abgelesen werden (das ist wegen des Durchschlagens der Schiffe, vergl. S. 33, erforderlich). Es folgen dann noch Bestimmungen über die Buchstaben

⁵¹⁾ Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 273 u. 379. Vergl. auch Bericht der Kommission des Zentralvereins für Binnenschifffahrt über die verschiedenartigen Schiffsvermessungen auf der Elbe und den östlichen Wasserstraßen und Vorschläge bezüglich einer einheitlichen Vermessung vom 18. Juni 1888.

⁵²⁾ Das Schiff 1900 (No. 1060), S. 233.

und Nummern, mit denen die Schiffe zu bezeichnen sind, über die Aichplatten, deren unterer Rand die Höhe der grössten zulässigen Eintauchung angibt, über die Aichscheine, in denen unter anderen die Zunahme der Wasserverdrängung von Dezimeter zu Dezimeter oder von Zentimeter zu Zentimeter der Eintauchung verzeichnet wird, u. s. w.

Tragfähigkeit. Die Beladung eines Schiffes bis zur obersten Wasserlinie bildet die Grenze der Tragfähigkeit oder Ladefähigkeit desselben. Nicht selten genügt es, wenn die Tragfähigkeit annähernd angegeben wird, und zu diesem Zweck ermittelt man an ausgeführten oder entworfenen Schiffen das Verhältnis der Wasserverdrängung (des Displacements) V zu dem Inhalte eines geraden vierseitigen Prismas von der Länge l , der Breite b und der Höhe t . Dies gewöhnlich mit δ bezeichnete Verhältnis nennt man den Völligkeitsgrad, genauer den Völligkeitsgrad der Wasserverdrängung. Es ist also

$$V = l \cdot b \cdot t \delta$$

und das Gesamtgewicht des Schiffes

$$P = \gamma \cdot l \cdot b \cdot t \delta$$

oder bei Flussschiffen = $l \cdot b \cdot t \delta$, wenn die Abmessungen in Metern gegeben sind.

Der Völligkeitsgrad bietet einen Mafsstab für die gute Ausnutzung der Hauptabmessungen des Schiffskörpers; es sind jedoch, wie bereits erwähnt, die Anforderungen an Steuerfähigkeit und Beschränkung der Zugkraft zu wahren.

Der Völligkeitsgrad ist bei Kanalkähnen nicht selten gröfser, als bei Fluskähnen. Die Untersuchungen über Oderkähne (vergl. Anm. 48, S. 34) haben zu Völligkeitsgraden von etwa 0,85 geführt und es wird daselbst empfohlen, diesen Wert nicht zu unterschreiten. Andere empfehlen bei gröfseren Kähnen einen Völligkeitsgrad von 0,78 bis 0,80. Bei neueren Ausführungen liegt das δ der Kanal- und Fluskähne zwischen 0,80 und 0,90, ältere Kanalkähne haben erheblich gröfsere δ . Bei obigen Zahlenangaben ist volle Beladung des Schiffes vorausgesetzt, bei eingehenden Untersuchungen werden die Völligkeitsgrade der Wasserverdrängung für verschiedene Tauchtiefen ermittelt (man vergleiche die kleine Tabelle auf Tafel III). Die Bezeichnungen: Völligkeitsgrad der obersten Wasserlinie bezw. des Hauptspants werden ohne weiteres verständlich sein.

Von dem in angegebener Weise ermittelten Gesamtgewicht der Kähne wurden für das Gewicht des durch das leere Schiff verdrängten Wassers früher 25 bis 30% in Anspruch genommen, bei neueren eisernen Kähnen ist die Ausstattung einfacher, bei diesen genügt es, 18 bis 25% anzusetzen und zwar bei grofsen Kähnen weniger, als bei kleinen. Grofse Schiffe sind aber den kleinen auch sonst erheblich überlegen, zunächst bezüglich der erforderlichen Zugkraft, welche gleich dem Widerstande ist, den sie im Wasser finden.

Bei ähnlichen Schiffen wächst die Breite ebenso wie der grösste Tiefgang und die Länge ebenso wie die Breite, der in üblicher Weise berechnete Schiffswiderstand ist somit dem Quadrate und die Wasserverdrängung, also auch die Tragfähigkeit, dem Kubus des Tiefgangs proportional. Bei nicht ähnlichen Schiffen gilt dasselbe wenigstens näherungsweise. Der Widerstand für eine Tonne der Wasserverdrängung

$$w = \frac{\text{Schiffswiderstand } W}{\text{Gewicht der Wasserverdrängung } P}$$

nimmt deshalb bei Vergrößerung der Schiffe sehr kräftig ab und dasselbe ist bezüglich der Zugkraft für eine Tonne der Fall, so lange die Geschwindigkeit sich nicht ändert. Dies ist von grofser Bedeutung, wenn die Zugkraft bezahlt werden mufs.

namentlich also bei der Bergfahrt, der Beförderung mittels Dampf und bei dem Betriebe der Schifffahrtskanäle. Man vergleiche hierzu in Abb. 18 die Kurven der Werte w für Kanalkähne von 250 bis 450 t Wasserverdrängung mit der Kurve für einen Rheinkahn von 1150 t Wasserverdrängung.

Die Kurven für Kanalkähne von etwa 600 t Tragfähigkeit liegen zwischen den vorgenannten. Ein derartiger Kahn, welcher bei 1,75 m Tauchtiefe 815 t Wasserverdrängung hat, erfordert beispielsweise bei 1,4 m Geschwindigkeit 820 kg Zugkraft (vergl. Taf. III, Abb. 7); hier ist $w =$ rund 1,0 kg.

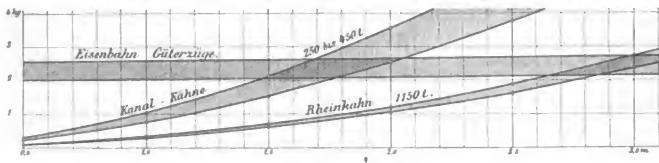
Die größeren Widerstände der Kanalkähne werden jedoch hauptsächlich dadurch veranlaßt, daß sie einen kleineren Wasserquerschnitt vorfinden.

Das vorhin Gesagte gilt mehr oder weniger auch von den sonstigen eigentlichen Schifffahrtskosten. Die Kosten für Bau und Unterhaltung der Fahrzeuge sind größtenteils von der Ausdehnung ihrer Mantelflächen abhängig und diese wächst mit dem Quadrate des Tiefganges. Die Kosten für die Bemannung sind bei neueren großen, mit Dampfkraft beförderten Kähnen sogar geringer als bei älteren kleineren Segelkähnen. Auf der Elbe sollen Fahrzeuge von etwa 150 t Tragfähigkeit früher 6 bis 7 Mann erfordert haben, während jetzt bei 500 t Tragfähigkeit 3 bis 4 Mann genügen.

Im allgemeinen ergibt sich, daß größere Schiffe den kleineren, besonders auf natürlichen Wasserstraßen, welche die Anwendung der Dampfkraft gestatten, weit überlegen sind, und es erklärt sich, weshalb die Schiffer auf Vergrößerung der Fahrtiefen großen Wert legen.

Abb. 18.

Vergleich der Widerstände der Fluß- und Kanalkähne mit den Widerständen der Eisenbahn-Güterzüge.



Es muß aber beachtet werden, daß für namhafte Ersparungen an Zugkraft mäßige Geschwindigkeiten Vorbedingung sind. Bei kleinen Geschwindigkeiten ist der Schiffswiderstand erheblich kleiner als der Widerstand gleich schwerer Eisenbahnfahrzeuge, er erreicht aber denselben bei Kanalkähnen von 250 bis 450 t Wasserverdrängung bereits bei Geschwindigkeiten von etwa 1,5 bis 2 m und überschreitet ihn bei größeren Geschwindigkeiten erheblich. In Abb. 18 ist dies bildlich vorgeführt. Dasselbst sind die Geschwindigkeiten (m/Sek.) als Abszissen aufgetragen, während die Ordinaten die Widerstände w für eine Tonne der bewegten Lasten in kg angeben. Der mit Schrägschraffur versehene Streifen entspricht dem Widerstande der Eisenbahn-Güterzüge, die mit lotrechter Schraffur versehene obere Figur entspricht dem Widerstande jener Kähne. Auch hier zeigt sich der Vorteil großer Fahrzeuge, denn bei dem als Beispiel gewählten großen Rheinkahn wird w erst bei etwa 3 m Geschwindigkeit (d. h. bei 3 m relativer Geschwindigkeit von Schiff und Wasser) größer als das w der Güterzüge, und bei Seeschiffen von einigen Tonnen Tragfähigkeit sind

die Widerstände w selbst bei ziemlich großen Geschwindigkeiten kleiner, als die Widerstände der Güterzüge.⁶⁹⁾

Schiffahrtskosten. Bei eingehenden Untersuchungen über die Schiffahrtskosten darf man nicht übersehen, daß die durchschnittliche Beladung der Schiffe sehr viel geringer zu sein pflegt, als ihre Tragfähigkeit. Man kann annehmen, daß nur etwa 60% der Tragfähigkeit der Schiffe ausgenutzt werden und sagt: der durchschnittliche Lade-Koeffizient sei 0,60.

Für die märkischen Wasserstraßen wurde früher die größte Tragfähigkeit zu 150 t, die Tragfähigkeit der gebräuchlichsten Schiffe zu 125 t angegeben. Dagegen folgt aus Angaben über den Schiffahrtsverkehr im Jahre 1877 für sämtliche Schiffe, welche nach und von Berlin gefahren sind, eine durchschnittliche Tragfähigkeit von etwa 87,5 t und eine durchschnittliche Beladung bei Schiffen nach Berlin von etwa 83,5 t; durch Berlin von etwa 80,5 t, von Berlin von etwa 67 t. Bei der letzten Angabe sind die leer abfahrenden Schiffe, deren Zahl etwa $\frac{1}{5}$ der Gesamtzahl ausmacht, während nach Berlin nur sehr wenige Schiffe leer fahren, nicht berücksichtigt. Tut man dieses, so berechnet sich aus der Tonnenzahl der gefahrenen Lasten und der Tragfähigkeit der Schiffe der Lade-Koeffizient zu 54% der Tragfähigkeit.

Für den Saar-Kohlen-Kanal ist die Tragfähigkeit der größten diese Wasserstraße befahrenden Schiffe 300 t, die durchschnittliche Tragfähigkeit war (im Jahre 1877) 235 t, die durchschnittliche Ladung beladener Schiffe nur 170 t, weil mehr als 83% der den Kanal befahrenden Schiffe wegen der geringen Tiefe des genannten Kanals ihre Tragfähigkeit nicht voll ausnutzen konnten. Das ergibt einen Lade-Koeffizienten von 0,60.

Denselben Koeffizienten legt Sympher seinen auf S. 35 vorläufig erwähnten Untersuchungen über die Transportkosten für grobe Massengüter auf Wasserstraßen zu Grunde, indem er beim Hinfahren volle, beim Zurückfahren aber nur ein Fünftel Beladung ansetzt. Aus diesen Untersuchungen, welche die Anlage 6 der wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten bilden, soll hier einiges mitgeteilt werden; sie sind von großer Tragweite und lassen sich unter anderem auch dazu benutzen, um Schiffahrtskosten und Tragfähigkeit der Kähne miteinander zu vergleichen.

Sympher bespricht zunächst die Kosten beim Betrieb neuerer Kanäle und nimmt an, daß die Massengüter in Zügen befördert werden, welche aus einem Schleppdampfer und zwei Schleppkähnen bestehen. Fahrgeschwindigkeit auf freier Strecke 5 km/Stunde gleich 1,4 m/Sek. Die Zahl der jährlichen eigentlichen Betriebstage in Westdeutschland nimmt er zu 270 (im östlichen Deutschland geringer) an. Auch während der Betriebszeit müssen die Kähne, während sie auf Ladung warten und während des Ladens und Entladens, oft viele Tage lang still liegen; es entstehen also außer den Kosten der Fahrt auch Ruhe- oder Liegekosten. Die letzteren sind auf die Anzahl n der zurückgelegten Kilometer zu verteilen. Die Formel für die Kosten eines Kilometers hat also die Gestalt $\frac{a}{n} + b$. Die durchschnittlichen, Größen für a und b (in Pfennigen) ermittelte Sympher durch sorgfältige Berechnungen für Schiffe von verschiedener Größe und zwar sowohl für Tagesbetrieb, wie für Tages- und Nachtbetrieb. Beispielsweise sind

bei Tagesbetrieb und 270 Betriebstagen

für Schiffe von 300 400 600 1000 t Tragfähigkeit
die durchschnittlichen eigentlichen Schiffahrtskosten für ein Kilometer der Fahrt

$$\frac{70}{n} + 0,47, \quad \frac{70}{n} + 0,41, \quad \frac{70}{n} + 0,33, \quad \frac{70}{n} + 0,28 \text{ Pfennige.}$$

⁶⁹⁾ Näheres s. Sonne, Über den Schiffwiderstand bei Fluß- und Kanalhänen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1887, S. 297.

Hierin sind berücksichtigt: Die Verzinsung und Abschreibung der Anschaffungskosten der Fahrzeuge, die Unterhaltung und Versicherung derselben, die Löhne und die mancherlei Versicherungen der Mannschaft, das Brenn-, Schmier- und Beleuchtungsmaterial, schliesslich die Verwaltungskosten, die Gewerbesteuer und dergleichen.

Bei den Längen der Fahrt sind genau genommen sogenannte Tarif-Kilometer einzuführen, worüber § 3 des II. Kapitels zu vergleichen ist.

Diese Berechnungen sind für einen 1,75 m tiefgehenden 600 t-Kahn an genannter Stelle ausführlich mitgeteilt, auch für gröfsere und kleinere Kähne die wichtigeren Ergebnisse. Die ideellen Tiefgänge für letztere und ähnlich geformte Kähne kann man aus den oben erwähnten Beziehungen zwischen Tiefgang, sonstigen Hauptabmessungen und Tragfähigkeit ermitteln.

Man erhält bei	300	400	1000 t	Tragfähigkeit,
$t =$	1,39	1,53	2,07	m
somit $t^2 =$	1,93	2,34	4,29	

während beim 600 t-Kahn $t = 1,75$ und $t^2 = 3,06$ ist.

Bei der Ausrechnung der Schifffahrtskosten müssen bestimmte Längen n der Fahrten eingeführt werden und als mittleren Wert darf man höchstens 400 km annehmen.⁶⁴⁾ Diesen in obige Formeln einführend erhält man für Kähne von

	300	400	600	1000 t	Tragf.
die eigentlichen Schifffahrtskosten für 1 t/km	0,645	0,585	0,505	0,455	Pf.
ferner unter Berücksichtigung eines Lade-Koeffizienten 0,60					
die Kosten einer Reise	464	562	727	1092	Mark
die entsprechenden Verhältniszahlen sind	1	1,21	1,57	2,35	
die Verhältniszahlen der Quadrate der Tiefgänge sind aber	1	1,21	1,60	2,22	
und die der Tragfähigkeiten	1	1,33	2,00	3,33	

Das Ergebnis ist, dafs bei der angenommenen mittleren Transportweite und ähnlichen Schiffen die eigentlichen Schifffahrtskosten ziemlich genau mit dem Quadrate des Tiefgangs wachsen, während die Tragfähigkeiten, welche die Einnahmen bedingen, mit dem Kubus des Tiefgangs zunehmen.

Aus den oben angegebenen Formeln folgt auch, in welchem Grade kleine Transportweiten die eigentlichen Schifffahrtskosten steigern, während sie mit Zunahme der Transportweiten mehr und mehr abnehmen. Beispielsweise erhält man aus $\frac{70}{n} + 0,3\frac{1}{2}$ für den 600 t-Kahn unter den oben angegebenen Umständen:

bei	200	400	800	1000 km	Transportweite	
die eigentlichen Schifffahrtskosten eines tkm	zu	0,680	0,505	0,446	0,417	0,400 Pfennige.

Man darf aber nicht übersehen, dafs bei der Schifffahrt ausser den im vorstehenden berücksichtigten, mancherlei andere Ausgaben erwachsen, nämlich die Kosten für das Laden und Entladen, die Ausgaben für Hafengebühren, Versicherung der Ladung u. s. w.

⁶⁴⁾ Nach Schwabe (s. a. O. S. 142) waren die mittleren Transportweiten auf den deutschen Wasserstraßen im Jahre

1875	1885	1895
280	350	320 km.

Diese schätzungsweise etwa 0,2 Pf. f. d. tkm betragenden Ausgaben wachsen mit der GröÙe der Ladung und dies vermindert die Vorteile großer Schiffe.

Bei Schifffahrtskanälen sind auÙer derartigen Ausgaben noch die Abgaben zu berücksichtigen, welche mindestens einen Teil der Unterhaltungskosten und der Verzinsung des Anlagekapitals zu decken haben. Auch diese Art der Schifffahrtskosten ist von der GröÙe der Ladung abhängig. Wenn man dieselben etwa mit 0,5 Pf. f. d. tkm einschätzt und obige 0,2 Pf. dazu addiert, ergibt sich, daÙ bei mäÙigen Transportweiten ungefähr die Hälfte der gesamten Schifffahrtskosten nicht von der GröÙe der Kähne abhängig ist. Man sollte beim Bau neuer Kanäle die Vorteile großer Kähne nicht überschätzen. Im II. Kapitel (§ 4) werden wir hierauf zurückkommen.

AuÙer einer eingehenderen Untersuchung der im vorstehenden zunächst berücksichtigten Kosten der Kanalschifffahrt erörtert Sympher auch die Schifffahrtskosten auf Flüssen, er hat auch die berechneten Kosten mit den wirklich bezahlten Frachten verglichen.²⁶⁾

Zur Ergänzung des oben über die Vorteile großer Kähne Gesagten dienen die nachstehenden Angaben über die Zunahme ihrer Tragfähigkeit auf verschiedenen Flüssen. Die Oderkähne haben vor Zeiten etwa 30 t geladen, jetzt sind solche von 400 t Tragkraft nicht selten; auf der Elbe kommen zahlreiche Schiffe von 500 t vor, die Weserschiffe hatten früher etwa 40 t Tragfähigkeit, in neuerer Zeit 300 bis 400 t; noch vor 20 Jahren betrug die durchschnittliche Tragfähigkeit der Rheinschiffe nur 200 t, bereits im Jahre 1889 wurden Schiffe von 1200 bis 1300 t gebaut, in neuerer Zeit wird selbst diese GröÙe überschritten.

Über die Tragfähigkeit der zur Zeit, d. h. in den ersten Jahren des laufenden Jahrhunderts vorhandenen größten Schleppkähne macht Suppán (Wasserstraßen und Binnenschifffahrt, S. 239) folgende Angaben:

Donau, unterste Strecke	1800 bis 2000 t,
„ bis Regensburg	675 „
Rhein von Köln abwärts	1600 bis 2070 „
„ bis Lauterburg	1100 „
Elbe, mittlere und untere Strecke . . .	850 „
Oder, kanalisierte und untere Strecke .	470 „

Nach Rágóczy (Der Rheinstrom, Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 128) war bei den 3 größten Schleppkähnen des Niederrheins die Tragfähigkeit 2346, 2068, 2066 t, der Tiefgang 2,5 bis 2,67 m, die Breite 12 m und die Länge 88 bis 100 m.

Ausführliche Angaben über Zahl und Tragfähigkeit der Binnenschiffe des Deutschen Reiches bringt die 5. (auch im Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 265 mitgeteilte) Anlage der „Wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten“. Die GröÙe der Donauflotte bespricht Suppán auf S. 295.

§ 9. Beziehungen zwischen Kähnen und Bauwerken. Die Hauptabmessungen der Bauwerke der künstlichen Wasserstraßen werden in erster Linie durch die Abmessungen der Schiffe bedingt; hauptsächlich kommt der Tiefgang in Betracht, der in ähnlicher Weise für die Schiffe maßgebend ist, wie die Spurweite für die Fahrzeuge der Eisenbahnen, welche ihrerseits die Bauwerke derselben beeinflussen. — Die Breiten der Schiffe bedingen die Weiten der Einfahrten in die Schleusen und die Breiten-

²⁶⁾ Die Frachtsätze der Rhein-, Elbe- und Oder-Schifffahrt bespricht Schwabe in Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 166.

abmessungen der Häfen richten sich zum Teil nach der Breite und der Zahl der nebeneinander liegenden Schiffe. Der eingetauchte Hauptquerschnitt der Kähne, also das Produkt aus Tiefgang und Breite, bedingt die zweckmäßige Gröfse des Wasserquerschnittes der Schiffahrtskanäle, die Schiffslängen bedingen die nutzbaren Längen der Strecken, die Längen der Häfen und anderes, beispielsweise die Halbmesser gekrümmter Strecken. Dies sind nur einzelne Belege für die Einwirkung der Abmessungen der Fahrzeuge auf die Abmessungen der Bauwerke. Weil nun die Anforderungen an die Gröfsen der Schiffe im Laufe der Zeit erheblich gröfsere geworden sind, so mußten auch die Gröfsen der Bauwerke zunehmen. Es soll nun erörtert werden, wie es hiermit zur Zeit steht.

Frankreich und die Reichslande. In Frankreich hat die stetige Entwicklung der Wasserstraßen und der Umstand, dafs dort die Schiffahrtskanäle eine vergleichsweise grofse Ausdehnung haben, dahin geführt, bei allen Kanälen mit durchgehendem Verkehr die aus früherer Zeit vorhandenen Verschiedenheiten zu beseitigen und gesetzlich gewisse Hauptabmessungen als kleinste zulässige festzustellen. Hierbei mußte auf die vorhandenen Schleusen Rücksicht genommen werden. Als normale Wassertiefe sind 2 m angenommen, während bei älteren Kanälen Tiefen bis 1 m abwärts vorkommen. Es wurden ferner als kleinste Mafse festgesetzt: eine Sohlenbreite der Kanäle von 10 m, eine Schleusenweite von 5,2 m und eine nutzbare Länge der Schleusen von 38,5 m; der normale Abstand zwischen dem Wasserspiegel und der Unterkante fester Brücken ist 3,7 m. Die gröfsten, diesen Abmessungen entsprechenden und allenfalls zulässigen Kähne haben 38,5 m Länge, 5 m Breite und bei dem gröfsten Tiefgang von 1,80 m etwa 300 t Tragfähigkeit. Als normalen Tiefgang der französischen Kähne kann man 1,60 m annehmen.

Infolge dieser Bestimmungen sind in Frankreich erhebliche Erweiterungen bestehender Kanäle vorgenommen. Da die Kanäle in Elsass-Lothringen mit den französischen Kanälen zusammenhängen, haben bei jenen im allgemeinen die französischen Hauptabmessungen Gültigkeit. Auch in den Reichslanden haben Erweiterungsarbeiten stattgefunden.

Andere Länder. In England schwanken die Wassertiefen zwischen 0,92 und 2,44 m, ein oft gewähltes Mafs ist 1,53 m. Die Tragfähigkeit der Kähne schwankt zwischen 12 und 185 t. Bei den älteren Binnenkanälen der Niederlande kommen Wassertiefen von 0,9 bis 2,10 m (Suid-Willems-vaart) vor, inwieweit sind Tiefen zwischen 1,60 und 1,80 m vorhanden. Die hieraus entstehenden Mängel werden vielerorts lebhaft empfunden; dem neuesten Kanal (Rhein- oder Merwede-Kanal) hat man eine Wassertiefe von 3,1 m gegeben. — In Schweden liegen die Wassertiefen zwischen 1,0 und 2,97 m, die Tragfähigkeit der Kähne schwankt zwischen 22 und 250 t. Es ist beachtenswert, dafs dort gerade bei den Kanälen mit gröfseren Wassertiefen der Verkehr im Steigen begriffen ist.⁵⁶⁾ Der Erie-Kanal in Nordamerika hat 2,13 m Wassertiefe.

Deutschland. Man hat lange Zeit auch in Deutschland Normalabmessungen erstrebt; in der 2. Auflage dieses Werkes ist hierüber berichtet. Diese Untersuchungen⁵⁷⁾,

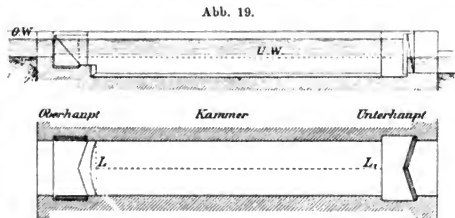
⁵⁶⁾ Nähere Angaben über die Hauptabmessungen bestehender Schiffahrtskanäle findet man für England: v. Weber, Wasserstraßen Nord-Europas, S. 115 u. 236; für Schweden: daselbst S. 371; für die Niederlande: Overzicht der scheepvaartskanalen in Nederland op 1. Jan. 1878; für Frankreich: Molinos, La navigation intérieure de la France (Paris 1875), S. 16. — Mitteilungen über Kanalvertiefungen und die hierdurch erlangten Vorteile s. Ann. industr. 1876, S. 808; 1878, S. 623; 1879, S. 151. — Engng. 1878, Okt. S. 312. — Ann. des ponts et chaussées 1880, I. S. 249.

⁵⁷⁾ Schiffahrts-Kongress Wien 1880, s. Weber von Ebenhof, a. a. O. S. 25. — Verhältnis zwischen Kanalschleusen und Schiffgröfsen. Zentrabl. d. Bauverw. 1866, S. 68. — Gutachten des Zentralvereins betr. die Zweckmäßigkeit der Feststellung höchstzulässiger Schiffabmessungen auf den Binnenwasserstraßen. Zeitschr.

welche durchweg Abmessungen, welche größer als die französischen sind, befürworteten, haben zur Zeit nur geschichtliche Bedeutung; seit auch bei uns auf den Gebieten des Kanalbaues und der Flufskanalisation ansehnliche Ausführungen vorliegen, sind die dabei gewählten Abmessungen in erster Linie zu berücksichtigen, sie sind zum Teil noch größer, als die früher in Vorschlag gebrachten.

Auf Einzelheiten eingehend, ist hier zunächst einiges über die Kammerschleusen der Schifffahrtskanäle und der Flufskanalisationen zu sagen, jedoch unter Beschränkung auf die einfachen Schleusen, welche gleichzeitig nur einen Kahn aufnehmen.

Die allgemeine Anordnung dieser oft vorkommenden Bauwerke wird durch Abb. 19 in Erinnerung gebracht und die üblichen Benennungen der einzelnen Teile dürften bekannt sein. An dieser Stelle handelt es sich um die Besprechung der Hauptabmessungen.



Die Weite, d. h. der Abstand zwischen den lotrechten Seitenmauern der Häupter, wird durch die Breite der Kähne derart bedingt, daß zwischen den letzteren und den Mauern ein Spielraum vorhanden sein muß. Früher waren Schleusen von etwa 4 m Weite nicht selten, jetzt genügt bei Hauptkanälen selbst das doppelte Maß nicht. Die übliche Breite unserer 400 t- und 600 t-Kähne ist 8,0 m, für die beiden Scheuerleisten kann man je 0,1 m Breite, für den Spielraum 0,2 m an jeder Seite rechnen. Hieraus ergibt sich die neuerdings oft vorkommende Weite von 8,6 m. Von noch größeren Weiten wird weiter unten die Rede sein.

Die maßgebende Wassertiefe, d. h. der Abstand zwischen dem normalen Wasserspiegel und den Böden der Einfahrten, hat man früher nicht selten gleich dem um 0,25 m vermehrten Tiefgange der Kähne bemessen. Es sprechen aber verschiedene, hier nicht im einzelnen zu erörternde Gründe dafür, jene Wassertiefe nicht allein ebenso groß, sondern noch größer zu machen, als die Tiefe, welche die Haltungen in einiger Entfernung von den Einfahrten haben. Beispielsweise sind bei dem Dortmund-Ems-Kanal in den Haltungen 2,5 m, in den Schleuseneinfahrten aber 3,0 m Wassertiefe vorhanden; der Abstand zwischen dem Boden der 1,75 m tiefgehenden Kähne und der Böden der Einfahrten ist also 1,25 m.

Selbstverständlich ist, daß die Schleusen, weil sie Stauwerke sind, ein Oberwasser und ein Unterwasser haben und den Höhenunterschied zwischen beiden nennt man das Gefälle der Schleusen. Von der Größe der Schleusengefälle wird an anderer Stelle die Rede sein.

Bei Ermittlung der Längen der Schleusenkammern ist zu beachten, daß unterhalb der Tore des Oberhauptes eine im Grundriß durch einen Kreisbogen begrenzte Abfallmauer (vergl. Abb. 19) vorhanden zu sein pflegt; der Abstand zwischen der Sehne dieses Bogens und der Grenze der Torkammer des Unterhauptes ist die

f. Binnenschifffahrt 1895, S. 330. — Bellingrath, Über die besonderen Beziehungen der Elbeschifffahrt zum Mittelland-Kanal (Die zweckmäßige Schiffsgröße und Notwendigkeit, die zulässige Schiffsgröße zugleich mit dem Bauplane gesetzlich festzulegen). Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1896, S. 13.

nutzbare Länge der Schleuse. Aus der Länge des Kahnes erhält man jene Länge, indem man die erstere um 0,5 bis 1,5 m vergrößert; das Steuerruder wird hierbei nicht mitgemessen. Man dürfte aber als nutzbare Länge auch die „Länge über alles“ ohne weiteres einführen. Zahlenangaben folgen weiter unten.

Die Beziehungen zwischen den Dampfschiffen und den Kammerschleusen sollen in § 11 dieses Kapitels erörtert werden, ferner bringen das II. und das III. Kapitel etwas mehr von den Schleusen; ihre ausführliche Besprechung ist dem VIII. Bande vorbehalten. In Ermangelung desselben kann Sonne und Esselborn, Elemente des Wasserbaues (Leipzig 1904) zu Rate gezogen werden.

Während die Schleusen in der Regel einschiffig sind, müssen die freien Strecken. seltene Ausnahmen abgerechnet, zweischiffig sein. Als Gröfse ihres benutzten Querschnittes pflegt man ein vielfaches des in der Mitte des Kahnes gemessenen eingetauchten Schiffsquerschnittes anzunehmen und zwar in der Regel etwa das Vierfache, obwohl das Fünffache erwünscht ist. Weniger günstige Verhältnisse kommen ausnahmsweise vor, dieselben steigern aber die Schiffswiderstände erheblich und erschweren das Kreuzen der Kähne. Aus dem Flächeninhalt des Wasserquerschnittes und der Wassertiefe ergibt sich unter Annahme angemessener Böschungsneigungen leicht die untere und die obere Breite des ersteren. Als Wassertiefe nimmt man in der Regel 2,0 bis 2,5 m, je nach Umständen, an.

Das Weitere hat Sympher in „Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten“ (S. 15 u. ff.) in überzeugender Weise dargelegt und es darf daraus einiges wörtlich aufgenommen werden. Er sagt unter anderem: „Das einfachste und in vieler Beziehung beste wäre es, wenn für alle Kanäle allgemein gültige Normalabmessungen gewählt würden. Dem widerspricht aber der Umstand, dafs die Eigenschaften der natürlichen Wasserstraßen sehr verschieden sind, und dafs neuerdings bei den mit dem Meer in Verbindung stehenden Kanälen sogar die Benutzung durch Seeleichter³⁹⁾ in Erwägung gezogen werden muß . . . Mit einer gewissen Ungleichmäfsigkeit der Schiffgrößen muß also dauernd gerechnet werden. Das schließt aber nicht aus, dafs beim Bau von Kanälen eine mögliche Gleichmäfsigkeit angestrebt wird. Das Ziel dieses Strebens muß sein, Abmessungen zu wählen, welche für tunlichst viele, durch örtliche Verhältnisse bedingte Schiffsförmigkeiten benutzbar sind, keine zu hohen Baukosten erfordern und hinreichend niedrige Frachtsätze gewähren. Die Mafse für Hauptdurchgangslinien müssen ferner so grofs gewählt werden, dafs Schiffe von einer den neuzeitlichen Anforderungen angemessenen Leistungsfähigkeit den Verkehr zwischen allen bedeutenden Wasserstraßen Deutschlands vermitteln können.“

„Die Mindestmafse für derartige Hauptdurchgangslinien sind diejenigen des Oder-Spree-Kanals. Die Schleusen desselben haben eine nutzbare Länge von 55 m und eine Weite in den Häuptern von 8,6 m. Die Wassertiefe des Kanals ist 2 m und die Kähne vermögen bei der zulässigen Länge von 55 m, bei einer Breite von 8,0 m ohne, bzw. 8,2 m mit Schutzleisten und bei einem Tiefgang von 1,75 m 500 t zu tragen. Mit Rücksicht auf die anschließenden Wasserstraßen kann indessen ein Tiefgang von 1,75 m selten ausgenutzt werden. Viele Schiffe werden daher flacher gebaut; sie tragen dann bei 1,40 m Eintauchung 400 t. Man pflegt sie kurzweg 400 t-Schiffe zu nennen. Verschiedene Wasserstraßen der östlichen Provinzen Preufsens sind in neuerer Zeit im wesentlichen mit den Abmessungen des Oder-Spree-Kanals ausgeführt.“

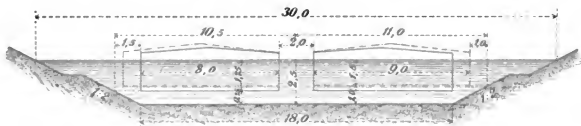
³⁹⁾ Vergl. § 11 am Schlufs.

„Dem Verkehr des Westens genügen indessen 400 t-Schiffe nicht vollkommen. Die Elbe wird mit 800 t, der Rhein mit 2000 t-Schiffen befahren; auch auf der Weser überschreiten die Abmessungen (der grössten Schiffe) bereits diejenigen der Oder-Spree-Kähne. Demgemäss hat die preussische Regierung für die Verbindung Berlins mit der Elbe und für den Dortmund-Ems-Kanal ein grösseres Längenmass für die Schleusen gewählt. Die Kammerschleusen des letztgenannten Kanals weisen bei ebenfalls 8,6 m Torweite eine nutzbare Länge von 67 m auf und gestatten damit Schiffen von 65 m Länge den Durchgang. Die Ladefähigkeit beträgt bei 1,75 m Tiefgang reichlich 600 t.“

„Es ist angeregt worden, die Abmessungen der Kanäle mehr als bisher in Einklang mit den Fahrwasserverhältnissen der anschliessenden Ströme zu bringen. Letztere sind (stellenweise) flach, gestatten aber in der Regel breiten und langen Fahrzeugen den Verkehr. Bei Kanälen kann zwar auch auf lange Kähne ohne wesentliche Steigerung der Baukosten gerücksichtigt werden; mit der Breite der Fahrzeuge und des Kanals wachsen jedoch die Baukosten, und zwar mehr als mit der Tiefe, so dafs es zur Erreichung einer genügenden Tragfähigkeit billiger ist, Wasserquerschnitt und Schiffe tief und schmal statt flach und breit zu machen. Flufs- und Kanalschiffahrt stehen also hier in einem gewissen Gegensatz, der aber nach Möglichkeit ausgeglichen werden mufs, wenn eine vollkommene Ausnutzung aller für Groschiffahrt geeigneten Wasserstrafsen erzielt werden soll . . . Würde nun durch Polizeiverordnung bestimmt, dafs Flufsschiffen von mehr als 8 m Breite die Benutzung der 400 t- und 600 t-Kanäle unter der Bedingung gestattet wird, dafs sie entsprechend weniger (nämlich nur auf 1,50 m) eintauchen, so schwinden die Bedenken gegen die Zulassung breiter Flufskähne und es würde nur erforderlich sein, den (zum Teil auszubauenden) Schleusen 9,6 m statt 8,6 m weite Tore zu geben.“ Es empfiehlt sich deshalb auf Hauptverkehrswegen jene Weite allgemein einzuführen.

Bei Kanalkähnen ist eine Bestimmung von der fraglichen Art nicht getroffen, auch nicht erforderlich, bei diesen ist auf dem Dortmund-Ems-Kanal bedingungsweise ein Tiefgang von 2,0 m gestattet.

Abb. 20.



Nach obigem gestaltet sich der Querschnitt eines Kanals für 600 t-Kähne so, wie in Abb. 20 dargestellt ist. Die Querschnitte der Kanalkähne sind mit ausgezogenen Linien angedeutet, ihr normaler Tiefgang ist 1,75 m. Die Sohle ist $2 \cdot 8,0 + 2,0 = 18$ m breit, die Böschungen sind zweimalig angenommen; von den Bermen wird bei einer anderen Gelegenheit gesprochen werden. Der Wasserquerschnitt, welcher (rund) 59 qm misst, ist das 4,2fache des eingetauchten, 14 qm grossen Schiffsquerschnittes. — Die Querschnitte der 1,50 m tiefgehenden Flufskähne sind mit strichpunktierten Linien gezeichnet. Bei diesen ist der eingetauchte Schiffsquerschnitt 13,5 qm gross und der Wasserquerschnitt ist das 4,4fache desselben. — Dieser Kanalquerschnitt sollte namentlich im Westen Deutschlands in der Regel maßgebend sein, während im Osten ein für 400 t-Kähne bemessener Querschnitt auch in Zukunft am Platze ist.

Symphor sagt ferner: „Neben den besprochenen Normalabmessungen werden indessen auch andere nicht zu vermeiden sein, welche von jenen nach oben oder unten abweichen. So müssen Kanäle, welche im wesentlichen als Anschlussstücke oder Verlängerungen eines großen Stromes mit lebhaftem Eigenverkehr anzusehen sind, auch den diesen Strom befahrenden großen Schiffen zugänglich sein. So ist es der Fall bei der Kanalisierung des Mains in Anschluss an den Rhein und beim Elbe-Trave-Kanal, der eine Verlängerung der Elbe darstellt.“ (Jene Kanalisierung hat Schleusen von 10,5 m Weite, der Elbe-Trave-Kanal hat solche von 12,0 m Weite erhalten.) „Nachteil für den durchgehenden Verkehr bieten vereinzelt angewendete größere Abmessungen nie, denn sie hindern die kleineren Normalschiffe nicht. Vorsichtiger muß man sein, wenn es in Frage kommt, geringere Maße bei einem neuen Kanal in Anwendung zu bringen. Rücksicht auf möglichste Herabminderung der Baukosten ist aber bei abgelegenen oder gar in sich abgeschlossenen Bezirken mit geringem Verkehr dringend geboten, wenn überhaupt eine geplante Wasserverbindung ermöglicht werden soll. Ein bemerkenswertes Beispiel eines Nebenkanales, für welchen kleinere Abmessungen als für die großen Durchgangsstraßen zweckmäßig sind, bildet der Masurische Kanal.“ Von den hier angedeuteten Ausnahmefällen wird bei eingehender Besprechung der Schifffahrtskanäle mehr die Rede sein.

„Im allgemeinen erfordern große Kanäle hohe Bausummen, sie bringen aber niedrige Schifffahrtskosten mit sich; je größer der Verkehr, desto größer kann die Bausumme, um so größer also auch die Kanalabmessung sein, denn die Ersparnis an Schifffahrtsbetriebskosten bringt die Mehrausgabe wieder ein. Bei geringerem Verkehr muß man sich dagegen in den Baukosten beschränken und gelangt zu kleinen Kanal- und Schifffahrtsabmessungen. Die Grenze der letzteren ist dadurch gegeben, daß die auf die Verkehrseinheit entfallenden Kosten für Zinsen, Tilgung, Unterhaltung und Schifffahrtsbetrieb nicht höher werden dürfen, als diejenigen bei der Eisenbahnbeförderung. Gehen sie darüber hinaus, so ist die betreffende Kanalanlage, wenn sie nicht anderweite Bedeutung besitzt, unwirtschaftlich und nicht bauwürdig.“⁵⁹⁾

Im Laufe der Zeit sind mit den sonstigen Abmessungen auch die Höhen der Kähne gewachsen, das ist von Bedeutung für den Abstand der Unterkanten fester Brücken vom Wasserspiegel. Bei Flüssen handelt es sich um den Raum zwischen Brückenunterkante und dem höchsten Schifffahrtswasserstande, bei Kanälen um den Raum zwischen den Brücken und dem höchsten Wasserstande. Maßgebend bei der Bemessung desselben sind die Höhe leerer, mit einem Deck versehener Schiffe (vergl. u. a. Taf. II, Abb. 10*), die Höhe sperriger Ladungen (Heu, Stroh u. s. w.) und die Höhe von Dampfern bei niedergelegtem Schornstein.

Über die Brückenhöhenfrage haben eingehende Verhandlungen stattgefunden, auf deren Einzelheiten nicht eingegangen werden kann.⁶⁰⁾ Man nimmt gewöhnlich 4 m Lichthöhe als erforderlich an, jedoch ist dies Maß nicht bei allen neueren Ausführungen eingeführt. Man mußte sich nicht selten mit 3,70 m, beim Oder-Spree-Kanal sogar mit 3,50 m Durchfahrtshöhe begnügen. Auch hier stellt die Neuzeit größere Anforderungen. Die Brücken des Dortmund-Ems-Kanals haben 4,0, diejenigen des Elbe-

⁵⁹⁾ Auf die oben erörterten wichtigen Fragen werden wir im II. Kapitel zurückkommen.

⁶⁰⁾ Ströhler, Konstruktion der Brücken über Wasserstraßen. Verhandlungen des Zentralvereins 1888, 11. April. — Mängel ungenügender Durchfahrtshöhen der Brücken. Dasselbst 1890, 17. Dezember. — Ausführliche Besprechung der Durchfahrtshöhen in „Wettbewerb um ein Segel- oder Lastschiff“ s. Anmerk. 48.

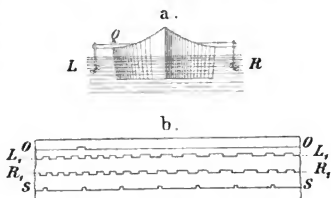
Trave-Kanals meistens 4,5 m lichte Höhe erhalten. Für den Dortmund-Rhein-Kanal werden 4,70 m als unbedingt erforderlich bezeichnet. Eine große Lichthöhe ist namentlich dann empfehlenswert, wenn eine Kanalstrecke starken Winden ausgesetzt ist, weil alsdann auch das Auftreiben des Wassers durch den Wind, wodurch Höhenunterschiede bis etwa 0,4 m entstehen können, berücksichtigt sein will.

§ 10. Ältere Arten der Schifffahrt. Zu den älteren Arten des Schifffahrtbetriebes, welche in großem Maßstabe auftreten, gehören: das Treiben der Schiffe im Strome unter Einwirkung der Schwerkraft, das Segeln und das Ziehen der Schiffe vom Lande aus, während der Betrieb mit freifahrenden Dampfern, die Ketten- und Seilschifffahrt, die Anwendung der Elektrizität und anderes der neueren Zeit angehören. Aushülfsweise und namentlich zur Erteilung von Drehbewegungen werden Ruder, Stangen und Taae benutzt.

Treiben. Das Treiben der Schiffe im Stromstrich unter gelegentlicher Benutzung des Segels kommt als ein in großem Maßstabe benutztes Beförderungsmittel heutigentages nur auf Strecken mit ansehnlichem Gefälle zur Anwendung; Beispiele bieten die deutsche Oberrhein, die Nebenflüsse der Donau und andere. Die Geschwindigkeit eines treibenden Schiffes ist größer und unter Umständen erheblich größer, als die Wassergeschwindigkeit. Ruttmann⁶¹⁾ beobachtete auf einem süddeutschen Flusse, daß ein zu Tal treibender beladener Kahn von 15 t Gewicht bei einer Wassergeschwindigkeit von 1,8 m eine Geschwindigkeit von 2,78 m annahm.

Wenn das Schiff eine gleichförmige Geschwindigkeit hat, ist die bewegende Kraft gleich dem Produkte aus dessen Gewicht und dem Gefällsverhältnisse, während der ebenso große Widerstand sich mittels bekannter Formeln aus den Abmessungen des Schiffes, der Geschwindigkeit und einem Erfahrungskoeffizienten näherungsweise ergibt. Als Geschwindigkeit kommt hierbei die relative Geschwindigkeit von Schiff und Wasser in Betracht. Diese Geschwindigkeit läßt sich mittels geeigneter Vorrichtungen messen und aufzeichnen. Die ersten eingehenden Versuche über dies sogenannte Voreilen treibender Schiffe hat Harlacher angestellt. Er benutzte hierbei zwei hydrometrische Flügel *L* und *R* (Abb. 21a), welche an einem Querbalken *Q* hängend mit stromabwärts gerichteten Achsen in halber Tauchtiefe des Kahns angebracht waren. Diese Flügel standen mit zwei Chronographen in elektrischer Verbindung, deren Federn, die Umdrehungen der Flügel markierend, die Linien *L*₁ und *R*₁ (Abb. 21b) zeichneten, eine dritte Feder gab auf der Linie *S* Sekunden an, während mittels einer vierten Feder von einem besonderen Beobachter mittels eines Birnen-Kontakts beachtenswerte Stellen des Flusses auf einer Linie *O* vermerkt wurden. Einer Umdrehung der Flügelachsen entsprach in *L*₁ und *R*₁ je eine kurze horizontale Linie. Durch Vergleichung der Zahl der letztgenannten Linien mit der Linie *S* erhielt man die auf- und abschwankenden

Abb. 21.



⁶¹⁾ Ruttmann, Warum bewegt sich ein in einem Flusse freI zu Tal treibendes Schiff schneller als das Wasser selbst und um so schneller, je schwerer es beladen ist? Deutsche Bauz. 1857, S. 243. — Vergl. auch Fepoux in Ann. des ponts et chaussées 1857, I. S. 266.

Geschwindigkeiten des Voreilens.⁶⁵⁾ In neuerer Zeit sind die Chronographen erheblich vervollkommenet.

Beobachtungen des Voreilens lassen sich auf verschiedene Weise verwerten, beispielsweise zur Ermittlung der grössten Wassergeschwindigkeit im Stromstrich, aber auch zur Bestimmung des Schiffswiderstandes.

Segeln. Der Gebrauch des Segels findet in neuerer Zeit auf den meisten Flüssen des Binnenlandes nur selten statt, erweist sich aber alsdann bei der Bergfahrt, wie bei der Talfahrt nützlich. Auf Binnenseen und auf den im Flachlande belegenen Wasserläufen, welche mit Strommündungen in Verbindung stehen, ist das Segel ein zur Beförderung mancher Schiffe unentbehrliches Mittel. Als Strecken deutscher Wasserstrassen, auf welchen dies zutrifft, mögen der Rhein unterhalb Ruhrort, der untere Teil des bei Cleve in den Rhein mündenden Spoy-Kanales, einige seeartig erweiterte Strecken der Spandau-Hohensaatener Wasserstrasse, die untere Elbe, der Memel u. s. w. genannt werden. Es ergibt sich, dafs beim Bau der Kähne die Möglichkeit der Anbringung von Segeln oft auch jetzt zu berücksichtigen ist.

Größere Bedeutung, als für die Flussschiffahrt hat das Segeln für die Seeschiffahrt, bei deren Besprechung über die Wirkung der Segel und über die Technik des Segelns das Erforderliche gesagt werden wird. Eine eingehende Auseinandersetzung des Segelns auf Binnengewässern gibt Lagrené, *Navigation intérieure*. II. Bd., S. 127.

Ziehen der Schiffe vom Lande aus mittels Leinen.⁶⁶⁾ Der Leinenzug oder das „Treideln“ kommt hauptsächlich auf Kanälen und auf kleinen Flüssen bei der Bergfahrt zur Anwendung. Bei Kanälen liegen die Verhältnisse günstiger, als bei der Bergfahrt, weil die Pferde sich dort auf einer horizontalen und geebneten Bahn bewegen und die Richtungen der Leine und der Bahn des Schiffes nicht allzustark voneinander abweichen. Infolge einer solchen Abweichung zerlegt sich die in der Leine vorhandene Spannung nach der Fahrriichtung des Schiffes und normal zu derselben. Die normal gerichtete Seitenkraft mufs durch den Widerstand des Steuerruders oder sonstige vernichtet werden. Sie wird um so gröfser und die in der Fahrriichtung liegende Seitenkraft wird um so kleiner, je gröfser der Winkel zwischen Fahrriichtung und Leine wird.

Bei kleineren Kanalschiffen kann man die Leine unmittelbar an dem Schiffe befestigen, während bei der Flussschiffahrt die längere und deshalb mehr durchschlagende Leine am Maste des Schiffes befestigt werden mufs. Beim Treideln der Flussschiffe wechselt ferner der Abstand zwischen dem Stromstrich und dem Lande, also auch zwischen dem Fahrzeuge und den ziehenden Menschen oder Tieren. Den hierdurch entstehenden Schwierigkeiten tritt man dadurch entgegen, dafs man die Leine nach Bedarf verlängert oder verkürzt, unter Umständen mufs man auch die Pferde in verschiedenen Gruppen arbeiten lassen u. s. w.

Beim Leinenzug sollen noch im 17. Jahrhundert fast ausschliesslich Menschen verwendet worden sein, selbst in unserer Zeit kommt diese Art der Beförderung namentlich auf Kanälen mit mäfsigem Verkehr und bei der Bergfahrt leerer Kähne nicht selten vor. Der Leinenzug durch Menschen ist bei grosfer Langsamkeit unter Umständen sehr billig, aber eine anferordentlich anstrengende und der Gesundheit schädliche Arbeit.

⁶⁵⁾ Näheres s. Die Methode und der Apparat von Harlacher, Henneberg und Sinreker zur direkten Messung von Geschwindigkeiten. Technische Blätter, Prag 1884.

⁶⁶⁾ Lange, Über den Betrieb auf den Kanälen in Nord-Amerika (Vortrag), Berlin 1885. — Schifffahrts-Kongrefs, Paris 1892, s. Weber von Ebenhof, a. a. O. S. 191.

Lagrené (Navigation intérieure, II. Band, S. 91) gibt als Mittelwert für den Transport auf Kanälen eine durchschnittliche Transportleistung von 11,3 km in 24 Stunden an. Die Grenzen für die tägliche Leistung bei Leinenzug durch Menschen auf französischen Kanälen sind 7 und 15 km und es werden dort Kähne von 85 bis 115 t Tragfähigkeit durch je zwei Männer befördert. Die Geschwindigkeit kann zu 0,4 bis 0,5 m angenommen werden.

Auch bei der gewöhnlichen Art des Pferdezuges ist die tägliche Transportleistung auf älteren, mit zahlreichen Schleusen versehenen Kanälen nur gering und beträgt bei beladenen Schiffen durchschnittlich nur 20 km täglich, wenn mit kleiner Geschwindigkeit gefahren wird; selbst mit leeren Schiffen werden oft nur 25 bis 30 km täglich zurückgelegt. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt in ersterem Falle nur 0,5 m (1,8 km in der Stunde), mitunter noch weniger.

Nach De Mas wendet man auf neueren nordfranzösischen Kanälen in der Regel ein Pferdepaar an und verlangt von dem Eigentümer bei 1,80 m tief gehenden und 5 m breiten Kähnen eine stündliche Geschwindigkeit von mindestens 2 km (= 0,56 m i. d. Sek.). Auf dem Kanal von Burgund, woselbst besser gebaute 1,30 m tief gehende Kähne verkehren, wird eine stündliche Geschwindigkeit von 2,7 km (= 0,75 m i. d. Sek.) erzielt. Da die fraglichen Kähne bei dieser Geschwindigkeit 156 kg Widerstand haben, ist die sekundliche Leistung eines Pferdepaares = $156 \cdot 0,75 = 117$ kgm.

Gewöhnlich mietet der Schiffer, wenn er nicht selbst Pferde oder andere Zugtiere besitzt, dieselben für längere Strecken oder für die ganze Reise; er hat dabei einen mäßigen Preis zu zahlen, kann aber auf rasche Beförderung selbstverständlich nicht rechnen. Vollkommener ist die hier und da übliche Art eines beschleunigten und, was noch wichtiger ist, regelmäßigen Transportes, wobei Relais, wie bei den Posten, vorhanden sind.

Auf dem Eider-Kanal, welcher jetzt durch den Kaiser Wilhelm-Kanal ersetzt ist, bestand eine derartige Regelung des Pferdezuges mit Erfolg. Man verwendete daselbst:

bei Schiffen bis zu	für Schiffe von		für Schiffe über		
66 t	66—127 t	127—193 t	193—386 t	386 t	Tragfähigkeit
1	2	3	4	6	Pferde.

Die erzielte Geschwindigkeit war 4,25, nach anderen Angaben etwas über 3 km i. d. Stunde.

Auf verschiedenen Wasserstraßen des Nordens von Frankreich ist der Pferdezug durch staatliche Verordnung seit dem Jahre 1875 geregelt. Die Schelde nebst dem Kanal von St. Quentin beispielsweise sind unter Ausschluss der Scheitelhaltung jenes Kanals in 19 Strecken von 12 bis 18 km Länge geteilt. Der Betrieb jeder Teilstrecke wird an einen Unternehmer auf die Dauer von 6 Jahren gegen bestimmte Gebühren für Tonne und Kilometer vergeben.

Im allgemeinen übersteigt in Frankreich die mittlere tägliche Geschwindigkeit des Pferdezuges selbst dann, wenn er in angegebener Weise geregelt ist, selten 20 km, aber die Frachten sind sehr gering. Mittelwerte derselben sind 0,02 Fr. f. d. tkm auf kanalisiertem Flüssen und 0,015 Fr. auf Schifffahrtskanälen. Bei langen Fahrten und wenn Ladung für die Heimfahrt vorhanden ist, fällt die Fracht häufig auf 0,01 Fr., selbst auf 0,008 Fr. f. d. tkm.

Die Strömung des Wassers in den Kanälen ist zwar nur unbedeutend und es beträgt die Wassergeschwindigkeit selten mehr als ein Zehntel Meter in der Sekunde, nichtsdestoweniger übt dieselbe auf die Fortbewegung der Schiffe einen merklichen Ein-

fluß aus. Es gibt deshalb auch auf den Kanälen eine Bergfahrt und eine Talfahrt und die letztere ist weniger beschwerlich, als die erstere. Bei den Scheitelstrecken wird die Richtung der Strömung durch die Lage der Einmündungen der Hauptspeisegräben bestimmt.

Bei der Bergfahrt auf Flüssen ist die Anzahl der zu verwendenden Pferde je nach dem Wechsel der Wasserstände und der Wassergeschwindigkeit sehr verschieden. Auf der kanalisierten Saar muß die gewöhnliche Pferdezahl (2 bei 178 bis 190 t Nutzlast) in der Herbst- und Frühjahrszeit oft erheblich vermehrt werden. Eine Bespannung von mehr als sechs Pferden kommt dort aber selten vor, man wartet erforderlichenfalls lieber einen günstigeren Wasserstand ab. Sobald Pferde in größerer Anzahl verwendet werden, ist die aus dem Straßensbau bekannte Tatsache zu berücksichtigen, daß die nützliche Arbeit des einzelnen Pferdes bei vermehrter Bespannung wesentlich abnimmt.

Auf größeren freien Flüssen wird der Pferdezug seit Einführung der Dampfschiffahrt in sehr beschränkter Weise ausgeübt. Ein Beispiel, aus welchem hervorgeht, daß bei mäßigen Transportweiten der Pferdezug sich neben vollkommeneren Betriebsarten erhalten kann, bringt Hermann in: „Schiffahrtsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanal“ (Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 402). Er macht daselbst Mitteilungen über den Betrieb mit Harener Pünten, welche nur etwa 100 t laden, von einem Pferde gezogen werden und täglich im Durchschnitt 30 km zurücklegen.

Es muß noch bemerkt werden, daß das Überschlagen (Sprengen) der Leinpfade, worunter man das Übersetzen derselben von einem Ufer an das andere versteht, in der Regel mit großem Zeitverlust verbunden ist. Derselbe ist nur dann mäßig, wenn, wie beispielsweise auf der Ems, eine geringe Strömung und die Banart der Schiffe es gestatten, das Pferd auf dem Schiffe überzuführen, oder wenn vorhandene Brücken benutzt werden können. Zum Überschlagen im stärkeren, freien Strome, wofür früher auf manchen Flüssen besondere Fähren vorhanden waren, hat man selbst bei kleineren Flüssen zwei Stunden Zeit zu rechnen, während auf dem Rheine jedesmal wenigstens vier Stunden gerechnet wurden.

Der Leinizug bedingt die Anlage eines Weges für die Menschen bzw. Pferde, welche die Schiffe ziehen. Leinpfade oder Treidelwege sind von Alters her Begleiter der Wasserstraßen und heutzutage selbst da nicht ganz entbehrlich, wo hauptsächlich Dampfschiffahrt betrieben wird. Sie sind bei Flüssen und kanalisierten Flußstrecken in der Regel nur an einer, aber nicht an ein und derselben Seite vorhanden, auch bei den älteren Kanälen ist dies der Fall; weil aber auf Schiffahrtskanälen der Leinizug in beiden Richtungen stattfindet, werden neuere vollständig ausgestattete Kanäle an beiden Seiten mit Leinpfaden versehen.

Die Breite der Kanal-Leinpfade bestimmte sich früher dadurch, daß auf dem Pfade mehrere Pferde nebst Führer zu verkehren, auch einander auszuweichen hatten, wozu in der Regel 3,5 bis 4 m genügen; neuerdings pflegt man dies Maß etwas einzuschränken, aber, wie gesagt, Leinpfade auf beiden Seiten des Kanales anzunehmen. Unter Brücken kann man die Breite bis auf 2,5 m und allenfalls noch mehr ermäßigen; 2 m wird als die kleinste Leinpfadbreite bei beschränktem Verkehr angesehen. Dies Maß gilt auch als die kleinste Breite der befestigten Streifen der Leinpfade, falls solche vorhanden sind, und für die Breiten der Bahnen der Leinpfadbrücken.⁶⁴⁾ Die Lein-

⁶⁴⁾ Wegen sonstiger Einzelheiten vergl. u. a.: Hagen, Wasserbaukunst, II. Teil, 2. Bd. S. 466 und Lagrené, Navigation intérieure, I. Bd. S. 83. Ferner: Kollbrücke für einen Leinpfad. Nouv. ann. de la constr. 1878, S. 98. Auch: Leinpfad-Anlage mit Prahm-Brücke bei Küstrin. Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 470.

pfade neben Strömen haben namentlich da, wo Stromschnellen vorkommen, eine erheblich gröfsere Breite. Regelrecht hergestellte Leinpfade erhalten eine einseitige Querneigung mit einem vom Wasserwege abgekehrten Gefälle.

An Flüssen werden die Grundstücke vielerorts je nach den Wasserständen an verschiedenen Stellen betreten, es kommen jedoch auch „ausgebaute“ Leinpfade nicht selten vor.⁶⁹⁾ Die Art und Weise, wie in letztgenanntem Falle der Leinpfad befestigt wird, ist wesentlich von der Gröfse des Verkehrs abhängig, so dafs man die leichtesten Arten der Befestigung, unter Umständen aber selbst Pfaster benutzt findet.

Bei festem Untergrunde können die Pferde auch dann noch wirksam arbeiten, wenn der Weg etwa 0,3 m unter Wasser liegt. Eine tiefere, aber auch eine allzuhohe Lage des Leinpfades (von mehr als etwa 6 m über dem Wasserspiegel) ist nachteilig. Die nach den höher liegenden Stellen führenden Rampen sollten nicht mehr als $\frac{1}{10}$ Steigung haben.

Abb. 22. *Leitrolle aus Holz.*

Ansicht und Grundrifs.

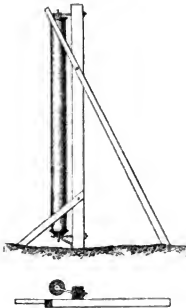
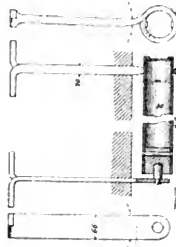


Abb. 23.

Leitrolle aus Metall.

M. 0,08.



Leitrollen. Unter Umständen macht der Leinenzug auch die Aufstellung von Leitrollen (Abb. 22) erforderlich. Dieselben haben den Zweck, die Richtung zu verbessern, welche die Leine ohne besondere Vorkehrungen bei stark gekrümmten Stellen des Flusses annehmen würde. Der Durchmesser der Leitrollen beträgt ungefähr 0,25 m, ihre Höhe 2 bis 3 m. Hölzerne Leitrollen unterliegen einer starken Abnutzung, die Leitrollen sind deshalb in neuerer Zeit mit Erfolg von Metall ausgeführt worden. Die Anordnung einer derartigen Rolle, welche an einer über einen Kanal führenden gemauerten Wegebrücke angebracht ist, zeigt Abb. 23.

Von den aushülfsweise benutzten Vorkehrungen zur Bewegung der Schiffe sind Stangen und Ruder die wichtigsten.

Stangen. Das Schieben mit Stangen kommt sowohl bei der Talfahrt, wie bei der Bergfahrt vor, in letztgenanntem Falle an Stelle des durch Menschen ausgeübten Leinenzuges, jedoch nur bei mäßiger Wassertiefe. Die Oderkähne und andere sind in

⁶⁹⁾ Beispiel: Preussische Staatsbauten des Jahres 1883. Ausbau des rechten Rheinufer-Leinpfades von oberhalb des Binger Loches bis Lorchhausen. Zeitschr. f. Bauw. 1885, Bl. 57.

Rücksicht auf dies Verfahren nicht selten mit sogenannten Gangborden (Abb. 12*, Taf. II) versehen. Die Geschwindigkeit der zu Berg fahrenden Schiffe ist beim Schieben eine sehr geringe und selten größer als 0,3 m, man findet deshalb für größere Strecken die Stangen nicht oft in Benutzung. Dagegen müssen die Schiffer beim Zurücklegen kurzer Wege nicht selten zu den Stangen greifen; auch beim Lenken leerer und deshalb schlecht steuernder Fahrzeuge ist der Gebrauch der Stangen mitunter unentbehrlich.

Auch die Anwendung der Stangen ist nicht ohne Einfluss auf die Wasserbauten; aus Holz hergestellte Teile der Schleusentore müssen beispielsweise vor Beschädigungen durch die eisernen Spitzen der Stangen behütet werden. In den Krümmungen der Schifffahrtskanäle hat man in den Böschungen wohl einzelne größere Steine angebracht, in deren Vertiefungen die Schiffer ihre Stangen einsetzen; man vermindert hierdurch die Beschädigungen der Böschungen durch dieselben.

Ruder. Die Ruder, welche in ihrer gewöhnlichen Gestalt vom Schiffer „Riemen“ genannt werden, benutzt man zur Bewegung von Nachen u. dergl., aushilfsweise auch wohl bei der Talfahrt größerer Fahrzeuge. Die Hauptanwendung aber finden die Ruder beim Steuern der Schiffe und zwar gewöhnlich am Hinterteile des Schiffes eingehängt, oft aber auch als sogenannte Streichruder. Die letzteren haben die Gestalt großer Riemen und werden ähnlich wie diese gebraucht. Ihre Wirkung ist kräftiger, als die der eingehängten Ruder.

Schurbäume und Schrickpfähle. Unter schwierigen Verhältnissen sind die Ruder, selbst wenn man mit Stangen nachhilft, nicht ausreichend, um die Fahrzeuge sicher zu lenken. Auf einzelnen Flüssen (namentlich der Saar und der Mosel) wird oder wurde deshalb zu genanntem Zwecke wohl von den Schurbäumen Gebrauch gemacht, d. h. von starken, kurzen Stangen, welche an der Seite des Schiffes schräg auf die Flusssohle eingestellt und an ihren oberen Enden zeitweilig mit dem Schiffe in Verbindung gebracht werden. Das vorwärts fahrende Schiff hebt sich dann ein wenig, und wird gleichzeitig kräftig zur Seite gedrängt. In ähnlicher Weise werden bei den Elbkähnen die sogenannten Schrickpfähle gebraucht. Schurbäume und Schrickpfähle lassen sich auch zur Mäßigung der Geschwindigkeit der Schiffe und zum Anhalten derselben verwenden.

Das Anhalten und Festlegen der Schiffe erfordert besondere Vorkehrungen. Häufig werden hierzu Tuae benutzt, indem man dieselben auf dem Lande oder an Ankern (auch wohl an nachschleppenden, vierarmigen Ankern: „Draggern“) befestigt, während das andere Ende einigemal um einen „Poller“ geschlungen und nach Bedarf „gefiert“, d. h. nachgelassen wird. Poller nennt man die an den Wandungen der Schiffe befestigten und über dieselben hervorragenden hölzernen oder eisernen Körper, die namentlich dem genannten Zwecke dienen.⁶⁶⁾ Die auf dem Lande angebrachten Poller werden auch Haltepfähle oder Schiffshalter genannt. Diese kurzen, gut befestigten Pfähle, deren oberer Teil zylindrisch mit halbkugelförmigem Abschluss bearbeitet ist (Abb. 24), werden an den Ufern nicht allein da gesetzt, wo die Fahrzeuge anlegen, weil das Aussetzen von Ankern auf das Land so viel wie möglich vermieden

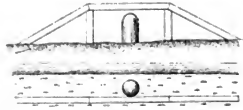
⁶⁶⁾ Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß die mancherlei Kunstausrücke des Schiffers und des Schiffszimmermanns für den Wasserbau-Ingenieur nicht unwichtig sind, weil er sich jenen ohne einige Kenntnis derselben nicht verständlich machen kann. Man findet eine Zusammenstellung von seemännischen Fachausdrücken in „Der Weltverkehr und seine Mittel“, 2. Aufl. (Leipzig, Spamer), S. 281. Ein „Handbuch der gebräuchlichsten Ausdrücke bei der Elbschifffahrt“ (Pirma 1872) ist von C. W. Weber bearbeitet.

werden mufs; auch bei Stromschnellen können dergleichen Pfähle angebracht werden, damit das Schiff an Tauen befestigt werden kann, während die ermatteten Pferde ruhen. (Über einen eisernen Schiffshaltepfahl für Binnengewässer vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 8.)

Abb. 24.
Haltepfahl.



Abb. 25.
Haltepfahl mit Streichhölzern.



Bei Haltepfählen, welche sich zwischen dem Leinpfade und dem Flusse befinden, sind die sogenannten Streichhölzer (Abb. 25) anzubringen, damit die Leine nicht an ersteren hängen bleibt. Ebendasselbe ist überall am Platze, wo sich im Bereiche der Leine vorspringende Gegenstände befinden, welche sich nicht beseitigen lassen.

Wenn die Ufer felsig sind, so treten gut befestigte eiserne Ringe an die Stelle der Haltepfähle. Dergleichen Ringe kommen auch zur Anwendung, wenn das Vorhandensein einer Mauer (namentlich einer Kaimauer) eine Verankerung der Ringe oder die Anwendung der an ihre Stelle tretenden Krenzbügel ermöglicht.

Ein um einen Poller geschlungenes Tau, dessen freies Ende nach Bedarf nachgelassen wird, erzeugt zwar eine kräftige Bremswirkung, aber die Herstellung einer solchen Bremse ist zeitraubend. Wenn rasch gebremst werden mufs, kommen deshalb mitunter besondere Bremswerke zur Anwendung. Dieselben bestehen aus langen Reihen eingerammter und verholmter Pfähle, welche im Grundrifs einen Bogen mit grossem Halbmesser bilden. Das anfahrende Schiff trifft eine solche Pfahlreihe unter einem spitzen Winkel und es erfolgt, während sich die Pfähle ein wenig seitwärts biegen, ein kräftiges Bremsen. Dergleichen Bremswerke kommen u. a. zu New-York im Anschluss an die Landungsbrücken einiger Dampffähren vor.

Landungsbrücken sind da zu erbauen, woselbst der Übergang eines ansehnlichen Personenverkehrs auf das Schiff stattfindet, während einzelne Personen bekanntlich mit Nachen an Bord gebracht zu werden pflegen. Die grösseren der Seeschiffahrt dienenden Landungsbrücken werden an einer anderen Stelle dieses Werkes besprochen. Für kleinere an Flüssen vorkommenden Ausführungen kann man: Scheck, Einiges über Landebrücken (Deutsche Bauz. 1894, S. 48) zu Rate ziehen.

Es ist leicht verständlich, dafs scharfe Krümmungen der Wasserstraßen die Bewegungen der Schiffe von vornherein erschweren; beim Leinenzuge wirken solche Krümmungen, wie oben nachgewiesen ist, besonders nachteilig. Hierdurch, aber auch durch andere Umstände ist es begründet, dafs man bei Stromregulierungen auf die Abschwächung scharfer Krümmungen bedacht sein mufs und dafs dieselben beim Bau von Schiffahrtskanälen zu vermeiden sind.

Die Bahnen, welche den Fahrzeugen unter der Einwirkung der Ruder und anderer Hilfsmittel und unter gleichzeitiger Einwirkung der Flufsströmungen angewiesen sind, wollen namentlich für die Zwecke der Grundrifsgestaltung der Hafeneinfahrten untersucht und berücksichtigt sein.

§ 11. Dampfschiffahrt. Man verwendet bekanntlich entweder freifahrende Dampfer oder solche, welche an einer Kette oder einem Seile fahren; von letzteren wird in § 13 die Rede sein.

Die freifahrenden Dampfschiffe der Flüsse sind teils Schraubendampfer, teils Raddampfer und zwar gewöhnlich Seitenrad-Dampfer. Hinterrad-Dampfer mit

einem Schaufelrade (Heckrad-Dampfer) werden in Amerika oft, in Deutschland ziemlich selten verwendet.⁶⁷⁾

Im allgemeinen bevorzugt man die Schraubendampfer vor den Raddampfern, weil jene vorteilhafter arbeiten. Diese Regel erfährt eine Ausnahme, sobald eine geringe Wassertiefe vorhanden ist; alsdann würde sich für die Schraube ein zu kleiner Durchmesser ergeben, auch muß dieselbe, wenn sie gehörig wirken soll, mit den äußersten Teilen noch etwa 0,5 m tief unter Wasser bleiben. Eine zweite Ausnahme findet statt, wenn es sich um die Beförderung von Reisenden handelt. Alle Dampfboote sind, wie die Lokomotiven, gewissen störenden Bewegungen unterworfen, bei Raddampfern treten dieselben aber weniger empfindlich auf, als bei Schraubendampfern, die Fahrt auf ersteren ist somit angenehmer, als die Fahrt auf letzteren.

Der für Anwendung von Raddampfern zuletzt angegebene Grund fällt weg, sobald es sich um Güterbeförderung handelt, es werden deshalb in diesem Falle bei ausreichenden Wassertiefen vorzugsweise Schraubendampfer benutzt, und zwar entweder in der Weise, dafs das Fahrzeug als Frachtdampfer die Ladung selbst aufnimmt oder so, dafs hinter einem Schleppdampfer (Remorqueur) ein Schiffszug (Anhang) aus Kähnen gebildet wird. Das Schleppen in Zügen ermöglicht, den Motor besser auszunutzen, als dies bei Frachtdampfern tunlich ist, weil derselbe während des Ladens und Löschens nicht still zu liegen braucht. Die Anwendung der Frachtdampfer beschränkt sich deshalb hauptsächlich auf den Verkehr mit Stückgütern, welche eine höhere Fracht vertragen können und rascher befördert sein wollen, als die Massengüter: gelegentliche Beförderung von Personen ist jedoch nicht ausgeschlossen.⁶⁸⁾

Die Schiffszüge ermöglichen die gleichzeitige Beförderung von Massengütern in früher ungekannter Ausdehnung. Bereits im Jahre 1889 beförderten grofse Rheinschlepper bei normalem Wasserstande in vier Kähnen 3500 bis 4000 t (also 350 bis 400 Eisenbahnwagen-Ladungen) von Ruhrort nach Köln mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 4,8 bis 5 km. Über neuere grösste Schleppdampfer des Mittelrheins hat die Mannheimer Lagerhaus-Gesellschaft die nachstehende Mitteilung gemacht:

Länge zwischen den Loten 68 bis 70 m, Breite im Hauptspant 8,20 bis 9,20 m.
Höhe von Unterkante Boden bis Oberkante Verdachung 3 bis 3,10 m.

Stärke der Maschine (ind. PS.) 1000 bis 1300.

Anzahl der geschleppten Kähne bei der Fahrt von Ruhrort bis Mannheim (guter Wasserstand vorausgesetzt) 4 bis 6.

Gesamtladung derselben etwa 5000 Tonnen.

Von Salzig bis Bingen ist die Schleppleistung geringer und übersteigt selten 2500 Tonnen in zwei, höchstens drei Schiffen.

Die Wahl unter den verschiedenen Arten von Dampfern hat unter Berücksichtigung der Wassertiefen und der Gefällsverhältnisse der Flüsse stattzufinden. Suppán (Wasserstrassen und Binnenschiffahrt, S. 272) sagt hierüber das Folgende:

„Zweckmäfsiger Fahrpark auf verschiedenen Stromstrecken. Das wirtschaftliche Ergebnis jedes Zugmittels hängt in erster Linie von seiner Anpassung an die dem betreffenden Wasserlaufe eigentümliche Verfassung ab. Nach dem Stande

⁶⁷⁾ Hinterrad-Dampfer und ihre Anwendung für die Flösserei. Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 279. — Heckrad-Dampfer auf dem Magdalena-Flufse. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1887, Bd. XXI, S. 185.

⁶⁸⁾ Beschreibung eines Frachtdampfers bringt u. a. Das Schiff 1884, S. 163.

des heutigen Maschinen- und Schiffbaues werden auf den verschiedenen Abschnitten eines Flusses am zweckdienlichsten folgende Zug- und Fahrmittel verwendet“:

„Im Oberlaufe eines Flusses mit einer Mindestdiefe von nur 0,60 bis 0,80 m und dementsprechend geringen Fahrbreiten wird man Schleppkähne mit keiner größeren Tragfähigkeit als 100 bis äußerst 200 Tonnen in Verwendung bringen können. Als Zugmittel wird ein Heckrad-Dampfer von 120 bis 150 ind. PS. mit einem Tiefgange von 0,60 bis 0,70 m verwendet werden müssen.“

„Ist die Gestaltung des Flußbettes derart, dafs sich größere Fahrbreiten ergeben, so wird ein seichter Seitenraddampfer dem Heckrade vorzuziehen sein. In beiden Fällen ist jedoch die Nutzleistung im Zuge eine verhältnismäfsig geringe.“

„Im Mittellaufe eines Flusses bis zu einer Mindestdiefe von 1,50 m und entsprechenden Fahrbreiten ergeben die größeren Schleppkähne mit einem Tragvermögen von 400 Tonnen, sowie Seitenraddampfer mit starken Zweizylindermaschinen von 400 i. PS. bei einem Tiefgange von 0,80 m bereits einen günstigen Betrieb. Die wirtschaftlichere Schraube kann aber bei diesem Tiefgange vorteilhaft noch immer nicht verwendet werden und erst in Flusstiefen von über 1,50 m wird mit derselben ein wirtschaftlicher Betrieb möglich sein.“

„In den zumeist größeren Tiefen des Unterlaufes eines Flusses werden jedoch Schraubendampfer mit 200 bis 400 i. PS. im Vereine mit Schleppkähnen von 600 bis 1000 t Tragfähigkeit den Schiffahrtsbetrieb immer lohnend gestalten.“

Auf Schiffahrtskanälen werden aus naheliegenden Gründen fast immer Schraubendampfer benutzt; es hat sich aber herausgestellt, dafs eine erfolgreiche Verwendung wesentlich von der Gröfse des Kanalquerschnitts abhängt.

Zuerst haben sich die Frachtdampfer oder Dampfkähne in langen Haltungen eingebürgert. Dieselben verkehren in nicht geringer Zahl auf schwedischen und holländischen Kanälen für Stückgüter und Personen. Auch auf dem Rhein-Marne-Kanal und auf norddeutschen Kanälen kommen dergleichen Dampfer vor. Auf der Spandau-Hohensaatener Wasserstrafe verkehrten im Jahre 1892 einundzwanzig, gelegentlich auch Schleppdienste verrichtende Dampfer. Die schädlichen Angriffe, welche die Sohlen der Kanäle durch die Dampfer erleiden, könnte man durch die Anwendung von Zwillingsschrauben mildern.

Weniger Erfolg hatte die Verwendung von Dampfern bei dem Massengüter-Verkehr der älteren Kanäle. Es hat zwar an Versuchen, eigenartige kleine Kanaldampfer herzustellen, nicht gefehlt, aber weder das Baxter-Boot, noch der Jacquet'sche Dampfer (vergl. das X. Kapitel der 3. Aufl. dieses Werks) konnten auf die Dauer das Feld behaupten.

Beachtenswert scheinen die Nachrichten über das auf dem Erie-Kanal benutzte sogenannte Consort-System zu sein. Hierbei schiebt ein Dampfkahn einen zweiten Kahn, welcher kein Steuerruder hat und mit dem erstgenannten durch eine eigenartige Kuppelung verbunden ist. Diese gekuppelten Boote sollen auch den Hudson befahren. (Vergl. Der Schiffahrtsbetrieb auf dem Erie-Kanal in Nord-Amerika. Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 104.)

Der Grund, weshalb die oben erwähnten Kanaldampfer keinen Erfolg hatten, liegt weniger in ihrer Anordnung, als in der Kleinheit ihrer Maschinen. Zwei Dampfmaschinen von je 50 PS. kosten mehr, als eine mit 100 PS. und eine bestimmte Anzahl von Pferdestärken werden von einer großen Maschine mit viel geringeren Betriebskosten erzeugt, als von kleinen.

Die gewöhnliche Art der Schleppschiffahrt hat sich deshalb in dem Grade ausgedehnt, wie die Kanalquerschnitte und die Schiffe größer wurden. In England ist diese Art des Betriebes schon seit längerer Zeit hier und da mit Erfolg benutzt⁶⁹⁾, in Deutschland hat sie sich zuerst auf einer zunächst der Oder belegenden, 14 km langen Strecke der Spandau-Hohensaater Wasserstrasse eingebürgert. In neuerer Zeit wurde für den Dortmund-Ems-Kanal der freie Betrieb mit Schleppern als der vorläufig nicht nur vorteilhafteste, sondern auch allein mögliche erkannt. Die Westfälische Transport-Aktiengesellschaft besitzt daselbst (außer drei Dampfkähnen) sechs Schleppdampfer, welche Maschinen von 200 PS. haben und je drei, ausnahmsweise vier (wahrscheinlich zum Teil leere) Kähne befördern.⁷⁰⁾ Ferner ist auf dem Elbe-Trave-Kanal Schleppschiffahrt eingerichtet und zwar in Staatsregie; dort sind zunächst drei Schleppdampfer beschafft.⁷¹⁾ Mit dem Gesagten steht im Einklang, daß Sympher seinen Ermittlungen der Schiffahrtskosten Schleppdampfer mit zwei Kähnen im Anzuge zugrunde gelegt hat.

Die kanalisiertten Strecken der Flüsse haben bei niedrigen Wasserständen die Eigenschaften der Schiffahrtskanäle, bei hohen die der freien Flüsse und es findet ein Übergang des einen Zustandes in den andern statt, wobei geringe Wassergeschwindigkeiten durch größere abgelöst werden. Unter solchen Umständen ist in erster Linie die Schleppschiffahrt am Platze, weil man die Schiffszüge je nach Umständen größer und kleiner machen kann. Frachtdampfer sind indessen nicht ausgeschlossen.

An dieser Stelle dürfen einige Arten der Schiffahrt erwähnt werden, welche den Übergang von der Binnenschiffahrt zur Seeschiffahrt bilden.

Man baut in neuerer Zeit Frachtdampfer, welche von den größeren Wasserstraßen des Binnenlandes auf die See übergehen können.⁷²⁾ Fahrzeuge ähnlicher Art sind in Schweden in großer Zahl vorhanden, und die dortigen Wasserstraßen, welche bald Binnenseen, bald Flußstrecken und Kanäle, bald Meeresstrecken sind, könnten ohne dieselben nicht erfolgreich betrieben werden. Die größeren schwedischen Dampfer haben 32 m Länge, 6,6 m Breite und 2,3 m Tiefgang, die kleineren 19,2 m Länge, 5,3 m Breite und 1,5 m Tiefgang.

Ferner besteht seit dem Jahre 1885 eine unmittelbare Dampfschiff-Verbindung zwischen Köln und London. Im Jahre 1888 waren drei Rhein-Seedampfer mit etwa 700 t Ladefähigkeit im Betriebe. Der Tiefgang für die Seefahrt, welcher nötigenfalls durch Wasserballast hergestellt wird, beträgt 2,74 m. Ähnliche Dampfer (im Jahre 1894 fünf Stück) sind zwischen Paris und London in Tätigkeit, bezw. zwischen Paris, Nantes und Bayonne. In der Folgezeit hat sich diese Art der Schiffahrt nicht sehr rasch, aber stetig entwickelt. Im Jahre 1900 wurden auf dem Rhein 33 Rhein-Seedampfer mit insgesamt 26000 t Tragfähigkeit gezählt. Näheres s. Zeitschr. f. Binnensch. 1899, S. 439 und 1902, S. 128.

An letztgenannter Stelle findet man auch Angaben über die Entwicklung des Verkehrs mit Seeleichtern (Seeschleppkähnen). Die Seeleichter (Abb. 2, Taf. III) haben meistens nicht viel mehr Grundfläche, als große Kanalkähne, aber einen größeren Tiefgang; ihre Tragfähigkeit wird durchschnittlich etwa 800 t betragen. Sie werden von starken Schleppdampfern gezogen, dienen vorzugsweise der Küstenschiffahrt, befahren aber unter Umständen auch Flüsse und neuere Schiffahrtskanäle. Aus den mehrfach erwähnten Mitteilungen Hermanns geht hervor, daß der Seeleichterverkehr insbesondere

⁶⁹⁾ Vergl. v. Weber, Wasserstraßen Nord-Europas, S. 145, ferner Dampfschiffahrt auf dem Kanal Leeds-Liverpool. Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 120.

⁷⁰⁾ Hermann, Schiffahrtsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 401.

⁷¹⁾ Schleppbetrieb auf dem Elbe-Trave-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 21. Tarif für die Schiffahrts- und Flößerei-Abgaben auf dem Elbe-Trave-Kanal. Das Schiff 1900, S. 177.

⁷²⁾ Vergl. v. Weber, Wasserstraßen Nord-Europas, S. 380. — Fluß-See-Dampfschiffe. Das Schiff 1883, S. 489. — Rhein-See-Dampfschiff. Wochenbl. f. Bank. 1885, S. 108. — Graff, Die Rhein-Seeschiffahrt. Köln 1890. — van der Borcht, Die wirtschaftliche Bedeutung der Rhein-Seeschiffahrt. Köln 1892. — Schott, Rhein-Seeschiffahrt und Verwandtes. Deutsche Bauz. 1894, S. 270.

für den Dortmund-Ems-Kanal Bedeutung gewinnt. Er sagt unter anderem: „Es berührt eigentümlich, in einem Kanalhafen bei Münster Eisenbahnschwellen löschen zu sehen, die vor Wochen in Memel oder Danzig in dasselbe Fahrzeug übernommen sind. Der Seeleichterverkehr hat sich von Bremen nach dem Dortmund-Ems-Kanal lebhaft ausgebildet, leider bis jetzt nur ziemlich einseitig, denn für die Getreidemassen und Kolonialwaren, die unmittelbar von Bremen besonders nach Münster und Dortmund verladen werden, kann ihnen nur in Kohle etwas Rückfracht geboten werden. Die Unterweser-Schleppschiffahrtsgesellschaft hat zwei Formen von Seeleichtern, die größeren sind rund 60 m lang, 8 m breit und können auf See 2,50 m tief abgeladen werden, bei 2 m Tiefgang haben sie noch 7–800 t Tragfähigkeit, die kleineren sind im Durchschnitt 40 m lang, 7 m breit und tragen bei 2,10 m Tiefgang rund 400 t.“

Für die Hamburger Seeleichter vgl. Kurt Himer, Flufschiffahrt der Hamburg-Amerika-Linie, Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1904, S. 209.

Auch die als Eisbrecher dienenden Dampfer sollen nicht unerwähnt bleiben. Die Eisbrecher sind eiserne Schraubendampfer von 30 bis 40 m Länge, eigenartiger Form und ungewöhnlicher Festigkeit besonders am Bug, dabei so belastet, daß der letztere einen geringen Tiefgang hat. Das Eis anfuhrnd üben sie einen Stoß aus, gleichzeitig aber auch einen starken Druck und schaffen namentlich hierdurch in überraschend schneller Weise freies Wasser. Die Erfindung ist von Steinhaus-Hamburg gemacht, der erste Eisbrecher für die untere Elbe wurde im Winter 1871/72 gebaut, im Jahre 1881 wurde ein Eisbrecher für den unteren Lauf der Weichsel in Dienst gestellt, auf beiden Strömen sind seitdem deren mehrere während der Frostzeiten in regelmäßiger Tätigkeit. Die Hamburger Eisbrecher dienen in erster Linie Verkehrszwecken; Beseitigung der Gefahren, denen die Schutzdeiche, die Hafene- und Uferanlagen bei Eisstopfungen ausgesetzt sind, kommt auf der Elbe erst in zweiter Linie in Betracht, dagegen handelt es sich auf der Weichsel ausschließlich um letzteres. Ein Eisbrecherschiff wird nach Bedarf von einem Transportschiff und einem Kasernenschiff begleitet.⁷⁹⁾

Die nachstehende Besprechung der Einzelheiten der Dampfschiffahrt beschränkt sich auf die Gegenstände, die den Wasserbau mehr oder weniger beeinflussen.

Hauptabmessungen der Dampfschiffe. Den sehr verschiedenen Anforderungen des Verkehrs entsprechend schwanken die Abmessungen der Dampfer zwischen weiten Grenzen, namentlich bei den Personendampfern ist dies der Fall. Den Ortsverkehr auf der Alster und dem Züricher See vermitteln sehr kleine, aber häufig fahrende Boote. Ein kleineres Alsterdampfboot kann 116 Personen aufnehmen; die Abmessungen sind: Länge 12,2 m, Breite 3,5 m, Tiefgang leer 1,05 m, Tiefgang beladen 1,25 m; Maschinenstärke 30 PS. Die größten der neuen Boote, welche bis 167 Personen aufnehmen, haben bei 70 PS, 20 m Länge und 3,8 m Breite.

Die alten Dampfschwalben des Züricher Sees hatten 15 m Länge und waren für 40 Personen einschließlich Besatzung bestimmt, sind jetzt aber verkauft. Die neueren Schwalben haben 19 m Länge und sind für 100 Personen berechnet.

Einen Gegensatz bilden unter anderem die neuen Salon-Dampfer des Rheins. Die im Jahre 1899 erbaute „Kaiserin Augusta-Victoria“ beispielsweise hat folgende Abmessungen: Länge zwischen den Loten 83 m, größte Breite über die Spanten 8,2 m, größte Breite über Aufsenkante der Radkastenbalken 15,32 m, Höhe in der Mitte der Seitenwände 2,90 m, mittlerer Tiefgang 1,17 m. Die Maschine leistet 1250 i. PS. (Abbildung im Schiff 1900, S. 257).

Noch größer und wegen der verschiedenen über dem Deck befindlichen Stockwerke höher sind die amerikanischen Riesendampfer. Die „Priscilla“ hat 134,4 m Länge, 28,4 m Breite einschließlich Radkasten, einen Leertiefgang von 3,8 m und 8500 i. PS.

⁷⁹⁾ Näheres: Max Honsell, Die Hamburger Eisbrecher und ihre Anwendung auf Binnenlandsströmen. Mannheim 1880. — Görz, Die Eisbrecharbeiten am Weichselstrom. Zeitschr. f. Bauw. 1888, S. 351. — Entstehung und Bauart der Eisbrech-Dampfer auf dem Weichselstrom. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1890, Aug. S. 61. Augström, Bau der Eisbrecher. Das Schiff 1891, S. 321. — Görz u. Buchheister, Das Eisbrechewesen im Deutschen Reich. Berlin 1900.

Die Frachtdampfer haben mittlere Größen. Ein solcher für den Mittelrhein hat 70,6 m Länge, 8,0 m Breite und 700 m i. PS.; ausgerüstet geht er 1,0 m tief. Zeichnung und Beschreibung eines solchen Dampfers bringt: Das Schiff 1884, S. 163.

Auch von den Schleppdampfern für den Verkehr mit Massengütern sollen nur einige Grenzfälle angegeben werden.

Der Dampfer, welcher bei den weiter unten besprochenen Schleppversuchen am Dortmund-Ems-Kanal benutzt wurde, hatte die nachstehenden Abmessungen: Länge zwischen den Loten 20,75 m, größte Breite 5,0 m, Seitenhöhe von Unterkante Boden bis Schandeckel 4,5 m, Tiefgang bei voller Ausrüstung vorn 1,08, hinten 1,88 m. Die Maschine leistete bis 206 PS. — Die Schrauben-Schleppdampfer pflegen überhaupt hinten einen größeren Tiefgang zu haben, als vorn, damit oberhalb der Schraube genügende Wassertiefe vorhanden sei.

Bei seiner Berechnung der Schifffahrtskosten auf Kanälen (vergl. S. 39) hat Sympher einen Schlepper von 20 m Länge und 4 m Breite angenommen: Tiefgang hinten ungefähr 1,50 m, Stärke bei 5 km stündlicher Geschwindigkeit 100 i. PS.

Beispiele von großen Schleppdampfern sind: Der oben (S. 54) erwähnte Dampfer, welcher 76 m Länge und 9,1 m Breite hat⁷⁴⁾, ferner „der größte Flusdampfer Europas“ Amsterdam XI. (Länge 85 m, Breite 9 m). Siehe: Das Schiff 1898, S. 395.

Über die Formen und die Bauart der Flusdampfer soll nur bemerkt werden, daß diese ähnlich wie bei Seedampfern sind, jedoch bedingen die Wellen des Meeres bei letzteren höhere Seitenwände, als bei jenen.

Eine eingehende Besprechung der mannigfaltigen Anordnungen der auf großen Flüssen geschleppten Schiffszüge liegt außerhalb des Rahmens dieses Werks, es mag indessen darauf aufmerksam gemacht werden, daß diese Züge mitunter nicht allein Längen von mehreren hundert Meter haben, sondern auch bedeutende Breiten beanspruchen, letzteres besonders dann, wenn zwei oder mehr Kähne Seite an Seite gekuppelt werden. Namentlich bei der Talfahrt kommt dies nicht selten vor. Weil außerdem die geschleppten Kähne den Weg des Dampfers nicht genau verfolgen, nimmt man bei Festlegung der Fahrwasserbreiten des niedrigen Wassers an, daß gewöhnliche Schleppzüge mindestens 30 m Breite, in Krümmungen jedoch mehr, beanspruchen.

Der Abstand zwischen dem Schleppdampfer und dem ersten Kahne beträgt in der Regel etwa 100 m und mehr, die einzelnen Kähne des Anhangs folgen auf dem Rhein bei der Bergfahrt in etwa 40 m, bei der Talfahrt in 15 bis 20 m Abstand. Durch eine namhafte Verringerung der Abstände lassen die Zugwiderstände sich einschränken; hierüber und über die beschränkte Anwendbarkeit dieses Verfahrens wird weiter unten mehr gesagt werden.

Ausnahmsweise werden die Kähne nicht gezogen, sondern geschoben, auch dies bringt unter Umständen Ersparung an Zugkraft mit sich, ist jedoch bei starker Strömung schwer ausführbar.

⁷⁴⁾ Schnell, Die Fahrzeuge für Güterbeförderung auf dem Rheinstrome u. s. w. Zeitschr. f. Bauw. 1889, S. 401, enthält Zeichnungen des obengenannten Schleppers. — Sonstige Mitteilungen: Dietze, Geschichtliche Entwicklung der Rhein-Dampfschiffahrt (mit Zeichnungen neuer Schlepper). Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1886, S. 284. — Sachsenberg, Neuere Schleppdampfer. Mitteilungen des Zentralvereins 1889, 6. März. — Dietze, Über die wahre Geschwindigkeit der Schleppzüge. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1891, S. 276. — Mitteilungen über Flusdampfer für den Schleppdienst auf der Elbe. Zivilingenieur 1894, S. 382.

Das Schieben der Kähne bedingt eine eigenartige Anordnung ihrer Kuppelungen; ein beachtenswertes Beispiel ist folgendes:

Bei der Aire auf Calder Navigation, dem am Hafenplatz Goole endigenden Hauptgliede der ost-westlichen Wasserstraße in der Mitte Englands, handelt es sich hauptsächlich um den Transport von Massengütern. Die Kohlen, Erze u. s. w. werden in kleinen, 30 bis 42 t tragenden Schiffsgefäßen (Kästen), von denen je 6 bis 12 zu einem gegliederten Schiffszuge vereinigt sind, verschifft und, in Goole angekommen, durch Hebung und Umstürzen der Gefäße unmittelbar in Seeschiffe verladen.

Die Kästen oder Gliederschiffe, je 6,1 m lang, 4,9 m breit und 2,3 m hoch bei 1,6 m Tiefgang, sind an der Vorder- und Rückseite mit 0,152 m Pfeilhöhe abgerundet. Sie werden in ihrer Mitte durch Schlafholzen und Keile zusammengehalten und sind an den Seiten mit Federpuffern versehen. Am hinteren Ende des Zuges befindet sich ein Schraubendampfer, das vordere Ende wird durch ein mit Wasserballast versehenes, spitz zulaufendes Kopfstück gebildet. Die Vorrichtung zum Krümmen des Zuges befindet sich auf dem Dampfer; von denselben gehen Drahtseile aus, welche rechts und links über den ganzen Zug laufen und auf dem Kopfstück mit einer Vorrichtung zur Regelung der Spannung versehen sind. Der bis 80 m lange Zug bildet einen einzigen, den Krümmungen der Wasserstraße sich leicht ansehnigenden Körper; vier Mann genügen zur Bedienung. Leere Kästen werden in vermehrter Zahl (bis 16 Stück) befördert. Bei ruhigem Wasser ist die Geschwindigkeit 5 bis 6 km i. d. Stunde.⁷⁹⁾

Größere Verbreitung hat diese sinnreiche Einrichtung bislang nicht gefunden. Die gegliederten Züge können nur bei ruhigem Wetter ohne Gefahr verkehren, und vom Zuge getrennt haben die Kästen eine ungenügende Standsicherheit.

Auf dem Mississippi und dem Ohio kommt es vor, daß bei der Talfahrt 20 bis 30 große Kähne dicht aneinandergekuppelt in drei Reihen von einem am Ende der mittleren Reihe befindlichen Heckrad-Dampfer geschoben werden.

Für die neuen deutschen Kanäle wird, wie bereits erwähnt, ein aus zwei Kähnen bestehender, von einem kleinen Dampfer geschleppter Schiffszug als Regel angenommen. Es dürfte der Mühe wert sein, Versuche mit einem Dampfkaahn und einem von diesem geschobenen Lastkaahn anzustellen.

Fahrtgeschwindigkeit. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Dampfschiffe auf Flüssen fahren, ist hauptsächlich abhängig von der Art des Verkehrs, der Stärke der Maschinen und den Gefällsverhältnissen der Flüsse. Hier folgen einige Zeitangaben, bei denen aber die beim Anlegen der Dampfer entstehenden Zeitverluste nicht ausgeschieden sind.

Auf dem Rheine gebrauchen die Schnelldampfer auf der 187 km langen Strecke Mainz-Köln bei der Talfahrt rund 8 Stunden, bei der Bergfahrt mindestens 12 Stunden 15 Minuten. Hieraus ergibt sich eine durchschnittliche Geschwindigkeit

von 23,4 km/Std. = 6,5 m/Sek. bei der Talfahrt, und
von 15,2 „ = 4,2 „ bei der Bergfahrt.

Zwischen Mainz und Köln ist 43,9 m Höhenunterschied und das durchschnittliche kilometrische Gefälle des Stromes ist daselbst 0,235 m.

Die Dampfschiffe für den gewöhnlichen Personenverkehr fahren von Mainz nach Köln in 9 Stunden 30 Min., zurück in 14 Stunden 50 Min. Das ergibt durchschnittliche Geschwindigkeiten von 5,5 bzw. 3,5 m Sek.

Für stark belastete Schleppzüge soll bei der Bergfahrt und mäfsigen Gefällen eine Geschwindigkeit von 4,8 bis 5,0 km Std. = 1,33 bis 1,4 m/Sek. zweckmäfsig sein.

⁷⁹⁾ v. Weber, Wasserstraßen Nord-Europas, S. 123 u. 137. — Baltzer, Eine eigentümliche Kohlenverschiffung. Zentrabl. d. Bauverw. 1884, S. 498, s. auch daselbst 1886, S. 300 u. 342. — IV. Binnenschiffahrts-Kongress, Manchester 1890. Bartholomew, Die Schiffahrt auf dem Aire und Calder. — Vergl. ferner Greve, Waggon-Schiff und Schiffs-Waggon. Zentrabl. d. Bauverw. 1882, S. 375 und Gerhardt, Über Kohlenverladungen von Schiff zu Schiff. Zentrabl. d. Bauverw. 1885, S. 495.

Über die Geschwindigkeit der Frachtdampfer liegen nur spärliche Nachrichten vor. In einem bestimmten Falle hat ein solcher Dampfer auf dem Rhein 200 t Ladung zu Berg mit einer durchschnittlichen stündlichen Geschwindigkeit von 12 bis 13 km befördert.

Dafs bei der Dampfschiffahrt namentlich auf Kanälen Beschränkung der Fahrgeschwindigkeit angezeigt ist, wurde auf S. 38 bereits erwähnt. Es kommt hinzu, dafs schnelles Fahren sich nicht mit der Schonung der Ufer und der Sohlen der Kanäle verträgt; hiervon wird weiter unten eingehender die Rede sein. Übrigens ist es ein Unterschied, ob es sich um gemischten Verkehr oder um den Verkehr mit Massengütern handelt. Den mäfsig tief gehenden Frachtdampfern für gemischten Verkehr ist auf den geräumigen holländischen Kanälen eine Geschwindigkeit von 7,5 bis 9 km Std. gestattet; dagegen wird für den Verkehr mit Massengütern 5 km (= 1,4 m/Sek.) als normale Geschwindigkeit auf den neueren deutschen Kanälen empfohlen. Das wäre etwa das Doppelte der durchschnittlichen Geschwindigkeit des Pferdetreidels. Bei Besprechung der Schiffahrtskanäle wird hiervon mehr die Rede sein.

Beziehungen zwischen Dampfschiffahrt und Bauwerken. Zunächst ist die Einwirkung der von den Dampfmaschinen hervorgerufenen Wellen auf die Ufer der Flüsse und Kanäle zu besprechen. Bei den mit gröfserer Geschwindigkeit fahrenden Flufsdampfern ist die Wellenbildung besonders stark, es zeigt sich mindestens eine Bugwelle und eine Heckwelle. Bei Raddampfern ist die Zahl der am Schiff entstehenden Wellen noch gröfser. Diese und die von ihnen erzeugten kleineren Wellen laufen infolge des Fortschreitens des Schiffes an beiden Seiten desselben schräg über den Wasserspiegel und steigen am Ufer hinauf, auf flachen Stellen des Flusses überstürzen sie sich. Da den Wellenbergen Wellentäler folgen, entsteht am Ufer ein die Böschungen stark angreifendes Auf- und Abströmen des Wassers. Bei Erörterung des Meeres wird dies Anlaufen der Wellen und dessen Folgen eingehender besprochen.

Auch in Schiffahrtskanälen bilden sich Wellen und bei Verwendung von Dampfschiffen treten sie trotz einer vergleichsweise geringen Fahrgeschwindigkeit lebhaft und die Böschungen schädigend auf. Weil der Wasserspiegel der Kanäle mäfsigen Schwankungen unterliegt, erfolgen diese Angriffe im wesentlichen in ein und derselben Höhe, reichen aber nicht tief hinunter.

Weniger in die Augen springend, wie die Wellen, aber ebenso wichtig, sind die in Schiffahrtskanälen auftretenden Strömungen. Von vornherein haben diese Strömungen in der Regel nur geringe Geschwindigkeit, sie werden aber durch den Schiffahrtsbetrieb erheblich verstärkt. Das von dem Buge des vorwärtsfahrenden Schiffes verdrängte Wasser mufs an beiden Seiten desselben rückwärts fliefsen, um hinter das Heck zu gelangen. Die Einzelheiten dieses Vorgangs und die Geschwindigkeit der Rückströmungen, nicht minder die Angriffe, welche die Sohlen der Kanäle durch Schiffsschrauben erleiden, werden an anderer Stelle eingehender besprochen.

Der Einflufs der Schleppschiffahrt auf die Schiffahrtskanäle und Flufskanalisierungen macht sich ferner bei den Kammerschleusen bemerklich. Wenn die Kähne von dem Schleppdampfer einzeln befördert werden, kann man eine Verbreiterung oder eine Verlängerung der Kammern anordnen, um beide Fahrzeuge gleichzeitig durchschleusen zu können. Auch wenn der Anhang aus zwei Kähnen besteht, kann man sich mit dieser Anordnung begnügen. Wenn es sich aber um gröfsere Schleppzüge handelt, ist eine ansehnliche Verlängerung der Kammer angezeigt und diese bedingt die Herstellung

eines dritten Schleusenhauptes. In der besprochenen Weise entstehen Zugschleusen oder Schleppzugschleusen. Die Verlängerungen steigern den Wasserverbrauch, man wird sie deshalb namentlich bei Schiffahrtskanälen auf das Notwendige beschränken, allgemeine Regeln über ihr Maß lassen sich nicht angeben.

Beispiele sind: Die Doppelschleusen des geplanten Dortmund-Rhein-Kanals, von welchen eine eine Einzelschleuse sein wird, während die andere 95 m nutzbare Länge erhalten, also für einen Schleppdampfer und einen 600 t-Kahn bemessen werden soll. Ferner: Die am Oder-Spree-Kanal demnächst herzustellenden Schleppzugschleusen, deren Kammern bei 130 m nutzbarer Länge Raum für zwei 400 t-Kähne und einen Schleppdampfer erhalten sollen, während bei den Schleusen der nördlichen Strecken des Dortmund-Ems-Kanals (600 t-Kähne) eine nutzbare Länge von 165 m vorhanden ist. Noch weiter ist man bei der Main-Kanalisation zwischen Frankfurt und Mainz gegangen. Bei dieser haben die für große Rheinkähne bemessenen, anfangs ausschließlich hergestellten Einzelschleusen 85 m nutzbare Länge, später ist ein drittes Schleusenhaupt erbaut und zwar in 255 m (drei Schiffslängen) Abstand vom Unterhaupt der Einzelschleusen.

Die Zeitverluste, welche beim Durchschleusen der Schiffe entstehen, sollen in § 3 des II. Kapitels besprochen werden.

§ 12. Die Schleppversuche auf dem Dortmund-Ems-Kanal. Wichtige Ergebnisse für die Dampfschiffahrt auf Schiffahrtskanälen haben ausgedehnte Versuchsfahrten geliefert, welche auf einer Strecke des Dortmund-Ems-Kanals bei Lingen angestellt sind. Aus den bezüglichen Veröffentlichungen⁷⁶⁾ sei an dieser Stelle das Folgende erwähnt.

Der genannte Kanal ist bekanntlich für 600 t-Kähne erbaut und es war, wie bereits erwähnt, bei einer Wassertiefe des Kanals von 2,5 m und einer Tauchtiefe von 1,75 m eine Fahrgeschwindigkeit von 5 km in der Stunde, d. i. 1,4 m/Sek. in Aussicht genommen. Nachdem jedoch in Schifferkreisen der Wunsch nach größeren Tauchtiefen bis 2,0 m rege geworden war, wurde eine Kommission eingesetzt, die unter anderem folgende Fragen zu beantworten hatte:

1. Welche größte Geschwindigkeit darf bei Schiffen, die bis 1,75 m eintauchen und zwar sowohl geschleppten, wie durch eigene Kraft fortbewegten, auf dem Dortmund-Ems-Kanal zugelassen werden?
2. Ist eine größere Tauchtiefe zulässig und wie ist für diese die Maximal-Geschwindigkeit festzusetzen?

Die behufs Beantwortung dieser Fragen gemachten Schleppversuche sind im Jahre 1898 in den Monaten Mai bis August angestellt. Über die Versuchsschiffe (ein kleiner Schleppdampfer, ein Löffelkahn (Abb. 1, Taf. III), ein Dampfkahn und ein Seeleichter (Abb. 2, Taf. III), ist bei anderen Gelegenheiten das Wesentliche bereits gesagt; von den hauptsächlichlichen Meßapparaten, der Zahl der Versuchsfahrten u. s. w. wird in § 20 die Rede sein. Hier handelt es sich um die Beantwortung der oben genannten Fragen. Dieselbe gipfelt darin, daß für einen aus einem Schleppdampfer und zwei 1,75 m tief gehenden Kähnen bestehenden Zug, nicht minder für einen ebenso tief gehenden Dampfkahn die Geschwindigkeit von 1,4 m/Sek. zulässig ist, daß dagegen

⁷⁶⁾ Haack, Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb. Ein Textband und zwei große Tafelbände. Berlin, Asher & Co. 1900. — Besprechungen dieses Werkes von Engels, Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 282; von Flamm, Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 336. — Haack, Die Einsenkung der Schiffe (Verbandsschrift des deutsch-österreichisch-ungarischen Verbandes f. Binnenschiffahrt). Berlin 1901.

den Schiffszügen mit 2.0 m Tiefgang nur eine solche von 1.1 m/Sek. und den ebenso tief gehenden Dampfkähnen nur eine Geschwindigkeit von 1.25 m gestattet werden sollte. Hiermit im wesentlichen übereinstimmend besagt eine für den Dortmund-Ems-Kanal erlassene Schiffsfahrts-Polizeiverordnung, dafs für Schiffe bis zu 1.75 m Tauchtiefe eine Fahrgeschwindigkeit von 5 km in der Stunde zugelassen ist, für solche von 1.75 bis 2 m eine Geschwindigkeit von 4 km. Eine Tauchtiefe über 2 m ist nicht gestattet. Die Unterkante der Schraube bei Dampfern darf höchstens 1.75 m tief unter Wasser liegen.

Hierzu sei bemerkt, dafs für den Teltow-Kanal Beschränkung der Fahrgeschwindigkeit aller beladenen Kähne auf 4 km/Std. in Aussicht genommen ist, eine Geschwindigkeit von 5 km soll nur leeren Kähnen gestattet werden.

Die in Rede stehenden Versuche haben sich auch auf das Begegnen zweier Schiffszüge erstreckt. Das wesentlichste Ergebnis ist, dafs derartige Begegnungen bei Anwendungen mäfsiger Geschwindigkeiten von nicht über 0.60 m Sek. und bei der nötigen Vorsicht seitens der Schiffsführer ohne Gefahr ausführbar sind.

Durch die auf dem Dortmund-Ems-Kanal angestellten Beobachtungen sollten auch die strömenden und schwingenden Bewegungen des Wassers, sowie etwaige Verschiedenheiten des Tiefgangs der Kähne vorn und hinten untersucht werden. Die bezüglichen Messungen und die Messung der durch die Kähne verursachten Einsenkungen des Wasserspiegels wurden durch Anbringen zahlreicher Pendel und Pegel vorbereitet. Die in der Nähe der Ufer aufgestellten Pendel, in der Hauptsache aus einer eisernen, unten eine quadratische, eintauchende Platte tragenden Stange bestehend, gaben die Richtung, näherungsweise auch die Stärke der Strömungen an. Die Pegel waren teils in den Böschungen liegende Landpegel, durch welche die Höhenlage der Uferwasserstände ermittelt wurde, teils Pegel (Nivellierlatten) zum Messen der Einsenkung der Kähne (auf jedem Kahne einer vorn, einer hinten), teils kurze Pegel an den Schiffsseiten, welche der Aufnahme der Wasserstände am Schiff dienen. Auferdem wurde an jedem Kahne die oberste Wasserlinie gut sichtbar gemacht.

„Um die Beobachtungen von der Zuverlässigkeit der Beobachter möglichst unabhängig zu machen, und die Zahl der letzteren einzuschränken, wurde bestimmt, dafs die Aufzeichnungen durch selbstzeichnende Apparate oder auf photographischem Wege erfolgen sollten.“ Diesem entsprechend wurden die durch die Strömungen verursachten Pendelausschläge, sowie die Wasserstände an den Land- und Schiffspegeln, nicht minder die Lage der obersten Wasserlinie des in der Fahrt befindlichen Schiffs durch photographische Momentaufnahmen ermittelt.

Hierbei sind vier photographische Apparate benutzt, drei waren so hoch aufgestellt, dafs nach Vollendung der Abdrücke ausser den Versuchsschiffen auch das gegenüberliegende Ufer mit seinen Pegeln und Pendeln in einem dreiteiligen Bilde erscheint, während ein vierter tiefer stehender Apparat zur Aufnahme der Wasserstände an den Schiffspegeln diente.

Dies Verfahren hat großen Erfolg gehabt. Die zahlreichen Photo-Lithographien, welche das Haaek'sche Werk bringt, führen die Vorgänge bei den einzelnen Versuchsfahrten, insbesondere die Störungen der Oberfläche des Wassers, deutlich vor. Wichtiger als diese nahezu 50 Tafeln des Werks sind aber 22 Tafeln, welche die ermittelten Einsenkungen des Wasserspiegels und die wechselnden Richtungen der obersten Wasserlinien der Kähne in zahlreichen, nach Mafsen gezeichneten Abbildungen vorführen.

Die Entstehung dieser Einsenkungen erklärt sich wohl am einfachsten im Anschluß an eine Betrachtung der Vorgänge beim Durchfluß des Wassers durch einen Kanal, der von einem sehr langen Mittelpfeiler stark eingeschränkt ist. Der Pfeiler verursacht einen Stau und hierdurch wird die Bewegung des Wassers am oberen Vorkopfe, wie bei Überfällen, erheblich beschleunigt. Unterhalb des Fallwassers tritt eine einigermaßen gleichförmige Bewegung ein, die vom Wasser erlangte Geschwindigkeit bringt es aber mit sich, daß ein erheblich verkleinerter Wasserquerschnitt genügt: hierdurch sinkt der Wasserspiegel ein wenig unter seine ursprüngliche Lage, erleidet also eine Einsenkung. Am unteren Vorkopf hört die Einschnürung des Querschnitts auf und das Wasser nimmt seine ursprüngliche Lage und Geschwindigkeit alsbald wieder an.

Wenn nun kein fließendes Wasser, sondern das ruhende Wasser eines Schiffahrtskanals und statt des ruhenden Pfeilers ein in Fahrt befindliches Schiff vorhanden ist, sind die Erscheinungen insofern andere, als kein eigentlicher Stau, sondern eine Stauwelle, die Bugwelle (Abb. 5, Taf. III) entsteht. Veranlaßt wird diese Welle durch die lotrechte Seitenkraft des Drucks, den der Bug des Schiffes ausübt. Sie ist höher als der Stau, welcher durch einen Pfeiler von der Breite des Schiffes verursacht wird, und die neben dem Kahne entstehenden Einsenkungen des Wasserspiegels (Wellentäler) sind entsprechend tiefer. Mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit werden die Bugwellen höher und infolge davon die Einsenkungen größer; Zunahme der Wasserverdrängung, also des Tiefgangs der Schiffe, hat dieselbe Wirkung.

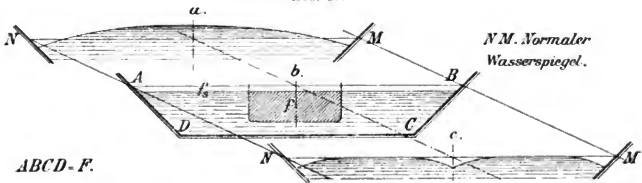
Das von dem Kahne verdrängte Wasser fließt in einer der Fahrriichtung entgegengesetzten Richtung an beiden Seiten des KAHNES dem Heck zu: es entstehen die vorläufig bereits erwähnten Rückströmungen oder negativen Strömungen; die Einsenkungszeichnungen ermöglichen einen Einblick in die diese Strömungen begleitenden Erscheinungen und die näherungsweise Ermittlung ihrer Geschwindigkeit. Die Abbildungen 3 bis 6, Taf. III sind Proben solcher Einsenkungszeichnungen; sie betreffen den Dampfkahn Dortmund bei einem Tiefgange von 1,75 m alleinfahrend. Man erblickt die Kurven *aa* der Pegelstände am Ufer, die Lage *ee* der obersten Wasserlinie des eingesenkten Schiffes und die Kurven *bb* der Pegelstände am Schiff. Die Originale enthalten noch anderes, was in den genannten Abbildungen des kleinen Maßstabes wegen jedoch weggelassen ist. Neben den Abbildungen ist vermerkt, wie weit die Mittellinie des Kahns von der Kanalmitte bei Aufnahme des betreffenden photographischen Bildes abgewichen war. Hierbei ist Backbord durch *BB*, Steuerbord durch *SB* bezeichnet.

Es wird auffallen, daß in Abb. 3 u. 4 der vordere Teil des Kahns tiefer liegt, als der hintere, während in der Regel das Umgekehrte der Fall ist. Haack bemerkt hierzu: „Uebenhheiten des Grundbettes oder Ungleichheit der Querschnitte des Kanals veranlassen durch die daraus entstehenden Wechsel der Einsenkungstiefen pendelnde Bewegungen nach der Länge des Schiffes. Es ist klar, daß durch diesen Wechsel, wenn er das Vorderende des Schiffes trifft, dieses gesenkt werden kann.“ Es kann übrigens Gestaltung und Größe der Heckwellen auch die Ursache jener Erscheinung sein.

In Verein mit der Beobachtung der Pendel werfen die erwähnten Abbildungen Licht auf die Strömungen, welche oberhalb des Bugs und unterhalb des Hecks von dem fahrenden Schiffe hervorgerufen werden. Oberhalb des Schiffes, also an der linken Seite jener Abbildungen, erstreckt sich die Einsenkung am Ufer noch über den Bug hinaus. In der Mitte des Kanals ist daselbst die Bugwelle vorhanden. Es ergibt sich in der Quere eine Wölbung des Wasserspiegels (Abb. 26a) verbunden mit Oberflächenströmungen, die einen kleinen Teil des verdrängten Wassers den Einsenkungen zuführen.

Unmittelbar hinter dem Schiffe vereinigen sich die am Boden und an den Seiten desselben erzeugten Strömungen im sogenannten Kielwasser. Abgesehen von der Heckwelle, den Wellen zweiter Ordnung und den entstehenden Wirbeln liegt die Oberfläche des Kielwassers unter dem normalen Wasserspiegel *NN*, in einiger Entfernung hört das aber auf. Das allmähliche Verschwinden dieser Furche geht in eigentümlicher Weise vor sich. Ein Teil des Kielwassers wird von den ruhenden Wassermassen abgelenkt und macht einen Umweg derart, dafs unterhalb des Schiffes an beiden Seiten des Kanals dicht an den Ufern positive Strömungen entstehen, welche den neben dem Kahn vorhandenen Einsenkungen zustreben; sie erreichen dieselben aber nicht sämtlich, sondern schwenken teilweise unter der Einwirkung der negativen Strömungen nochmals um und kommen schliesslich am Ende des Kielwassers zur Ruhe. Hieraus erklärt sich auch, dafs die Kurven der Pegelstände am Ufer, wie die Tafelabbildungen zeigen, nicht allein oberhalb, sondern auch unterhalb des Kahns tiefer, als der normale Wasserspiegel des Kanals liegen. Ein schematischer Querschnitt unterhalb des Hecks zeigt eine zweimalige Wölbung der Oberfläche des Wassers (Abb. 26 *c*).

Abb. 26.



Neben dem mittleren Teile des Kahns weicht die Höhenlage der Pegelstände am Schiff von der Höhenlage der Pegelstände am Ufer nicht stark ab, man kann somit hier genau genug eine horizontale Begrenzung der Einsenkung annehmen (Abb. 26 *b*); der Einsenkungsquerschnitt besteht aus zwei Trapezen.

Aus den Einsenkungszeichnungen hat Haack für jede Versuchsfahrt den Flächeninhalt des mittleren oder durchschnittlichen Einsenkungsquerschnitts berechnet. Diese wichtigen Größen, welche wir allgemein mit f bezeichnen wollen, können aus der Haupttabelle seines Werkes (S. 44 ff.) entnommen werden. Dafs die nachstehenden Zahlenrechnungen, welche sich auf jene mittleren Einsenkungsquerschnitte stützen, nur Ergebnisse liefern können, bei denen schon die zweite Stelle unsicher ist, beeinträchtigt ihre Brauchbarkeit nicht; bei vielen die Bewegung des Wassers betreffenden Rechnungen ist ähnliches der Fall.

Bei Berechnung der durch das fahrende Schiff verdrängten Wassermenge führt Haack einen ideellen Querschnitt ein, welcher gleich der Wasserverdrängung des Schiffes dividiert durch dessen Länge ist. Nachstehend soll statt dieses Querschnitts in üblicher Weise der etwas größere eingetauchte Querschnitt des Hauptspants eingeführt und mit f bezeichnet werden.

Sonstige Bezeichnungen sind:

F Wasserquerschnitt des Kanals (qm),

v Fahrgeschwindigkeit des Kahns ($m/Sek.$),

v_1 mittlere Geschwindigkeit der Rückströmung.

Die Wassermenge, welche durch das fahrende Schiff sekundlich unmittelbar oder mittelbar verdrängt wird, ist gleich $(f + f_1) v$, dieselbe ist gleich der rückwärts strömenden Wassermenge $[F - (f + f_1)] v_1$ (vergl. Abb. 26 b) und es ergibt sich:

$$v_1 = \frac{f + f_1}{F - (f + f_1)} v \dots \dots \dots 1.$$

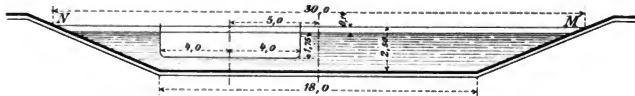
„Schiff und Einsenkung erscheinen als vollständig miteinander verbunden und die Einsenkung bildet gleichsam eine Vergrößerung der Wasserverdrängung.“

In einer Abhandlung über den Zugwiderstand der Kanalschiffe, von welcher in § 18 mehr die Rede sein wird, ist die obige Formel auch von Möller, jedoch in einer etwas anderen Weise, abgeleitet worden.

Es sei beispielsweise $F = 60 \text{ qm}$, $f = 14 \text{ qm}$, $v = 1,56 \text{ m/Sek}$. Als zugehörigen Einsenkungsquerschnitt f_1 findet man in der obengenannten Tabelle $4,32 \text{ qm}$. Nebenbei bemerkt ist bei 30 m Wasserspiegelbreite die Tiefe der Einsenkung in Übereinstimmung mit Abb. 5, Taf. III gleich $0,14 \text{ m}$. Man erhält:

$$v = \frac{14 + 4,32}{60 - (14 + 4,32)} \cdot 1,56 = 0,69 \text{ m/Sek.}$$

Abb. 27.



Bei diesen Berechnungen ist vorausgesetzt, daß der Kahn sich in der Achse des Kanals befinde. Wenn derselbe aber einem anderen begegnet und demzufolge beispielsweise nach links ausweicht, nimmt er die in Abb. 27 gezeichnete Lage an. Nun kann die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit der Rückströmungen für die Hälften des Kahns vorgenommen werden und unter vorläufiger Einführung einer unveränderten Einsenkung ergibt sich im vorliegenden Falle für die linke Seite des Kahns eine Geschwindigkeit v , von rund $1,4$, für die rechte eine solche von rund $0,5 \text{ m}$. Die größere Rückströmungs-Geschwindigkeit links vergrößert aber die Einsenkungstiefe, während dieselbe rechts kleiner wird, und es entsteht ein von rechts nach links gerichteter Überdruck des Wassers, welcher den Kahn bis an die Böschung treiben kann. Um dies zu verhüten, muß beim Begegnen zweier Kähne die normale Fahrgeschwindigkeit unbedingt ermäßigt werden.

Die besprochene Erscheinung wird von den Schiffern der Sog genannt; bei Schraubendampfern und bei Dampfkahnen tritt sie noch kräftiger auf, als bei geschleppten Kahnen, was sich leicht erklärt. Sie erschwert namentlich auf Seekanälen den Dampfschiffahrtsbetrieb in hohem Grade.

Die sonstigen Wirkungen der oft ungleichen Einsenkungen auf die Bewegung der Schiffe in Kanälen sind von Haack eingehend untersucht. Er bespricht und erklärt unter anderem die Schwierigkeiten beim Steuern und die mitunter ungenügende Wirkung der Ruder, ferner das Überholen eines Schiffes durch ein schneller fahrendes, das Durchfahren von Kurven, auch den Einfluß der negativen Strömungen auf Räder und Schrauben und weist nach, daß Mäßigkeit der Geschwindigkeit in sehr vielen Fällen geboten ist.

Die Bedeutung der Einsenkungen ist hiermit nicht erschöpft. Bei Besprechung der für viele Fragen des Schiffahrtsbetriebes wichtigen Berechnung des Schiffswider-

standes wird sich herausstellen, dafs die nähere Kenntniss der Einsenkungen auch diese wesentlich gefördert hat. Ferner ist die Untersuchung der Einsenkungen auch für die Flussschiffahrt und selbst für die Seeschiffahrt bei verschiedenen Gelegenheiten und namentlich insofern von Bedeutung, als sie erklärt, weshalb Schiffe infolge schnellen Fahrens mitunter auf den Grund geraten an Stellen, woselbst man bei langsamer Fahrt eine ausreichende Wassertiefe findet.

Der Verfasser hat versucht, die Berechnung der Rückströmungen, von welcher oben ein Beispiel gegeben ist, durch Umgestaltung der Gleichung 1

$$v_1 = \frac{f + f_s}{F - (f + f_s)} v$$

zu verallgemeinern.⁷⁷⁾

Einwandfrei ist übrigens diese Gleichung ebensowenig, wie manche andere, bei deren Ableitung die Gesetze der gleichförmigen Bewegung des Wassers auf ungleichförmige Bewegungen übertragen werden. Immerhin darf man die Ergebnisse brauchbare Näherungswerte nennen.

Es liegt nahe, in obiger Gleichung das oft benutzte Verhältnis $\frac{F}{f} = n$ einzuführen, indem man Zähler und Nenner durch f dividiert. Alsdann ist

$$v_1 = \frac{1 + f_s : f}{n - (1 + f_s : f)} v \dots \dots \dots 2.$$

und die $f_s : f$ sind bei gegebenem f von v abhängig.

Für den Kahn Emden entnimmt man beispielsweise bei 2,0 m Tiefgang aus Haaeks Werke (S. 46 u. 47):

$v = 1,02$	1,27	1,54	1,63
$f_s = 1,60$	3,02	3,48	7,20

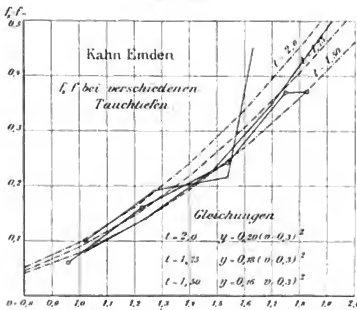
und mit $f = 16,1$ erhält man:

$f_s : f = 0,10$	0,19	0,22	0,45.
------------------	------	------	-------

In Abb. 28 sind diese Werte als Ordinaten und die Geschwindigkeiten v als

abgezogenen gebrochenen Linien entstanden. Eine zweite gebrochene Linie, deren Knickpunkte doppelt umringelt sind, wurde für 1,75 m, eine dritte für 1,50 m Tiefgang auf demselben Wege, wie die obere Linie ermittelt. Die auffallend starken Knicke an einigen Stellen dieser Linien dürften hauptsächlich eine Folge des Umstandes sein, dafs es nicht möglich war, die Versuchskähne bei größeren Geschwindigkeiten stets genau in der Mittellinie des Kanals zu halten (man vergl. hierzu die Angaben neben Abb. 3 bis 6, Taf. III), das beeinflusst aber die Einsenkungen, wie oben nachgewiesen ist, erheblich.

Abb. 28.



⁷⁷⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 147. — Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1906, S. 81.

Trotz der Unsicherheit, welcher einzelne Punkte der gebrochenen Linien unterliegen, verlaufen sie in ihrer Gesamtheit gesetzmäßig und man darf jede dieser Linien durch eine Parabel ersetzen. Diese Parabeln sind in Abb. 28 strichpunktiert, ihr Scheitel ist bei $v = 0,3$ m angenommen. Das ist zulässig, weil bei dieser Geschwindigkeit die Einsenkung verschwindend klein sein wird, es ist auch zweckmäßig, um die Parabeln den entsprechenden gebrochenen Linien so gut wie möglich anzupassen. Die für diese drei Parabeln ermittelten Gleichungen sind auf Abb. 28 vermerkt.

In Gleichung 2 treten nunmehr die Ordinaten y dieser Parabeln an die Stelle von f : f , und die allgemeine Gleichung für die mittlere Geschwindigkeit der Rückströmungen ist:

$$v_1 = \frac{1 + y}{n - (1 + y)} \cdot v \dots \dots \dots 3.$$

Hieraus ergibt sich bei $F = 59,5$ qm, $t = 1,75$ m, $f = 14,1$ qm, $n = 4,22$ und für $v = 1,40$ m/Sek. ($= 5$ km/Stde.) $v_1 = 0,57$, während für dieselbe Fahrgeschwindigkeit bei $t = 2,0$, $f = 16,1$ und $n = 3,70$ $v_1 = 0,70$ ist.

Im Kanale vorhandene Strömungen verstärken die Rückströmungsgeschwindigkeit, wenn ihre Richtung der Fahrrihtung des Kahns entgegengesetzt ist. Als eine oft vorkommende Geschwindigkeit v_2 dieser Strömungen wird man $0,05$ m Sek. annehmen können; ausnahmsweise kommen Geschwindigkeiten bis etwa $0,20$ m vor. Für die genannte Richtung der Strömungen ergibt sich leicht

$$v_1 = \frac{(1 + y) v + n v_2}{n - (1 + y)} \dots \dots \dots 4.$$

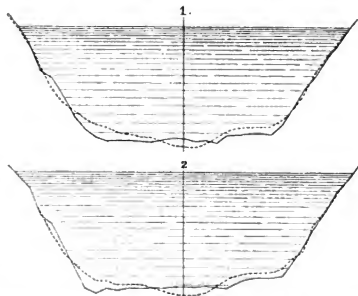
und man hat bei $t = 1,75$ und $v = 1,40$

$$y = 0,18 (1,40 + 0,05 - 0,3)^2 = 0,24,$$

$$v_1 = \frac{1,24 \cdot 1,40 + 4,22 \cdot 0,05}{4,22 - 1,24} = 0,66 \text{ m Sek.}$$

als mittlere Geschwindigkeit der Rückströmung. Die Rückströmungen sind aber sehr ungleichmäßig und man wird nicht zu weit gehen, wenn man annimmt, daß die größte Geschwindigkeit, welche unter dem Buge der Kähne zu suchen sein dürfte, mindestens doppelt so groß, wie die mittlere ist, also bei $1,40$ m Fahrgeschwindigkeit ungefähr $1,30$ m/Sek. Die bereits besprochenen schädlichen Einwirkungen der Schiffsschrauben kommen hinzu und es unterliegt, alles in allem gerechnet, keinem Zweifel, daß die gewöhnlichen Bodenarten der Kanalsohlen bei $1,40$ m Fahrgeschwindigkeit selbst dann erheblich angegriffen werden, wenn der Tiefgang der Kähne $1,75$ m und die Wassertiefe $2,50$ m beträgt.

Abb. 29.
Breiten 1 : 400. Höhen 1 : 100.



Die in Rede stehenden Sohlenvertiefungen sind gelegentlich der Schleppversuche am Dortmund-Ems-Kanal auch durch Peilungen nachgewiesen. 800 Versuchsfahrten

bewirkten in einer Zeit von etwa vier Monaten die beispielsweise in Abb. 29 mit gestrichelten Linien angegebenen Veränderungen der Lage der Kanalsohle; die Aushöhungen waren bis 15 cm tief.

Die Besprechung der bei den genannten Versuchen eingehend untersuchten Zugwiderstände der Schiffe ist dem Abschnitt D. dieses Kapitels zugewiesen.

§ 13. Ketten- und Seilschiffahrt (Tauerei). Der Schiffswiderstand wächst bekanntlich mindestens mit dem Quadrate der relativen Geschwindigkeit von Wasser und Schiff und die Geschwindigkeit des Wassers der Flüsse wächst mit deren Gefälle. In Flusstrecken mit starken Gefällen haben deshalb die Dampfer erhebliche Widerstände zu überwinden und es kommt hinzu, daß sie in derartigen Gefällen sehr unvorteilhaft arbeiten. Das von den Rädern bzw. den Schraubenflügeln erfasste Wasser ist nachgiebig. Hieraus entsteht der „Rücklauf“ (*slip*) der Dampfschiffe; wenn beispielsweise eine Schraube von 1 m Ganghöhe bei einer Umdrehung ihr Schiff nur um 0,6 m vorwärts bringt, so beträgt der Rücklauf 0,4 m oder 40%. Diese Erscheinung ist namentlich der Bergfahrt sehr nachteilig, denn sie wird um so störender, je stärker das Gefälle das Gewässers ist. Es gibt Flusgefälle, bei welchen freifahrende Dampfer für die Bergfahrten nicht am Platze sind. Alsdann kann man die Triebwerke der Dampfmaschinen an einer in den Flufs gelegten Kette oder an einem Seil wirken lassen, also Ketten- oder Seilschiffahrt einrichten. Bei Anwendung der Kette wird der Schlepper gewöhnlich mit zwei Trommeln ausgerüstet, von denen die eine die Kette aufnimmt, während die andere dieselbe ablegt; von der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, wirken diese Trommeln wie eine Schiffswinde. Bei Anwendung des Seiles tritt eine mit zangenartigen Vorrichtungen (Klappen) versehene Seilscheibe an die Stelle der Trommeln. Es erhellt, daß die Ketten- und Seilschlepper zu den freifahrenden Dampfern in ähnlichen Beziehungen stehen, wie die Zahnradlokomotiven zu den Adhäsionslokomotiven.

Die ersten in größerem Maßstabe angestellten Versuche, Schiffe mit Hilfe eines auf denselben befindlichen Göpels fortzubewegen, stammen aus dem Jahre 1820. Unter Anwendung besonderer durch Dampf betriebener Schlepper ist die Kettenschiffahrt auf der Seine im Jahre 1854 eingeführt. Der erste deutsche Kettenschlepper trat im Jahre 1866 auf der Elbe zwischen Buckau und Magdeburg in Tätigkeit.²⁹⁾ Im Jahre 1895 war die Elbe von Hamburg bis Prag auf 777 km Länge mit der Kette belegt; daneben waren freifahrende Radschlepper im Betriebe. Bei der Bergfahrt war die Geschwindigkeit der Schleppzüge zwischen Hamburg und Magdeburg 4 bis 4,5 km, oberhalb Magdeburg 3,5 bis 4,5 km/Std.

Der Neckar hat regelmäßige Kettenschiffahrt zwischen Mannheim und Heilbronn; an einzelnen Tagen fahren die Kettenschlepper weiter bis Lauffen. Das stärkste Gefälle der Strecke bis Heilbronn ist 2,3‰ (1:440), das durchschnittliche 0,53‰ (1:1870).

Namentlich in früherer Zeit hat die Kettenschiffahrt große Erfolge gehabt. Auf der Elbe bewirkte sie eine vollständige Umwandlung und einen großen Aufschwung der Schiffahrt. Auf anderen Flüssen, z. B. auf der Saale, deren Kette 122 km lang ist, und auf dem Neckar unterhalb Heilbronn ist eine lebhaftere Schiffahrt erst durch die Kette ermöglicht.

Eine ausführliche Erörterung der Einzelheiten der Ketten- und Seilschiffe fällt nicht in den Rahmen dieser Besprechungen. Ein Kettenschlepper ist in den Abb. 8^{ter},

²⁹⁾ Über die Geschichte der Kettenschlepperschiffahrt sind nähere Mitteilungen enthalten in Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, IV. Bd. S. 180 und Lagrené, Navigation intérieure, II. Bd. S. 126. — Über einen Vorläufer der Kettenschiffahrt vergl. Die Ankerwinden-Schiffahrt auf der Wolga. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1884, S. 522. — Das Schiff 1884, S. 221.

Taf. II, dargestellt. Abb. 30 zeigt den Querschnitt des Schiffskörpers eines solchen Schleppers (Boden von Holz, Seitenwände von Eisen); der Tiefgang dieser Fahrzeuge beträgt 0,25 bis 1 m, die Kettenschiffe des Neckar beispielsweise haben 0,47 m Tiefgang.

In Abb. 8*, Taf. II ist der an beiden Enden derartiger Schiffe befindliche Ausleger gezeichnet, welcher eine angemessene Führung der Kette in den Krümmungen der Flüsse vermittelt. Abb. 31 zeigt die allgemeine Anordnung eines Seilschleppers.

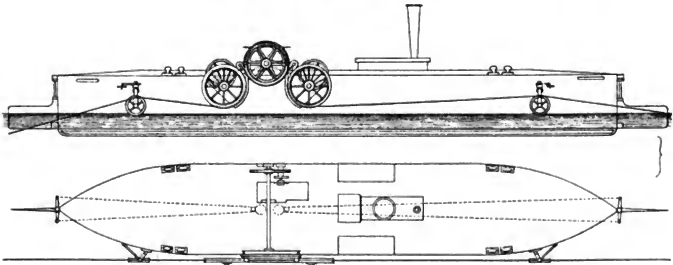
Abb. 30. M. 0,025.



Auch auf eine Erörterung der Vorteile und der Nachteile von Kette und bzw. Seil kann hier nur insofern eingegangen werden, als bemerkt werden mag, daß für kleinere Flüsse sich das Seil hauptsächlich wegen der größeren Tauchung der Seilschiffe, wegen der geringeren Steuerfähigkeit derselben und wegen der Schwierigkeit, die Länge des Seiles der Länge der Fahrinne stetig anzupassen, nicht empfiehlt. Man vergleiche wegen des weiteren u. a. Bellingrath, Reform der Mainschiffahrt, S. 52.⁷⁹⁾

Die Zahl der gleichzeitig geschleppten Kähne ist unter Umständen sehr bedeutend, beispielsweise sollen auf dem Neckar Züge von 16 leeren oder schwach beladenen Kähnen vorkommen.

Abb. 31. Seilschlepper. M. 0,005.



Die Ketten- und Seilschlepper werden fast ausschließlich bei der Bergfahrt benutzt, größere Schiffszüge lassen sich mit denselben talwärts nicht befördern, jene fahren deshalb in der Regel ohne „Anhang“ zurück, wobei dann die Kette, deren Lage während der Bergfahrt eine unregelmäßige wird, wieder an die richtige Stelle kommt. Wenn an ein und derselben Kette mehrere Schlepper fahren, was bei längeren

⁷⁹⁾ Außerdem geben die nachstehend bezeichneten Abhandlungen über die oben kurz angedeuteten Punkte Anschluß. Werneburg, Die Kettenschiffahrt auf dem kanalisiertem Main. Frankfurt a. M. 1880. — Berring, Die Tauerei-Schiffahrt auf der Seine. Zentralbl. d. Bauverw. 1881, S. 189. — Wernigh, Ein Beitrag zur Frage: Ketten- oder Seilschiffahrt? Deutsche Bauz. 1882, S. 275. — Hammer, Über Ketten- und Seilschiffahrt. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1885, S. 386. — Kettenschlepperschiffahrt auf dem Neckar. Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 363. — Sympher, Dampfschiff für Drahtseil-Tauerei. Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 373. — Hartung, Ein Vorschlag zur Erzielung längerer Gebrauchsfähigkeit von Schakenketten. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. Bd. 35, S. 879. — Hilken, Schiffahrt und Flößerei auf dem Neckar. Mitteilungen des Zentralvereins 1891, 16. Dez. — Schanz, Die Kettenschlepperschiffahrt auf dem Main. Bamberg 1893. — Die Kettenschiffahrt in Deutschland. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1904, S. 43.

Strecken oft vorkommt, übergibt entweder der zu Berg fahrende seinen Zug an den ihm entgegenkommenden und führt alsdann zurück, oder der zu Tal fahrende Schlepper tritt aus der Kette, läßt den ihm entgegenkommenden Zug vorbeifahren und nimmt dann die Kette wieder auf. Hierbei werden die in Abb. 9, Taf. II dargestellten, in angemessenen Abständen in die Kette eingeschalteten Kettenschlösser benutzt. Mitunter werden die Schlepper mit Schrauben und einer besonderen Maschine versehen, um auch ohne Kette oder Seil talwärts fahren zu können.

Bei der Talfahrt sind in neuerer Zeit durch Anwendung sogenannter Turbinen-Propeller Fortschritte gemacht.⁶⁰⁾

Ein Vergleich zwischen der Kettenschiffahrt und anderen Betriebsarten, namentlich der Schiffahrt mit freifahrenden Schleppern, ergibt, daß der Vorteil geringer Betriebskosten auf Seite der ersteren, der Vorteil geringer Anlagekosten auf Seite der letzteren ist.⁶¹⁾ Ferner ist die Kettenschiffahrt bei Wassertiefen, welche die Anwendung freifahrender Dampfer bereits ausschließen, noch ausführbar. Dagegen wird bei zu großer Tiefe des Fahrwassers (etwa von 3 m an) das Auffischen der Kette so schwierig und es werden bei der gewöhnlich gleichfalls eintretenden größeren Breite des Wassers die Einwirkungen der Seitenwinde mitunter so fühlbar, daß man von der Anwendung der Kettenschiffe absehen muß. In Strommündungen und auf größeren Binnenseen findet man dieselben deshalb nicht.

Auf Flüssen sind die unteren Strecken für Anwendung der Kette weniger geeignet, als die oberen. Stärkere Gefälle und mächtige Wassertiefen befördern die Aussichten auf erfolgreiche Anwendung der Kettenschiffahrt. Eine bestimmte, aus den Gefälleverhältnissen abzuleitende Grenze für Anwendbarkeit der verschiedenen Betriebsarten läßt sich schwer ziehen. Bellingrath gibt hierüber folgendes an: Die Kettenschiffahrt ist im Vorteil vor Raddampfern bei Gefällen von 0,25‰, die Raddampfer stoßen auf Betriebsschwierigkeiten bei Gefällen von 0,4‰, dieselben müssen verzichten bei Gefällen von 0,5‰. Dagegen sind freifahrende Dampfer den Kettenschiffen und namentlich den Seilschiffen bei mächtigen Gefällen überlegen, zumal die Unterhaltung der Ketten und Seile große Kosten verursacht. Werneburg sagt, daß die freifahrenden Schleppdampfer der Taueri bei einer Strömung von etwa 0,8 m/Sek. und weniger überlegen seien, bei mittleren Geschwindigkeiten von etwa 0,8 bis 1,2 m/Sek. können beide Schlepparten nebeneinander bestehen, bei Geschwindigkeiten über 1,2 m überwiegt dagegen der Vorteil der Kettenschiffahrt.

Es liegen verschiedene Fälle vor, in denen die Taueri nach einiger Zeit aufgegeben ist. Suppán erklärt dies folgendermaßen:

„Was die Nachteile des Taueribetriebes anbelangt, so sind diese so groß, daß man heute trotz seiner höheren Zugleistung im allgemeinen den freifahrenden Schleppzug vorzieht. Die Kette oder das Seil ergeben hohe Anlagekosten, der Tauer läßt sich schwerer steuern und hat eine nur beschränkte Bewegungsfreiheit. Derselbe muß, um sich auch ohne Kette oder Tau bewegen zu können, außer den Taurvorrichtungen noch mit Schaufelrädern oder Schraube versehen sein. Hierzu kommen die Aufenthalte bei Aufnahmen und Abgeben der Kette, die Gefahren von Ketten- oder Seilbrüchen

⁶⁰⁾ Busley, Turbinen-Propeller mit Kontraktor. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. Bd. 38. — Grosch, Das Strahlschiff „Dresden“. Ziviling. Bd. 41, Heft 5.

⁶¹⁾ Zahlenangaben über die Betriebsvorteile der Taueri s. Schöell, Fahrzeuge für Güterbeförderung. Zeitschr. f. Bauw. 1889, S. 401.

und endlich die Kosten für die Instandhaltung der Kette, sowie für die alljährliche Hebung derselben vor Eintritt der Eissperre. Nur auf Flüssen mit geringer Geschiebebewegung kann letztere unterbleiben, weil dann keine Gefahr einer Verschotterung der Kette über Winter vorhanden ist. Endlich ist es für den Tauer ganz gleichgültig, ob er mit oder gegen den Strom geht, sein Wirkungsgrad bleibt immer der gleiche, während der Raddampfer zu Tal, wenn die Strömung gröfser als der Slip ist, einen gröfseren Wirkungsgrad erreicht. Der Hauptnachteil des Tauers liegt aber darin, dafs dieser eine begrenzte Verkehrslinie schafft, während der freifahrende Dampfer die ganze Verkehrsfläche beherrscht. Die Tauerei wird daher nur auf solchen Flüssen angewendet werden, auf welchen die Wassertiefen nicht mehr ausreichen, um leistungsfähige freifahrende Zugdampfer verwenden zu können.*

Flufsstrecken, woselbst eine eingerichtete Tauerei aufgegeben werden mufste, sind die Elbe zwischen Hamburg und Magdeburg (die Kette versandete so oft, dafs sie wegen zu hoher Ausbesserungskosten verloren ging. Dieselbe dauerte nur etwa 13 Jahre). Auf dem Rhein wurde in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts Seilschiffahrt zwischen Emmerich und Bingen eingerichtet; zuerst wurde die Strecke Emmerich-Bonn, dann die Strecke Bonn-St. Goar aufgegeben, neuerdings ist das Seil auch zwischen St. Goar und Bingen beseitigt.

Das Kanalisieren der Flüsse ist der Tauerei im allgemeinen nicht günstig; denn ihre Vorteile überwiegen nur dann, wenn bei hohen Wasserständen und niedergelegten Wehren eine starke Strömung zu überwinden ist; unter diesen Umständen mufs die Schiffahrt aber oft ganz eingestellt werden.⁶⁷⁾ Die Kette im Main, welche zwischen Mainz und Frankfurt gelegt ist, wird nicht mehr benutzt. Auf der gleichfalls kanalisierten Strecke Frankfurt-Aschaffenburg wird dagegen Tauerei betrieben. Dieselbe erstreckt sich auch weiter bis Kitzingen.

Aus den schwachen Seiten der Tauerei geht ohne weiteres hervor, dafs sie bei Schiffahrtskanälen im allgemeinen nicht am Platze ist und die bezüglichen Versuche haben nur selten Erfolg gehabt.⁶⁸⁾

Eine Ausnahme machen die einschiffigen Strecken französischer Kanäle und zwar wegen der in diesen entstehenden erheblichen Widerstände. Wenn der eingetauchte Hauptquerschnitt f eines normalen französischen Kahns = $5 \cdot 1,30 = 6,5 \text{ qm}$ und der rechteckige Wasserquerschnitt F einer einschiffigen Strecke = $6,25 \cdot 2 = 12,5 \text{ qm}$ (das ist ungefähr = $2f$) ist, wenn ferner die Einsenkungstiefe bei $6,25 \text{ m}$ Wasserspiegelbreite und $0,6 \text{ m}$ Fahrgeschwindigkeit zu $0,20 \text{ m}$ angenommen wird, so berechnet sich aus Gl. 1 (S. 65) die Geschwindigkeit der Rückströmung zu $0,98 \text{ m/Sek.}$ Dann ist die relative Geschwindigkeit von Wasser und Schiff = $0,98 + 0,60 = 1,58 \text{ m.}$ Dagegen sei in den zweischiffigen Strecken $F = 30 \text{ qm.}$ die Wasserspiegelbreite = 18 m und die Einsenkungstiefe = $0,01 \text{ m;}$ f und die Fahrgeschwindigkeit v bleiben unverändert. Hierfür ergibt sich die Geschwindigkeit der Rückströmung zu $0,2 \text{ m Sek.,}$ somit die relative Geschwindigkeit von Wasser und Schiff zu $0,8 \text{ m.}$ Wenn angenommen wird, dafs die Schiffswiderstände sich wie die Quadrate der relativen Geschwindigkeiten verhalten, ergibt sich aus $0,8^2 : 1,53^2$ das Verhältnis $1 : 4.$ Die Zugkraft, welche ein Kahn in der einschiffigen Strecke erfordert, wäre also bei gleicher Geschwindigkeit

⁶⁷⁾ Werneburg, Die Kettenschiffahrt auf dem kanalisierten Main. Frankfurt 1880.

⁶⁸⁾ Über Seilschiffahrt auf Kanälen vergl. Engineer 1874, 14. Aug. — Dasselbe 1877, Febr. S. 102. — Ann. des ponts et chaussées 1877, Juli, S. 72. — In Belgien besteht Kettenschiffahrt auf dem Kanal von Brüssel nach Rupel auf Grund eines Monopols. Näheres s. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 121.

etwa das Vierfache der in zweischiffigen Strecken aufzuwendenden Zugkraft, und unter diesen Umständen sind mechanische Vorrichtungen, insbesondere Tauerei, namentlich dann am Platze, wenn Tunnel oder tiefe Einschnitte die Herstellung von guten Leinpfaden erschweren.

Beispiele liegen vor auf den Scheitelstrecken des Kanals von St. Quentin und des Kanals von Nivernais.⁸¹⁾ In letztgenanntem Falle handelt es sich um eine rund 3500 m lange, einschiffige Kanalstrecke, woselbst man der Tunnel und engen Einschnitte wegen vor noch nicht langer Zeit auf Treideln durch Menschen angewiesen war. Die Abmessungen sind im wesentlichen die oben angegebenen. Wandungen und Sohle des Kanals waren teils aus Mauerwerk hergestellt, teils mit Steinen befestigt.

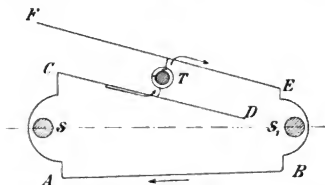
Durch Versuche mit einem Schleppdampfer und Zügen von drei Kähnen soll sich herausgestellt haben, daß bei einem Abstände von 30 m zwischen dem Dampfer und dem ersten Kahn die von jenem verursachten Strömungen den Widerstand der Kähne derart steigerten, daß bei 0,6 m Fahrgeschwindigkeit 71 PS. aufzuwenden waren. Dagegen waren bei Tauerei angeblich nur 10,4 PS. erforderlich.

Ferner wären auch die Anschaffungskosten für einen Schleppdampfer sehr viel größer gewesen, als die für einen Tauer nebst Kette. Daß unter den besprochenen Umständen Tauerei am Platze ist, unterliegt keinem Zweifel. Der Tauer hat keine Dampfmaschine, sondern einen Petroleum-Motor erhalten. In den Ann. des ponts et chaussées 1903, I., S. 368 macht Mazoyer ausführliche Mitteilungen über das erste Betriebsjahr (1901/02).

Eine Kettenschiffahrt, welche wegen Anwendung der elektrischen Kraftübertragung besondere Beachtung verdient, ist für eine 5,4 km lange zweischiffige Scheitelhaltung des Burgunder Kanals von Galliot ausgeführt und schon seit mehr als zehn Jahren im Betrieb, nachdem früher Kettendampfer verwendet worden waren.⁸²⁾

In diesem Falle konnte die Dampfkraft durch Wasserkräfte, welche in der Saône und der Seine bei nicht zu großer Entfernung zur Verfügung standen, ersetzt werden.

Abb. 32.



zwei Turbinen nebst Dynamos S und S_1 (Abb. 32), zwischen welchen sich die Leitung $A B$ befindet, erzeugen die elektrische Energie. Die von S und S_1 ausgehenden parallelen Leitungen $C D$ und $E F$ sind nicht fest miteinander verbunden; der Schluß des Stromkreises wird durch Rollenkontakte bewirkt, diese übertragen die Elektrizität auf das Dynamo T , von welchem die Kettenscheibe eines Schleppers angetrieben wird. — Die gewöhnliche Fahrgeschwindigkeit ist 0,70 m Sek. Die Betriebskosten sind erheblich geringer, als bei Dampftrieb, zumal die Turbinen von Schleusenwärtern bedient werden.

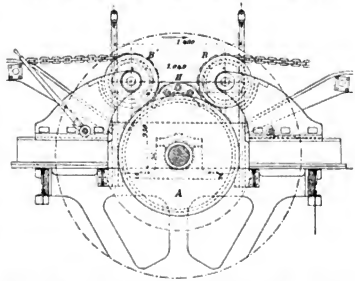
Auf der besprochenen Strecke werden die Kähne in Zügen befördert, eine verwandte Anordnung Bovets, welche bis jetzt auf Versuche beschränkt geblieben ist, bezweckt die Beförderung einzelner Kähne. Der Genannte gibt jedem Kahne zeit-

⁸¹⁾ Ann. des ponts et chaussées 1863, S. 328. — Dasselbst 1902, I. S. 210. Canal du Nivernais. Etablissement du touage mécanique dans le bief de partage.

⁸²⁾ Ann. des ponts et chaussées 1894, II. — Schiffsahrts-Kongresse Paris (1892) und Haag (1894). Weber von Ebenhof a. a. O. S. 315.

weilig einen Kettenzug-Apparat mit, der mittels eines Y-förmigen Trägers am Schiffsbord befestigt wird. Auf dem Träger befindet sich eine Kettenscheibe, der Antrieb erfolgt durch ein Dynamo, welches den Strom mittels eines biegsamen und nachgiebigen Kabels von einer der an beiden Ufern des Kanals oberirdisch entlang geführten Leitungen erhält. Der Zug wird auf eine im Kanale liegende Kette ausgeübt und es sind zwei Ketten, für jede Fahrrichtung eine, vorgesehen. Die Kettenscheibe ist mit magnetischer Haftung (Abb. 33) versehen, so daß die Zugkette wenig mehr als den halben Umfang derselben zu umspannen braucht.⁶⁶⁾

Abb. 33. Kettenscheibe mit magnetischer Haftung. M. 0,02.



Wahrscheinlich würde die Erfindung Bovets bei Einführung eines Schleppmonopols und bestimmter Fahrzeiten sich erheblich vervollkommen lassen.

In einigen Fällen ist man neuerdings zu der ursprünglichen, auf S. 68 erwähnten Art der Tauerei zurückgekehrt. Eine 104 km lange Strecke der Rhone, welche starke Strömungen und scharfe Kurven aufweist, ist in acht Teile von 10 bis 13 km Länge zerlegt, jedem Teil ist ein Seilschiff zugewiesen. Das obere Ende des zugehörigen, 23 mm starken Drahtseils hat man im Flussbett verankert, das untere Ende ist befestigt an einer auf dem Schiffe befindlichen großen, durch die Schiffsmaschine angetriebenen Seiltrommel. Bei der Bergfahrt, also beim Aufwinden des Seils, werden von dem Seilschiff zwei Kähne, die bei dem größten Tiefgange von 1,4 m je 390 t laden können, in üblicher Weise geschleppt, bei der Talfahrt werden die Kähne an die Seiten des Schiffes gekuppelt.

Die befriedigenden Erfahrungen, welche mit der Rhone-Tauerei gemacht sind, waren Veranlassung, daß im Jahre 1899 für die gewaltige Stromschnelle der Donau im Eisernen Tor ein Drahtseilschiff gebaut worden ist. Dasselbe hat größere Abmessungen und Stärken, als die Rhone-Tauer erhalten (das 6000 m lange Drahtseil hat beispielsweise 32 mm Durchmesser) und ist mit zwei Schiffsschrauben und zugehörigen besonderen Dampfmaschinen versehen, um oberhalb der Stromschnelle ohne das Seil fahren zu können. Sonstige Einzelheiten und eine Abbildung findet man Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 98. Man vergleiche auch die Mitteilungen Suppáns über Schiffahrtsgebühren am Eisernen Tor in „Wasserstraßen und Binnenschiffahrt“, S. 500.

§ 14. Motorboote. Die mancherlei Fahrzeuge, welche, ähnlich den Dampfkähnen und Dampfbooten, aufser eigenartigen Maschinen eine Nutzlast aufnehmen, kann man Motorboote nennen, obwohl dieser Name hauptsächlich den Schiffen zukommt, die dem Personenverkehr und dem Sport dienen; man kann ihn aber auch bei den Fahrzeugen anwenden, die zum Gütertransport gebraucht werden. Eine eingehende Besprechung derselben ist hier nicht am Platze, weil sie zum Wasserbau nur spärliche Beziehungen haben; sie sollen jedoch nicht ganz übergangen werden.

⁶⁶⁾ Vergl. hierzu die Bemerkungen Köttgens. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 242.

Die älteren Arten der Motorboote haben Schiffsschrauben, welche durch Benzin- oder Petroleum-Maschinen in Bewegung gesetzt werden. „Der geringe Raumbedarf, das mäfsige Gewicht des Brennstoff-Vorrats, die leichte und schnelle Ingangsetzung, die unschwere Bedienung, welche einen gelernten Maschinisten nicht erfordert, sind wesentliche Vorzüge jener Maschinen vor den Dampfmaschinen.“⁸⁷⁾ Dem Ortsverkehr auf Binnenseen, auch auf holländischen Kanälen leisten die genannten Boote vortreffliche Dienste. Ihre grofse Verbreitung hat sich namentlich durch eine im Jahre 1902 bei Potsdam veranstaltete internationale Ausstellung von Motorbooten gezeigt. In einer gröfseren Abhandlung hat Werneburg den Benzinmotor mit Zwillingsschrauben auch für den Massenverkehr der elsässischen Kanäle⁸⁸⁾ empfohlen und es sind für dieselben drei auf diese Weise ausgestattete Kühne von je 270 t Tragfähigkeit erbaut. Wenn bei diesen Kühnen erhebliche Ersparnisse gegenüber den Kosten des Pferdetransports nicht gemacht sind, so wird dies hauptsächlich eine Folge der Steuer sein, welche in Deutschland vom Petroleum erhoben wird; in Holland ist dies Hindernis nicht vorhanden.

Durch einen billigen und einfachen Betrieb sollen sich die Boote mit Sauggas-Maschinen, erbaut von der Gasmotor-Fabrik Deutz, auszeichnen. Näheres findet man an den unten genannten Stellen.⁸⁹⁾

Infolge des Aufschwungs der Elektrotechnik hat man versucht, auch diese für die Motorboote nutzbar zu machen. Man hat hierbei teils oberirdische Leitungen, die mit den Booten behufs der Stromabnahme in eine die Boote begleitende Verbindung gesetzt werden, teils Elektrizitätssammler (Akkumulatoren) verwendet.

Von verschiedenen Seiten sind Vorrichtungen vorgeschlagen, die an den Kühnen nach Bedarf angebracht werden sollen, um den Lastkahn zeitweilig in ein Motorboot zu verwandeln. Das entspricht einer Erklärung des Schiffsahrts-Kongresses in Brüssel (1898), welche auch sonst beachtenswert ist und deshalb hier vollständig Platz finden mag:

„Das Schleppen in Zügen ist zu beschränken auf die Flüsse und Kanäle mit langen Haltungen, großem Querschnitt und Schleusen, die zur Aufnahme von Schiffszügen eingerichtet sind, sowie auf Tunnelstrecken und sonstige Strecken, die aufergewöhnliche Schwierigkeiten bieten.“

„Auf den Kanälen mit beschränktem Querschnitt, wie diejenigen in Frankreich und Belgien (wenn man von den Seekanälen absieht), sollte die Einzelschiffahrt beibehalten werden, um Zeitverlust bei der Bildung der Züge und Überfüllung an den Schleusen zu vermeiden.“

„Auf freiem Kanal sollte jedem Schiffe auf unbegrenzte Länge eine sichere und preiswürdige Quelle der Bewegung zur Verfügung gestellt werden, die, ohne unveränderlich mit dem Fahrzeug verbunden zu sein, jeden Augenblick von dem Schiffer in Gebrauch genommen werden kann.“

Um diesen Anforderungen zu entsprechen, hat man verschiedene versetzbare Vorrichtungen erdacht, welche aufer einer Schiffsschraube oder einer Kettenrolle einen von einer oberirdischen Leitung gespeisten Elektromotor enthalten. Es ist aber wahr-

⁸⁷⁾ Näheres s. unter anderem Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1896, S. 101 (Quellmalz, Motorboote u. s. w.).

⁸⁸⁾ Der Schiffsahrtsbetrieb auf Kanälen. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1899, S. 243.

⁸⁹⁾ Zander, Elektrischer Schiffszug im Vergleich mit dem Sauggasbetrieb von Motorbooten. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1902, S. 176. — Schromm, Mitteilungen über den Schiffsahrtskongress Düsseldorf (1902). Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 7.

scheinlich, daß derartige Vorrichtungen einen sehr geringen Wirkungsgrad haben. Hierher gehören die von Bovet empfohlene Anordnung, welche im vorigen Paragraphen (S. 72) bereits besprochen ist, und die verwandten Vorschläge Büssers⁹⁰⁾, sodann die sogenannten Schraubensteuer, bei welchen das Steuerruder, eine Schiffsschraube und ein Dynamo zu einem ganzen vereinigt sind, und anderes.⁹¹⁾

Auf dem Gebiete der Motorboote, welche Lastschiffe ziehen sollen und dementsprechend Schleppmotorboote genannt werden, sind in neuerer Zeit durch Havestadt's Preisausschreiben zur Erlangung von Entwürfen für den elektrischen Schiffszug auf dem Teltow-Kanal⁹²⁾ namentlich insofern Fortschritte angebahnt, als folgendes verlangt wird: „Bei Schleppern, welche durch Schrauben oder dergl. fortbewegt werden sollen, ist darauf zu rücksichtigen, daß bei voller Fahrt mit Anhang durch die Wirbelbewegung des Wassers die aus lockerem Material bestehende Sohle und durch die entstehenden Wellen die Böschungen nicht angegriffen werden dürfen.“ Hierzu sei bemerkt, daß Schleppboote beim Teltow-Kanal nicht ganz entbehrt werden können, weil er von kleinen Seen an zwei Stellen unterbrochen wird; im übrigen ist elektrisches Treideln in Aussicht genommen. Die Schleppvorrichtungen sollen imstande sein, mit 4 km/Std. Geschwindigkeit entweder einen beladenen 600 t-Kahn oder zwei hintereinander gekuppelte Finow-Kähne (Tragfähigkeit 170 t) zu befördern.

Über die Ergebnisse des Preisausschreibens ist zu bemerken, daß eines der versuchsweise ausgeführten Schleppboote drei Schrauben und einen 20 PS.-Motor hatte. Dasselbe war mit einer Akkumulatoren-Batterie von 220 Zellen ausgerüstet, konnte aber auch Strom aus einer Doppeloberleitung entweder durch 12 m lange Kontaktstangen oder mittels Laufkatze entnehmen.⁹³⁾

§ 15. Mechanisches Treideln. Das Bestreben der französischen Ingenieure, das beschwerliche Treideln mit Pferden zunächst auf einschiffigen Scheitelstrecken durch besseres zu ersetzen, hat außer der bereits besprochenen Behandlung der Ketten-schiffahrt eine der beiden Arten des mechanischen Treideln, das Treideln mittels eines sogenannten endlosen, laufenden Drahtseils, ins Leben gerufen. Sodann gaben die Erfolge der elektrischen Bahnen Veranlassung, auch ein elektrisches Treideln der Kähne zu versuchen, zumal die Kanalschiffahrt mit Schleppdampfern mancherlei an anderer Stelle bereits besprochene Übelstände hat.

Die Versuche, welche mit dem Treibseil- oder Wanderseil-Treideln unter anderem auch auf dem Oder-Spree-Kanal angestellt sind⁹⁴⁾, können hier übergangen werden, nachdem eine beachtenswerte Ausführung vorliegt und seit Jahren im Betriebe ist.

⁹⁰⁾ Schifffahrts-Kongress Haag (1894), s. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 319.

⁹¹⁾ Für alle Einzelheiten sei auf Suppán, Wasserstraßen und Binnenschiffahrt, S. 417 u. ff. verwiesen. — Köttgens Bemerkungen über Schraubensteuer und Einzeltaueri s. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 242.

⁹²⁾ Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1902, S. 72.

⁹³⁾ Für die Anwendung von Akkumulatoren bei Motorbooten vergl. auch Quellmalz a. a. O. und für Schleppversuche mit den Booten des Akkumulatoren-Werkes „Watt“ bei Berlin Rundschau über Industrie und Technik 1899, S. 499.

⁹⁴⁾ E. Mohr, Versuche über den Schiffszug auf Kanälen durch Maschinenkraft vom Ufer aus. Berlin 1891 (Sonderdruck aus Zeitschr. f. Bauw. 1891). — Deutsche Bauz. 1890, S. 594. — Vergl. auch: Ann. des ponts et chaussées 1888, II. S. 502; Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 286; Deutsche Bauz. 1891, S. 159. — Über das Ziehen der Kähne mit Lokomotiven s. Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 524.

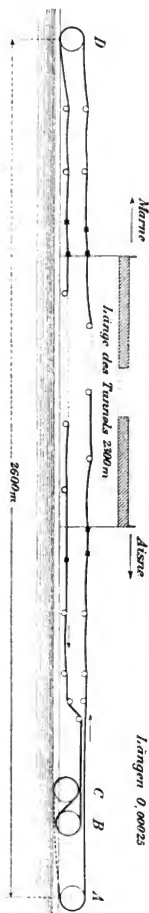


Abb. 34. Wanderseil-Treideln im Tunnel des Mont de Billy.

Es handelt sich um die Scheitelstrecke des Aisne-Marne-Kanals.⁹⁵⁾ In dem zugehörigen 2300 m langen Tunnel des Mont de Billy hat der Kanal eine mittlere Breite von 6,10 m, die Wassertiefe schwankt zwischen 2,2 und 2,5 m, der nur an einer Seite befindliche Leinpfad ist 1,5 m breit. Das von Lévy empfohlene und an Versuchsstrecken erprobte Treideln mit Treibseil ist daselbst seit Januar 1896 im Betriebe.

Die baulichen Einrichtungen sind durch einen Längenschnitt (Abb. 34) angedeutet. Man sieht, daß die Drahtseilanlage an der Seite der Aisne, woselbst die Kraftmaschine sich befindet, 160 m, an der anderen Seite aber 140 m länger als der Tunnel, im ganzen also 2600 m lang ist. An der erstgenannten Seite befinden sich drei Seilscheiben von 2 m Durchmesser. Die Scheibe A steht mit einer in der Abbildung nicht angedeuteten, für ähnliche Zwecke oft ausgeführten Vorrichtung in Verbindung, welche in jedem Strange des 30 mm starken Drahtseils eine Spannung von 5 t dauernd erhält. Die Scheibe B, welche mit einem für leichtes Auswechseln eingerichteten Holzfutter versehen ist, wird von einer Dampfmaschine angetrieben, in der Regel sind 15, ausnahmsweise 20 PS. erforderlich. Die leer laufende Scheibe C bewirkt, daß das Seil, damit die Reibung stark genug werde, zwei Drittel des Umfangs der Scheibe B berührt.

An der anderen Seite des Tunnels umschlingt der untere Strang des Treibseils, welcher die Kähne von links nach rechts befördert, die Hälfte der Scheibe D und schließend nimmt die Scheibe A das Seil wieder auf. Die Unterstützung desselben wird durch Seilrollen von 0,70 m äußeren Durchmesser bewirkt, welche meistens in Abständen von 58 m angebracht sind. Auf die Einzelheiten dieser Rollen kann hier nicht eingegangen werden. Dies gilt auch von der Art und Weise, wie die an den Kähnen befestigten Treidelseile an das Treibseil gekuppelt werden. Wenn ein solches im Gange ist, dreht es sich bekanntlich beständig um sich selbst; im vorliegenden Falle macht das Treibseil bei einer Fahrgeschwindigkeit der Kähne von 0,30 bis 0,35 m/Sek. eine Umdrehung auf 40 bis 45 m Länge. Der Anschluß der Treidelseile an das Treibseil ist aber so eingerichtet, daß die Drehungen stattfinden können, ohne daß jene Seile sich um das Treibseil wickeln, ferner auch so, daß Anhängen und Abhängen schnell bewerkstelligt werden kann.

Bourguin spricht auch die Ausführung und den Betrieb. Es finden täglich in jeder Richtung zwei Fahrten statt, wobei die Kähne in beliebiger Anzahl, aber paarweise, be-

⁹⁵⁾ Bourguin, Le halage funiculaire des bateaux dans le souterrain du mont de Billy sur le canal de l'Aisne à la Marne. Ann. des ponts et chaussées 1897, II. 8. 267.

fördert werden. Es hat sich hierbei herausgestellt, daß für die außerhalb des Tunnels befindlichen Anlagen eine größere Länge zweckmäßiger wäre. Schon die Erfahrungen des ersten Betriebsjahres haben gezeigt, daß namentlich das Treibseil, dessen Dauer auf 4 bis 5 Jahre geschätzt wird, und die Seilrollen sehr stark abgenutzt werden. Die Einnahmen (0,02 Fr. für jede Tonne der Ladung, leere Kähne werden kostenlos befördert) decken aber sämtliche Kosten. Bei einem Verkehr von rund 1400000 t jährlich betragen nämlich die Einnahmen 23600 M. Die Anlage hat etwa 112000 M. gekostet, Betrieb und Unterhaltung erfordern 10000 M. jährlich, die Erneuerung des Treibseils, der Rollen u. s. w. etwa 6400 M., im ganzen 16400 M.; es bleibt also, da auf eine Mindesteinnahme von 22800 M. jährlich gerechnet werden kann, ein Reinertrag von 6400 M. oder $5\frac{1}{2}$ v. H. der Anlagekosten.

Ähnlich wie beim Treibseil-Betrieb muß auch bei dem elektrischen Treideln eine feststehende Kraftmaschine, und zwar von großer Leistungsfähigkeit, hergestellt werden: eine solche Maschine liefert die Pferdekräfte billiger, als die vereinzelt kleinen Maschinen der Schleppdampfer und das ist ein wesentlicher Vorteil. Auf der anderen Seite sind jedoch die Baukosten der elektrischen Anlagen sehr bedeutend und es ist wiederholt nachgewiesen, daß diese Kosten sich nur bei einem Verkehr ersten Ranges bezahlt machen. Es gilt aber noch heute die nachstehende Erklärung des VIII. Schiffahrts-Kongresses zu Paris⁹⁶⁾:

„Wenn man bedenkt, wie wenig der Pferdezug in einen neuzeitlichen Betrieb hineinpaßt und wie sehr Schleppdampfer die Kanalwändungen angreifen, die Uferdeckungen zerstören und in die mühsam hergestellten Kanaldichtungen Löcher zu wühlen vermögen, so erscheint es allerdings als ein in eigenen Nutzen wohl verstandene Aufgabe des Staates, die Entwicklung des elektrischen Schiffszuges zu fördern.“

Im allgemeinen gestaltet sich das elektrische Treideln so, daß man das Treidelseil an einen auf dem Ufer laufenden Wagen befestigt, der mit denselben Hilfsmitteln, wie die Wagen der elektrischen Eisenbahnen in Bewegung gesetzt wird.

In den Einzelheiten unterscheiden sich die verschiedenen Arten des elektrischen Treideln hauptsächlich hinsichtlich der Anordnung und der Stützung jenes Wagens. Fast abenteuerlich erscheinen die hierfür in Vorschlag gebrachten Seilbahnen und Trägerbahnen. Daß bei denselben das Treidelseil eine hohe Lage erhält, ist immerhin eine gute Seite.

Dagegen war dem elektrischen Dreirad von Galliot, Denöfle und Gérard Erfolg beschieden.⁹⁷⁾

Dieser Wagen, der auch elektrisches Pferd genannt wird, hat drei Räder mit sehr breiten Kränzen; er kann somit auf einem gewöhnlichen, gut befestigten Leinpfade fahren. Die elektrische Leitung ist selbstverständlich doppelt, die mit Kontaktrollen versehenen Stromabnehmer sind auf dem Dache des Führerstandes angebracht, das Treidelseil wird an den Rahmen des Fahrzeuges befestigt.

Diese elektrischen Dreiräder sollen zwar die Leinpfade stark angreifen, immerhin waren deren mehr als hundert bereits vor einigen Jahren im Betrieb. Über die Betriebskosten wird das Folgende mitgeteilt:

⁹⁶⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 529. — Für die betreffenden Verhandlungen des Kongresses in Brüssel vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 401 und Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 379.

⁹⁷⁾ Volkman, Elektrischer Schiffszug auf nordfranzösischen Kanälen. Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 231.

„Infolge der Einführung des elektrischen Schiffszuges sind die Schlepp-Preise, die früher bei der Pferdetreiderei zwischen 0,33 und 0,6 bis 0,7 Centime für das Tonnenkilometer je nach der Jahreszeit und den Ansprüchen der Treidler schwankten, auf 0,3 Centime für die Bergfahrt und 0,24 Centime für die Talfahrt gesunken. Zum Vergleich sei bemerkt, daß am Finow-Kanal der Schlepplohn der Pferdetreidler für das Tonnenkilometer zur Zeit 0,36 Pfennig beträgt. Der französischen Gesellschaft ist es mit Rücksicht auf die Pferdetreidler nicht gestattet, ihre Preise niedriger als die Preise des Pferdezuges zu bemessen. Trotz der niedrigen Sätze glaubt die Gesellschaft dennoch, ein vorteilhaftes Geschäft zu machen, da ihre tonnenkilometrischen Selbstkosten angeblich nicht mehr als 0,1 bis 0,15 Centime betragen sollen.“

Auf den französischen Kanälen tritt das elektrische Dreirad in Wettbewerb mit dem Pferdetreideln, dagegen hat auf den neuen deutschen Kanälen das elektrische Treideln in Wettbewerb mit der Schleppschiffahrt zu treten. Man war deshalb darauf angewiesen, die Anlage möglichst vollkommen zu gestalten, insbesondere den Leinpfad mit Schienensträngen zu versehen. Hierfür liegen verschiedene Entwürfe vor⁹⁸⁾ und Versuche, welche i. J. 1899 bei Eberswalde auf einer 1 km langen Strecke des Finow-Kanals gemacht sind, haben die Sache wesentlich gefördert. Es hat sich hierbei unter anderem darum gehandelt, die Einschienenbahn des Oberingenieurs Köttgen zu erproben.⁹⁹⁾ Auch bei dieser Anlage ist Wert auf Beibehaltung des Leinpfades gelegt und man hat sich namentlich zu diesem Zwecke mit einem Schienenstrange begnügt. Die Lokomotive fährt mit zwei Rädern, die doppelte Spurkränze haben, auf dem an der Landseite liegenden Schienenstrange, während zwei andere Räder ohne Spurkränze auf dem Leinpfade laufen. Das Gewicht der Lokomotive wird zu sieben Achtel auf die Schiene übertragen, so daß die der Zugkraft entsprechende Reibung schon auf der letzteren erzeugt wird; diese Anordnung bringt neben großer Einfachheit genügende Sicherheit gegen das Umkippen der Lokomotive durch die Querkomponente des Schiffszuges mit sich. Die Lokomotive erhält Strom durch eine seitlich an Masten angebrachte Leitung und gibt den Strom zur Rückleitung nach der elektrischen Station an die Schienen ab. Etwa 1 m über dem Erdboden ist an der Lokomotive das von dem Mastbaum des geschleppten Schiffes ausgehende Treidelseil befestigt. Der Lokomotivführer nimmt auf einem Sitz in der Mitte der Lokomotive Platz und bedient mit seiner Linken die elektrische Anlaß- und Reguliervorrichtung, mit der rechten Hand die mechanische Bremse. Die normale Geschwindigkeit der Lokomotive und des Kahnese war 4,5 km/Std.

Die Anlagen am Finow-Kanal haben sich auch auf die Durchführung der Bahn unter einer Eisenbahnbrücke und auf das Überschreiten einer Ladestelle erstreckt. In beiden Fällen haben sich Schwierigkeiten nicht gezeigt.

Die Versuchsanlage war indessen nur auf 300 m Länge in der oben beschriebenen Weise hergestellt, während im übrigen für die an der Wasserseite der Lokomotive befindlichen Räder eine leichte Nebenschiene verlegt wurde. „Bei Neuanlagen von Kanälen wird man allerdings vorziehen, von Hause aus auch die Nebenschiene zu ver-

⁹⁸⁾ Vering, Mechanischer Schiffszug auf Kanälen. Deutsche Bauz. 1899, S. 13 und Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1901, S. 248. — Feldmann, Elektrisches Treideln von Kanalschiffen. Zentrabl. d. Bauverw. 1901, S. 498.

⁹⁹⁾ Elektrischer Schiffszug auf dem Finow-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1899, S. 217 und Zentrabl. d. Bauverw. 1900, S. 82. — Köttgen, Elektrische Schleppschiffahrt auf Kanälen (mit 13 Abbildungen, welche zum Teil die von anderen Seiten vorgeschlagenen Anordnungen betreffen). Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 238. — Vergl. auch Schönbach, Über die neuen Entwürfe für den Donau-Moldau-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1902, S. 92.

legen, da diese sowohl in der Anlage wie in der Unterhaltung bedeutend billiger werden wird, wie ein chausseierter Treidelweg.“

Das auf S. 75 erwähnte Preisausschreiben Havestadts hat eine weitere Entwicklung des elektrischen Treidelns bewirkt. Die für den Teltow-Kanal verlangten Leistungen sind an genannter Stelle bereits namhaft gemacht; hier ist nur zu bemerken, daß die größte stündliche Geschwindigkeit bei Leerfahrten auf 5 km festgestellt wurde. Ferner war darauf Bedacht zu nehmen, daß das Treidelseil über die am Ufer liegenden ladenden oder löschenden Schiffe hinweggehen müsse.

Dieser Wettbewerb veranlaßte die Herstellung einer 1,8 km langen Probestrecke am Teltow-Kanal, welche von vornherein zwei Schienenstränge erhalten hat. Der Strom wird mit Ruten und Kontaktrollen einer doppelpoligen Oberleitung entnommen, weil in Rücksicht auf die magnetische Warte in Potsdam Schienenrückleitung nicht angewendet werden durfte. Die neue elektrische Lokomotive Köttgens scheint sechs Räder zu haben, und trägt hinten einen langen schrägstellenden verstellbaren, eisernen Arm mit Rolle, über welche das Treidelseil hinweggeht.¹⁰⁹⁾ Von dort gelangt dasselbe nach einer elektrisch angetriebenen Seilwinde, auf die es nach Bedarf aufgewickelt wird. Die Trommel der Winde ist mit dem Motor durch eine Reibungskuppelung verbunden, welche bei einer Spannung im Treidelseil von mehr als 1500 kg gleitet. Hierdurch wird vermieden, daß das Treidelseil beim Anfahren zu stark beansprucht wird. Das Aufstellen und Niederlegen des obengenannten Arms wird durch einen Elektromotor bewerkstelligt. Sämtliche Schalthebel sind dem Führer, dessen Stand an allen Seiten geschlossen und überdacht ist, bequem zugänglich. Der Wirkungsgrad beträgt im Durchschnitt von Oberleitung bis Treidelseil gemessen zwischen 60 bis 70 v. H.

Versuche mit dem elektrischen Treideln sind auch auf dem Erie-Kanal angestellt; die Einrichtungen waren im wesentlichen nicht anders, als in Deutschland. Man hat selbst bei stündlichen Geschwindigkeiten von 7,2 km nur eine sehr mäßige Wellenbildung beobachtet.¹⁰¹⁾

Wichtiger als die technischen Einzelheiten des mechanischen, insbesondere des elektrischen Treidelns ist die Umgestaltung des Schiffsahrtsbetriebes, den ein solches Treideln voraussichtlich in Gefolge haben dürfte. Zunächst entsteht die Frage, welche Anordnungen bezüglich des Kreuzens der in entgegengesetzten Richtungen fahrenden Kähne zu treffen seien. An beiden Ufern des Kanals eine elektrische Bahn herzustellen, ist der Kosten wegen einstweilen ausgeschlossen. Die Lokomotiven müssen deshalb vorläufig auf Strecken von bestimmter Länge hin- und zurückfahren und an den Endpunkten dieser Strecken die Kähne austauschen. Das bedingt aber das Einhalten bestimmter Fahrzeiten. Hierzu sagt Köttgen bereits i. J. 1900 folgendes:¹⁰²⁾ „Der Betrieb einer für den ganzen Kanalverkehr errichteten gemeinsamen Anlage wird ein neues Bild des Kanalverkehrs bringen. Eine solche groß angelegte Schleppschiffsahrtsanlage muß natürlich mit der Pünktlichkeit des Eisenbahnbetriebes gehandhabt werden. Man wird Fahrpläne für den Verkehr der Lokomotiven aufstellen, wie es schon im Interesse eines geregelten, ununterbrochenen Betriebes an den Schleusen erwünscht ist, um eine Anhäufung von Kähnen bei diesen zu verhindern. Der Verkehr auf dem Kanale wird eben (im wesentlichen) dasselbe Bild zeigen, wie es die Eisenbahnen bieten. Es dürfte

¹⁰⁹⁾ Technische Woche (Beilage zur Deutschen Zeitung) vom 29. Jan. 1904.

¹⁰¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1904, S. 287.

¹⁰²⁾ Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 245 u. ff.

deshalb das Zweckmäßigste sein, wenn der Staat selbst die Leitung und den Betrieb der Schleppanlagen übernehmen würde, da ja kein Grund vorliegt, der rechtfertigt, die Kanäle anders zu behandeln, als die Eisenbahnen. Es werden dann auch die Lieferzeiten kürzer werden und man wird dieselben genau einhalten können.*

In den letzten Jahren haben diese Ansichten mehr und mehr Boden gewonnen. Nachdem beim Teltow-Kanal die Wahrnehmung des Betriebes durch den Eigentümer längst genehmigt wurde, ist auch das sogenannte Schleppmonopol des Staates für einen Teil der zu erbauenden preussischen Hauptkanäle gesichert.¹⁰²⁾

Nun ist freilich ein elektrischer Betrieb der besprochenen Art von Schattenseiten nicht frei. Eine solche ist, daß die Kähne beim Kreuzen und Wechseln der Treidelseile zeitweilig Halt machen müssen. Das verursacht Zeitverlust. Die „Verkehrsgeschwindigkeit“ ist deshalb und wegen des Aufenthalts beim Schleusen kleiner als die Fahrgeschwindigkeit. Havelstadt schätzt die erstere beim Teltow-Kanal auf 3,5 km, während als Fahrgeschwindigkeit 4 km in Aussicht genommen sind. Die Zeitverluste beim Schleusen der Kähne werden übrigens beim elektrischen Treideln nicht vergrößert, sondern verringert werden, weil man dafür sorgen wird, daß die Kähne einzeln eintreffen und weil die Lokomotiven beim Einfahren der Kähne in die Schleusen behülflich sein können.

Wesentliche Bedenken liegen bezüglich des Kostenpunktes vor. Es ist wahrscheinlich, daß beim elektrischen Treideln die Schiffahrtskosten selbst bei einem Verkehr ersten Ranges höher bleiben, als die Kosten des Schlepens mit Schraubendampfern. Die Mitteilungen, welche über die Kosten des elektrischen Treideln vorliegen, lauten sehr verschieden. Im Anschluß an die Versuche am Teltow-Kanal sind unter Berücksichtigung der baulichen Herstellung und des Betriebes als Kosten der Beförderung eines Tonnenkilometers

bei einem Verkehr von jährlich 1½ Millionen tkm . . .	0,8 Pf. und
„ „ „ „ „ 4½ „ „ „ „	0,45 „
ermittelt. ¹⁰³⁾	

An einer anderen Stelle werden dagegen die genannten Kosten für den Kanal Bevergeren-Hannover

bei einem Verkehr von jährlich 3 Millionen tkm zu rund	0,25 Pf. und
„ „ „ „ „ 6 „ „ „ „	0,20 „

angegeben. Die kilometerischen Anlagekosten sind dabei mit 60200 bzw. 79700 M. in Ansatz gebracht.

Den großen Kosten des elektrischen Treideln stehen mancherlei Vorteile gegenüber; von diesen und von neueren Versuchen wird in § 18 des II. Kap. die Rede sein.

§ 16. Fahren. Die Wasserstraßen vermitteln nicht selten außer ihrem Hauptverkehr, der sich in der Längsrichtung bewegt, auch einen Querverkehr. Die zugehörigen Anlagen, welche in der Regel einen durch das Wasser unterbrochenen, rechtwinkelig zum Laufe desselben gerichteten Landverkehr aufnehmen, heißen Fahren. Dieselben dienen entweder dem Personenverkehr oder diesem und außerdem noch dem Güterverkehr. Fähranstalten für Eisenbahnwagen nennt man Trajektanstalten, die be-

¹⁰²⁾ Vergl. Philipp, Ist die Verstaatlichung des Schleppdienstes auf den preussischen Wasserstraßen anzustreben? Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1903, S. 66.

¹⁰³⁾ Schromm, Bericht über den Schifffahrts-Kongress Düsseldorf (1902). Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 10.

treffenden Fährschiffe Trajektschiffe. Ferner unterscheidet man freifahrende Fährten und geführte Fährten. Die Führung der letzteren, aus Ketten oder Seilen bestehend, liegt entweder in der Quer- oder Längsrichtung des Flusses; in ersterem Falle pflegt man die Fährten Ketten- oder Seilfährten, in letzterem fliegende Fährten zu nennen.

Auf eine Besprechung der freifahrenden Fährten soll nicht eingegangen werden; die 2. Auflage dieses Werkes hat über dieselben einiges gebracht.

Seil- und Kettenfährten sind teurer hinsichtlich der Anlage, aber billiger im Betriebe, auch widerstandsfähiger gegen Wind und Eisgang, so daß bei ihnen Unterbrechungen des Betriebes weniger häufig sind, als bei freifahrenden Fährten. Die Einzelheiten der Anlage gestalten sich verschieden, je nachdem die Strömung des Flusses oder der Dampf zur Bewegung verwendet wird. In erstgenanntem Falle werden ausschließlich Seile, am besten Drahtseile benutzt, welche quer über den Fluß gespannt entweder in das Wasser versenkt sind oder höher als der Wasserspiegel liegen. Die Enden des Seiles werden an Windevorrichtungen befestigt, weil die nutzbare Länge desselben vom Wasserstande abhängig ist. Bei kleinen Anlagen kann man dann das Fährboot von Hand überführen, sobald indessen die Strömung bedeutender ist, wird die Fährte durch Laufrollen mit dem Seile in Verbindung gebracht. Wenn man zwischen den Rollen und dem Fahrzeuge Ketten anbringt, so pflegen dergleichen sowohl am Vorder- als am Hinterteile der Fährte vorhanden zu sein. Sobald man nun die eine Kette mehr anzieht, als die andere, so „giert“ die Fährte, d. h. ihre Längsachse nimmt eine gegen den Strom geneigte Richtung an und eine durch Zerlegung der Kraft der Strömung entstehende Seitenkraft bewirkt die Bewegung ohne sonstige Hilfe. — Eine andere Anordnung besteht darin, daß man Laufrollen am Vorder- und am Hinterteile des Fährbootes befestigt und eine Seilscheibe in der Mitte desselben anbringt, sämtlich mit vertikalen Achsen. Das Gieren erfolgt, sobald das Seil mit der Scheibe und mit einer der Laufrollen in Berührung ist. Um die treibende Kraft des Stromes durch Vergrößerung der getroffenen Fläche zu vermehren, versieht man die Fährboote wohl mit sogenannten Schwertern, d. h. mit flosartigen Ansätzen, welche um horizontale, an ihrem oberen Ende befindliche Bolzen drehbar sind und nach Bedarf durch Ketten und Winden gehoben und gesenkt werden.

Für den Kaiser Wilhelm-Kanal sind 16 Drahtseilfährten mit Handbetrieb ausgeführt, die Benutzung stößt aber im Winter auf Schwierigkeiten. Hierüber wird in der Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1902, S. 221 folgendes mitgeteilt:

„Da die von der Hand betriebenen Fährprähme ihrer breiten Form wegen sich schwer durch die Eisschollen bringen ließen und infolge der Eisbildung in den Fährbuchten oft nicht bis an die Rampe gelangen konnten, wurden Eisprähme in spitzgehaltener Schiffsform eingeführt und durch die infolge der Verringerung des Schiffsverkehrs verfügbaren längsseits gelegten Schlepp- und Schlenkendampfer durch das Eis bewegt. Wie umfangreich der Fährbetrieb auch in der Frostzeit ist, geht daraus hervor, daß auf der Brunsbütteler Fährte im Januar und Februar 1901 während der Eisperiode (6. Jan. bis 27. Februar) täglich im Durchschnitt 218 Fuhrwerke und 1737 Personen befördert wurden. Die Kanalverwaltung hat deshalb die Verwendung sogenannter Schwebefährten in Aussicht genommen, weil sie ein von den Eisverhältnissen völlig unabhängiges Beförderungsmittel darstellen. Allerdings werden sich die Kosten dieser Einrichtung ziemlich hoch stellen.“

Mit Dampf betriebene Fährten fahren als Seil- und Kettenfährten ähnlich wie die im § 13 dieses Kapitels besprochenen Kettenschlepper und gewöhnlich an einem auf die Sohle des Flusses versenkten Seile, bezw. an einer Kette. In diesem Falle ist das Seil zugleich Haltseil und Zugschleppseil und es treten ähnliche Übelstände ein, wie bei den älteren Seilebenen der Eisenbahnen. Durch die Anwendung eines besonderen Haltseiles

und besonderer Zugseile, wie solche für die Trajektanstalten der Rheinischen Bahnen zur Ausführung gekommen sind, wurden diese Übelstände beseitigt.

Die Seilfähren mit tiefliegendem Seil bereiten der Flösserei und der Schifffahrt mit freifahrenden Fahrzeugen nur dann keine Unbequemlichkeiten, wenn das Seil auf die Sohle des Flusses niedergelassen ist; dies muß deshalb beim Vorüberfahren eines jeden Schiffes geschehen. Anders liegt die Sache in Betreff der Kettenschifffahrt. Die Kettenschlepper können die Stellen, woselbst sich Seilfähren befinden, nur nach Verlassen der Kette und wenn sie mit einer Hilfsschraube versehen sind, befahren. Gewöhnlich hat indessen die Einführung der Kettenschifffahrt eine Umänderung der Seilfähren in fliegende Fähren im Gefolge.

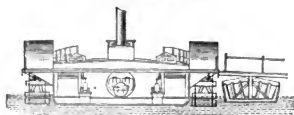
Die fliegenden Fähren sind an einer Langseite mit einer langen Kette, deren Ende oberhalb der Fährstelle im Bette des Flusses verankert ist, vermittelt zweier kürzeren Ketten verbunden. Durch zwei am vorderen und hinteren Ende aufgestellte Winden, welche jene Ketten aufnehmen, kann man die Länge der letzteren so regeln, daß die Fähre zum Gieren gebracht wird. Dieselbe treibt somit einen Bogen beschreibend von einem Ufer zum anderen. Die Hauptkette wird durch eine Anzahl Nachen über Wasser unterstützt oder (besser) „verbobert“, d. h. an eine Reihe von Schwimmern (Bobern, d. h. Körpern, welche oben — plattdeutsch „boben“ — bleiben) gehängt.

Eine Abart der fliegenden Fähren sind die fliegenden Brücken, bei welchen zwei Pontons eine Platte tragen, deren Anordnung derjenigen der Fahrbahnen der Schiffbrücken ähnlich ist. Die Gierkette ist an der stromaufwärts liegenden Seite der Platte und in der Mitte derselben befestigt. Das Gieren der fliegenden Brücke wird durch geeignete Benutzung der an den Pontons befindlichen Steuerruder bewerkstelligt. Für derartige fliegende Brücken ist bei größeren Flüssen eine Stromgeschwindigkeit von mindestens 0,6 m/Sek. erforderlich.

Zum Fährbetriebe können nur solche Stellen eines Flusses benutzt werden, welche eine ziemlich gleichmäßige Wassertiefe haben und bei denen dafür gesorgt ist, daß störende Ablagerungen von Sinkstoffen nicht eintreten. Hierbei ist zu beachten, daß größere Seil- und fliegende Fähren beladen gegen 1 m tief gehen. Ein Platz, welcher zum Bergen des Fährbootes bei Eisgang und Hochwasser geeignet ist, sollte sich in der Nähe der Fährstelle befinden.

Die Landungsvorrichtungen gestalten sich verschieden, je nachdem das Fährboot an der Seite oder vor Kopf zugänglich ist. Der erstgenannte Fall kommt namentlich

Abb. 35. M. 0,004.



bei freifahrenden Dampf Fähren für Personenverkehr und bei fliegenden Brücken vor, für beide werden gewöhnlich Landungsbrücken hergestellt (Abb. 35). Bei mäfsigen Höhenunterschieden des Wasserspiegels kann man eine auf der Fähre befindliche Klappe als Landungsbrücke benutzen. — Gebräuchlicher und namentlich bei Fähren, welche vor Kopf bestiegen werden, üblich sind landeinwärts eingeschnittene Uferampen mit einer beweglichen, dem Wechsel des Wasserstandes folgenden keilförmigen Vorrichtung, welche den Übergang von der Rampe nach der Fähre vermittelt. Aus diesen einfachen Anlagen haben sich die größeren für Trajektanstalten entwickelt, deren Besprechung jedoch zu weit führen würde; es sei nur bemerkt, daß hier der Fähre die Güterwagen in der Regel vor Kopf, die Personen

von der Seite zugeführt werden. Mitunter muß man zum Schutze der am Ufer anliegenden Föhre besondere Werke ausführen, welche den Regulierungswerken verwandt sind. — Wegen aller Einzelheiten der Föhren und ihrer Landungsvorrichtungen sei auf die Literatur verwiesen, zumal die Föhren infolge der Erbauung neuer Brücken mehr und mehr an Bedeutung verlieren.¹⁰⁵⁾

D. Der Schiffswiderstand.

§ 17. **Einleitung.** Genauere Kenntnis des auf S. 37 vorläufig erwähnten Schiffswiderstandes ist für verschiedene Gegenstände des Wasserbaues und der Binnenschiffahrt von großer Bedeutung, nicht minder für die Form der Seeschiffe und ganz besonders für den Bau der Schiffsmaschinen. Dies alles hier vollständig vorzuführen ist von vornherein ausgeschlossen, es ist vielmehr eine Beschränkung des umfangreichen Feldes durch Ausscheidung der Seeschiffe und ihrer Maschinen angezeigt. Ferner wird das Hauptaugenmerk auf die mäßigen Geschwindigkeiten, die beim Betriebe der Schiffahrtskanäle vorkommen, zu richten sein. Als Grenze zwischen mäßigen und großen Geschwindigkeiten kann man etwa 1,5 m/Sek. ansehen.

Es sind aber noch sonstige Beschränkungen erforderlich, um den sehr verwickelten Gegenstand auf das zurückzuführen, was sich einigermaßen feststellen und berechnen läßt. Über diese Beschränkungen ist folgendes zu bemerken:

Auf eine Ermittlung des Luftwiderstandes¹⁰⁶⁾ ist zu verzichten; er ist bei kleinen Geschwindigkeiten der Fahrzeuge und ruhigem Wetter gering, bei starken Winden aber unberechenbar. Man darf jedoch bei Einschätzung der aufzuwendenden Zugkraft nicht unberücksichtigt lassen, daß Gegenwinde dieselbe unter Umständen erheblich vermehren; dies ist besonders dann der Fall, wenn die Fahrzeuge hoch oder mit sperrigen Gegenständen beladen sind.

Daß die Strömungen des Wassers einen großen Einfluß auf die Widerstände haben, ist bekannt und bei Flüssen läßt sich dies annähernd berechnen. In Schiffahrtskanälen sind die von vornherein vorhandenen Strömungen vergleichsweise unbedeutend, mitunter aber doch stark genug, um die Widerstände erheblich zu vergrößern.

Bei Untersuchung der Widerstände liegt die Richtung der Zugkraft in der Verlängerung der Achse des Fahrzeugs und die Bahn des letzteren in einer geraden Linie. In Wirklichkeit ist dieser normale Zustand sehr oft nicht vorhanden. Wenn nun Stromrichtung und Fahrzeugachse einen spitzen Winkel bilden oder wenn ein solcher zwischen jener Achse und der Richtung der Zugkraft vorhanden ist, entstehen Kraftverluste. Dieser Fall tritt unter anderem beim Befahren von Krümmungen stets ein.¹⁰⁷⁾

¹⁰⁵⁾ Becker, Über fliegende Brücken (namentlich über diejenige bei Alt-Breisach nebst einer Theorie der fliegenden Brücken). Allg. Bauz. 1847, S. 251. — Beschreibung der fliegenden Föhre bei Speyer. Dasselbst 1851, S. 7. — Eine neue Einrichtung zur Fortbewegung von Seilföhren. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1856, S. 63. — Note sur le bac de Courceroy. Ann. des ponts et chaussées 1868, II. Sem. S. 328. — Ferryboats ou bacs des états-unis. Malézieux, Travaux publics des états-unis d'Amérique en 1870, S. 327. — Thémise-Dampfföhre in London. Engng. 1875, Okt. S. 310. — Engineer 1876, Sept. S. 210; 1877, S. 31. — Föhre im Hafen von Barcelona. Revista de obras publicas 1876, S. 110. — Kuntze, Föhre mit hochgespanntem Querseil über die Mosel bei Güls. Zentralbl. d. Bauverw. 1881, S. 261.

¹⁰⁶⁾ Vergl. Taschenbuch der Hütte, VII. Mechanik der Gase und Dämpfe. F. Winddruck und Luftwiderstand.

¹⁰⁷⁾ Die Kurvenwiderstände sind erörtert in: Flamant, Efforts nécessaires pour mouvoir un bateau dans un canal courbe. Ann. des ponts et chaussées 1881, I. S. 213.

Dafs ein spitzer Winkel zwischen der Richtung der Zugkraft und der Schiffsachse namentlich beim Treideln stets vorhanden ist, wurde bei anderer Gelegenheit bereits erwähnt. Das Schleppen der Schiffe mit Dampfern ist von diesem Übelstande ziemlich frei, so lange die Bahn geradlinig ist. In Krümmungen sind aber Richtung des Schleppseiles und Richtung der Schiffsmittellinie nicht selten sehr verschieden.

Die vorhin genannten Zustände bedingen einen fortwährenden Gebrauch des Steueruders, wobei der Stofs des Wassers auf das Ruderblatt namhafte Verluste an Energie verursacht. Die bezüglichlichen Berechnungen sind jedoch für eine allgemeine Behandlung des Schiffswiderstandes schwerlich verwendbar. Ähnliches gilt von den Aufwendungen an Energie, welche erforderlich sind, um ein Fahrzeug in den Gang zu bringen oder um demselben eine gröfsere Geschwindigkeit zu erteilen.

Aus dem Gesagten folgt zweierlei: erstens, dafs man bei Bestimmung der Stärke der zur Bewegung der Schiffe dienenden Maschinen die Zugkraft viel höher ansetzen mufs, als den für normale Verhältnisse ermittelten Widerstand und man geht nicht zu weit, wenn man den letzteren verdoppelt. Gelegentlich des Preisausschreibens für den elektrischen Schiffszug auf dem Teltow-Kanal sind bei einem normalen Widerstande von etwa 600 kg sogar 1500 kg Zugkraft gefordert.

Zweitens folgt, dafs Widerstandsberechnungen auch dann noch brauchbar erscheinen, wenn sie von den entsprechenden Beobachtungen zwar merklich, aber nicht allzuweit abweichen: 10 v. H. dürfte im vorliegenden Falle eine zulässige Genauigkeitsgrenze sein.

Obwohl man die Schiffswiderstände zur Zeit genau nicht berechnen kann, so erhält man doch Anhaltspunkte für die Anforderungen, welche an die Maschinen der Binnenschiffahrt zu stellen sind. Ferner leisten die Widerstandsermittlungen gute Dienste, wenn es sich darum handelt, verschiedene maschinelle Einrichtungen und verschieden gebaute Schiffe miteinander zu vergleichen oder zu untersuchen, welchen Einflufs ein gröfserer oder kleinerer Tiefgang der Fahrzeuge auf den Schiffahrtsbetrieb hat.

Für die Schiffahrtskanäle kommt aber noch anderes in Betracht. Auf den freien Strecken ist die Gröfse der Wasserquerschnitte unter Berücksichtigung des Schiffswiderstandes zu bestimmen, nicht minder ist bei den Kunstbauten darauf Rücksicht zu nehmen. Weil die Widerstände mit Verringerung der Wasserquerschnitte und mit Steigerung der Fahrgeschwindigkeit in hohem Grade zunehmen, müssen beispielsweise die freien Querschnitte der Kunstbauten, insbesondere die der Schiffschleusen, soweit es tunlich ist, vergrößert werden.

Aufser der Gröfse ist auch die Form der Wasserquerschnitte und die Beschaffenheit der sie begrenzenden Flächen zu beachten. Beispielsweise bringen Querschnitte mit steilen und glatten Begrenzungen stets eine Verringerung des Schiffswiderstandes mit sich. Hiervon wird auch bei anderen Gelegenheiten die Rede sein.

Bei näherem Eingehen auf die Sache sollen zuerst die theoretischen Untersuchungen erörtert werden. Alsdann sind die neueren, behufs Ermittlung des Schiffswiderstandes teils mit Modellen, teils im grofsen angestellten Versuche vorzuführen, hiernach die Folgerungen und die empirischen Formeln, welche man aus den Versuchen gezogen bezw. abgeleitet hat. Nach diesen Erörterungen, die sich sämtlich auf einzelne Schiffe beziehen, werden Bemerkungen über den Widerstand der Schiffszüge gemacht werden.

Die Untersuchungen gestalten sich verschieden, je nachdem es sich um schiffbare Flüsse oder um Kanäle handelt, oder, was dasselbe sagen will, je nachdem das

Schiff sich in weiten oder in eng begrenzten Wasserquerschnitten bewegt. Man pflegt den Querschnitt einen engen zu nennen, wenn derselbe etwa gleich dem Zehnfachen des größten eingetauchten Schiffsquerschnittes oder kleiner ist; bei weiterer Zunahme der Größe des Querschnitts tritt eine sehr starke Abnahme der Widerstände nicht mehr ein, dagegen ist ihre Zunahme bei dessen Verminderung erheblich. Von unbegrenztem Wasser sollte man eigentlich nur bei Seeschiffen sprechen.

Die in den folgenden Paragraphen benutzten Bezeichnungen sind:

W Widerstand eines Schiffes im weiten Wasser (Eigenwiderstand) (kg).

W_1 dasselbe bei 1 m Fahrgeschwindigkeit,

W_2 Widerstand eines Schiffes im Kanal,

F Wasserquerschnitt des Kanals (qm),

O vom Wasser benetzte Mantelfläche eines Schiffes,

f größter eingetauchter Schiffsquerschnitt,

f_1 mittlerer Einsenkungsquerschnitt,

v Fahrgeschwindigkeit des Kahns (m Sek.).

v_1 mittlere Geschwindigkeit des Wassers,

$v_2 = (v \pm v_1)$ relative Geschwindigkeit von Wasser und Schiff.

$$u = \frac{F}{f}.$$

k Eigenwiderstand bei $f = 1$ und $v = 1$ (Widerstands-Koeffizient),

$$k_1 = \frac{W_1}{W} \quad (\text{Profil-Koeffizient}).$$

§ 18. Theoretische Untersuchungen.

Zunächst ist zu bemerken, dafs man bei diesen Untersuchungen gleichförmige Geschwindigkeiten vorauszusetzen pflegt. Wenn außerdem weite Wasserquerschnitte und ein wagerechter Wasserspiegel vorhanden sind, was beispielsweise in Seen und Sammelteichen vorkommt, stützt sich die übliche Berechnung des Schiffswiderstandes auf die Lehre vom Stofse des unbegrenzten Wassers¹⁰⁹⁾, denn es ist ziemlich einerlei, ob bewegtes Wasser eine Fläche oder einen eingetauchten Körper trifft, oder aber ob das erstere ruht, während die letzteren sich bewegen.

Einfache Erwägungen führen zu der Formel

$$W = \psi \gamma f \frac{v^2}{2g}$$

ψ ist ein von der Form und Größe des eingetauchten Körpers abhängiger, durch Versuche zu ermittelnder Koeffizient.

Im Binnenlande ist $\frac{\gamma}{2g} = 51$, und statt $\psi 51$ pflegt man abkürzend k zu schreiben.

Auf diese Weise ergibt sich die oft gebrauchte Formel

$$W = k f v^2 \dots \dots \dots 5.$$

In Flüssen befindet sich nicht allein das Schiff, sondern auch das Wasser in Bewegung und die mittlere Geschwindigkeit des letzteren sei, wie bereits erwähnt, mit v_1 bezeichnet. Dann pflegt man zu setzen:

$$W = k f (v \pm v_1)^2 \dots \dots \dots 6.$$

Hier gilt $+$ für die Bergfahrt und $-$ für die Talfahrt. Bei der Berechnung von Arbeitsleistungen hat man, wenn es sich um die Bergfahrt handelt, zu dem Schiffswiderstande das relative Gewicht des Schiffes zu addieren, während bei der Talfahrt dieses Gewicht in Abzug zu bringen ist.

¹⁰⁹⁾ Taschenbuch der Hütte, 18. Aufl., I. S. 256 u. 257.

Bei näherem Eingehen unterscheidet man mitunter zwischen Formwiderstand und Reibungswiderstand. Man läßt für den ersteren im wesentlichen die obigen Formeln, jedoch unter Änderung des Koeffizienten k , gelten, für den Reibungswiderstand wird aber die Größe der benetzten Oberfläche des Schiffes und ein Reibungskoeffizient eingeführt. Bei Seeschiffen wird eine derartige oder eine noch weiter gehende Teilung in der Regel vorgenommen.¹⁰⁹⁾ Bei Flufs- und Kanalkähnen ist dies nicht üblich. Bei diesen ist aber zu berücksichtigen, daß der Widerstandskoeffizient nicht allein von der Form der Schiffe, sondern auch von der Tauchtiefe abhängig ist. Auf diesen wichtigen Umstand werden wir mehr als einmal zurückkommen.

Nun folgen die Untersuchungen, welche die engbegrenzten Wasserquerschnitte betreffen und zwar unter Beschränkung auf die neueren; Literatur über ältere Arbeiten findet man in der dritten Auflage dieses Werks.

Aus einer Abhandlung von Grävell, „Der Schiffswiderstand im begrenzten Fahrwasser und sein Einfluß auf die Größenverhältnisse der Schiffahrtskanäle“ (Zivilingenieur 1887, S. 97) sei hier das Nachstehende hervorgehoben: Nachdem der Genannte, jedoch ohne Berücksichtigung der Einsenkungen, nachgewiesen hat, daß das Wasser in dem durch das Schiff eingeengten Querschnitt mit namhafter Geschwindigkeit fließt, wobei eine ansehnliche Reibung an den Schiffswandungen entsteht, erörtert er, wie durch das nach hinten abströmende Wasser auch an den benetzten Kanalwandungen Reibungen erzeugt werden, deren Oberflächen-Koeffizient ein wesentlich höherer, als der der Schiffswandungen ist.

Wenn man sich mit Grävell bei Aufstellung einer Widerstandsformel für das Schiff dasselbe ruhend, dagegen das Wasser im Kanal nebst dessen Ufern als mit der Geschwindigkeit v fortschreitend denkt, erhält man unter Benutzung der oben angegebenen Bezeichnungen:

$$Fv = (F - f) v_1 \text{ und}$$

$$v_1 = \frac{F}{F-f} v \dots \dots \dots 7.$$

oder

$$v_1 = \frac{F:f}{F:f-1} v = \frac{n}{n-1} v,$$

ferner die absolute Geschwindigkeit v_1 im verengten Querschnitt (die Rückströmungsgeschwindigkeit) zu $v_1 = v_2 - v = \left(\frac{n}{n-1}\right) \cdot v - v = \frac{1}{n-1} \cdot v$.

Wenn der Widerstand in weiten Querschnitten mit W bezeichnet wird, ist der Widerstand W_s an der Schiffswandung:

$$W_s = W \left(\frac{n}{n-1}\right)^2 v^2 \dots \dots \dots 8.$$

und der Widerstand W_k an der Kanalwandung

$$W_k = W \cdot k_1 k_2 \left(\frac{1}{n-1}\right)^2 v^2.$$

Hier sind k_2 und k_3 Verhältniszahlen für die Größe und Rauigkeit der Kanalwandung in Beziehung zur Schiffsoberfläche.

Um verschiedene Umstände, welche sich der Berechnung entziehen, zu berücksichtigen, wird der Formel für die Gesamtwiderstände $W_s + W_k$ ein Erfahrungskoeffizient k_1 beigelegt, welcher jedoch nicht viel von der Einheit abweichen dürfte.

¹⁰⁹⁾ Formeln findet man im Taschenbuch der Hütte Abt. II, Abschn. Schiffbau, H. Geschwindigkeit und Widerstand der Schiffe.

Diese Formel lautet somit:

$$W_e = k_1 W \cdot v^2 \left\{ \left(\frac{n}{n-1} \right)^2 + k_2 k_3 \left(\frac{1}{n-1} \right)^2 \right\}$$

oder

$$W_e = k_1 W \cdot v^2 \cdot \frac{n^2 + k_2 k_3}{(n-1)^2} \dots \dots \dots 9.$$

Wegen der sonstigen, weniger wichtigen Untersuchungen Grävells muß auf die Quelle verwiesen werden. Die erwähnten Erfahrungskoeffizienten sind nicht ermittelt; es ist deshalb nicht möglich, die Ergebnisse der obigen Formel mit der Wirklichkeit zu vergleichen.

Bellingrath hat das Vorstehende vereinfacht und setzt:

$$W_e = k f \left(\frac{n}{n-1} \right)^2 (v \pm v_1)^2 \dots \dots \dots 10.$$

Voraussetzungen sind mäfsige Fahrgeschwindigkeiten und $n > 4$.¹¹⁹⁾

Eigenartig sind die Untersuchungen, welche eine Abhandlung Möllers „Zugwiderstand der Kanalschiffe“ (Zeitschr. f. Gewässerkunde 1898, S. 225) bringt. Nur einzelnes daraus kann hier Platz finden.

Möller erinnert zuerst an einige Ergebnisse seiner anderweitig veröffentlichten Studien über die Wellenbewegung des Wassers, er erörtert sodann die Stauwelle vor dem gezogenen Kahn und das Wellental hinter demselben, um dann das Wellental seitlich des Kahns und die daselbst entstehenden Strömungen eingehend zu besprechen. Hierbei kommen namentlich in Betracht: Die Gröfsen der neben und unter dem Kahn entstehenden Rückströmungen, die Querströmungen unter dem Schiffsboden und das mittlere Gefälle im Wellental.

Bei Bemessung der Geschwindigkeit v_1 , mit welcher das Wasser eines Kanals neben dem vorwärts fahrenden Schiffe rückwärts strömt, kommt aufser der Fahrgeschwindigkeit v , der Gröfse des Wasserquerschnitts F und der Gröfse des eingetauchten Hauptquerschnitts des Schiffes f auch die Einsenkung des Wasserspiegels (s. S. 64) wesentlich in Betracht, weil sie in Verein mit ersterem den Durchflufsquerschnitt erheblich verringert. Wenn man den Einsenkungsquerschnitt f_1 einführt, erhält man

$$v_2 = \frac{F}{F - (f + f_1)} v \text{ und } v_1 = \frac{f + f_1}{F - (f + f_1)} v \dots \dots \dots 11.$$

Vom Bug des Schiffes nach dem Heck hin nehmen die Einsenkungen zu, sie haben also ein Gefälle und dies bedingt einen Widerstand, den Gefällwiderstand. Das Schiff befindet sich nämlich auf einer geneigten Ebene, will nach hinten die Ebene hinabgleiten und die Kraft, welche diesem Widerstande entspricht, berechnet Möller nach bekannten Regeln. Er nimmt dementsprechend an, dafs der Zugwiderstand der Kanalkähne sich aus fünf Teilen zusammensetzt und unterscheidet: den Teilungswiderstand (Widerstand am Schiffsschnabel), den Achterwiderstand (Widerstand am Heck), den Gefällwiderstand, die Seitenreibung des Fahrzeugs und die Bodenreibung desselben. Im einzelnen ist das Folgende zu bemerken:

1. Teilungswiderstand \mathfrak{R}_1 . Das in Bewegung befindliche Fahrzeug keilt das Wasser auseinander und die Pressungen, welche der im wesentlichen keilförmig gestaltete Schiffsschnabel erleidet, verursachen den Teilungswiderstand. Der Keilwinkel ist veränderlich, man kann aber einen mittleren Wert annehmen. Für einen in einer lotrechten Kante

¹¹⁹⁾ Man vergleiche Taschenbuch der Hütte unter „Schiffswiderstand in Flüssen und Kanälen“.

endigenden Schnabel läßt sich dann der Teilungswiderstand näherungsweise berechnen. Die horizontalen Begrenzungen des Schnabels sind aber in neuerer Zeit Kurven, auch der Längenschnitt desselben ist nicht selten gekrümmt und die Widerstände fallen geringer aus, als jene Rechnung ergibt, genaue Ermittlungen sind jedoch hierüber noch nicht angestellt. Möller empfiehlt, dieser Frage ein besonderes Studium zu widmen.

2. Die Berechnung des Widerstandes \mathfrak{B} , am Heck verläuft ähnlich wie die vorhin besprochene. Der Unterschied besteht darin, daß vor dem Schiff eine Hebung h , hinter demselben aber eine Senkung h'' des Wasserspiegels stattfindet; ferner ist der ideelle Keilwinkel am Heck kleiner, als der am Bug des Schiffes. Aus der unter 1. angedeuteten Berechnung ergeben sich bestimmte Beziehungen zwischen h und dem eingetauchten Schiffsquerschnitt f ; am Heck sind die Beziehungen zwischen letzterem und h'' im wesentlichen dieselben. Dies ermöglicht die Berechnung des Widerstandes am Heck.

3. Der Gefällswiderstand \mathfrak{B} . Das Wesen dieses Widerstandes ist oben bereits besprochen. Es erübrigt anzudeuten, wie das erwähnte mittlere Gefälle im Wellental neben dem Schiffe berechnet wird. Bekannt sind: Die mittlere Geschwindigkeit der Strömung, der Durchflußquerschnitt und die benetzten Umfänge. Zwischen diesen Größen und dem Gefälle bestehen Beziehungen, die sich aus der Grundformel für die gleichförmige Bewegung des fließenden Wassers ergeben. Der Geschwindigkeitskoeffizient wird eingeschätzt. Vorausgesetzt wird, daß ein Beharrungszustand eingetreten ist.

4. Der Reibungswiderstand \mathfrak{B} , der Schiffshaut. a) An den Seiten. Möller nimmt an, daß der Reibungswiderstand einer durch Wasser gezogenen lotrechten Ebene direkt abhängig sei von ihrer Größe und von der in ihrer unmittelbaren Nähe gemessenen relativen Geschwindigkeit des Wassers. Er schätzt die Reibung an den Seitenwänden des Fahrzeugs bei 3,6 m/Sek. Geschwindigkeit auf 2,0 kg/qm. Im Verein mit der Größe der Wände erhält man hieraus die Seitenreibung.

b) Am Boden nimmt die relative Geschwindigkeit des Wassers nach hinten hin ab; die Reibung wird durchschnittlich zu 1,1 kg/qm angenommen.

Hand in Hand mit den im Vorstehenden skizzierten Untersuchungen geht ihre Anwendung auf einen bestimmten Fall. Bei diesem sind die beim Dortmund-Ems-Kanal gewählten Hauptabmessungen eingeführt. Bei dem Kahn sind durchweg lotrechte Begrenzungen angenommen und eine Kernform, die sich aus einem vierseitigen Prisma, einem keilförmigen Vorderteil und einem ebensolchen Hinterteil zusammensetzt. Tiefgang 1,75 m, Fahrgeschwindigkeit 2,0 m.

Die Berechnung ergibt:

\mathfrak{B}_1	\mathfrak{B}_2	\mathfrak{B}_3	\mathfrak{B}_4	\mathfrak{B}_5	\mathfrak{B}_6
571	143	617	340	389	im ganzen 2060 kg

„Die hier gegebenen Zahlen haben nur die Bedeutung, auf die Verteilung der Arten der Schiffswiderstände etwas Licht zu werfen. Die absoluten Werte sind nur als rohe Annäherungen zu betrachten.“

Am Schlusse der Abhandlung hebt Möller hervor, daß man durch praktische Beobachtungen allein die Einzelwirkungen nicht kennen lernt, daß aber durch theoretische Studien und gleichzeitige, mit jenen Hand in Hand gehende Beobachtungen Licht auf alle Einzelheiten der Vorgänge geworfen werden könnte.

Ferner sind Heubachs im wesentlichen theoretische Untersuchungen an dieser Stelle zu erwähnen¹¹¹⁾; auf Einzelheiten kann jedoch hier nicht eingegangen werden.

Nach Heubach entspricht das Bildungsgesetz des Profil-Koeffizienten einer hyperbolischen Kurve; derselbe berechnet sich aus

$$f(t) = \frac{\left(\frac{e}{z}\right)^2 + (n-1)}{n-1}$$

Hierin bezeichnet $f(t)$ eine Funktion der Tauchtiefe, n den Quotienten $\frac{\text{Wasserquerschnitt}}{\text{Schiffsquerschnitt}}$ und e die Exzentrizität jener Hyperbel. Für Kanalschiffe besserer Bauart ist $\left(\frac{e}{z}\right)^2 = 2,35$.

Die Ergebnisse obiger Formel sind, nachdem $f(t)$ schätzungsweise $= t$ gesetzt ist, mit Beobachtungen verglichen, die De Mas bei Tauchtiefen von 1,0, 1,3 und 1,6 m für Geschwindigkeiten von 0,75, 1,0 und 1,25 m/Sek. in einem bestimmten Falle angibt. Das Ergebnis ist zufriedenstellend.

Am Schlusse seiner Abhandlung sagt Heubach:

„Durch Versuche wäre festzustellen:

1. Wie sich der für den Profil-Koeffizienten maßgebende Faktor $\left(\frac{e}{z}\right)^2$ in verschiedenen Kanalprofilen und bei verschiedenen Schiffstypen verhält.“
2. „Bei welchem Werte von n der Einfluss des engen Profils für verschiedene Wasser- und Tauchtiefen in der Praxis unmerklich wird.“
3. „Für die Hauptschiffstypen der deutschen Wasserstraßen, z. B. eiserne und hölzerne Rheinkähne, Oder-, Elbekähne, Finowkanal-Schiffe u. s. w. wären die Erfahrungs-Koeffizienten durch Versuche zu ermitteln. Dann würde es die entwickelte Formel — auch ohne weitere Klärung des Faktors $f(t)$ — gestatten, für alle in der Praxis vorkommenden Fälle den Schiffswiderstand bzw. den Zugkraftbedarf mit hinreichender Genauigkeit zu berechnen.“

Als ein wesentlicher und beachtenswerter Punkt dieser Untersuchungen ist die Einführung der Tauchtiefe t in die Berechnung der Profil-Koeffizienten zu bezeichnen.

In Anschluss an die Dortmund-Ems-Kanal-Versuche hat Haack eine andere Theorie des Schiffswiderstandes in engen Querschnitten entwickelt, über welche hier nur das Folgende bemerkt werden soll. Er sagt:

„Das Wasser, welches durch die Vorwärtsbewegung des Schiffes verdrängt wird, muß nach hinten abfließen. Die zu leistende Arbeit kann nur in der Überwindung des Widerstandes bestehen, der durch die Reibung des zwischen Schiff und Kanalbett nach hinten abfließenden Wassers in den Kanalwandungen, an der benetzten Oberfläche des Schiffes, sowie der Wasserteilchen unter sich erzeugt wird.“

„Diese drei Reibungswiderstände, welche den Gesamtwiderstand bilden, einzeln ihrer Größe nach festzustellen, ist mindestens schwierig, wenn nicht unmöglich. Die Reibung an der benetzten Schiffsoberfläche hängt von ihrer Beschaffenheit ab und ändert sich mit dieser, wie von Froude nachgewiesen wurde. Sie ist aber nicht allein von der Schiffsgeschwindigkeit abhängig, sondern es muß zu dieser noch die Geschwindigkeit der negativen Strömung addiert werden, welche an der benetzten Oberfläche auftritt. Diese läßt sich bis jetzt nicht zutreffend ermitteln und somit ist eine genaue

¹¹¹⁾ Deutsche Bauz. 1897, No. 75 u. 77. — Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 187 (Das Gesetz des Schiffswiderstandes und das günstigste Verhältnis von Wasserquerschnitt und eingetauchtem Schiffsquerschnitt bei Kanälen).

Berechnung der Reibung am Schiff noch nicht ausführbar. Ganz ebenso verhält es sich mit den anderen Reibungswiderständen an den benetzten Kanalwandungen und den Wasserteilchen unter sich.“

Haack entwickelt nun drei eigenartige Formeln, welche einen gemeinsamen Erfahrungskoeffizienten haben, und erörtert die umständliche Bestimmung der Zahlenwerte dieses Koeffizienten und ihre Verwendung im einzelnen. Für neun Fälle werden die berechneten und die gemessenen Widerstände miteinander verglichen; die Abweichungen der ersteren von den letzteren liegen zwischen + 9,2 und - 12,8%.

Er sagt ferner: „Meine Theorie des Schiffswiderstandes bietet nicht allein das Mittel, diesen Widerstand in der Mitte des Kanals zu berechnen, sondern es lassen sich danach auch die Kräfte bestimmen, welche während der Fahrt bei jeder anderen Lage mitwirken.“

Sodann: „Für andere Kanäle, deren Querschnitte und Beschaffenheit des Bettes denen des Dortmund-Ems-Kanals annähernd gleich sind, können die gewonnenen Ergebnisse noch zu Widerstandsberechnungen benutzt werden. Grofs dürfen die Abweichungen jedoch nicht sein. Will man die Gesetze finden, nach denen sie für andere Kanäle passend zu ändern sind, dann bedarf es dazu weiterer Versuche.“

Man vergleiche hierzu die betreffenden Bemerkungen Flammis in: Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 396.

Nach Thiele (Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 345) setzt sich der bei der Fahrt in engen Wasserquerschnitten zu überwindende Widerstand aus folgenden Teilen zusammen:

1. Reibungswiderstand der Kahnoberfläche.
2. Widerstand, der von der Reibung des rückströmenden Wassers an den Kanalwandungen und dem fahrenden Schiffe abhängt.
3. Die übrigen Widerstände, welche noch nicht einzeln ermittelt werden können und welche aus der Wirbel- und Wellenbildung beim Fahren, dem mehr oder minder guten Steuern des Fahrzeuges und sonstigen Ursachen entstehen.

Den Reibungswiderstand an der Kahnoberfläche berechnet Thiele unter Benutzung einer Formel von Froude. Bei der Rückströmung des Wassers mufs, wie gesagt, die Reibung desselben an den Umfängen des Wasserquerschnittes und der Kahnwandung überwunden werden. Bei der Berechnung wird die Geschwindigkeitsformel von Hefle benutzt. Die übrigen Teilwiderstände entziehen sich zur Zeit der Vorherbestimmung.

Beachtenswert sind die zugehörigen Abbildungen, woselbst die Ergebnisse der angestellten Berechnungen mit den Beobachtungen verglichen sind und es wird gesagt, dafs der eingeschlagene Weg wenigstens bei Untersuchung von Querschnitten, bei denen das Verhältnis des Wasserquerschnittes zum eingetauchten Schiffsquerschnitt sich nicht zu weit von dem hier untersuchten entfernt, zum Ziele führen dürfte.

Im Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 254 führt Thiele das vorstehend Besprochene weiter aus. Hervorzuheben ist sein sinnreiches Verfahren zur Bestimmung der Einsenkungstiefe s ; die Stangleichung

$$s = \frac{(r + r_1)^2 - r^2}{2g}$$

ist dabei der Ausgangspunkt. Dies Verfahren, für dessen Einzelheiten die Quelle zu Rate zu ziehen ist, soll die leichte Ermittlung der Einsenkungstiefen für jeden gegebenen Fall ermöglichen.

§ 19. Modell-Versuche. Es ist umständlich, den Widerstand großer Fahrzeuge zu messen. Versuche in kleinem Maßstabe, also an Modellen, sind somit berechtigt; solche Versuche sind auch schon seit geraumer Zeit nicht selten angestellt worden. Unsere Besprechung darf sich auf die neueren Arbeiten beschränken. Zu unterscheiden sind auch hier die in weitem von den in eng begrenztem Wasser angestellten Versuchen.

Modell-Versuche in weitem Wasser.

Fink-Darmstadt hat in den Jahren 1892 bis 1894 im Zivilingenieur sechs Abhandlungen über Versuche veröffentlicht, die von ihm größtenteils vor Jahren angestellt waren. Die erste Abhandlung (Ziviling, 1892, Heft 3) bringt „Untersuchungen über die sogenannte Reibung des Wassers an glatten Flächen“ und beginnt mit einer Darlegung der Ansichten älterer und neuerer Schriftsteller über die Reibung des Wassers. Die Versuche wurden derart vorgenommen, daß kleine, lotrecht hängende Platten aus Zinkblech oder aus gut lackiertem Holz von verschiedener Länge (jedoch nicht über 1 m) mittels geeigneter Vorkehrungen und mit verschiedenen gleichförmigen Geschwindigkeiten bei gegebenen Triebgewichten durch ruhendes Wasser geschleppt wurden. Die Geschwindigkeiten schwankten zwischen 0,82 und 1,17 m Sek. Als Hauptergebnis ist bezeichnet, daß die Reibung des Wassers von der Geschwindigkeit unabhängig sei und daß man bei glatten Flächen als Mittelwert 0,3 kg für das Quadratmeter benetzter Fläche annehmen könne.

Es darf hier eingeschaltet werden, daß Froude Versuche derselben Art angestellt hat. Die Ergebnisse weichen von den vorgenannten ab und sind kurz die folgenden: Mit der Länge der untersuchten Ebene vermindert sich der auf das Quadratmeter zurückgeführte Reibungswiderstand. Bei einer 2,44 m langen Platte, die mit 3,05 m Sek. geschleppt wurde, betrug der Reibungswiderstand 1,6 kg/qm, bei einer 15,2 m langen Platte und derselben Geschwindigkeit aber 1,23 kg/qm, also ungefähr 20% weniger. Ferner ermittelte der Genannte, daß der Reibungswiderstand bei mäfsigen Geschwindigkeiten mit der 1,8ten bis 1,9ten Potenz der Geschwindigkeit zunehme.

Die sonstigen Untersuchungen, welche Fink vorgenommen und theoretisch beleuchtet hat, betreffen „Die Widerstände, welche ebene Flächen und feste Körper erfahren, wenn sie in sogenanntem unbegrenztem Wasser bewegt werden“ (Ziviling, Bd. 38, Heft 7 n. 8; Bd. 39, Heft 4; Bd. 40, Heft 2 n. 5).

Beachtenswert sind namentlich die Vorbemerkungen über die Theorie des Stofses bewegter Flüssigkeiten gegen ruhende Körper in verschiedenen Lagen und über die betreffenden, zahlreichen älteren Versuche, nicht minder die Beschreibungen der damals benutzten Versuchsapparate, sowie der von Fink benutzten Vorrichtung (Bd. 40, Heft 2).

Es wurden in nachstehender Reihenfolge geschleppt: Einzelne Platten, diese namentlich behufs Ermittlung des senkrechten Stofses; zwei zu einem Keile mit sehr verschiedenen Keilwinkeln vereinigte Platten; Körper, welche aus einem vorderen und einem hinteren Keile gebildet waren; Kästen mit rechteckigem Grundrifs, keilförmigen Vorderteil und stumpfem Hinterteil, derartige Kästen mit keilförmigen Hinterteil und dergl. mehr.

Die Ergebnisse dieser Versuche eingehend zu besprechen, würde zu weit führen; es hat sich in vielen Fällen darum gehandelt, den Einfluß einer Änderung des Keilwinkels zu ermitteln. Bemerkenswert soll jedoch werden, daß Fink aus seinen Versuchen für den Widerstand eines keilförmigen Schiffsvorderteils mit lotrechter Schneide nachstehende Grundformel ableitet:

$$W = \frac{\gamma}{2g} v^2 f(\alpha) + k_2 O.$$

Hier bezeichnet α den halben Keilwinkel und k_2 den Reibungskoeffizienten; für die übrigen Bezeichnungen vgl. S. 85. Aus den Versuchen ergibt sich $f(\alpha) = \sin \alpha$, während sonst im ersten Gliede obiger Formel ein Erfahrungskoeffizient (Reflektionskoeffizient) und — der üblichen, aber keineswegs einwandfreien Theorie entsprechend — $\sin^2 \alpha$ auftritt.¹¹³⁾ — Das vorstehende Gesetz gilt auch dann,

¹¹³⁾ Müllers Formel für den Teilungswiderstand \mathfrak{Q}_1 eines keilförmigen Schiffsnabels lautet:

$$\mathfrak{Q}_1 = \gamma f k_2 \frac{v^3}{2g} \sin^2 \alpha,$$

worn der Reflektionskoeffizient $k_2 = 1,8$. Für $\sin \alpha = \frac{1}{3}$, $f = 14$ qm und $O = 2$ m/Sek. ergibt diese Formel $\mathfrak{Q}_1 = 571$ kg, während man aus Finks Formel $\mathfrak{Q}_1 = 952$ kg erhält.

wenn das Vorderteil aus einem Keile besteht, dessen in der Höhe der Schiffsoberkante liegende horizontale Schneide die Breite des Schiffes zur Länge hat.

Beachtenswert ist auch die letzte der in Rede stehenden Abhandlungen, welche den sogenannten Rückstosf und die Frage betrifft, ob das mehr oder weniger verlängerte Hinterteil des Schiffes unter sonst gleichen Umständen dessen Geschwindigkeit wesentlich beeinflusst. Zunächst sind auch hierzu die Ansichten namhafter Schriftsteller vorgeführt. Die Versuche wurden mit kurzen und mit langen Kästen bewerkstelligt, welche mit keilförmigen Hinterteilen verschiedener Art versehen waren. Dieselben ergaben, daß ein derartiger durch ein gleichbleibendes Triebgewicht geschleppter Körper seine Geschwindigkeit nicht wesentlich ändert, so lange der halbe Keilwinkel größer ist, als 36°. Bei verringerten Keilwinkeln nehmen die Geschwindigkeiten mehr und mehr zu. „Die Gesamtwiderstände nehmen somit ab, woraus hervorgeht, daß alsdann eine namhafte und stärkere Rückpressung gegen die spitzeren Hinterteile erfolgt, welche der Zugkraft zu Hilfe kommt.“ Fink hat indessen nicht übersehen, daß die Ergebnisse sich anders gestalten dürften bei Geschwindigkeiten, welche die der Versuche (0,5 bis 0,7 m/sek.) übersteigen.

Es sei noch bemerkt, daß auch die Wellenbildungen nicht unberücksichtigt geblieben und in den Abbildungen insoweit dargestellt sind, wie es die damals zu Gebote stehenden, bescheidenen Hilfsmittel gestattet haben.

Seit Froude vor etwa fünfzig Jahren nachgewiesen hat, daß man Modell-Versuche zur Bestimmung der Stärke der Schiffsmaschinen und für Beurteilung der Güte der Formen der Seeschiffe mit Erfolg verwenden kann, haben derartige Versuche eine große Bedeutung gewonnen. Das von dem Genannten eingeschlagene Verfahren wird der Hauptsache nach bekannt sein. Hierüber und die bei den Schlepptversuchen benutzten Anstalten ist die Beschreibung einer bei Bremerhaven benutzten Anstalt im XVI. Kapitel der 3. Aufl. dieses Werkes, S. 115, zu vergleichen. Bei Berlin ist eine Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau i. J. 1903 vollendet worden (Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 189). Eine ältere, in der Nähe von Dresden bestehende Anstalt ist neuerdings erheblich erweitert. Bestimmung des Widerstandes der Schiffskörper und Untersuchungen der zu ihrer Fortbewegung erforderlichen Kräfte nach Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit gehören zu den Aufgaben dieser Anstalten. Einzelheiten über ihre Einrichtung und Verwendung wird das erste Kapitel des VI. Bandes bringen.

„Es ist selbstverständlich, daß die bei Modell-Versuchen erlangten Ergebnisse nicht unmittelbar auf die Wirklichkeit übertragen werden können, dies geschieht vielmehr nach folgenden Beziehungen, welche nicht etwa empirisch gefundene sind, sondern sich einfach aus allgemeinen dynamischen Gleichungen herleiten: Ist V die wirkliche, v die Modellgeschwindigkeit, W der wirkliche, w der beim Modell gefundene Widerstand, endlich $\frac{1}{n}$ der Verjüngungsmaßstab, nach dem die linearen Messungen des Modells ausgeführt sind, so hat man

$$V = v \sqrt{n} \text{ und } W = w n^3 \dots \dots \dots 12.$$

Die letzte Formel ist jedoch nicht unmittelbar anwendbar wegen der größeren spezifischen Reibungswiderstände des Modells. Die Berücksichtigung der Reibung geschieht auf Grund von empirischen Ermittlungen.“¹¹⁸⁾

Versuche mit Modellen von Fluß- und Kanalschiffen in weitem Wasser liegen bis jetzt nur vereinzelt vor. Wichtig ist ein von Engels angestellter Versuch, welcher den Zweck hatte, einen Beweis für die Brauchbarkeit des Verfahrens zu erbringen (s. Zeitschr. f. Binnensch. 1898, S. 53). Engels hat das Ergebnis eines Modell-Versuchs mit einem Widerstandsversuche verglichen, der von de Mas mit einem gleichgeformten

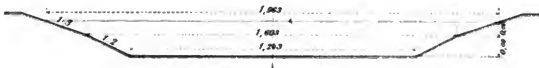
¹¹⁸⁾ Näheres s. Engels, Modell-Versuche. Zeitschr. f. Bauw. 1898, S. 689 (Übertragung der Ergebnisse der Modell-Versuche ins große).

wirklichen Kahne angestellt ist, und hat dabei gefunden, daß der durchschnittliche Unterschied zwischen den beim Versuche im großen und beim Modell-Versuche ermittelten Widerständen nur gering ist.

Modell-Versuche in eng begrenztem Wasser.¹¹⁴⁾ Derartige Versuche sind erstmalig von Engels angestellt und zwar in der oben erwähnten Versuchsanstalt der Kettenschiffahrts-Gesellschaft „Kette“ in Übigau bei Dresden. Ein Hauptzweck war, den Einfluß der Form des Kanalquerschnittes auf den Schiffswiderstand zu ermitteln.

„Als Versuchsschiff ist benutzt worden das im Maßstab 1 : 16 angefertigte Modell eines Schiffes von 63 m Länge über den Steven, 8 m Breite im Hauptspant und 2 m Tiefgang [Bauart Klepsch, Jöffelform an den Steven (vergl. § 8, S. 35), parallele Seitenwände, 736 t]. Über das 60 m lange und 7 m breite Versuchsbecken wurde auf dünnen Eisensäulen ruhend ein Gleis von 60 cm Weite so geführt, daß der Raum zwischen den Schienen einen freien Spalt bildete. Auf diesen Schienen lief der Meßwagen, an welchen das Modell angehängt war. Die Bewegung des letzteren erfolgte zwar mit der Hand, doch ist nachgewiesen, daß trotzdem alle Gewähr für die Gleichmäßigkeit der Bewegung gegeben war. Die untersuchten Kanalprofile mußten zwischen die vorhin erwähnten Säulen eingebaut werden, wonach sich, da als Profilgröße durchweg 60 qm, in Anlehnung an das Profil des Dortmund-Ems-Kanals, angenommen wurde, der Modell-Maßstab 1 : 16 ergab.“

Abb. 36.



Von den verschiedenen Formen der Kanalprofile soll hier die vierte, welche mit der für den Dortmund-Ems-Kanal gewählten im wesentlichen übereinstimmt, hervorgehoben werden; sie ist in Abb. 36 dargestellt. Für diesen Querschnitt ergaben die in oben angegebener Weise auf die Wirklichkeit zurückgeführten Versuche bei 2,0 m Tiefgang

	für	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0 m
		Geschwindigkeit				
einen Widerstand von		497	821	1246	1845	2711 kg

Das ist, nebenbei bemerkt, auch der Durchschnitt aus sämtlichen Versuchen ziemlich genau.

Die weiter unten zu besprechenden Versuche im großen, welche am Dortmund-Ems-Kanal ausgeführt sind, haben für den vorliegenden Fall bei 1 m Geschwindigkeit 520 kg, auch im übrigen meistens etwas größere Werte, als die obigen, ergeben. Eine bessere Übereinstimmung kann man nicht verlangen.

Engels hat bei dieser Gelegenheit nachgewiesen, daß, wenigstens in engen Wasserquerschnitten, der Widerstand stärker, als mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt.

Engels Versuche, auf die wir bei verschiedenen Gelegenheiten zurückkommen werden, haben sich ferner erstreckt auf dem Einfluß, welchen die Größe, die Verbreiterung und die Vertiefung eines Kanalquerschnittes auf den Schiffswiderstand hat.

¹¹⁴⁾ Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1898, S. 48. — Zeitschr. f. Gewässerk. 1898, S. 121. — Zeitschr. f. Bauw. 1898, S. 655.

Gelegentlich des Pariser Schifffahrts-Kongresses i. J. 1900 ist unter anderem auch über Modell-Versuche verhandelt und der italienische Ingenieur Rota hat auf Grund seiner Erfahrungen die Ansicht vertreten, daß Modell-Versuche in engen Querschnitten stets kleinere Werte ergeben müßten, als Versuche im großen (Zeitschr. f. Binnensch. 1900, S. 33).

Das Ergebnis der Pariser Beratung war ein Beschluß, in kurzem dahingehend, daß es notwendig sei, die Widerstandsversuche sowohl im großen als auch im Modell weiter zu führen, von denen nur die ersteren genaue Werte geben könnten, während die letzteren mit wenig Kosten und in kurzer Zeit einen Vergleich zwischen den verschiedenen Schiffsgattungen oder den verschiedenen Kanalprofilen ermöglichen.

Hierzu darf bemerkt werden, wie eine Prüfung der erstgenannten Versuche erkennen läßt, daß auch bei diesen der Genauigkeitsgrad nicht selten ein bescheidener ist.

Durch jenen Beschluß ist Engels veranlaßt worden, eine neue Reihe von Modell-Versuchen im Anschluß an die im großen ausgeführten Versuche am Dortmund-Ems-Kanal anzustellen und er hat hierüber in der Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 33 berichtet. Als allgemeines Ergebnis bezeichnet er, daß Modell-Versuche bei Untersuchung der Schiffswiderstände auch im begrenzten Wasser im ganzen dieselben Ergebnisse wie die Versuche im großen liefern und daß dieselben auch für Schleppzüge zulässig sind.

Im Herbst 1905 hat Engels in der erheblich vervollkommneten Versuchsanstalt zu Übigau von neuem ausgedehnte Versuche unter Verwendung von großen, in $\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe angefertigten Modellen begonnen und etwa vier Monate lang fortgesetzt. Es wurden nacheinander drei Kanalquerschnitte (ein rechteckiger, ein trapezförmiger und ein muldenartiger) hergestellt, ferner Schiffsmodelle sowohl in Löffelform, wie in scharfer Form.

Diese Versuche bezwecken, weitere Aufschlüsse zu erlangen über den Einfluß, welchen die Form des Kanalquerschnittes und der Kanalschiffe auf den Schiffswiderstand ausübt, sie hatten aber auch die Erforschung der Ursachen der Widerstandsvermehrung im begrenzten Wasser zum Ziel. — Nachrichten über die Ergebnisse dieser wichtigen Versuche sind zur Zeit noch nicht veröffentlicht.

§ 20. Versuche im großen.

Versuche in weitem Wasser. Ein sehr erheblicher Fortschritt der Kenntnis des Schiffswiderstandes ist durch umfangreiche Beobachtungen angebahnt, welche mit dem Jahre 1890 beginnend von De Mas auf Kosten der französischen Regierung angestellt sind und zwar meistens unter Beschränkung auf die in Frankreich gebräuchlichen, etwa 5 m breiten, hölzernen Flufs- und Kanalkähne.¹¹⁵⁾ Bei den in den Jahren 1891 und 1896 angestellten Versuchen hat es sich hauptsächlich darum gehandelt, zweckentsprechende Änderungen der Form der Kähne in Vorschlag zu bringen. Das wichtigste Ergebnis ist an anderer Stelle bereits erwähnt. Hier handelt es sich darum, zunächst auf die Versuche näher einzugehen, welche auf der Seine angestellt sind (Heft 1 u. 2 der „Recherches“), ferner darum, einige Errungenschaften allgemeiner Art hervorzuheben.

¹¹⁵⁾ Recherches expérimentales sur la matière de la batellerie. Paris, Imprimerie nationale. 5 Hefte 1891 bis 1897. — Schifffahrts-Kongress, Haag 1894. Ziehen und Fortbewegen der Schiffe auf Kanälen, auf kanalisiertem Flüssen und auf freiließenden Strömen. Weber v. Ebenhof a. a. O. S. 321.

Die Versuchsstrecke, oberhalb des Wehrs von Port à l'Anglais belegen, wird etwa 300 m lang gewesen sein; sie hatte einen Wasserquerschnitt von durchschnittlich nahezu 600 qm gegenüber einem grössten eingetauchten Schiffsquerschnitt von 9 qm. Die Geschwindigkeit der Strömung war gering (nicht mehr als 0,10 bis 0,15 m/Sek.), ausserdem wurde die relative Geschwindigkeit von Kahn und Wasser unmittelbar gemessen. Bei jedem Versuche wurde mehrere Male hin und her gefahren, der geringe Gefällwiderstand ist somit sicher ausgemerzt worden.

Die untersuchten Fahrzeuge waren mit einer einzigen Ausnahme gebrauchte hölzerne Kähne von den in Frankreich üblichen Formen, nämlich:

1. Kähne, welche vorn und hinten fast senkrecht abgeschnitten sind und Péniches genannt werden (Abb. 1 u. 3, Taf. II).
2. Kähne, welche hinten glatt abschneiden, vorn dagegen in eine Löffelform auslaufen: Toue (Abb. 5, Taf. II).
3. Kähne, welche hinten eine glatte, fast senkrechte Heckwand haben, vorn dagegen bei nahezu vertikalen Seitenwänden zugespitzt sind: Flüte (Abb. 6, Taf. II).
4. Fahrzeuge ähnlich den Spree-Havel-Kähnen mit vorn und hinten schrägauflaufenden Steven: Margotat.
5. Vorn und hinten löffelförmige Kähne.

Geschwindigkeitsmesser war ein an dem Vorderteil des Kahns angebrachter Woltman'scher Flügel, der an einer kranartigen Vorrichtung in 5 m Abstand vom Bug aufgehängt war. Die Umdrehungen des Flügels wurden elektrisch nach einem auf dem Kahn befindlichen, die Geschwindigkeiten registrierenden Apparate (Ciménograph) übertragen.

Die Kähne sind von einem Dampfer in einem Abstände von mindestens 100 m geschleppt. Die Spannung des Schlepptaus wurde von einem hydraulischen Dynamometer aufgenommen, die daselbst entstehenden Wasserpressungen wurden in Röhren der Kontrolle wegen nach zwei Manometern (einem gröfseren und einem kleineren) übertragen und von diesen verzeichnet. Die Einzelheiten dieser vorbildlich gewordenen Einrichtungen sind von De Mas ausführlich besprochen.

Die Geschwindigkeiten, bei welchen man die Widerstände gemessen hat, lagen zwischen 0,8 und 2,50 m/Sek.; bei Geschwindigkeiten unter 0,8 m konnte man den Widerstand nicht mit Sicherheit unmittelbar feststellen. Die Beobachtungen ergaben zunächst die einzelnen Punkte eines Bildes, auf welchem die Geschwindigkeiten als Abszissen, die Widerstände als Ordinaten gezeichnet sind und weiter für jeden Kahn eine Widerstandskurve bei gegebenem Tiefgange. Die letzteren waren meistens 1,0, 1,3, 1,6 m, ausnahmsweise 1,8 m. Nachdem jene Kurven bis zum Nullpunkt verlängert waren, konnten die beliebigen Geschwindigkeiten entsprechenden Widerstände abgelesen werden. Die Zeichnungen der Widerstandskurven sind von genauen Abbildungen der untersuchten Kähne begleitet.

Ein wichtiges Ergebnis der Versuche ist, dafs bei ein- und derselben Geschwindigkeit und verschiedenen Tauchtiefen der Widerstand langsamer zunimmt, als die Gröfse des eingetauchten Querschnittes; mit anderen Worten, der Widerstandskoeffizient k ist nicht konstant, er wird vielmehr mit zunehmender Tauchtiefe kleiner.

Beispielsweise fand man für die Flüte Alma

bei	1,0	1,3	1,6 m Tauchtiefe
$k =$	25,7	21,9	20,4 kg/qm.

Bei leeren Kähnen ist deshalb der Koeffizient k erheblich größer, als bei beladenen. Dafs der Schiffswiderstand dem eingetauchten Hauptquerschnitt nicht proportional ist, hat Schnell bereits i. J. 1889 nachgewiesen.¹¹⁶⁾

Hieraus folgt, dafs Angaben über Widerstands-Koeffizienten nur geringen Wert haben, wenn sie nicht von Angaben über die zugehörigen Tauchtiefen begleitet sind.

Bei Besprechung der Versuche in engen Wasserquerschnitten sollen einige andere Widerstands-Koeffizienten hölzerner Kähne angegeben werden.

Von eisernen Kähnen hat De Mas nur einen Flufskahn bei 1,42 m Tiefgang untersucht. Dieser hatte 39,2 m Länge und 5,63 m Breite. Die Form war der eines Seeschiffes ähnlich (steiler Steven, abgerundetes, im wesentlichen löffelförmiges Hinterteil). Völligkeitsgrad 0,904. Hier hat sich $k = 15,01$ ergeben.

Besondere Beachtung verdienen die Versuche, welche mit einem beiderseits löffelförmig gestalteten hölzernen Kahn, Remesch genannt, angestellt sind. Dieser Kahn hatte 34,10 m Länge und 4,91 m Breite. Tiefgang 1,30 m. Er war völliger gebaut, als der Kahn von Klepsch (S. 35), denn der Völligkeitsgrad war 0,935. Der Widerstand bei 1,0 m Geschwindigkeit war 80 kg und mit $f = 4.91 \cdot 1,30 = 6,38$ qm erhält man $k = 12,5$.

Die Remesch wies folgende Widerstände auf:

bei $v =$	1,0	1,50	2,0	2,5 m/Sek.
von $W =$	80	185	349	582 kg.

Man sieht, dafs die Widerstände stärker zunehmen, als das Quadrat der Geschwindigkeit und $v^{2.15}$ liefert folgende Werte von W :

80	191	355	574 kg.
----	-----	-----	---------

Das schließt sich der Beobachtung genau genug an.

De Mas hat auch die Beziehungen zwischen Formwiderstand und Reibungswiderstand untersucht. Unter anderem hat er ermittelt, wie der Zugwiderstand sich bei einer Flüte (der Alma) änderte, wenn dieselbe einmal in gewöhnlichem Zustande, sodann aber mit Wachstuch sorgfältig bekleidet bei 1,60 m Tauchtiefe geschleppt wurde. Hierbei ergaben sich die nachstehenden Verhältnisse des Widerstandes:

48	35	30	28	27%
bei 0,50	1,00	1,50	2,00	2,50 m Geschwindigkeit.

Es wird gesagt, dafs der Reibungswiderstand im vorliegenden Falle bei den fühlbaren Fahrgeschwindigkeiten mindestens ein Drittel des Gesamtwiderstandes betrage, und dafs er verhältnismäßig abnimmt, wenn die Geschwindigkeit zunimmt.

Dieses Ergebnis dürfte aufsehbar sein, weil selbst ein mit Wachstuch bekleideter Kahn einen namhaften Reibungswiderstand hat; der Verfasser glaubt, dafs die in Rede stehende Aufgabe sich mit mehr Sicherheit so, wie im Nachstehenden angegeben, lösen läßt.

Der Reibungswiderstand wächst mit der Größe der benetzten Fläche und diese wächst bei ein und demselben Kahn mit dem benetzten Umfange $F = b + 2t$, wenn b die Breite des Kahns bezeichnet. Der Formwiderstand wächst mit der Größe des eingetauchten Hauptquerschnittes. Wenn nun der Widerstandskoeffizient k_1 bei 1,0 m Tauchtiefe bekannt ist, ergibt sich zunächst der zugehörige Gesamtwiderstand. Diesen zerlegt man probeweise zuerst in Teile von verschiedener Größe und kann auf obiger Grundlage den Widerstandskoeffizienten für eine größere Tauchtiefe berechnen. Sobald diese Rechnungen den für letztere durch Beobachtung gefundenen Widerstandskoeffizienten genau genug ergeben, ist die Zerlegung des Gesamtwiderstandes gefunden, welche der Wirklichkeit entspricht.

¹¹⁶⁾ Schnell, Die Fahrzeuge für Güterbeförderung auf dem Rheinstrom, insbesondere die neueren Schlepddampfer und Schleppekähne. (Enthält Beobachtungen über die Zugwiderstände von 6 älteren und neueren Schleppekähnen.) Zeitschr. f. Bauw. 1889, S. 101.

Diese in dieser Weise angestellten Rechnungen hier sämtlich aufzunehmen, würde zu weit führen; es soll nur folgendes bemerkt werden. Es sind zwei Kähne untersucht, nämlich jene 5,9 m breite, hölzerne Flüte für die Tauchtiefen $t_1 = 1,0$ und $t_2 = 1,5$ m, welchen die Widerstandskoeffizienten $k_1 = 20$ kg und $k_2 = 16,4$ kg entsprechen. k_2 ist nach der weiter unten zu besprechenden, von Heubach aufgestellten Formel ermittelt. Ferner ist ein 8 m breiter, eiserner Kahn bei den Tauchtiefen 1,0 und 1,75 untersucht, bei diesem ist $k_1 = 15$, $k_2 = 11,5$ angenommen. Die Schlufrechnung bei letzterem hat sich gestaltet, wie folgt:

$$\begin{array}{llll} t_1 = 1,0 & f_1 = 8,0 \text{ qm} & U_1 = 10,0 \text{ m} & W_1 = 8 \cdot 15 = 120 \text{ kg} \\ t_2 = 1,75 & f_2 = 14,0 \text{ qm} & U_2 = 11,5 \text{ m} & W_2 = 14 \cdot 11,5 = 161 \text{ kg} \\ & f_3 = 1,75 f_1 & U_3 = 1,15 U_1 & \end{array}$$

Wenn man bei 1,0 Tauchtiefe für den Formwiderstand 30%, für den Reibungswiderstand aber 70% annimmt, berechnet sich der erstere zu $0,3 \cdot 120 = 36$, der letztere zu $0,7 \cdot 120 = 84$ kg.

Dann ist:

$$k_2 = \frac{36 \cdot 1,75 + 84 \cdot 1,15}{14} = \frac{63 + 96,6}{14} = 11,4$$

Das ist genau genug und es ergibt sich, daß bei dem letztgenannten Kahn und 1,0 Tauchtiefe der Reibungswiderstand 70%, bei 1,75 m Tauchtiefe aber 60,5% des Gesamtwiderstands ausmacht. Dies gilt jedoch nur bei 1,0 m Geschwindigkeit. Die Rechnungen für den hölzernen Kahn haben im wesentlichen dasselbe Ergebnis geliefert. Es ist wohl zweifellos, daß der Reibungswiderstand bei Fluß- und Kanalkähnen und mäßigen Geschwindigkeiten den Formwiderstand erheblich überwiegt.

Eine Beobachtung, welche De Mas bei Kähnen von verschiedener Länge gemacht hat, darf nicht unerwähnt bleiben. Bei zwei Flüten von gleicher Bauart, deren eine nahezu doppelt so lang, wie die andere war, fand er fast ganz gleiche Widerstände bei 1,0 m Geschwindigkeit. Dies wird sich hauptsächlich daraus erklären, daß diese Kähne ein stumpfes Heck haben. Bei einer derartigen Form entstehen hinter dem Kahn Wirbel und Einsenkungen des Wasserspiegels und die letzteren werden weniger tief, wenn die Länge des Kahns zunimmt. Je tiefer diese Einsenkungen, desto größer ist der Formwiderstand im ganzen, er nimmt also mit der Länge des Kahns ab. (Man vergleiche hierzu die Angaben über den Stofs des unbegrenzten Wassers gegen prismatische Körper mit stumpfen Enden im Taschenbuch der Hütte.) In dem oben genannten Falle wurde die Zunahme des Reibungswiderstandes ausgeglichen durch Abnahme des Formwiderstandes. Bei Kähnen neuerer Bauart dürfte sich diese Erscheinung nicht wiederholen.

Dies wird durch die nachstehenden Mitteilungen Suppáns („Wasserstraßen und Binnenschifffahrt“, S. 360) bestätigt:

„Die Donauversuche haben beim Vergleiche der Widerstände ganz gleich geformter Schleppkähne mit gleichen Hauptspantgrößen und mit gleich großen benetzten Flächen ergeben, daß der längere Schleppkahn auch einen größeren Widerstand als der kürzere ausübt.“

„Ein Schleppkahn von 53,9 m Länge hatte in unbeladenem Zustande bei 18 km Totwassergeschwindigkeit einen Widerstand von 1240 kg, während ein gleich gebauter Kahn derselben Klasse von 64 m Länge bei gleicher Eintauchung und gleicher benetzter Fläche einen Widerstand von 1340 kg aufwies. Vollbeladen, auf 18 cm getaucht, zeigte der 53,9 m lange Schleppkahn 1940 kg, der 64 m lange unter gleichen Verhältnissen dagegen 2260 kg.“

Hierzu sei bemerkt, daß in stromlosem Wasser zwischen Totwassergeschwindigkeit (es ist dies eine vorzugsweise in Österreich übliche Bezeichnung) und Fahrgeschwindigkeit kein Unterschied ist. Für einen Strom bestimmt man die erstere, indem man die Fahrgeschwindigkeiten zu Tal und zu Berg ermittelt und die Summe halbiert,

z. B. Talgeschwindigkeit 20 km in der Stunde, Berggeschwindigkeit 14 km, daher Totwassergeschwindigkeit $\frac{20 + 14}{2} = 17$ km.

Die auf Totwassergeschwindigkeiten bezogenen Widerstände lassen sich übrigens mit den in stromlosem Wasser eintretenden nicht unmittelbar vergleichen.

Die soeben erwähnten Versuche auf der Donau hat die erste k. k. Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft veranlaßt.¹¹⁷⁾ Sie erstreckten sich namentlich auf eiserne Schleppkähne von 350, 650, 670 und 820 t Tragfähigkeit und hatten hauptsächlich den Zweck, eine einheitliche und wirtschaftliche Form und Größe der Kähne zu ermitteln. Sie wurde mit den von De Mas benutzten Instrumenten¹¹⁸⁾ auf einer 5 km langen, geraden Stromstrecke oberhalb Budapest während einer Zeit vorgenommen, in welcher der Wasserstand nahezu unveränderlich war und es befanden sich auf der Versuchsstrecke annähernd gleichbleibende Querschnitte von einer mittleren Breite von 200 m und einer mittleren Tiefe von 3 m.

Die Zahl der mit 27 eisernen und 2 hölzernen Kähnen vorgenommenen Versuchsfahrten belief sich auf 286 und es wurden Geschwindigkeiten von 7 bis 18 km Totwassergeschwindigkeit (= rund 2 bis 5 m/Sek.) angewendet. Die mittlere Stromgeschwindigkeit war 3,8 km/ Stunde (1,06 m/Sek.). Bei Tauchtiefen von 1,0, 1,4 und 1,8 m wurden für jeden Schleppkahn bei gleicher Tauchtiefe vier bis sechs Versuche ausgeführt.

Von den Abmessungen der Kähne sollen hier nur die des 670 t-Schleppkahns angegeben werden: Länge 63,0 m, Breite 8,20 m, Völligkeitsgrad bei 1,8 m Tiefgang 0,82; Wasserverdrängung

bei 0,35 m (Kahn leer)	1,0	1,4	1,8 m Tauchtiefe
130	407	582	760 t.

Auf sonstige Einzelheiten, insbesondere auf die beobachteten Widerstände werden wir in § 21 zurückkommen.

Die Kurven, welche durch die übliche bildliche Darstellung der Versuche gewonnen wurden, sind parabolisch, aber keine Parabeln zweiten Grades und es wurde ermittelt, daß der Zugwiderstand am besten durch die Formel

$$W = \frac{1}{2p} \cdot v^{2,35} \cdot \dots \dots \dots 13.$$

worin $2p$ der Parameter der Parabeln, ausgedrückt wird. Dies ist ein beachtenswertes Ergebnis der in Rede stehenden Versuche.

Suppán macht ausführliche Angaben über die beobachteten Widerstände und führt sämtliche Widerstandskurven vor. Er erörtert sodann den „wirtschaftlichsten Donauschlepptyp“, ferner den Einfluss der Schiffsförm auf den Gesamtwiderstand und den Einfluss der Beschaffenheit der Schiffsoberfläche auf denselben.

Bezüglich dieser Besprechungen darf im allgemeinen auf die Quelle verwiesen werden, nur das Nachstehende soll hier Platz finden:

„Der Einfluss der Schiffsförm auf den Gesamtwiderstand ist im Verhältnis zum Zugwiderstand, welcher sich durch Reibung des Wassers an der benetzten Schiffsoberfläche ergibt, ein geringer. Den Gesamtwiderstand mit 100% angenommen, beträgt der Zug-

¹¹⁷⁾ Schiffbarkeit der Donau u. s. w. XXV. Heft der Verbandschriften des deutsch-österreich-ungar. Verbandes für Binnenschiffahrt. — Suppán, Wasserstraßen und Binnenschiffahrt, S. 362.

¹¹⁸⁾ Man vergleiche jedoch die kritischen Bemerkungen, welche De Mas in den Recherches expérimentales, S. 110 macht.

widerstand, welcher durch die Schiffsform entsteht, je nachdem der Schleppkahn schärfer oder voller gebaut ist, 7% bis 30% des Gesamtwiderstandes.“

„Die Beschaffenheit der Oberfläche eines Schiffes ist deshalb von weit größerem Einfluß auf den Gesamtwiderstand, als der Einfluß der Schiffsform auf denselben, und vergrößert bei den in der Donauschiffahrt üblichen Typen und Geschwindigkeiten den Gesamtwiderstand des Schiffes ganz bedeutend.“

„Zur Feststellung dieses Einflusses wurden zwei 650 t-Schleppkähne ganz gleicher Bauart, jedoch von verschiedenem Alter erprobt und bei dem nur um 5 Jahre älteren Kahn wurde

bei 4 dm Tiefgang ein um	14,0 %
„ 9,5 „ „ „ „	12,2 „
„ 14,5 „ „ „ „	5,1 „

größerer Widerstand gefunden.“

„Weitere Versuche wurden mit Kähnen von 220 t Tragvermögen mit glatten und mit künstlich raugemachten Oberflächen angestellt und es wurde gefunden, daß letztere einen um 27% größeren Zugwiderstand als die glatten Außenflächen erzeugen.“

„Desgleichen wurden mit hölzernen und eisernen Schiffen von gleicher Tragfähigkeit Zugversuche gemacht, welche ergaben, daß die Verwendung von hölzernen Fahrzeugen höchst unwirtschaftlich ist, und man kann für den Betrieb annehmen, daß das Holzschiff bei gleicher Tragfähigkeit nahezu den doppelten Widerstand eines Eisenschiffes hat.“

In Anschluss an das Vorstehende sind die sehr beachtenswerten Versuche über den Schiffswiderstand im Kanal des Eisernen Tores zu besprechen, welche Hoszpótky gelegentlich des Schifffahrts-Kongresses in Paris 1900 bekannt gemacht hat. Der Kanal hat etwa 2 km Länge, 72,0 m Sohlenbreite und bei Niedrigwasser 3,0 m Wassertiefe, ferner ein so starkes Gefälle, daß bei höheren Wasserständen Wassergeschwindigkeiten von 3,3 bis 5,0 m/Sek. gemessen wurden. Die Versuche wurden mit fünf, von einem starken Dampfer geschleppten Donau-Kähnen von 6,5 bis 9,2 m Breite, 1,7 bis 2,2 m Tiefgang und 400 bis 1000 t Tragfähigkeit angestellt. Das Verhältnis $F:f$ war demnach so groß, daß man die Rechnungen so, wie in weiten Wasserquerschnitten üblich, führen durfte. Die aufgewendeten Zugkräfte lagen zwischen 1000 und 7800 kg. Die Fahrgeschwindigkeit war 1,0 m/Sek. Für die Einzelheiten der Ausführung der Messungen darf auf die Mitteilungen Hoszpótkys verwiesen werden. Während der Widerstandsmessungen lag die relative Geschwindigkeit ($v + v_1$) von Schiff und Wasser zwischen 3,5 und 5,3 m.

Bei den Berechnungen wurde zunächst in

$$W = x (v + v_1)^z$$

der Exponent z für jeden Kahn bestimmt, indem man für einen Punkt A (Abb. 37) und für einen Punkt B die für $v + v_1$ und W aus den Beobachtungen gewonnenen Zahlenwerte einführte. Als ein durchschnittlicher abgerundeter Wert ergab sich $z = 4$. Hiernach wurde für jeden Kahn das x obiger Gleichung unter Zuziehung der Koordinaten eines Punktes C der Widerstandskurve berechnet.

Behufs Aufstellung einer allgemeinen Gleichung setzte Hoszpótky

$$W = k f(d) (v + v_1)^4$$

Hier bezeichnet k einen Erfahrungskoeffizienten und $f(d)$ eine Funktion der Abmessungen der Kähne. Es wurden nun verschiedene Kombinationen dieser Abmessungen

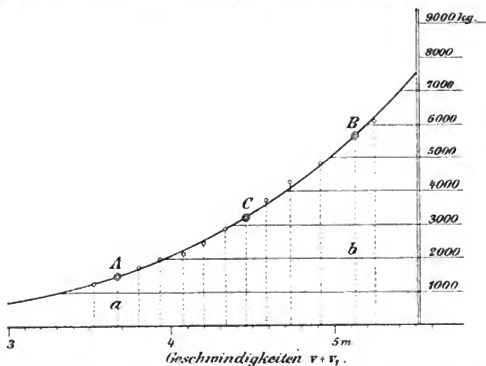
versucht und die berechneten Zahlenwerte wurden mit den Ergebnissen der Messungen verglichen. Man fand, dafs bei

$$W = 0,66 \frac{V}{l} (v + r)^4. \dots \dots \dots 14.$$

die Übereinstimmung der Rechnung mit der Beobachtung am besten war. In dieser Gleichung ist V die Wasserverdrängung und l die Länge des Kahns. Die obiger Gleichung entsprechende Widerstandskurve ist in Abb. 37 eingetragen. Man sieht, dafs sie sich mit den beobachteten, durch kleine Kreise bezeichneten Punkten gut verträgt.

Abb. 37.

Länge des Kahns 58,1 m, Breite 8,0 m, Tiefgang 2,0 m, Wasserverdrängung 710 cbm, Ladung 610 t.



Die besprochenen Versuche dürften die einzigen sein, welche bis jetzt in einem stark geneigten Kanal, also bei beschleunigter Geschwindigkeit des Wassers, angestellt sind.

Versuche in eng begrenztem Wasser. Ausser den Versuchen auf der Seine hat De Mas i. J. 1894 solche auf einer 1600 m langen Strecke des Kanals von Burgund angestellt. Der Wasserquerschnitt hatte 18,7 m Breite; die ursprünglich trapezförmige Begrenzung desselben hatte sich im Laufe der Zeit in eine nahezu parabolische verwandelt; in der Mitte war eine nutzbare Wassertiefe von rund 2,2 m. Flächeninhalt 29,53 qm. Die reichlich vorhandenen Wasserpflanzen wurden regelmässig soweit möglich beseitigt.

Die Schiffe wurden stets von beiden Seiten des Kanals aus durch Menschen, bei grösseren Geschwindigkeiten durch Pferde gezogen, wobei sich gleichförmige Geschwindigkeiten ohne Schwierigkeit erzielen liessen. Versuchsschiffe waren die auf S. 95 besprochenen, nämlich die Péniche (ein Stück), die Flûte (vier Stück), die Tone (zwei Stück); die durchschnittlichen Völligkeitsgrade bei einem Tiefgange von 1,30 m waren beziehungsweise 0,99, 0,95, 0,98. Ferner wurden untersucht: ein preussisches Schiff (Löfelform, $\delta = 0,93$) und eine Margotat ($\delta = 0,82$). Bei diesem Tiefgange hatten die französischen Kähne 38 bis 38,5 m Länge, 5,0 bis 5,08 m Breite und 225 bis 247 cbm

Wasserverdrängung. Das Verhältnis der Länge zur Breite schwankte zwischen 7,60 und 7,68. Das preussische Schiff hatte 34,5 m Länge, 4,93 m Breite und 230 cbm Wasserverdrängung. Verhältnis der Länge zur Breite 7,7.

Die wesentlichsten Ergebnisse der Versuche bringt die nachstehende Tabelle. Die Widerstände bei 0,5 m Geschwindigkeit sind darin nicht aufgenommen. Bei dieser Geschwindigkeit und bei 1,30 m Tauchtiefe kann man die Kanalwiderstände genau genug zu 0,25 der bei 1,0 m Geschwindigkeit eintretenden Widerstände annehmen, während bei den Flusswiderständen der entsprechende Faktor durchschnittlich 0,3 ist. Auch in letztgenanntem Falle hat die Beobachtung andere Werte ergeben, als eine Rechnung mit v^2 ergeben würde.

Tabelle I. Zugwiderstandsversuche auf dem Kanal von Burgund.

$$F = 29,53 \text{ qm}, \quad r = 1,0 \text{ m.}$$

Bezeichnung der Schiffe und Tauchtiefen	Fl u s s			K a n a l		
	W kg	f qm	k kg	$\frac{F}{f}$	W_0 kg	$W_0 : W$ $= k_0$
1,60 m						
Péniche	301	8,05	37,4	3,67	860	2,86
Flüte	162	8,03	20,2	3,68	481	2,97
Toue	126	8,03	15,7	3,68	463	3,67
1,30 m						
Flüte	143	6,53	22,0	4,52	284	1,99
Preussisches Schiff	80	6,38	12,5	4,62	215	2,69
Margotat	67	6,50	10,3	4,54	197	2,94
1,00 m						
Flüte	129	5,92	25,7	5,88	191	1,48

Für die Bezeichnungen vergleiche S. 85. Über den Widerstand einer Flüte werden in § 21 nähere Angaben gemacht.

Ein merkwürdiges Ergebnis dieser Beobachtungen ist, daß bei ein und demselben Werte des Verhältnisses $\frac{F}{f}$ die Profil-Koeffizienten k_0 wachsen, wenn die Widerstandskoeffizienten k abnehmen. Die Vorteile einer besseren Form wären also bei der Kanalschifffahrt nicht so groß, wie bei der Flussschifffahrt. Ob sich dies auch dann bestätigt, wenn es sich um einen Vergleich gutgeformter neuerer Schiffe handelt, deren Völligkeitsgrade verschieden sind, wird bei anderer Gelegenheit untersucht werden.

Bei Fortsetzung der in Rede stehenden Versuche i. J. 1895 kam es darauf an, die Widerstände in Kanälen näher zu ermitteln. Das geschah dadurch, daß die Zugwiderstände ein und desselben Kahns, einer Flüte, in Kanalstrecken von verschiedenen großen Querschnitten gemessen wurden. Geeignete Strecken wurden ermittelt: im Seitenkanal von Joigny ($F = 41,63$ qm, durchschnittliche Wassertiefe über der Sohle $T = 2,38$ m), im Kanal de la Cure ($F = 23,23$ qm, $T = 2,01$ m) und im Kanal von Nivernais ($F = 19,16$ qm, $T = 1,70$ m). Beobachtungen im Kanal von Burgund ($F = 29,53$ qm, $T = 2,14$ m) aus dem Jahre 1893 lagen bereits vor.

Die Versuche wurden bei Tiefgängen von 1,0, 1,3 und 1,6 m und mit denselben Geschwindigkeiten, wie früher, angestellt; sie zeigten, wie stark die Widerstände mit Abnahme des Verhältnisses $F:f$ und mit dem Steigen der Fahrgeschwindigkeit zunehmen. Ähnliches hatte Sweet bereits i. J. 1877 und 1878 durch Versuche auf dem

Erie-Kanal gefunden. De Mas macht eingehende Mitteilungen über diese Versuche und weist nach, daß ihre Ergebnisse und die der französischen im großen und ganzen übereinstimmen.

Noch wichtiger erscheint eine Untersuchung, welche De Mas über die Beziehungen zwischen der Form des Wasserquerschnitts und den Zugwiderständen macht. Er hat die Ergebnisse derjenigen Versuche i. J. 1895, welche die gleichen n aufweisen, in zwei Gruppen zusammengestellt; ein die zweite dieser Gruppen betreffender Auszug folgt nachstehend:

Bezeichnung der Kanäle	Tiefgang	Wasser-	Verhältnis	Beobachtete k_z bei Geschwin-		
	der Kähne	tiefe	$F:f$	digkeiten von		
	t (m)	T (m)	n	0,75 m	1,0 m	1,25 m
Seitenkanal von Joigny	1,83	2,38	4,54	1,87	2,11	2,40
Kanal von Burgund	1,30	2,14	4,54	1,98	2,10	2,26
Kanal de la Cure	1,02	2,01	4,54	1,78	2,01	2,25
Kanal von Nivernais	0,84	1,70	4,55	1,66	1,82	2,03

Man sieht hieraus, daß die Profil-Koeffizienten k_z bei gleichen n unter Umständen erheblich voneinander abweichen. Hieraus folgt, daß man die Form des Wasserquerschnittes der Kanäle nicht unberücksichtigt lassen darf. Es wurden somit neue Versuche erforderlich, bei welchen ein und derselbe Kahn in Strecken mit Wasserquerschnitten von gleicher Fläche, aber verschiedenen mittleren Breiten und Tiefen verwendet wurde.

Zu diesem Zweck machte man sechs Kanalstrecken ausfindig, von welchen je zwei gleich große, aber verschieden gestaltete Wasserquerschnitte hatten und es wurde stets ein trapezförmiger (genauer ein trapezoidaler) mit einem rechteckigen Querschnitt verglichen. Auf die Einzelheiten dieser Versuche soll hier nicht eingegangen werden. Es genügt zu bemerken, daß die rechteckigen Querschnitte durchweg kleinere Zugwiderstände gezeigt haben, als die trapezförmigen; die Verringerung war unter Umständen 30%. — Diesen Vorteil der rechteckigen Querschnitte hat auch Engels durch seine Modell-Versuche nachgewiesen.

Beachtenswert ist auch der Einfluß, den die Wassertiefe bei ähnlich geformten, aber verschieden tiefen Querschnitten von gleicher Querschnittsfläche auf die Widerstände hat.

Die hierfür untersuchten Strecken des Kanals von Nivernais und des Kanals von St. Dizier nach Vassy zeigten beide einen trapezoidalen, fast parabelförmigen, 19,16 qm großen Wasserquerschnitt. Bei ein und demselben f waren demnach die Verhältnisse $F:f$ die gleichen. Aber die erstgenannte hatte 14,6 m Breite des Wasserspiegels und im Bereiche der Kahnbreite 1,70 m Wassertiefe, während die zweite 12,9 m Wasserspiegelbreite und 2,06 m Wassertiefe hatte.

Von den ermittelten Profil-Koeffizienten sollen hier die nachstehenden Platz finden:

r	t	k_z Kanal von Nivernais	k_z Kanal von St. Dizier nach Vassy	Unter- schiede o/o
0,75	1,00	1,95	1,80	7,7
	1,30	3,82	3,33	12,8
1,00	1,00	2,28	1,98	13,2
	1,30	4,70	3,73	20,6
1,25	1,00	2,66	2,17	18,4
	1,30	5,58	4,19	24,9

Aus Vorstehendem ergibt sich unter anderem, dafs lediglich infolge gröfserer Wassertiefe bei 1,30 m Tauchtiefe und 0,75 m Fahrgeschwindigkeit der Widerstand um 13% abnimmt und dafs diese Verringerungen mit Zunahme der Fahrgeschwindigkeit gröfser werden. Im folgenden Paragraphen wird hier- von nochmals die Rede sein.

Das letzte, i. J. 1897 vollendete Kapitel der „Recherches expérimentales“ fafst die Ergebnisse zusammen; wir werden auch hierauf an genannter Stelle zurückkommen.

Aus den Mitteilungen über die Versuche am Dortmund-Ems-Kanal, von denen auch im § 12 die Rede war, ist hier das vorzuführen, was den Schiffswiderstand betrifft. Über die Versuchsstrecke sei bemerkt, dafs sie, abgesehen von den Teilen, auf welchen die Schiffe in Gang gebracht und wieder angehalten wurden, 100 m lang war. Der Querschnitt war der bereits besprochene der neueren deutschen Schifffahrtskanäle, somit der Wasserquerschnitt rund 59 qm. Die Ufer waren mit Schilf befestigt. Der Wasserspiegel der Schifffahrtskanäle ist nicht frei von Schwankungen und während der Versuche ist ein niedrigster Wasserstand von 21,04 m, ein höchster von 21,14 über N.N. beobachtet worden. Bei einer normalen Breite des Wasserspiegels von 60 m haben somit die Wasserquerschnitte nicht wenig (etwa zwischen 57,2 und 60,2 qm) geschwankt. Bei den weiter unten folgenden Berechnungen ist ein Querschnitt von 59,5 qm angenommen. Ferner hat im Verlaufe der Versuche die Form der Querschnitte sich geändert (vergl. S. 67). Beides beeinträchtigt die Übereinstimmung der in § 21 anzustellenden Rechnungen mit den beobachteten Werten.

Die beim Abwickeln einer Mefsleine für das Befahren der eigentlichen Versuchsstrecke gebrauchte Zeit wurde mittels eines eigenartigen Geschwindigkeitsmessers gemessen und verzeichnet, ausserdem mittels Taschen-Chronographen kontrolliert.

Die Kähne wurden von einem kleinen, mit einem Indikator ausgestatteten Dampfer (Goedhart) geschleppt. Das Dynamometer war im wesentlichen ebenso wie bei den Seine-Versuchen angeordnet. Von den photographischen Aufnahmen ist bereits (s. S. 62) die Rede gewesen. Die Einzelheiten sämtlicher Apparate sind von Haack (Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb, S. 8 u. ff.) ausführlich besprochen.

Über die Versuchsschiffe wurde bei anderer Gelegenheit bereits einiges gesagt; hier sollen nähere Angaben gemacht werden. Der Kahn Emden (Abb. 1, Taf. III) hatte eine „Länge über alles“ von 66,95 m und eine größte Breite über Aufsenhaut von 8,10 m. Sonstige Abmessungen sind:

Tiefgang	Länge i. d. Wasserlinie m	Gröfse d. Hauptspants qm	Wasser- verdrängung cbm	Benetzte Oberfläche qm	Völligkeits- grad	Tragfähig- keit t
1,50	64,5	12,10	690	612	0,880	555
1,75	65,1	14,10	815	646	0,883	676
2,00	65,6	16,13	944	678	0,887	805
2,25	66,0	18,20	1070	716	0,889	935

Das Schiff Dortmund war mit Dampfmaschine und Schraube ausgerüstet, es soll hier kurz „Dampfkahn“ genannt werden; seine Tragfähigkeiten einschliesslich Kohlenvorrat für die Maschine erhält man, indem man die Tragfähigkeiten des Kahns Emden um (rund) 15 t vermindert. Beide Schiffe hatten gleiche Form und Gröfse.

Das dritte Schiff, ein Lloydkahn (Abb. 2. Taf. III), war ein seetüchtiger Schleppkahn für Dampfschiffahrt, also ein Seelichter, und schärfer gebaut, als die vorhingenannten. Er hatte 3,40 m Höhe, während die beiden anderen Kähne 2,40 m hatten. Die übrigen Abmessungen sind:

Tiefgang	Länge i. d. Wasserlinie	Größe d. Hauptspants	Wasser- verdrän- gung	Benetzte Oberfläche	Volligkeits- grad	Tragfähig- keit
m	m	qm	cbm	qm	grad	t
1,75	55,0	13,6	578	506	0,750	367
2,00	55,0	15,6	672	535	0,763	461
2,25	55,0	17,6	774	566	0,782	563

Von vereinzeltten Fällen abgesehen, lagen die Fahrgeschwindigkeiten v zwischen 0,92 und 2,0 m. Der Tiefgang war dabei 1,50, 1,75, 2,00 und 2,25 m.

Es wurden 344 Fahrten gemacht und zwar:

1. Dampfer Goedhart schleppt den Kahn Emden 119 Fahrten.
2. Derselbe schleppt Emden und den Dampfkahn Dortmund 48 ..
3. Dampfkahn Dortmund allein fahrend 104 ..
4. Derselbe schleppt Emden 19 ..
5. Dampfer Goedhart schleppt den Lloydkahn 35 ..
6. Derselbe allein fahrend 19 ..

Aus der Zahl der Fahrten kann man entnehmen, daß die Versuche unter 1. und 3. die wichtigsten waren. Die Ergebnisse der Versuche sind mit allem Zubehör in Tabellen zusammengestellt, welche im ganzen 64 Nummern aufweisen.

Die Folgerungen aus den Versuchsergebnissen sind wichtig und zahlreich; von einigen ist bereits die Rede gewesen, andere sollen weiter unten erörtert werden. Hier sind die auf drei Tafeln dargestellten Kurven der Zugkräfte (Widerstandskurven), die Kurven der indizierten Pferdestärken und der Verteilung der letzteren auf die von den Dampfmaschinen verrichteten Arbeiten hervorzuheben. Besondere Beachtung verdienen die bildlichen Darstellungen der Widerstände der geschleppten Emden und des Lloydkahns (s. Taf. III, Abb. 7). Das Original bringt diese Kurven vollständiger.

Über die Widerstände, welche die Kurven vorführen, sei an dieser Stelle nur das Folgende erwähnt:

Der Kahn Emden weist auf:

$$\text{bei } v = 1,0 \text{ m } W_* = 365 \text{ kg.} \quad \text{bei } v = 2,0 \text{ m } W_* = 2600 \text{ kg.}$$

der Lloydkahn dagegen:

$$\text{bei } v = 1,0 \text{ m } W_* = 230 \text{ kg.} \quad \text{bei } v = 2,0 \text{ m } W_* = 1500 \text{ kg.}$$

Tiefgang in beiden Fällen 1,95 m.

Wenn man die Ordinaten bei $v = 1,0$ und $v = 2,0$ mit den entsprechenden Ordinaten zweier Parabeln mit der Gleichung $y = K \cdot v^z$ vergleicht, ergibt sich als Exponent von v bei Emden 2,83, beim Lloydkahn 2,70.

Bei dem genannten Tiefgange erhält man für $v = 1,25$ m

$$\begin{array}{ll} \text{Emden } W_* = 615 \text{ kg} & \text{Lloydkahn } W_* = 355 \text{ kg} \\ z = 2,34 & z = 1,94 \end{array}$$

Bei Geschwindigkeiten, welche kleiner als 1,0 m sind, erhält man mit $z = 2$ brauchbare Werte. Im allgemeinen dürften die in Rede stehenden Widerstandskurven Parabeln mit veränderlichen, hauptsächlich von den Geschwindigkeiten abhängigen Exponenten sein.

Haacks Werk bringt aufer den vorhingenannten die Widerstandskurven für Emden nebst Dortmund von Goedhart geschleppt. Der Eigenwiderstand des Dampfkahns Dortmund ist auf Grund der oben erwähnten Untersuchungen über die Verteilung der indizierten Pferdestärken berechnet worden. Zahlenangaben folgen weiter unten.

Über die Brauchbarkeit der besprochenen bildlichen Darstellungen sagt Haack:

„Die Kurven können nur annähernd als richtig gelten, weil die Umstände, unter denen die Versuchsfahrten angestellt wurden, sehr verschieden waren. Da diese Umstände an anderen Stellen des Kanals andere sein können, müssen zu den Zugkräften bei etwaigen Kostenberechnungen mindestens 5% hinzugerechnet werden. Maschinenkraft muß mindestens um 10% der aus den Versuchen hergeleiteten indizierten Pferdestärken erhöht werden.“

§ 21. Ergebnisse. Widerstände in weitem (sogenanntem unbegrenztem) Wasser. Aus dem bislang Besprochenen ergibt sich, daß die für den Eigenwiderstand der Fluß- und Kanalschiffe übliche Formel:

$$W = k f (v + v_1)^2$$

namentlich dann, wenn man ein konstantes k einführt, sehr unvollkommen ist. Es soll untersucht werden, welche Verbesserungen begründet und durchführbar sind.

Bei dem Exponenten von $(v + v_1)$ liegt die Sache so, daß man auf Einführung eines mit der Geschwindigkeit zunehmenden Wertes dieses Exponenten zwar einstweilen verzichten muß, es ist aber ein Fortschritt, wenn man in Hinblick auf die meistens vorkommenden Geschwindigkeiten die 2 durch 2,25 ersetzt, zumal auch De Mas sich dies Ergebnis der Donau-Versuche (s. S. 98) in seinen weiter unten zu besprechenden Formeln zu eigen gemacht hat. Für eine Änderung des Exponenten 2 hat sich auch Engels ausgesprochen.

Schwieriger ist die Frage, ob es zweckmäßig ist, das f beizubehalten; für Wahl einer anderen Größe liegen zwei Vorschläge vor.

Wenn man einen ideellen Querschnitt $\frac{f}{l}$, also $\frac{\text{Wasserverdrängung}}{\text{Länge des Schiffes}}$ an Stelle von f einführt, so hat man den Vorteil, daß die Widerstandskoeffizienten in der Regel mit Verringerung der Tauchtiefe zunehmen. Für die Ermittlung der Größe jenes Querschnitts müssen aber genaue Zeichnungen der Wasserlinien des Schiffes vorhanden sein und diese stehen nur ausnahmsweise zur Verfügung; ferner ist die Ermittlung zeitraubend.

Zweitens könnte man die benetzte Oberfläche O des Schiffsmantels an Stelle des benetzten größten Querschnitts f einführen; das hat Sweet für Flussschiffe und Rankine für Seeschiffe empfohlen. Oben (S. 97) ist nachgewiesen, daß der mit der Größe der benetzten Oberfläche zunehmende Reibungswiderstand den Formwiderstand überwiegt, der erstere ist somit ausschlaggebend. Ferner unterliegt ein auf die Oberfläche bezogener Widerstandskoeffizient k_s bei Änderung der Tauchtiefe geringeren Schwankungen, als ein auf den größten Querschnitt bezogener Koeffizient.

Die Einführung der Größe der benetzten Oberfläche hat ferner den Vorteil, daß der Völligkeitsgrad ξ zur Geltung kommt und die Flächenberechnung läßt sich in kurzer Zeit bewerkstelligen. Man kommt dabei mit den für Seeschiffe im Taschenbuche der Hütte angegebenen Näherungsformeln aus. Beispielsweise sei auf die Formel von Denny

$$O = l \cdot b \cdot \xi + 1,7 l \cdot t$$

(l Länge, b Breite, t Tauchtiefe des Schiffes) hingewiesen. Wenn man in dieser Formel 1,7 durch 1,8 ersetzt, und die Abmessungen des Lloydkahns $l = 55,0$, $b = 8,0$, $t = 1,75$, ferner $\xi = 0,75$ einführt,

erhält man $O = 503 \text{ qm}$, während eine genaue Rechnung $O = 506 \text{ qm}$ ergeben hat. Die Formel von Denny dürfte sich auch für Löffelkähne verwenden lassen, wenn man darin 1,7 durch 1,6 ersetzt.

Wenn man O aus den Angaben, die De Mas über einen eisernen Flussskahn macht, nach Denny's Formel mit 1,8 statt 1,7 berechnet, erhält man 300 qm . Für W wurde bei $e = 1,0$ 120 kg ermittelt, somit ist $k_0 = \frac{120}{300} = 0,4 \text{ kg}$.

Die Widerstandskoeffizienten k_0 wachsen mit den Tauchtiefen, es scheint, daß sie sich beinahe wie die jenen entsprechenden Völligkeitsgrade verhalten. Beispielsweise sind die k_0 für den 370 t-Donauskahn bei verschiedenen Tauchtiefen aus $k_0 = \frac{W}{O \cdot (2,5)^{p,35}}$ berechnet. Man beachte jedoch, daß in dieser Formel die Geschwindigkeit 2,5 eine sogenannte Totwassergeschwindigkeit (s. S. 97) ist.

Es ergab sich:

$t =$	0,35	1,0	1,4	1,8
$k_0 =$	0,093	1,118	0,120	0,135
Verhältniszahlen	0,8	1,0	1,01	1,15
$\lambda =$	0,72	0,79	0,81	0,82
Verhältniszahlen	0,91	1,0	1,02	1,04

Nach Ansicht des Verfassers wäre Einführung von O in die Widerstandsformel nicht ausgeschlossen. Man wird aber schwerlich geneigt sein, auf die Nutzung der zahlreichen Rechnungen, die mit der üblichen Formel angestellt sind, zu verzichten und mit Bestimmung der Widerstandskoeffizienten sozusagen von vorn anzufangen. Wenn neue Versuche über den Eigenwiderstand der Kähne angestellt werden, dürfte Ermittlung der Beziehungen zwischen jenem und der benetzten Oberfläche sich schon der Wissenschaft wegen empfehlen.

Von dem Widerstandskoeffizienten k wird weiter unten die Rede sein. Zunächst ist zu bemerken, daß De Mas den Eigenwiderstand der Schiffe im letzten Kapitel der „Recherches expérimentales“ eingehend bespricht und eine wesentliche Änderung der bislang üblichen Formel empfiehlt. Um hierbei mit Sicherheit vorzugehen, hat er die Widerstände dreier hölzernen Kähne (einer Péniche, einer Flöte, einer Toue) und eines eisernen Kahns bei sechs verschiedenen Tauchtiefen und bei Geschwindigkeiten von 0,25 bis 2,50 m mit besonderer Sorgfalt ermittelt.

Als Formel für den Eigenwiderstand empfiehlt er:

$$W = (a + b t) v^{3,25} \dots \dots \dots 15.$$

nachdem bei einer anderen verwickelteren Formel der Vergleich der Berechnungen mit den Messungen sich weniger gut gestaltet hatte.

Die Werte von a und b für die genannten hölzernen Kähne sind im linksseitigen Teil der nachstehenden Tabelle, welche ein kurzer Auszug aus der von De Mas mitgeteilten ausführlichen Tabelle ist, verzeichnet; einige Angaben über die beobachteten und berechneten Widerstände sind beigefügt.

Es handelt sich hier um die 5 m breiten Kähne der französischen Wasserstraßen und für diese sind die Vorzüge der von De Mas aufgestellten Formeln unbestreitbar, denn tatsächlich wird bei $t = 0$ in Übereinstimmung mit den neuen Formeln der Widerstand nicht gleich Null, es verbleibt vielmehr die Reibung am Schiffsboden. Ein anderer und größerer Vorzug jener neuen Formel ist, daß man daraus Verhältnisse $W:f$ erhält, welche mit Zunahme der Tauchtiefe abnehmen.

De Mas hat auch bei dem oben erwähnten eisernen Kahn Zahlenwerte für die Koeffizienten von a und b der Gleichung 15 ermittelt. Diese Ermittlungen haben aber geringen Wert, weil jener Kahn unter Wasser mit hölzernen Schutzleisten versehen, also nicht normal gestaltet war.

Tabelle II. Beziehungen zwischen Tauchtiefen und Widerständen bei $v = 1,0$ m.

t	De Mas		$W_1 = kf$		Heubach			
	Widerstände (kg)		f	W_b f	ursprünglich		geändert	
	beobachtet W_b	berechnet W_r			$k = \frac{k_1}{\sqrt{t}}$	W_b	$k = \frac{k_1}{\sqrt{t}}$	W_b
Péniche. $W_r = (21,3 + 123,6 t)$								
0,65	96	102	3,25	29,5	36,2	118	31,8	103
1,00	146	145	5,00	29,2 = k_1		146	—	146
1,83	240	247	9,15	2,62	21,6	197	25,9	237
Flûte. $W_r = (21,5 + 78,1 t)$								
0,65	73	72,3	3,25	22,5	27,5	89	24,2	78
1,00	111	99,6	5,00	22,2 = k_1		111	—	111
1,83	170	164,4	9,15	18,6	16,4	150	19,7	179
Toue. $W_r = (14,2 + 52,4 t)$								
0,65	50	48,3	3,25	15,5	17,4	56	15,3	50
1,00	70	66,6	5,00	14,0 = k_1		70	—	70
1,83	115	110,9	9,15	12,6	10,4	95	12,4	113

Bei $t = 0,65$ sind die mit $k = \frac{k_1}{\sqrt{t}}$ berechneten Werte größer, als die beobachteten und zwar durchschnittlich um 5% der letzteren. Bei $t = 1,83$ sind jene Werte kleiner, als die beobachteten und zwar um rund 3% der letzteren.

Die französischen Formeln für größere, gut geformte Kähne umzugestalten, ist nur auf Grund neuer Versuche möglich. Einstweilen sind wir darauf beschränkt, die Formel $W = kf v^{2,25}$ beizubehalten und darin den Einfluss der Tauchtiefe auf den Koeffizienten des Eigenwiderstandes so gut wie möglich zu berücksichtigen. Hierfür hat Heubach (vgl. Anm. 111, S. 89) einen beachtenswerten Vorschlag gemacht. Auf Grund von älteren Ermittlungen an den Flöten Alma und Avantgarde stellt er folgende Formel auf:

$$W = \frac{k_1}{\sqrt{t}} f v^2 \dots \dots \dots 16.$$

Hier bezeichnet k_1 den Widerstand eines Quadratmeters des Hauptspantquerschnitts in Kilogramm für $t = 1,0$ und $v = 1,0$.

Wenn k_1 nicht bekannt, dagegen ein Wert t_0 für eine Tauchtiefe k_0 ermittelt ist, ergibt sich für die Tauchtiefe t

$$k = \frac{k_0 \sqrt{t_0}}{\sqrt{t}} \dots \dots \dots 17.$$

Es war nun zu untersuchen, ob die Formel $k = \frac{k_1}{\sqrt{t}}$ stets oder wenigstens in der Regel brauchbare Werte liefert; hierbei hat der Verfasser gefunden, dafs dies namentlich bei den oben erwähnten, von De Mas mit besonderer Sorgfalt angestellten Messungen nicht der Fall ist. Das Nähere geht aus der 6. und 7. Spalte der obigen Tabelle hervor. Die Heubach'sche Formel wirkt hier sozusagen zu kräftig. Es war somit Verkleinerung des Exponenten = $\frac{1}{2}$ angezeigt und mit

$$k = \frac{k_1}{\sqrt[3]{t}} \dots \dots \dots 18.$$

haben sich die in die betreffenden Spalten eingetragenen Werte ergeben.

Die in angegebener Weise geänderte Henbach'sche Formel dürfte für hölzerne Kähne ohne weiteres verwendbar sein. Bei eisernen Kähnen ist der Einfluss, den die Tauchtiefen auf den Widerstandskoeffizienten haben, wahrscheinlich geringer als bei hölzernen. Einstweilen muß man sich aber darauf beschränken, dies durch geeignete Abrundungen der aus Formel 18 berechneten Zahlen zu berücksichtigen.

Über die Widerstandskoeffizienten eiserner Kähne läßt sich einiges aus den Ergebnissen der Donauversuche ableiten.

Für Totwassergeschwindigkeiten berechnen sich jene Koeffizienten bei einem 670 t-Kahn wie folgt:

$t =$	0,35	1,0	1,4	1,8 m
$k =$	15,5	7,89	6,14	5,77
oder abgerundet	15	8	7	6 kg

Hier ist $k_1 = 8$ und die ursprüngliche Henbach'sche Formel $k = \frac{k_1}{\sqrt{t}}$ ergibt (abgerundet)

$$k = 13 \quad 8 \quad 7 \quad 6 \text{ kg.}$$

Wenn es zulässig wäre, auf dies Ergebnis eine Regel zu gründen, könnte man die ursprüngliche Henbach'sche Formel als brauchbar bei Einführung von Totwassergeschwindigkeiten bezeichnen.

Nunmehr sollen Zahlenwerte des Widerstandskoeffizienten k angegeben werden.

Einige für überschlägliche Rechnungen genügende Angaben für ϕ in der Formel $W = \phi \gamma f \frac{v^3}{2g}$ enthält das Taschenbuch der Hütte (18. Aufl. I., S. 256).

Durch Umrechnen und Abrunden erhält man daraus:

Für gut gebaute Flusdampfer	$k = 8$ bis 10 ,
„ gut gebaute Flufs- und Kanalkähne	11 „ 14,
„ gewöhnliche Elbkähne	18 „ 20,
„ Zillen und dergleichen	20 „ 25.

Hierbei ist volle Beladung der Fahrzeuge vorausgesetzt.

Zuverlässig sind die Werte für k_1 in der Tabelle II, nämlich:

Gut gebaute Pöniche 29,2. Flüte 22,2. Toue 14 kg.

Für den Kahn Emden und 1,75 m Tauchtiefe ist bei den weiter unten folgenden Rechnungen $k = 12,5$ und für den Lloydkahn $k = 9,0 \text{ kg}$ schätzungsweise angenommen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß es ausführbar und zweckmäßig ist, in die Formel für den Eigenwiderstand der Schiffe nach dem Vorgehen von De Mas einen zweiteiligen Faktor einzuführen und die Frage liegt nahe, ob es sich empfiehlt, noch weiter zu gehen. Es ist zwar verlockend, wenigstens Formwiderstand und Reibungswiderstand rechnerisch voneinander zu trennen, aber es ist, wenigstens zur Zeit, nicht durchführbar. Flamm führt (s. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1898, S. 298) verschiedene unvereinbare, den Reibungswiderstand betreffende Beobachtungen bezw. Ansichten an und fügt hinzu: „Als Erklärung dieses paradoxen Verhaltens der Schleppkähne bleibt nur die Annahme, daß die Einzelwiderstände, nämlich der Reibungswiderstand und der Formwiderstand, nicht voneinander unabhängig sind, sondern daß die Wahrscheinlichkeit nahe liegt, daß eine wesentliche Beeinflussung des Formwiderstandes durch den Reibungswiderstand stattfindet.“

Von sonstigen hierher gehörigen Untersuchungen ist die von Sellentin in der Marine-Rundschau 1898 (s. Flamm a. a. O.) zu erwähnen. Sellentin empfiehlt für sogenanntes unbegrenztes Wasser eine dreigliedrige Formel und nimmt dementsprechend drei Erfahrungskoeffizienten in Aussicht. In seiner Formel ist das erste Glied von

r unabhängig, das zweite hat r^2 , das dritte $v^{1.5}$. Beachtenswert sind seine Bemerkungen über den Reibungswiderstand.

Verwandtschaft mit den vorstehenden haben die Vorschläge Büssers (Studie über die Widerstandsformel für Binnenschiffe. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 365 und 391) insofern, als er für k ebenfalls einen dreigliedrigen Ausdruck empfiehlt, in diesem treten aber v^0 , v und v^{-1} auf. Büsser sagt, daß seine Formel praktische Bedeutung beanspruche, weil sie die Möglichkeit darbiete, den Bedarf an Zugkraft für jedes Schiff bei allen verschiedenen Geschwindigkeiten und Tauchtiefen zu berechnen, sobald für drei beliebige Geschwindigkeiten und eine Tauchtiefe die Größe des Widerstandes durch Versuche ermittelt ist.

Einstweilen wird man sich wohl darauf beschränken, die bislang üblichen Widerstandsformeln auszubilden. Hierbei dürfte nach De Mas' Vorgange das Augenmerk auf die Einführung eines zweiteiligen Faktors zu richten sein, dem Umstande entsprechend, daß die Widerstände am Schiffsboden und die Widerstände an den Seiten nach Entstehung und Verlauf der Wasserbewegung voneinander verschieden sind.

Genaue Versuche über die Widerstände gut geformter eiserner Kähne im sogenannten unbegrenzten Wasser und bei verschiedenen Tauchtiefen sind nach wie vor sehr zu empfehlen und neue Modell-Versuche würden hierbei sehr dienlich sein. Versuche im großen müßten aber mit diesen Hand in Hand gehen. Hierzu darf der Verfasser den bereits früher gemachten Vorschlag wiederholen, für genannten Zweck die Geschwindigkeiten zu verwerten, welche ein in fließendem Wasser treibender Kahn infolge des sogenannten Voreilens annimmt. Wenn das Spiegelgefälle des Wassers und die Wasserverdrängungen genau ermittelt sind, ergibt sich die bewegende Kraft sehr leicht; es erübrigen dann nur die Geschwindigkeitsmessungen. Hierbei könnten die von De Mas getroffenen Anordnungen als Muster dienen; es wäre also im wesentlichen nur ein hydrometrischer Flügel nebst Registrier-Apparat und sonstigem Zubehör zu beschaffen. Für die Versuchsstrecke dürfte sich eine regelmäßig begrenzte Haltung einer Flufskanalisation am besten eignen, weil in einer solchen das Wasser ruhiger und gleichmäßiger fließt als im freien Strome. Auf große Fahrgeschwindigkeiten könnten sich diese Versuche freilich nicht erstrecken. Eine zuverlässige Bestimmung der Widerstandskoeffizienten neuerer eiserner Kähne würde nicht allein die Wissenschaft fördern, sondern auch dem Schiffahrtsbetriebe dienlich sein, und die aufzuwendenden Kosten wären gering.

Widerstände in eng begrenztem Wasser. Die Widerstände in eng begrenztem Wasser, namentlich in Schifffahrtskanälen, sind von verschiedenen Umständen abhängig. Außer dem Eigenwiderstande der Schiffe kommen in Betracht: in erster Linie das mehrfach erwähnte Verhältnis $F:f = n$ und die Wassertiefe, insbesondere der Abstand zwischen Schiffsboden und Kanalsohle, in zweiter Linie die Form des Wasserquerschnittes, die Breite des Wasserspiegels und die Art der Befestigung der Böschungen, letztere deshalb, weil namentlich Pflanzenwuchs eine Verkleinerung der wirksamen Fläche des Wasserquerschnittes bewirkt.

Bei näherer Untersuchung der hier in erste Linie gestellten Umstände ist eine Trennung derart angezeigt, daß zunächst die Widerstände besprochen werden, welche bei einer bestimmten mittleren Tauchtiefe und bei den meistens vorkommenden Größen des Verhältnisses $F:f$ entstehen; wenn dies geschehen ist, sollen die Wasser-

tiefen berücksichtigt werden. Am Schlusse dieses Abschnitts wird versucht, die gewonnenen Ergebnisse auf ungewöhnliche Größen von $F:f$ auszudehnen.

Für die gewählten Bezeichnungen sei nochmals auf S. 85 verwiesen.

Widerstände bei mittleren Tauchtiefen. Bei den nachfolgenden Zahlenrechnungen darf in Hinblick auf den Dortmund-Ems-Kanal vorzugsweise eine Tauchtiefe von sieben Zehntel der 2,5 m betragenden Wassertiefe des Kanals, also von 1,75 m, angenommen werden. Zunächst ist jedoch eine allgemeine Untersuchung anzustellen.

Die wiederholt gebrauchte Formel für den Schiffswiderstand

$$W = kf(v + v_1)^{2,25}$$

gilt auch für Kanäle, denn die Widerstände in weitem und die in engbegrenztem Wasser entstehen auf gleiche Weise. In letzterem Falle ist v_1 die mittlere Geschwindigkeit der in § 12 besprochenen Rückströmungen und laut Gl. 3 (S. 67) ist

$$v_1 = \frac{1+y}{n-(1+y)} v.$$

Hier ist y die Ordinate einer Hülfsparabel.

Für den Widerstand W_s im Kanal ergibt sich sonach:

$$W_s = kf \left(v + \frac{1+y}{n-(1+y)} v \right)^{2,25} = kf \left(\frac{n-(1+y)}{n-(1+y)} + \frac{1+y}{n-(1+y)} \right)^{2,25} \cdot v^{2,25}$$

somit:

$$W_s = kf \left(\frac{n}{n-(1+y)} \right)^{2,25} \cdot v^{2,25} \dots \dots \dots 19.$$

Die Formel $W_s = kf \left(\frac{n}{n-1} \right)^2 v^2$ muß veraltet genannt werden.

Die Rechnungen verlaufen am einfachsten, wenn man bei einer bildlichen Darstellung den Scheitel der Hülfsparabel in den Nullpunkt einer Abszissenachse legt, auf der die Fahrgeschwindigkeiten v aufgetragen sind. Mit $2p$ als Parameter ist alsdann $y = \frac{1}{2p} v^2$, somit der Profil-Koeffizient

$$k_s = \left(\frac{n}{n - \left(1 + \frac{1}{2p} v^2\right)} \right)^{2,25} \dots \dots \dots 20.$$

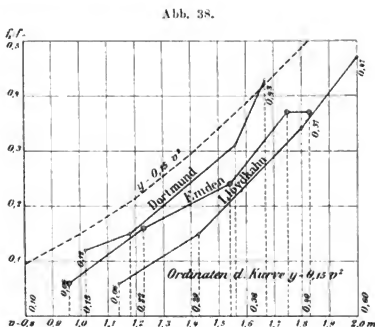
Es handelt sich nunmehr darum, Zahlenwerte für $\frac{1}{2p}$ zu ermitteln; hierbei ist ebenso verfahren, wie bei Untersuchung der Rückströmungsgeschwindigkeiten und unter Benutzung der von Haack ermittelten Einsenkungsquerschnitte f_s ist die nachstehende Tabelle berechnet.

Werte $f_s:f$. Tiefgang = 1,75 m.

Dampfkahn Dortmund $f = 14,1$			Kahn Emden $f = 14,1$			Lloydkahn $f = 13,6$		
v	f_s	$f_s:f$	v	f_s	$f_s:f$	v	f_s	$f_s:f$
1,02	1,69	0,12	0,96	0,91	0,06	1,14	0,78	0,06
1,18	2,06	0,15	1,23	2,20	0,18	1,43	2,07	0,15
1,56	4,32	0,31	1,54	3,32	0,24	1,80	4,56	0,34
1,67	6,05	0,43	1,75	5,26	0,37	2,00	6,41	0,47
			1,83	5,25	0,37			

In Abb. 38 sind die Verhältnisse $f_s:f$ als Ordinaten aufgetragen. Hierdurch entsteht für jeden Versuchskahn eine gebrochene Linie. Die Linie des Kahns Emden, deren Knickpunkte doppelt unringelt sind, findet sich auch in Abb. 28 (S. 66).

Unter Benutzung dieser Linien kann man nun verschiedene Hülfsparenbeln einführen, deren Ordinaten die $f_1 : f$ ersetzen. Es erschien zulässig, den Kähnen Dortmund und Emden ein und dieselbe Parabel mit der Gleichung $y = 0,15 v^2$ zuzuweisen; sie ist in der Abbildung mit einer gestrichelten Linie angedeutet, auch absichtlich ziemlich in die Höhe gelegt, letzteres um den zahlreichen Nebenumständen, welche die Widerstände der Kähne zu steigern pflegen, einigermaßen Rechnung zu tragen.



In diesem Falle ist also:

$$W_s = k f \left(\frac{n}{n - (1 + 0,15 v^2)} \right)^{2,75} \cdot v^{2,75} \dots \dots \dots 21.$$

Die mit Hilfe der Gleichung 21 berechneten sollen nunmehr mit den beobachteten Widerständen verglichen werden. Für den Kahn Emden gibt Haack eine bildliche Darstellung der Widerstände in großem Maßstabe, aus welcher man dieselben für Geschwindigkeiten bis 2 m und für verschiedene Tauchtiefen genau genug entnehmen kann (Abb. 7, Taf. III).

Die Genauigkeit der nunmehr anzustellenden Zahlenrechnungen wird dadurch beeinträchtigt, daß Beobachtungen über den Widerstand der Versuchskähne in unbegrenztem Wasser nicht angestellt sind. Der Widerstandskoeffizient k des Kahns Emden mußte deshalb, wie bereits erwähnt, eingeschätzt werden; er ist bei 1,75 m Tauchtiefe = 12,5 angenommen und scheint ganz gut gewählt zu sein. Mit $f = 14,1$ erhält man

$$k f_1 = 12,5 \cdot 14,1 = 176 \text{ kg,}$$

und aus $F = 59,5$ und $f = 14,1$ folgt $n = 4,22$, somit

$$k_s = \left(\frac{4,22}{4,22 - (1 + 0,15 v^2)} \right)^{2,75}.$$

Bei $v = 1$ ergibt dies, nebenbei bemerkt, 2,04.

Bei der mittleren Tauchtiefe von 1,75 m erhält man:

Geschwindigkeit v m/Sek.	von Haack beobachtet	Widerstände (kg)	
		Gleichung 21	berechnet aus $W_s = k f \left(\frac{n}{n - 1} \right)^2 v^2$
1,0	365	360	303
1,2	556	571	435
1,4	820	853	593
1,6	1205	1230	775

Die durchschnittliche Abweichung der mit Gleichung 21 berechneten von den beobachteten Werten beträgt 2,5% der letzteren, während diese Abweichung bei Anwendung der veralteten Formel nahezu 30% beträgt.

Bei $v = 2$ sind 2600 kg Widerstand beobachtet, während unsere Berechnung 2450 kg ergibt.

Obige Gleichung gilt auch für den Dampfkahn Dortmund; bei diesem ist $k = 13,1$ angenommen, also etwas höher, als beim Kahn Emden, ferner ist $f = 14,1$ qm, somit $kf = 185$ kg und $F = 59,5$ qm. In den Haack'schen Tabellen sind die Widerstände W_r für vier Fahrgeschwindigkeiten angegeben, sie sind aus den beobachteten indizierten Pferdestärken sorgfältig ermittelt und können insofern beobachtete genannt werden. Unsere Berechnung ergibt:

	$v = 1,02$	1,18	1,56	1,67
W_r beobachtet	407	570	1254	1644
„ berechnet	400	574	1210	1480.

Die berechneten Widerstände sind in diesem Falle meistens etwas kleiner, als die beobachteten; der durchschnittliche Unterschied beträgt 5% der letzteren.

Beim Lloydkahn wurde $\frac{1}{2\mu} = 0,08$ ermittelt, somit wurde

$$k_s = \left(\frac{n}{n - (1 + 0,08 v^2)} \right)^{2,25}$$

gesetzt.

Auch hier mußte der Widerstandskoeffizient k eingeschätzt werden, er ist $= 9$ für $t = 1,75$ angenommen; im übrigen wurden die Berechnungen wie beim Kahne Emden durchgeführt. Für die mittlere Tauchtiefe erhält man $kf = 9,0 \cdot 13,6 = 122$ kg $n = \frac{59,5}{13,6} = 4,38$ und k_s (bei $v = 1,0$) = 1,89.

Ferner:

	$v = 1,0$	1,2	1,4	1,6 m Sek.
W_r beobachtet	230	325	460	660 kg
„ berechnet	231	358	519	721 „
Unterschiede	+ 1	+ 33	+ 59	+ 61.

Die Unterschiede sind sämtlich positiv, sie belaufen sich durchschnittlich auf 9% der beobachteten Werte.

Bei den französischen Kähnen sind die Widerstände meistens für $t = 1,00$, 1,30 und 1,60 m angegeben, während die gewöhnlichen Wassertiefen der Kanäle 2,0 bis 2,2 m sind. Wenn man nun als mittlere Tauchtiefe 1,3 m annimmt, liegen die Böden der Kähne verhältnismäßig etwas höher, als beim Dortmund-Ems-Kanal. Trotzdem liefert die Gleichung 20 ziemlich brauchbare Ergebnisse, der Faktor $\frac{1}{2\mu}$ mußte jedoch auf andere Weise ermittelt werden, als bei den deutschen Versuchskähnen. Nachstehend ein Beispiel:

Für eine Flüte (die Avantgarde) liegen Angaben über die Widerstände in weitem Wasser vor. Bei $t = 1,3$ ist $k = 21,9$ und $f = 6,53$, somit $kf = 143$ kg. Mit $F = 29,5$ qm ergibt sich $n = 4,52$. Im Kanale wurde $W_r = 284$ kg bei $v = 1$ beobachtet und aus

$$284 = 143 \left(\frac{4,52}{4,52 - (1 + \frac{1}{2\mu})} \right)^{2,25}$$

erfolgt $\frac{1}{2\mu} = 0,18$.

Sonach ist der Profil-Koeffizient:

$$k_s = \left(\frac{n}{n - (1 + 0,18 v^2)} \right)^{2,25}$$

Die Berechnung ergibt:

	$v = 0,75$	1,0	1,25
W_0 beobachtet	156	284	491
„ berechnet	140	282	499
Unterschiede	— 16	— 2	+ 8

Die berechneten Werte sind teils kleiner, teils größer, als die beobachteten. Der durchschnittliche Unterschied beträgt 1% der letzteren, der größte 10%.

Die Größen $\frac{1}{2\mu}$ werden wahrscheinlich durch den Völligkeitsgrad \hat{z} der Kähne wesentlich bedingt. Nach dem obigen ist bei:

		Lloydkahn	Emden	Avantgarde
$\frac{1}{2\mu} =$		0,08	0,15	0,18
$\hat{z} =$		0,75	0,883	0,954
oder abgerundet		0,75	0,85	0,95.

Wenn man nun $\frac{1}{2\mu}$ durch $\frac{1}{5} \hat{z}^2$ ersetzt, erhält man als Beiwert von v^2

	0,11	0,14	0,18.
--	------	------	-------

Man kann also einstweilen und bis genauere Beobachtungen und Berechnungen vorliegen, mit

$$W_0 = kf \left(n - (1 + 0,2 \hat{z}^2 v^2) \right)^{2,25} \cdot v^{2,25} \dots \dots \dots 22.$$

die Widerstände gut geformter, beliebiger Kanalkähne bei mittleren Tauchtiefen annähernd berechnen.

Gegen diese Gleichung könnte man einwenden, daß De Mas unter anderem für eine 1,6 m tief gehende Péniche ($\hat{z} = 0,99$) und 1 m Fahrgeschwindigkeit den Profil-Koeffizienten 2,86, für die ebenso tief gehende Avantgarde aber ($\hat{z} = 0,954$) den Koeffizienten 2,97 ermittelt hat, also bei größerem Völligkeitsgrade einen kleineren Koeffizienten. In Rücksicht hierauf mag zugegeben werden, daß unsere Regel für $\hat{z} > 0,95$ nicht mehr gilt.

Unter Umständen ist, nachdem man v_1 durch Geschwindigkeitsmessungen ermittelt hat, in $(v + v_1)^{2,25}$ eine Vergrößerung des Exponenten am Platze, Berücksichtigung der Einsenkungen des Wasserspiegels fällt alsdann weg. Ein solcher Fall lag bei der rechnerischen Behandlung der Schlepversuche im Kanal des Eisernen Tores vor, von welchen auf S. 99 die Rede gewesen ist. Gründliche Prüfung der beobachteten Widerstände hat als Exponenten von $v + v_1$ in diesem Falle 4 ergeben und

$$W_0 = 0,66 \frac{V}{l} (v + v_1)^4$$

Hierin bezeichnet V die Wasserverdrängung und l die Länge der Kähne.

Einfluß der Wassertiefen. Daß die Wassertiefen der Kanäle den Schiffswiderstand an und für sich erheblich beeinflussen, wird namentlich von De Mas energisch betont; Engels hat diesen Einfluß durch Modell-Versuche nachgewiesen. Es ist wahrscheinlich, daß hierbei hauptsächlich der Abstand des Bodens der Kähne von der Kanalsohle, oder kürzer der Spielraum, in Betracht kommt und daß die Unterschiede zweier Profil-Koeffizienten in Beziehungen zu dem umgekehrten Verhältnis der entsprechenden Spielräume stehen. Es soll nun der Versuch gemacht werden, hierüber näheres zu ermitteln und zwar zunächst in Anschluß an die Tabelle

auf S. 102. Zur Ergänzung dieser Tabelle sei bemerkt, daß bei 1,30 m Tauchtiefe die zu k'_s und k_s gehörenden Spielräume s_s bzw. $s_{s'}$ 0,40 m bzw. 0,76 m groß sind.

Die obige Annahme über die Beziehungen der Profil-Koeffizienten zu den Spielräumen kommt in

$$k_s = \alpha \frac{k'_s s_s}{s_{s'}} \dots \dots \dots 23.$$

zum Ausdruck und mit $k'_s = 4,70$, $k_s = 3,73$, $s_s = 0,40$ und $s_{s'} = 0,76$ erhält man $\alpha = 1,50$ für $v = 1,0$. Bei den sechs in der genannten Tabelle angegebenen Fällen schwanken die Werte von α zwischen 1,64 und 1,24; allgemein Gültiges läßt sich aber hieraus nicht ableiten.

Anders liegt die Sache bei der Aufgabe, aus den Widerständen bei mittleren Tauchtiefen die Widerstände bei benachbarten Tauchtiefen unter Berücksichtigung der Spielräume zu berechnen, was in der Regel weniger umständlich sein wird, als eine Neuberechnung. In diesem Falle hat man es mit verschiedenen Werten von n zu tun, aber die Unterschiede zwischen den Spielräumen bleiben in engeren Grenzen. In nachstehendem ist versucht, jene Aufgabe, bei der es zunächst auf die Bestimmung der Profil-Koeffizienten ankommt, in einfacher Weise zu lösen.

Die „Recherches expérimentales“ enthalten viele Beobachtungen von Profil-Koeffizienten bei benachbarten Tauchtiefen und verschiedenen Wassertiefen. Diese wurden zusammengestellt und die aus dem bekannten Werke von Haack abzuleitenden Werte wurden beigefügt. Sodann sind folgende Bezeichnungen eingeführt:

- k_s gesuchter Profil-Koeffizient,
- s zugehöriger Spielraum,
- k_m Profil-Koeffizient beim mittleren Tiefgange des Kahnés,
- s_m zugehöriger Spielraum.

Wenn die Profil-Koeffizienten sich umgekehrt wie die Spielräume verhielten, wäre

$$k_s : k_m = s_m : s, \text{ also } k_s = \frac{k_m \cdot s_m}{s}.$$

Bei Anwendung dieser Formel auf die oben genannten Beobachtungen haben sich Näherungswerte für k_s ergeben; sie waren jedoch sämtlich zu groß. Dagegen lieferte die Formel

$$k_s = \frac{0,90 \cdot k_m \cdot s_m}{s}$$

Werte, welche, einzelne Ausnahmen abgerechnet, zu klein waren, somit dürfte

$$k_s = \frac{0,95 \cdot k_m \cdot s_m}{s} \dots \dots \dots 24.$$

dem zeitigen Stande der Forschung entsprechen.

Die Begrenzung der Anwendbarkeit dieser Formel ergibt sich aus ihrer Entstehung. Die erhebliche Abweichung des hier ermittelten Beiwertes von $\frac{k_m \cdot s_m}{s}$ von dem α der Gl. 23 dürfte sich daraus erklären, daß in letzterem Falle auch die Formen der untersuchten Wasserquerschnitte verschieden sind, was hier nicht der Fall ist.

Für den Kahn Emden hat sich die Verwendung der Gleichung 24 gestaltet wie folgt:

Bei dem mittleren Tiefgange von 1,75 m und bei 2,50 m Wassertiefe ist $s_m = 0,75$ m; ferner ist

- bei 1,50 m Tiefgang $s = 1,0$
- „ 2,0 „ „ $s = 0,5$.

Die Werte von k_m wurden aus

$$k_m = \left(\frac{4,22}{4,22 - (1 + 0,15 \cdot c^2)} \right)^{2,15}$$

berechnet.

Hieraus und aus $k_s = \frac{0,95 \cdot k_m \cdot s_m}{s}$ erhält man die nachstehenden Profil-Koeffizienten:

	$v = 1,0$	1,2	1,4	1,6 m Sek.
$t = 1,50$	1,45	1,54	1,65	1,74
1,75	2,04	2,17	2,32	2,44
2,00	2,90	3,08	3,30	3,48

Bei 2 m Tauchtiefe ist, nebenbei bemerkt, der rechnungsmäßige Profil-Koeffizient doppelt so groß, wie der bei 1,50 m Tauchtiefe.

Für die Berechnung der Widerstände W_s ist

$$W_s = k f \frac{0,95 \cdot k_m \cdot s_m}{s} \cdot v^{2,15}$$

Wenn man die k unter Benutzung der ursprünglichen Heubach'schen Formel berechnet, erhält man

$$k = 13,5 \text{ bei } t = 1,50 \text{ und mit } f = 12,1 \quad kf = 163 \text{ kg,}$$

ferner

$$k = 11,7 \text{ bei } t = 2,0 \text{ und mit } f = 16,1 \quad kf = 188 \text{ kg.}$$

Schließlich ergibt sich:

v (m/Sek.)	für $t = 1,50$ m		für $t = 2,0$ m	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
1,0	240	236	520	545
1,2	362	378	805	874
1,4	540	573	1240	1320
1,6	800	817	1920	1880

Die berechneten Werte sind meistens größer als die beobachteten; die durchschnittliche Abweichung der ersteren von den beobachteten beträgt bei beiden Tauchtiefen 3% der letzteren.

Für den Lloydkahn ist die in Rede stehende Rechnung nur für $v = 1,0$ m und $t = 2,0$ m vorgenommen; sie ergab $W_s = 353$ kg, während 340 kg beobachtet sind; die Abweichung ist 4%.

Wenn man vorzieht, bei Tauchtiefen, welche größer oder kleiner als die mittleren sind, die Widerstände neu zu berechnen, so kann man für die Profil-Koeffizienten die Gleichung 20 benutzen, muß aber, um der Einwirkung der Wassertiefen Rechnung zu tragen, einen Tiefenkoeffizienten beifügen. Genau ist dieser Koeffizient bis jetzt nicht ermittelt, ein Näherungswert ist $\frac{t}{t_m}$, wenn t_m die mittlere Tauchtiefe bezeichnet.

Die vollständigste Widerstandsformel für den Kahn Emden wäre sonach:

$$W_s = k f \cdot \frac{t}{t_m} \left(\frac{n}{n - (1 + 0,15 \cdot c^2)} \right)^{2,15} \cdot v^{2,15} \dots \dots \dots 25.$$

An anderer Stelle (Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 79) hat der Verfasser dies eingehender besprochen; hier soll nur erwähnt werden, daß die Ergebnisse der letztgenannten Gleichung den durch Beobachtung ermittelten weniger nahe kommen, als die mit Gleichung 24 gewonnenen.

Wenn man die oben berechneten Widerstände des Kahns Emden mit den für $t = 1,75$ auf S. 111 angegebenen vergleicht, ergibt sich, dafs durchschnittlich

$$W_*(t = 1,50) : W_*(t = 1,75) = 0,662$$

und dafs

$$W_*(t = 2,0) : W_*(t = 1,75) = 1,54$$

oder genau genug $= 1,5$.

Verschiedenheit der Geschwindigkeiten verursacht nur geringe Abweichungen. Man erhält also die Widerstände für $t = 1,50$ und $t = 2,0$ aus denjenigen für $t = 1,75$ annähernd, aber genau genug, wenn man die letzteren mit $\frac{2}{3}$ bzw. $1\frac{1}{2}$ multipliziert. Die von Haack mitgeteilten Zugkraftkurven bestätigen das hier durch Rechnung Ermittelte. Das Folgende enthält eine beachtenswerte Anwendung dieses Satzes:

In ein und denselben Querschnitt sind (vergl. S. 45) bei einem 9 m breiten, 1,50 m tief gehenden Kahn und einem 8 m breiten, aber 1,75 m tief gehenden die Verhältnisse $F:f = n$ fast gleich, nichtsdestoweniger sind die Widerstände erheblich verschieden. Für einen 8 m breiten Kahn von der Form des Kahns Emden ist bei $v = 1,0$ m Sek. $kf = 176$ kg, $W_* = 365$ kg, und für einen 9 m breiten, ebenso geformten Kahn ist $kf = 176 \cdot \frac{9}{8} = 198$ kg, wenn dieser Kahn gleichfalls 1,75 m tief eintaucht. In diesem Falle erhält man auf bekanntem Wege mit $F = 59,5$ und $f = 9 \cdot 1,75 = 15,8$ qm $u = 3,77$, $k_* = 2,27$ und $W_* = 450$ kg.

Für 1,50 m Tiefgang desselben Kahns ist $W_* = \frac{2}{3} \cdot 450 = 300$ kg. Aus einem Vergleich dieser Zahl mit obigen 365 kg ergibt sich, dafs der Widerstand des 9 m breiten, 1,50 m tief gehenden Kahns ziemlich viel kleiner ist, als der Widerstand des 8 m breiten Kahns bei 1,75 m Tiefgang.

Auch bei den neuen Kanalquerschnitten, deren Sohlenlinie gebrochen ist (siehe Abb. 6, Taf. VI), wird sich der Einfluß der Wassertiefen geltend machen, durch eine Verringerung des Widerstandes jedoch nur dann, wenn die Kähne in der Mitte des Kanals fahren. Hierbei ist ein von einem Kanal mit horizontaler Sohlenlinie übernommenes F vorausgesetzt.

Allgemeines. In den oben angestellten Berechnungen der Widerstände bei mittleren Tauchtiefen ist n durchschnittlich $= 4,4$, während bei der Berechnung der Widerstände bei kleineren und größeren Tauchtiefen n durchschnittlich $= 5,3$ bzw. $3,7$ ist. Es liegt nun die Frage nahe, ob oder inwieweit unsere Formeln richtig sind, wenn die n größere oder kleinere Werte als die angegebenen haben, oder wenn die Umstände, unter welchen die Versuche angestellt sind, sich ändern. Statt der trapezförmigen Wasserquerschnitte kommen mitunter rechteckige vor, und diese bringen, wie Engels nachgewiesen hat, bei gleichen Flächeninhalten geringere Widerstände mit sich als jene. Ferner werden die oberen Teile der Kanalböschungen oft mit Platten oder dergl. abgedeckt, während sie bei den Versuchen am Dortmund-Ems-Kanal bepflanzt waren: auch jenes verringert bekanntlich die Widerstände, und wenn steile, glatte Seitenmauern ausgeführt werden, ist es noch mehr der Fall.

Obwohl nun die vorliegende Frage in hohem Grade schwierig und verwickelt ist, läßt sich doch aus der nachstehenden Berechnung der Profil-Koeffizienten für neuere Kanalkähne und mittlere Tauchtiefen bei 1 m Sek. Geschwindigkeit und verschiedenen n einiges entnehmen. Aus der Formel

$$k_* = \left(\frac{n}{n - 1,15} \right)^{2,25}$$

ergibt sich

bei $n = 10,0$	$k_p = 1,32$
" $8,0$	" $1,42$
" $6,0$	" $1,62$
" $5,0$	" $1,80$
" $4,5$	" $1,95$
" $4,0$	" $2,13$
" $3,50$	" $2,45$
" $3,00$	" $2,97$
" $2,50$	" $4,00$
" $2,00$	" $6,86$
" $1,75$	" $11,10$
" $1,50$	" $26,40$

Diese Zahlenreihe ist in Abb. 39 bildlich dargestellt. Die n sind als Abszissen, die k_p als Ordinaten aufgetragen, der Abstand der Linie NN von der K -Achse ist hierbei die Einheit. Ein Vergleich dieser Abbildung mit Abb. 40, welche aus der 3. Auflage dieses Werkes entnommen ist, zeigt den Unterschied zwischen der älteren und der neueren Behandlung der vorliegenden Frage. In Abb. 40 ist das zusammengestellt, was im Jahre 1885 über Profil-Koeffizienten ermittelt werden konnte.

Die Kurven, welche man durch die bildlichen Darstellungen erhält, dürften Hyperbeln sein, eine ihrer Asymptoten liegt in der Richtung der Linie NN (Abb. 39), die andere ist eine Vertikale bei $n = 1,15$.

Die rechnermäßigen Änderungen, denen die Profil-Koeffizienten infolge der Form der Kähne unterliegen, sind nach Ausweis der nachstehenden Zahlen bei großen Werten von n weniger erheblich, als bei kleinen. Aus unseren Formeln erhält man als Profil-Koeffizienten bei $v = 1,0$

	für Lloydkahn	Kahn Emden	Flüte
$n = 10$	1,29	1,32	1,33
$n = 4$	2,03	2,13	2,20
$n = 2$	5,72	6,86	7,44

Veränderungen der Tauchtiefen und der Wassertiefen bringen recht ansehnliche Änderungen der Profil-Koeffizienten mit sich. Durch die Berechnung der Koeffizienten für Tauchtiefen, welche der mittleren benachbart sind, ist beispielsweise eine Verminderung der letzteren um rund 30% und eine Steigerung derselben um rund 40% nachgewiesen.

Abb. 39. Profil-Koeffizienten. Neue Berechnung.

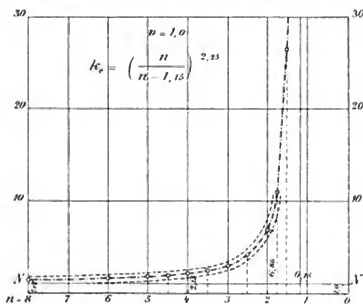
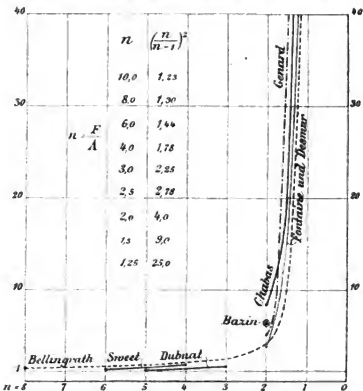


Abb. 40. Ältere Beobachtungen und Berechnung.



Dafs Änderungen der Profil-Koeffizienten bis 20% schon in Folge verschiedener Spielräume eintreten können, geht aus der unteren Tabelle auf S. 102 hervor.

Man darf nicht übersehen, dafs bei den Messungen, auf welche sich unsere Berechnungen stützen, die n ungefähr zwischen 3 und 5 liegen; es ist deshalb sehr möglich, dafs auferhalb dieser Grenzen die berechneten Profil-Koeffizienten nicht zutreffen. Bei $n > 5$ liegt die Vermutung nahe, dafs dieselben in Wirklichkeit kleiner als die berechneten sind und zwar wegen der dann in der Regel vorhandenen gröfseren Breite des Wasserspiegels. Bei einer solchen werden die Einsenkungsquerschnitte sich schwerlich derart ausbilden, wie bei unseren Berechnungen vorausgesetzt ist, sie dürften vielmehr vergleichsweise kleiner ausfallen und mit ihnen die Profil-Koeffizienten.

Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, dafs Engels Modell-Versuche (*Zeitschr. f. Bauw.* 1898, S. 669) Werte für k , ergeben haben, welche sich ungefähr bei $n = 3,5$ mit den hier berechneten decken, bei gröfseren n aber merklich kleiner sind. Wenn man bei den von ihm für $v = 1,0$ m ermittelten Zahlen als Widerstand in weitem Wasser 1 einführt, ergibt sich

$n = 5,27$	5,0	4,5	3,79	3,0
$k_s = 1,20$	1,32	1,79	2,07	3,33

Bei $n > 10$ mufs man auf eine einigermafsen zuverlässige Berechnung der k , verzichten und darf, ohne grofse Fehler zu begehen, die entsprechenden Querschnitte wohl schon als weite behandeln. Fühlbar macht sich aber die Steigerung der Widerstände noch weit über diese Grenze hinaus; das hat sich unter anderem beim Kanal des Eisernen Tores herausgestellt; in diesem war trotz seines ansehnlichen Querschnitts der Widerstand gröfser als im freien Strom.

Bei $n < 3$ sind die Profil-Koeffizienten unter Umständen wohl etwas gröfser, als oben berechnet ist. Für $n = 2$ scheint dies aus einer am Kanal von Nivernais angestellten Messung hervorzugehen, über welche der Verfasser im Zentralblatt (1895, S. 80) näheres mitgeteilt hat. In diesem Falle ist k_s zu rund 9 ermittelt, während unsere Rechnung $n =$ rund 7,5 ergeben hat. Von dem Unterschiede zwischen 9 und 7,5 dürfte jedoch ein namhafter Teil auf Rechnung eines verringerten Spielraums kommen.

Wenn man auf der anderen Seite berücksichtigt, dafs bei kleinen Werten von n Umstände einzutreten pflegen, welche die Widerstände abschwächen, nämlich vertikale seitliche, gewöhnlich gemauerte Begrenzungen des Wasserquerschnitts, mitunter auch gut befestigte Sohlen und dergl. mehr, so wird man geneigt sein, die hier für $n > 3$ berechneten Werte als ziemlich zutreffend zu erachten.

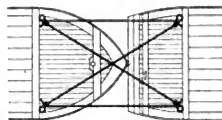
§ 22. Widerstand der Schiffszüge. Der Widerstand der Kähne in Schiffszügen ist bald kleiner, bald gröfser, als bei Einzelfahrten. Man hat mitunter irrtümlicherweise angenommen, dafs der Widerstands-Koeffizient des zweiten und der folgenden Schiffe eines Zuges halb so sei, als derjenige des ersten Schiffes. Die Umstände, unter denen Bazin seine betreffenden Ermittlungen angestellt hat¹¹⁷⁾ können in Tunnelstrecken wiederkehren; allgemeine Gültigkeit hat die obige Regel nicht. Wenn jedoch die Kuppelungen der Kähne zweckentsprechend angeordnet werden, fällt der Widerstand der Fahrzeuge in Schiffszügen auch bei weiten Wasserquerschnitten merklich geringer aus, als bei Beförderung und die von De Mas angestellten Versuche¹¹⁸⁾ haben das Folgende ergeben:

¹¹⁷⁾ Ann. des ponts et chaussées 1868, II. S. 344.

¹¹⁸⁾ De Mas, Recherches expérimentales, 2. Heft, S. 67. — Sonstige Untersuchungen: Sachsenberg, Über neuere Schleppdampfer. Mitteilungen des Zentralvereins 1889, 6. März (enthält eine Besprechung der

Ein aus vier französischen Kanalkähnen gebildeter Zug, bei welchem die Kähne in 12 m Abstand mit gekreuzten Trossen gekuppelt waren, ergab einen Widerstand, der bei Geschwindigkeiten von 0,5 bis 2,0 m durchschnittlich um 14% geringer war, als der Widerstand sämtlicher einzeln fahrenden Kähne und die Verringerung des Widerstandes betrug durchschnittlich 18%, nachdem die Kähne nach Beseitigung fast sämtlicher Ruder in der durch Abb. 41 dargestellten Weise hart aneinandergekuppelt waren. In beiden Fällen traten die Vorteile der kurzen Kuppelungen hauptsächlich bei größeren Geschwindigkeiten hervor. Die zuletzt genannte Art der Kuppelung wird namentlich auf der oberen Seine und der Yonne mit Erfolg bei Bergfahrten verwendet; sie soll sich auch auf dem Pennsylvania-Kanal bewährt haben¹²¹⁾, und ist namentlich dann am Platze, wenn auf kanalisiertem Flüssen eine große Anzahl leerer Kähne mit wenig Mannschaft bergwärts zu befördern ist.

Abb. 41. M. 1:200.



Auf eine mächtige Verringerung der Widerstände, selbst bei den üblichen Abständen von 40 m, weisen die Dortmund-Ems-Kanal-Versuche hin. Aus einer bildlichen Darstellung der Widerstände „Emden und Dortmund geschleppt“ entnimmt man bei 1,75 m Tiefgang und

1,0	1,2	1,4 m	Geschwindigkeit
720	1040	1520 kg	Widerstand,

während man durch Verdoppelung der für Emden allein angegebenen Werte

730	1110	1640 kg	erhält.
-----	------	---------	---------

Der Dampfkahn Dortmund hatte wegen seiner leer laufenden Schraube einen etwas größeren Eigenwiderstand als Emden. Derselbe wird von Haack bei dem genannten Tiefgange und 1,48 m Geschwindigkeit beispielsweise zu 854 kg gegen 814 kg bei Emden, also rund 6% höher, als letzterer angegeben. Einzeln gefahren würden beide Kähne somit

bei	1,0	1,2	1,4 m	Geschwindigkeit
ungefähr	770	1180	1740 kg	Widerstand

verursachen. Für Ausführungen wird man am besten einen sicher ausreichenden Ansatz machen und dies geschieht, wenn man beim Kanalbetrieb annimmt, daß der Widerstand eines Schiffszuges gleich der Summe der Widerstände der einzelnen geschleppten Kähne ist, wenn die Kähne in Abständen von 40 m und mehr fahren. Dies stimmt mit den Versuchen von De Mas vollständig überein.

Es ist aber unter Umständen auch beobachtet, daß Kähne in Schiffszügen einen größeren Widerstand hatten, als einzeln fahrende; Versuche von Caméré (siehe dessen Vorbericht für den V. Schifffahrts-Kongress) haben dies ergeben. Namentlich auf Flüssen wird derartige nicht selten vorkommen. Hier sind die zahlreichen Krümmungen zu berücksichtigen. In diesen kann man die Kähne nicht im Kielwasser der Dampfer erhalten und wenn sie dasselbe verlassen, muß das Steuerruder kräftig gebraucht werden; hiermit geht eine Steigerung des Widerstandes Hand in Hand.

Widerstände der Schleppzüge). — Dietze, Widerstand der Schleppzüge im begrenzten Fahrwasser. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1889, S. 559.

¹²¹⁾ Kuppelung und Steuerung von Kanal-Schleppkähnen. Zentrabl. d. Bauverw. 1884, S. 58.

Über den Widerstand getreidelter Schiffszüge hat Erich Block beachtenswerte Mitteilungen gemacht.¹¹²⁾ Außerdem führt er, wie zur Ergänzung des § 15 bemerkt wird, die Versuchsstrecke und die bei dem Teltow-Kanal verwendete elektrische Lokomotive von Siemens & Halske in ihren Einzelheiten vor.

Die bei den Versuchen benutzten Kähne waren ein 8,13 m breiter Oderkahn, ein 7,38 m breiter sogenannter Berliner Mafskahn und zwei 4,60 m breite Finow-Kähne.

Die Versuchsfahrten wurden mit einzelnen leeren Kähnen und mit Zügen aus solchen, dann mit einzelnen vollbeladenen Kähnen und mit verschiedenen großen Zügen derartiger Kähne gemacht. Als zweckmäßigste Länge der Schlepptrasse wurde 75 m ermittelt. Die Länge der Seile zwischen den Kähnen schien einen wesentlichen Einfluß auf den Zugwiderstand nicht zu haben; eine Länge von mindestens 10 m empfiehlt sich wegen eines möglichst stofffreien Anfahrens.

„Die Mefversuche erstreckten sich auf die gleichzeitige Messung der Zugkraft, der Fahrgeschwindigkeit, Spannung, Stromstärke und des Kilowattstundenverbrauchs. Die Versuchsergebnisse wurden für jede Kahn-Kombination in Kurvenform als Funktion der Fahrgeschwindigkeit dargestellt; aus diesen Kurven wurden andere entwickelt, welche den Zusammenhang der Nutzlast mit Zugkraft, Nutzleistung, Rohleistung und Kilowattstundenverbrauch bei verschiedenen Geschwindigkeiten angaben. Aus diesen wurden die Mittelwerte jener Größen in kg, PS., KW, KWstunde für eine Tonne Nutzlast, bzw. 1 tkm Schleppleistung berechnet und als Kurven abhängig wiederum von der Fahrgeschwindigkeit aufgetragen. Von den gemessenen, bzw. berechneten Werten ist der Wattstundenverbrauch der wichtigste, aus ihm ergibt sich direkt der Gesamtstromverbrauch für jede beliebige Jahresleistung des Kanals.“

Für die Abbildung der erwähnten Kurven, auch für eine Kurve, die den Wirkungsgrad der Lokomotive vorführt, ist die Quelle zu Rate zu ziehen. Hier sei bemerkt, daß die stündlichen Fahrgeschwindigkeiten zwischen 2 und 5 km lagen und daß der Wirkungsgrad der Lokomotive bei ungefähr 4 km Geschwindigkeit am größten, bei 5 km Geschwindigkeit aber nur wenig kleiner war. Weil die auf die Tonne Nutzlast bezogenen Angaben über die Zugkraft durchschnittliche sind, ist es ausgeschlossen, dieselben mit den Ergebnissen anderer Versuche zu vergleichen.

„Beachtenswert ist, daß der Zugwiderstand der Schleppzüge beim Schleppen durch die Lokomotive um etwa 10 v. H. geringer war, als bei den später angestellten Schleppversuchen durch ein Schleppboot, obwohl die Zugkraft der Lokomotive in der Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks gemessen wird, die Kraft des Schleppboots aber in einer Kathete desselben.“

Von noch mehr Bedeutung ist, daß bei den Versuchen sich bis zu den größten Geschwindigkeiten keine merkliche Bug- und Heckwelle gezeigt hat. In Ufernähe wurde Zunahme des Zugwiderstandes um 15 v. H. beobachtet, was ein neuer Beweis für den Einfluß der Wassertiefe auf den Zugwiderstand sein dürfte, und bei den Versuchen mit dem Kreuzen zweier Schleppzüge ergaben sich bei je 5,1 km Geschwindigkeit der kreuzenden Fahrzeuge keine Schwierigkeiten bezüglich des Steuerns.

Im II. Kapitel werden wir in § 18, Betrieb, auf die Teltow-Kanal-Versuche zurückkommen.

¹¹²⁾ Elektrische Treidelei-Versuche und Einführung des elektrischen Schleppbetriebes auf dem Teltow-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1905, S. 139.

II. Kapitel.

Binnenschiffahrtskanäle.

Bearbeitet von

Eduard Sonne,

Geh. Raurat, Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt i. F.

(Hierzu Tafel IV bis VII und 62 Abbildungen im Text.)

§ 1. Einleitung. Nachdem über die Entstehung der Schiffahrtskanäle im ersten Kapitel das Erforderliche gesagt ist, kann hier sofort von den verschiedenen Arten die Rede sein. Man kann bei Einteilung der Kanäle das Augenmerk entweder auf ihren Zweck und ihre Verwendung oder aber auf die Höhenverhältnisse des Geländes und die hiervon abhängigen Höhenlagen der Kanalspiegel richten.

Nach Zweck und Verwendung unterscheidet man folgende drei Arten:

1. Seekanäle. Die Anforderungen, welche an diese zu stellen sind, ergeben sich aus der Größe und Form der Seeschiffe, sowie aus den Eigentümlichkeiten der Seeschifffahrt. Die Seekanäle (Seeschiffahrtskanäle) werden im X. Bande dieses Handbuchs besprochen.

2. Kanäle, welche ausschließlich der Binnenschifffahrt und der Flößerei dienen (Binnenschiffahrtskanäle). Diese Art ist die am weitesten verbreitete.

Jeder Schiffahrtskanal ist flosbar, es findet sich indessen nicht überall Gelegenheit zum Flößen. Auf manchen Kanälen wird aber die Flößerei in ausgedehnter Weise betrieben, so z. B. auf dem Bromberger Kanale, einem Verbindungsgliede zwischen Weichsel und Oder.

3. Kanäle, welche aufser der Schifffahrt auch sonstige Zwecke haben.¹⁾ Hierbei kommt namentlich die Verwendung der Schiffahrtskanäle zur Entwässerung und Bewässerung der Ländereien in Betracht. Von derartig benutzten Kanälen findet ein allmählicher Übergang zu den schiffbaren Entwässerungs- und Bewässerungskanälen statt.

¹⁾ Literatur: Dünkelberg, Die Schiffahrtskanäle in ihrer Bedeutung für die Landesmelioration (Bonn 1877). — Hefs, Die Bedeutung des Rostock-Berliner Schiffahrtskanals für die landwirtschaftl. Interessen der Provinz Brandenburg (Rostock 1877). — Der Franzens-Kanal. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 418 und Verh. van het kon. inst. van Ing. 1849. — Vuigner, Rivière et canal de l'Oureq (Paris 1864). — Schiffahrts-Kongress zu Frankfurt a. M. 1888. Vorerichte von Hagen, Thiel, de Mas und Léon Philippe über den Nutzen der Schiffbarmachung der Flüsse und der Anlage von Schiffahrtskanälen für die Landwirtschaft; s. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 66.

Über Moorkanäle insbesondere: Bericht über die Voruntersuchung zum Hunte-Ems-Kanal (Oldenburg 1847). — Franzius, Die wasserbaulichen Anlagen der Stadt Papenburg. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 253. — Verhandl. des Zentralvereins für Hebung deutscher Schifffahrt 1877, S. 11.

Hier sind besonders die Moorkanäle (Veenkanäle) zu nennen, welche wie ihr Name besagt, in Torfmooren angelegt werden. Man sticht den Torf auf einer breiten Fläche, in deren Mitte der Kanal nach und nach vorgetrieben wird, verschifft ihn nach den Verbrauchsorten und macht die neben dem Kanäle liegenden Streifen urbar. Namentlich in Holland, aber auch in Ostfriesland, Oldenburg und dem Bremischen werden auf diese Weise ausgedehnte Landstriche, welche sonst fast wertlos sein würden, der Kultur gewonnen. Lageplan, Längenprofil und Querprofil von Moorkanälen findet man in Abb. 4, 5, 9 u. 10, Taf. IV. Einzelheiten werden in dem die landwirtschaftlichen Verbesserungen (Meliorationen) betreffenden ersten Kapitel des VII. Bandes besprochen.

Ein Kanal, welcher teils der Entwässerung der benachbarten Gegend, teils dem Verkehr dient, ist der Teltow-Kanal; weiter unten wird von diesem mehr die Rede sein.

Häufiger sind die Fälle, in welchen die Schiffahrtskanäle der Entwässerung des Geländes nebenbei Vorteile bringen. Dies ist unter anderem der Fall bei dem Kanal zwischen Oldersum und Emden, welcher ein Teil des Dortmund-Ems-Kanals ist; derselbe bildet ein 25 ha großes Sammelbecken, an das ein großer Entwässerungsverband sich anschließen konnte. An anderen Stellen hat der genannte Kanal die Bewässerungen gefördert.⁵⁾ Im allgemeinen kommt aber die Verwendung der Schiffahrtskanäle für Bewässerungszwecke in Deutschland selten in Betracht.

Als Beispiel derartiger Anlagen sind zu nennen: Der (jetzt umgebaute) bei Hanekenfähr oberhalb Lingen aus der Ems abzweigende Kanal, durch welchen ein Teil des Ochsenbruches bewässert wird, der Kanal neben der Breusch (in der Gegend von Straßburg), dessen Wasser gleichfalls teilweise zur Wiesenbewässerung benutzt wird, der Franzens-Kanal zwischen Donau und Theifs, sowie der Kanal von Pavia nach Mailand. Schiffbare Bewässerungskanäle sind u. a. der Naviglio grande und der Campine-Kanal in Belgien. Man hat aber bei dem größten italienischen Bewässerungskanal der Neuzeit, dem Cavour-Kanal, auf Schiffbarkeit von vornherein verzichtet, und der für Schiffahrt und Bewässerung angelegte Kanal von Bereguardo wird jetzt nur noch für letztere benutzt.

Einzelne Kanäle werden gleichzeitig für Verkehrszwecke und für die Wasserversorgung bezw. die Speisung anderer Kanäle gebraucht. — Hier sind beispielsweise namhaft zu machen: Der flossbare Speisegraben zwischen der Saar und dem Rhein-Marne-Kanal, ferner der Kanal de l'Oureq, welcher für die Wasserversorgung von Paris angelegt ist, daneben aber auch kleinere Schiffe trägt.

Über die Verwendung des Wassers des Rhein-Schie-Kanals für Zwecke der Entwässerung der Stadt Haag vergl. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 118. In technischer Hinsicht haben die Kanäle, welche von vornherein für Bewässerungen und ähnliches angelegt werden, die Eigentümlichkeit, daß ihre Sohlen Gefälle erhalten, was bei gewöhnlichen Schiffahrtskanälen nur ausnahmsweise vorkommt.

Auch die Bedeutung, welche den Wasserstraßen und besonders den Schiffahrtskanälen im Falle eines Krieges zukommt, darf nicht unerwähnt bleiben. In einer Abhandlung von Schwabe⁶⁾ ist dies mit nachstehendem Ergebnis erörtert: „Diese Ausführungen lassen zur Genüge erkennen, daß, ebenso wie die Eisenbahnen als ein hoch-

⁵⁾ Eröffnung des Dortmund-Ems-Kanals. Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 378, am Schlufs. — Ausführlichere Mitteilungen über Anlagen zu Meliorationszwecken s. Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1902, S. 457.

⁶⁾ Über die Wichtigkeit der Eisenbahnen im Kriege. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 329.

wichtiger Teil der militärischen Rüstung anzusehen sind, die Wasserstraßen als zeitweiser Ersatz der Eisenbahnen einen nicht minder wichtigen Teil unserer Rüstung bilden und dafs ohne Benutzung der Wasserstraßen für den Gütertransport unsere ganze wirtschaftliche Tätigkeit während eines längeren Krieges schwere Störungen zu erleiden haben würde“. — Auch in der Begründung der Wasserstraßenvorlage vom Jahre 1904 (Zentrabl. d. Bauverw. 1904, S. 204) wird die militärische Bedeutung der Wasserstraßen klar dargelegt.

Hinsichtlich der Höhenverhältnisse des Geländes und der hiervon abhängigen Höhenlage der Kanalspiegel hat man drei Arten von Kanälen zu unterscheiden: die Kanäle in den Niederungen, diejenigen, welche die Talsohlen nicht verlassen, und diejenigen, welche Wasserscheiden überschreiten.

Die Kanäle in Niederungen, also vorzugsweise in den Küstenländern und in der Nähe der Strommündungen, bilden an geeigneten Stellen vielmaschige Netze, welche sich auch in die Städte und die Ortschaften hinein verzweigen. Die Abb. 9 u. 10, Taf. IV führen die Gestaltung solcher Kanäle vor. Noch ausgebildeter treten dieselben in Venedig und in holländischen Städten auf. Die einzelnen Zweige nennt man in Holland Grachten, in Hamburg haben sie den Namen Fleete. Eine Eigentümlichkeit der Kanäle in Niederungen ist, dafs sie entweder aus einer einzigen Haltung mit horizontalem Wasserspiegel bestehen, oder dafs die an den Mündungen liegenden Strecken infolge der muschelförmigen Aushöhlung mancher Niederungen einen höheren Wasserstand haben, als die entfernter liegenden; ein Beispiel ist der nordholländische Kanal. Ferner haben die fraglichen Kanäle keinen ziemlich gleichbleibenden Wasserspiegel, sondern der Entwässerungen wegen genau vorgeschriebene Hoch- und Niederwasserstände, vergl. Taf. IV, Abb. 8^b.

Die Kanäle, welche in Talsohlen liegen, führen den Namen Seitenkanäle. — Die Seitenkanäle werden nicht selten in der Weise hergestellt, dafs sie einen schiffbaren Fluß an einer Stelle verlassen und an einer anderen Stelle wieder in denselben einmünden. Sie bilden alsdann einen Teil der bei Kanalisierung der Flüsse vorkommenden Ausführungen. Man vergleiche Kap. III, § 12, woselbst diese Seitenkanäle eingehender besprochen werden.

In anderen Fällen gehen die Seitenkanäle von einer geeigneten Stelle eines schiffbaren Flusses aus, verfolgen das Tal über die Grenzen der Schiffbarkeit des Flusses hinaus und schliessen sich einem Scheitelkanale an. — Das Längenprofil der Seitenkanäle ist stets treppenförmig mit einseitigem Gefälle. An ihren unteren Mündungen liegt das Niederwasser des Flusses tiefer, das Hochwasser aber höher, als der Wasserspiegel der benachbarten Kanalstrecke.

Die Kanäle, welche eine Wasserscheide überschreiten, werden bekanntlich Scheitelkanäle, auch wohl Verbindungskanäle genannt. Sie verfolgen so weit möglich die Täler der von schiffbaren Flüssen abzweigenden Wasserläufe und ersteigen mittels Schleusen die Hochebenen oder die Bergpässe, woselbst sich dann die Scheitelstrecken des Kanals befinden. Der Höhenplan zeigt somit die letzteren als horizontale Linien und an jeder Seite derselben eine Abtreppung. Im einzelnen gestaltet sich die Anlage verschieden, je nachdem der Kanal in ebener Gegend oder im Hügellande ausgeführt wird.

Im Hügellande fällt die Mehrzahl der Haltungen ziemlich kurz aus und die Schleusentreppen erhalten eine große Zahl von Schleusen. Da mit Vermehrung der

Anzahl der Schleusen die Bau- und die Betriebskosten eines Kanals erheblich wachsen, sind es namentlich die Kanäle des Hügellandes, deren Bedeutung seit Erfindung der Eisenbahnen vermindert ist. Im Anschluß an die östliche Schleusentreppe des Rhein-Marne-Kanals befinden sich auf 9831 m Länge 24 Schließsen, der durchschnittliche Abstand beträgt somit 410 m, einzelne Schleusen liegen nur 100 bis 200 m voneinander entfernt. Die Schleusentreppe des Saar-Kohlen-Kanals zeigen die Abb. 1 u. 2, Taf. IV.

Scheitelkanäle in ebener Gegend haben eine geringere Anzahl von Schleusen und somit lange Haltungen, wie z. B. der durch Abb. 5, Taf. IV dargestellte Hunte-Ems-Kanal.

Die im vorstehenden besprochenen Kanäle sind sämtlich auf künstliche Weise, im wesentlichen durch Ausgrabung entstanden, sie haben dementsprechend beschränkte Breiten. In Küstenländern, namentlich auch in den Niederlanden, kommen außerdem noch Kanäle vor, bei deren Herstellung kleinere Flüsse durch mit Schleusen versehene Dämme von einem Flufs oder von der See getrennt werden. So ist beispielsweise die Amstel abgedammt und an der Abdammungsstelle ist die Stadt Amsterdam entstanden. Kanäle der genannten Art werden in Holland „Busenkanäle“ genannt; man kann sie auch zu den kanalisierten Flüssen in weiterem Sinne des Wortes rechnen.

Eine dritte Art der Einteilung der Schiffahrtskanäle ergibt sich, wenn man bei ihnen nach Maßgabe ihrer größeren oder geringeren Leistungsfähigkeit drei Klassen unterscheidet. Die Leistungsfähigkeit ist wesentlich durch die Größe der Kähne bedingt und man kann die für Kähne von 600 und mehr Tonnen Tragfähigkeit eingerichteten Kanäle solche erster Klasse nennen. Kanäle für Kähne von 300 bis 400 t Tragfähigkeit wären dann solche zweiter Klasse; in beiden Fällen ist der Kanal zweischiffig, mitunter dreischiffig. Wenn die Tragfähigkeit der Kähne 200 t und darunter beträgt oder wenn eine einschiffige Anlage am Platze ist, entstehen Kanäle dritter Klasse. Die letzteren sind nicht selten Zweig- oder Stichkanäle. Zur Anlage von Zweigkanälen geben unter anderem Fabriken, welche sich in der Nähe von Kanalhäfen befinden, Veranlassung; auch Schiffswerften können die Anlage eines kleinen Zweigkanals im Gefolge haben. Im Anschluß an die Moorkanäle findet man Zweigkanäle stets in großer Anzahl, dieselben heißen alsdann „Wicken“ oder „Inwicken“. Bei ihrer Anlage ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Anzahl der über die Wicken zu erbauenden Brücken nicht zu groß, und andererseits darauf, daß der Landverkehr zwischen den einzelnen Häusern der Moorkolonie nicht zu sehr erschwert wird. Unter den verschiedenen Ausführungen entspricht die in Abb. 10, Taf. IV dargestellte diesen Anforderungen am besten.

§ 2. Geschichtliches.

1. Anfänge des Kanalbaues. Die Schiffahrtskanäle des Binnenlandes sind aus den Kanälen, welche im Flachlande und namentlich in eingedeichten Niederungen für die Zwecke der Entwässerung angelegt wurden, hervorgegangen, auch die Floskanäle des Hügellandes kann man als Vorläufer der Binnenkanäle betrachten.

Die Niederlande besitzen Kanäle seit sehr langer Zeit (die geschichtlichen Nachrichten über die Herstellung eigentlicher Schiffahrtskanäle reichen bis in das 13. Jahrhundert zurück), und wenn dies Land zu den Zeiten Karls des Kühnen und Karls des Fünften hinsichtlich der Entwicklung seines Handels und seiner Gewerbetätigkeit, demzufolge auch hinsichtlich seines Reichthums allen anderen Ländern der Erde überlegen war, so verdankte es dies außer seinem Seehandel der Ausbildung seiner

Wasserstraßen. In den Niederlanden ist der Kanal Jahrhunderte lang der Hauptvermittler des Binnenverkehrs gewesen. Noch jetzt gibt es daselbst Polder, für welche die Kanäle den Lastenverkehr ausschliesslich vermitteln; an Stelle des Landfuhrwerks werden kleine Kähne benutzt.

Auch die Kanäle des nördlichen Italiens sind sehr alt, zum Teil stammen sie bereits aus dem 11. Jahrhundert. In der Lombardei dienten die Kanäle hauptsächlich zur Güterbeförderung, später wurden sie auch zur Bewässerung benutzt.⁴⁾ Dafs die Kammerschleuse in Italien erfunden wurde, ist bereits erwähnt.

Frankreich. Die schiffbaren Entwässerungskanäle der Niederungen des nördlichen Frankreich sind wohl ebenso alt, wie die in den Niederlanden. Eine gröfsere Verbreitung des Kanalbaues wurde aber erst durch die Kammerschleuse möglich, weil man mittels dieser auch im Hügellande Schiffahrtskanäle herstellen konnte und die Franzosen haben hierin schon im 17. Jahrhundert großes geleistet.

Von den älteren französischen Kanälen sind u. a. zu nennen: Der Kanal von Briare, eröffnet 1642, welcher die Loire mit der Seine verbindet, als der erste Kanal mit einer Scheitelstrecke, und der Kanal du Midi zwischen der Garonne und dem Mitteländischen Meere, 1668 bis 1684 erbaut, 240 km lang und 99 Schleusen enthaltend. Als der Hauptsache nach aus dem achtzehnten Jahrhundert stammend mögen erwähnt werden: Der Kanal von Burgund zwischen Seine und Saône, angefangen 1773, vollendet 1832 und der Kanal von St. Quentin, welcher die Flussgebiete der Schelde, der Sambre, der Somme und der Oise miteinander in Verbindung setzt, bereits 1724 angefangen, in voller Ausdehnung aber erst 1810 vollendet. Der zuletzt genannte ist beachtenswert als der erste französische Kanal, welcher einen Tunnel erhielt.

In England entwickelte sich der Kanalbau namentlich während der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Der Bridgewater-Kanal in der Gegend von Manchester, epochemachend wie später die Eisenbahn von Liverpool nach Manchester, wurde 1776 vollendet. Derselbe ist 60 km lang und hat 10 Schleusen.⁵⁾ Der Trent-Mersey- oder Grand-Trunk-Kanal, 1777 vollendet, hat 91 Schleusen bei 150 km Länge. Es sind dies nur einige wenige Glieder des Kanalnetzes, mit welchem England in kurzer Zeit zu grossem Vorteil für seine Industrie überspannt wurde. Der englische Kanalbau erwies sich zudem als ein gewinnreiches Unternehmen. Noch im Jahre 1825 wurden Aktien verkehrsreicher Kanäle mit mehr als dem Zehnfachen ihres Nennwertes bezahlt.

In Deutschland ist in früherer Zeit die Inangriffnahme von Schiffahrtskanälen, selbst die Vollendung einzelner bereits begonnener an der Kleinstantereie gescheitert. Man mufs indessen berücksichtigen, dafs in Mittel- und Süddeutschland die örtlichen Verhältnisse dem Kanalbau sehr hinderlich sind und dafs im nördlichen Deutschland Ausführungen von Bedeutung beschafft wurden. Abgesehen davon, dafs Teile von Ostfriesland und Oldenburg auf den Wasserverkehr in ähnlicher Weise angewiesen waren, wie die Niederlande, wurden im nordöstlichen Deutschland bereits im 14. Jahr-

⁴⁾ Keller, Die Binnenschifffahrt im Po-Gebiet. *Zentralbl. d. Bauverw.* 1903, S. 437. — Oberitalienische Binnenschifffahrt. *Zeitschr. f. Binnenschifffahrt* 1903, S. 461; 1904, S. 49 (enthält u. a. auch Mitteilungen über die geplante Ausbildung des Kanalnetzes). — In Anchluss an einen Bericht über den Schiffahrts-Kongress Mailand 1905 macht Keller Mitteilungen über die Entwicklung der Lombardischen Wasserstraßen, deren Schiffahrt jetzt nur unbedeutend ist. Ergänzungsarbeiten aus neuerer Zeit sind durch Herstellung großer Wasserkraftwerke, durch welche elektrische Energie gewonnen wird, veranlaßt. Näheres s. *Zentralbl. d. Bauverw.* 1905, S. 527.

⁵⁾ Vergl. Th. Beck, Der englische Ingenieur James Brindley. *Zeitschr. f. Arch. u. Ing.* 1900, S. 13.

hundert der Stecknitz-Kanal, und im 16. Jahrhundert einzelne Strecken, so z. B. ein Kanal zur Verbindung der Elbe mit der Havel, hergestellt. Aus dem 17. Jahrhundert stammen der 24 km lange Friedrich-Wilhelms-Kanal, auch Mühroser Kanal genannt, zwischen Spree und Oder (1662 bis 1668 erbaut), auch der Finow-Kanal zwischen Oder und Havel wurde in demselben Jahrhundert zum größten Teil erbaut, verlief aber während des dreißigjährigen Krieges und konnte erst 1746 wieder eröffnet werden. Er ist 45 km lang und hat 15 Schleusen.⁶⁾ Unter Friedrich dem Großen wurde der ältere Plauen'sche Kanal zwischen Havel und Elbe erbaut, überhaupt wurden damals die schiffbaren Verbindungen zwischen Elbe, Oder und Weichsel hergestellt. Hagen bemerkt mit Recht, daß die Binnenschiffahrtslinien in Preußen an Ausdehnung den Unternehmungen des Auslandes nicht nachstehen, und daß bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts die preussischen Kanäle zu den wichtigsten gehörten, die es überhaupt gab.

In Österreich ist bis jetzt nur ein Kanal, der 62 km lange, im Jahre 1791 angefangene Kanal zwischen Wienerisch Neustadt und Wien hergestellt; er wird aber für die Schifffahrt nicht mehr benutzt. In demselben Jahre wurde in Ungarn der 118 km lange Franzens-Kanal zwischen Donau und Theifs in Angriff genommen.⁷⁾ Weniger wichtig als dieser ist der in neuerer Zeit erbaute Béga-Kanal zwischen Temesvar und der Theifs.

2. Entwicklung des Kanalbaues im 19. Jahrhundert. Im vergangenen Jahrhundert ist Deutschland anfangs hinsichtlich des Kanalbaues zurückgeblieben, während derselbe in anderen Ländern kräftig gefördert wurde.

In Frankreich wurden alle größeren Flüsse, soweit dies früher noch nicht geschehen war, miteinander in Verbindung gesetzt, und es sind u. a. namhaft zu machen: Der Kanal von Nivernais (zwischen Loire und Yonne, 174 km lang) wegen der großartigen Arbeiten auf seiner Scheitelstrecke; der Rhein-Rhone-Kanal, unter Louis Philipp erbaut, 323 km lang mit 172 Schleusen; der Rhein-Marne-Kanal, 1853 vollendet, 315 km lang mit 180 Schleusen und der 1866 vollendete, jetzt in Deutschland liegende Saarkohlen-Kanal, welcher sich im See von Gondersingen (Gondrexange) an den Rhein-Marne-Kanal und andererseits bei Saargemünd an die kanalisierte Saar anschließt.⁸⁾ Die Abb. 1 u. 2, Taf. IV bringen Teile des Höhenplans und des Lageplans dieses Kanals. Im Jahre 1882 ist der Ost-Kanal vollendet, welcher unter Benutzung einer Strecke des Rhein-Marne-Kanals eine 480 km lange Verbindung zwischen der Maas, der Marne und der Saône herstellt; hierin sind indessen drei Strecken kanalisierter Flüsse einbegriffen. Die höchste Scheitelstrecke liegt 361 m über dem Meeresspiegel.⁹⁾

⁶⁾ Beschreibung des Finow-Kanals. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, Febr. — Ferner Schwabe, Entwicklung der deutschen Binnenschifffahrt, S. 66.

Für die älteren preussischen Kanäle sind außerdem beachtenswert: Die Baugeschichte eines Kanals aus der Saale bei Calbe in die Elbe bei Prohse (1725—1730). Wochenbl. f. Bauk. 1888, S. 182. — Toeche-Mittler, Der Friedrich Wilhelms Kanal und die Berlin-Hamburger Flußschifffahrt. Zwei Beiträge zur preuss. Strompolitik des 17. und 18. Jahrhunderts. Leipzig 1891.

⁷⁾ Heinz, Stand und Ausbau des Franzens-Kanals. LVII. Heft der Verbandschriften des deutsch-österreichisch-ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt.

⁸⁾ Jordan, Der Saar-Kanal. Saarbrücken. (2. Aufl.) 1888.

⁹⁾ Malézieux, Le canal de l'est. Ann. des ponts et chaussées 1876, April. — Der französische Ost-Kanal. Deutsche Bauz. 1882, S. 159. — Keller, Der Marne-Saône-Kanal. Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 329. — Zentrabl. d. Bauverw. 1900, S. 524.

Die französischen Kanäle sind mit geringen Ausnahmen in der Hand des Staates, während die Eisenbahnen Frankreichs großen und mächtigen Gesellschaften gehören: die ersteren sind somit als Dämpfer der Macht der Eisenbahnen besonders wichtig. Man hat sie in Frankreich wohl die „Moderatoren und Regulatoren“ der Eisenbahn-Transportpreise genannt. Diese Umstände tragen dazu bei, die großen Aufwendungen zu erklären, welche dort unausgesetzt für Schifffahrtskanäle gemacht werden.¹⁰⁾

In England wurden auch im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts Kanäle in ziemlicher Anzahl erbaut, bald trat jedoch der Eisenbahnbau, dem sich die Franzosen bekanntlich erst später zuwendeten, in den Vordergrund. Dasselbst sind Kanäle und Eisenbahnen durchweg in den Händen von Gesellschaften. Anfangs waren die Bahnen den Kanälen untergeordnet und dienstbar. Als jedoch die ersteren kräftig genug geworden waren, um den durchgehenden Verkehr zu beherrschen, fehlte es den Eisenbahngesellschaften nicht an Mitteln, den Wettbewerb der Kanäle, soweit er ihnen un bequem war, zu beseitigen. Es begann ein „Vernichtungskrieg“ der Eisenbahnen gegen die Kanäle. Manche derselben wurden von den Bahngesellschaften angekauft, andere in ein Abhängigkeitsverhältnis gebracht, einzelne sogar beseitigt. Diese Erwerbungen, welche im Laufe der Zeit fast die Hälfte der englischen Kanäle unter die Botmäßigkeit der Eisenbahnen brachten, lösten das englische Kanalnetz in einzelne machtlose Glieder auf, welche größtenteils in dem technisch unvollkommenen Zustande ihrer Erbauung geblieben sind. Gesetze, welche zum Schutze und zur Stärkung des Kanalverkehrs erlassen wurden, kamen zu spät. Immerhin ist auf günstig belegenen Strecken der englischen Kanäle noch heute ein bedeutender Verkehr vorhanden.¹¹⁾

In den Niederlanden hat man an der Vervollkommnung und Ausdehnung der Kanäle unausgesetzt gearbeitet, so daß daselbst die Maschen des Kanalnetzes sich dichter schließen, als in irgend einem anderen Lande. In neuerer Zeit ist der Merwede-Kanal, auch Rhein-Kanal genannt, erbaut. Derselbe verbindet Amsterdam mit dem Lek und weiter mit dem Punkte, woselbst die Waal nach Aufnahme der Maas den Namen Merwede annimmt. Auf diese Weise ist eine Verbindung Amsterdams nicht allein mit dem Rhein, sondern auch mit den Wasserstraßen Belgiens hergestellt. Die Länge des Kanals beträgt ausschließlich der an den Endschleusen befindlichen Vorhäfen rund 70 km. Die Höhenverhältnisse (s. Abb. 8^a, Taf. IV) sind günstig. Die Zahl der Schleusen konnte auf sechs beschränkt werden. Der Kanal ist im Jahre 1893 dem Verkehre übergeben.¹²⁾

Auch Belgien hat ein ansehnliches Kanalnetz, dessen Gestaltung noch nicht abgeschlossen ist. Von neueren Kanälen ist der Kanal du Centre hervorzuheben. Derselbe eröffnet den durch Industrie und Bergbau hervorragenden Gegenden, in welchen die Kanäle von Charleroi und von Condé liegen, größere Verkehrsgebiete, indem er diese Kanäle miteinander in Verbindung bringt. Er verfolgt die Täler zweier kleinen

¹⁰⁾ Die Gesetzesvorlage über neue Wasserstraßen in Frankreich. Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 185. — Einige französische Kanäle aus neuerer Zeit: Gruson u. Barbet, Kanal von der Stadt Lens (Dep. Pas de Calais) nach dem Deule-Kanal. Ann. des ponts et chaussées 1887, Juli, S. 25. — Kanal von Havre nach Tancarville (Seitenkanal an der Seine-Mündung, woselbst der Seegang zu stark für Flussschiffe ist). Ann. des ponts et chaussées 1892, I. S. 633.

¹¹⁾ v. Weber, Die Wasserstraßen Nord-Europas. Leipzig 1881. — Bestrebungen zur Verstaatlichung der Kanäle in England. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, S. 124; Engineer 1882, Mai, S. 384. — Schwabe, Kanalschifffahrt in Großbritannien und Irland. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1902, S. 141.

¹²⁾ Näheres: Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 125 und 1892, S. 348. — Ann. des ponts et chaussées 1890, I. S. 228. — Das Schiff 1888, S. 169.

Flüsse und hat eine Länge von nur 21 km. Beachtenswert ist er hauptsächlich wegen des bedeutenden Gefälles. Der Höhenunterschied zwischen dem Wasserspiegel des Kanals von Condé bei Mons und eines früher bei La Louvière endigenden Zweigkanals des Kanals von Charleroi, an welchen der Kanal du Centre sich anschließt, beträgt 89,5 m, sechs Schleusen und vier Hebewerke sind erforderlich, um diese Höhe zu überwinden.¹³⁾

In Schweden und Norwegen sind verschiedene Kanäle zur Verbindung der zahlreichen Binnenseen dieser Länder untereinander und mit dem Meere hergestellt. Obwohl ihre Gesamtlänge nicht sehr erheblich ist, sind sie doch sehr nützlich, insbesondere auch für die Flößerei (vergl. S. 30). In diesem Lande sind die Kanäle das Eigentum von Gesellschaften, während die Hauptlinien der Eisenbahnen seitens des Staates gebaut sind und von ihm betrieben werden. Die Regierung hat aber die Herstellung der Kanäle auf mannigfache Weise unterstützt.¹⁴⁾

Unter den russischen Kanälen sind unter anderen die Ladoga-Kanäle hervorzuheben; dieselben ziehen sich in doppelter Linie an der Südseite des Ladoga-Sees auf eine Länge von 168 km entlang; man hat hier, anstatt ältere Kanäle zu erweitern, neben ihnen eine zweite Kanalverbindung zwischen dem Swir-Flusse und der Newa hergestellt. An den Swir schließt sich ein an der Südseite des Onega-Sees liegender Kanal, von diesem gehen Kanäle aus, welche das Seegebiet mit einem Nebenflusse der Wolga verbinden. Es besteht somit ein zusammenhängender Wasserweg zwischen der Wolga und der Newa, die berühmte, 1150 km lange Marien-Wasserstraße.¹⁵⁾ Im allgemeinen haben der Wasserreichtum und die mächtige Entfernung der Ströme voneinander es ermöglicht, dieselben durch verhältnismäßig kurze Kanalstrecken zu verbinden.

Nord-Amerika. Hervorragend sind die Leistungen der vereinigten Staaten Nord-Amerikas auf dem Gebiete des Kanalbaues; für kein anderes Land war aber die Ausbildung der dem Massentransport dienenden Verkehrsmittel von gleicher Wichtigkeit. Die dortigen Kanäle sind teils von den Staaten, teils von Gesellschaften hergestellt. Im übrigen liegen die allgemeinen Verhältnisse der Schifffahrtskanäle in Nord-Amerika ähnlich wie in England, auch hier haben dieselben unter dem Wettbewerb der Eisenbahnen zu leiden. Die Anzahl der Kanäle, welche infolge dieser Konkurrenz eingegangen sind, ist nicht gering¹⁶⁾, während andere, z. B. diejenigen, welche die Kohlenlager des Alleghany-Gebirges mit den Städten Baltimore, New-York und Philadelphia verbinden, mit gutem Erfolg betrieben werden. Große Bedeutung hat auch der Erie-Kanal, der

¹³⁾ Kuhn, Skizzen über den im Bau befindlichen Kanal du Centre in Belgien. Brüssel und Wien 1886. — Smreck, Kanal du Centre in Belgien. Leipzig 1888.

¹⁴⁾ v. Weber, Die Wasserstraßen Nord-Europas. — Trollhätta Kanal. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 414. — Roloff, Die Kanalanlagen Schwedens. Zeitschr. f. Bauw. 1886, Heft I. — Axel Ramm, Der Ausbau des schwedischen Kanalsystems (Geschichtlicher Überblick. Bausummen. Die hydrographische Gestaltung Schwedens u. s. w.) Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 308.

¹⁵⁾ Das Marien-Kanalnetz in Rußland. Zentrabl. d. Bauverw. 1902, S. 216. — Sonstige russische Kanäle: Der Ob-Jenisei-Kanal (erste künstliche Wasserstraße Sibiriens, seit 1883 im Bau). Zentrabl. d. Bauverw. 1886, S. 201; 1888, S. 393. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 34. — Ann. des ponts et chaussées 1889, März, S. 497. — Strukel, Über das Großfürstentum Finnland mit besonderer Berücksichtigung der Kommunikationen. Allg. Bauz. 1889, S. 41 u. 49. — Die künstlichen Wasserstraßen in europäischen Rußland. Zentrabl. d. Bauverw. 1905, S. 505.

¹⁶⁾ Während in den Vereinigten Staaten bis zum Jahre 1880 Kanäle und Fluskanalisierungen in einer Gesamtlänge von 8300 km hergestellt sind, sollen bald nachher nur 5410 km noch im Betriebe gewesen sein. Eger, Binnenschifffahrt in Europa und Nord-Amerika, S. 88.

den Erie-See mit dem Hudson verbindet. Nachdem derselbe einigemal erweitert war, hat sich in neuerer Zeit eine Volksabstimmung im Staate New-York für einen Umbau und die Herstellung eines Kanals für 1000 t-Kähne (3,66 m Wassertiefe, 23 m Sohlenbreite, 424 Millionen Mark Baukosten) entschieden. Näheres bringt Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 11.¹⁷⁾

An dieser Stelle sei auch Elg, Der chinesische Kaiser-Kanal vom Yangtsekiang bis zum Peiho (Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 6) erwähnt.

In Deutschland waren die Folgen der napoleonischen Kriege, das gerechtfertigte Bestreben, den Eisenbahnbau kräftig zu fördern und traurige Erfahrungen in Betreff des Betriebes einiger ausgeführten Kanäle einer energischen Tätigkeit auf dem Gebiete des Kanalbaues lange Zeit hinderlich. Unter den in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts hergestellten Kanälen ist der Main-Donau-Kanal (Ludwigs-Kanal) zu nennen, welcher 141 km lang ist und 87 Schleusen hat. Derselbe wurde 1836 begonnen und in den vierziger Jahren vollendet.¹⁸⁾ In Preußen gelangten im Jahre 1864 die Arbeiten von dem 175 km langen, durch die geeigneten Ebenen berühmt gewordenen Elbing-Oberländischen Kanale zum Abschluss und 1873 diejenigen an dem 51 km langen König Wilhelms-Kanale, welcher den Memel-Fluss mit der Stadt Memel verbindet. Im Havel-Gebiete und namentlich in der Nähe Berlins wurden verschiedene neue Kanäle ausgeführt, von denen der 10,3 km lange, 1850 vollendete, jetzt innerhalb der Stadt liegende Landwehr-Kanal der bekannteste ist. Zu Anfang der 80er Jahre wurde der 14 km lange Kanal Zehdenick-Liebenwalde, ein Seitenkanal der Havel, erbaut. Moorkanäle wurden in ziemlicher Anzahl und u. a. im mittleren Ems-Gebiete in Angriff genommen, auch der oldenburgische Hunte-Ems-Kanal (Taf. IV, Abb. 4 u. 5) ist im wesentlichen ein für 200 t-Kähne eingerichteter Moorkanal.¹⁹⁾

Erheblichen Zuwachs haben die deutschen Schifffahrtskanäle seit dem Jahre 1870 erhalten, teils durch Erwerbung der früher französischen Kanäle in den Reichslanden (Gesamtlänge rund 400 km), teils durch Neubauten. Unter den letzteren sind zu nennen:

Der in den Jahren 1880 bis 1887 erbaute, 73 km lange Ems-Jade-Kanal (Taf. V, Abb. 3[—]), durch welchen die großen Moore des Reg.-Bez. Aurich erschlossen wurden.²⁰⁾ Die größten auf diesem Kanale verkehrenden Schiffe haben 28 m Länge und 5,6 m Breite, die Schleusen haben 6,5 m Weite und 2,1 m Wassertiefe; ebenso tief ist auch der Wasserquerschnitt des Kanals. Bei Wilhelmshaven, woselbst ein Küstenverkehr mit größeren Fahrzeugen zu berücksichtigen war, ist der Kanal jedoch 3 m

¹⁷⁾ Vergl. ferner: Der geplante Umbau des Erie-Kanals. (Mit Karte.) Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 362. — Bubendoy, Mitteilungen über die geplante Erweiterung des Erie-Kanals und die verwandten Wasserstraßen. Dasselbst 1902, S. 143. — Verbesserung des Erie-Kanals. Scientific american 1902, I. S. 392. — Umbau des Erie-Kanals. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 220. — Sonstige Mitteilungen über amerikanische Kanäle: Maléziens, Les travaux publics des états unis d'Amérique en 1870, S. 336. — Kopka, Die Verkehrsmittel in den Vereinigten Staaten. Leipzig 1883. — Erfolg der Kohlenkanäle des östlichen Pennsylvaniens. Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 329 u. 351. — Lange, Über den Betrieb auf den Kanälen in Nord-Amerika (Vortrag). Deutsche Bauz. 1885, S. 568. — Aufhebung des Ohio-Kanals in Amerika. Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 80. — Kanal Soulanges in Kanada (umgeht Stromschnellen im Lorenzo-Strome). Génie civil 1902, Bd. 40, S. 230.

¹⁸⁾ Schanz, Der Donau-Main-Kanal und seine Schicksale. Bamberg 1894.

¹⁹⁾ Brandt, Der Ausbau des Hunte-Ems-Kanals. (Ausführliche Darlegung der Verhältnisse.) Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 33.

²⁰⁾ Deutsche Bauz. 1887, S. 254 u. 261. — Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 247.

tief. Insofern der Ems-Jade-Kanal auch von kleinen Küstenschiffen befahren wird, kann man ihn allenfalls zu den Seekanälen rechnen.

Der Oder-Spree-Kanal (Taf. V, Abb. 1^a u. 1^b), welcher an die Stelle des auf S. 126 erwähnten Mülhroser oder Friedrich-Wilhelm-Kanals getreten ist, wurde im Jahre 1890 vollendet.²¹⁾ Ein wesentlicher Zweck desselben: Erleichterung des Transports der oberschlesischen Kohlen nach Berlin, wies darauf hin, den Anschluss an die Oder nach Fürstenberg zu legen, also ziemlich weit oberhalb der Stelle, woselbst der Friedrich-Wilhelm-Kanal in die Oder mündete. Als westlicher Endpunkt wurde der von der Dahme durchflossene Seddin-See gewählt, welcher eine natürliche, gut schiffbare Wasserverbindung mit Berlin hat. Im übrigen handelte es sich darum, aufser einem Teil des Laufs der Spree auch einen Teil des Friedrich-Wilhelm-Kanals und einige Seen zu benutzen. Auf eine Gesamtlänge von 87 km entfallen (rund) 50 km neugegrabene Kanalstrecken; der bestehende Kanal war auf 12 km Länge zu erweitern. Die Höhenverhältnisse können ziemlich günstig genannt werden, indem nur 8 Schleusen zu bauen waren. Die Abmessungen des Querschnitts sind aus Taf. V, Abb. 1^a zu entnehmen. Wegen sehr starker Verkehrszunahme hat man die daselbst angedeutete Vergrößerung des Wasserquerschnitts in neuerer Zeit bereits ausgeführt. Von der Gröfse der Kähne und der Weite der Schleusen ist an anderer Stelle (s. S. 34 u. S. 43) die Rede gewesen.

Der Dortmund-Ems-Kanal²²⁾ ist ein Teil der zwischen Rhein, Ems, Weser und Elbe im Zusammenhange geplanten Schiffahrtskanäle. Der vorläufige, aber in manchen Einzelheiten geänderte Entwurf wird durch Taf. V, Abb. 2^a bis 2^c vorgeführt. Der Kanal enthält zwischen Herne und Henrichenburg einen Teil des demnächstigen Rheinkanals, zwischen Henrichenburg und Bevergern aber eine Strecke, welche dem Dortmund-Ems-Kanal und dem nach der Weser zu erbauenden Kanale später gemeinschaftlich sein wird. — Der Dortmund-Ems-Kanal ist im Jahre 1892 in Angriff genommen und im Jahre 1899 vollendet.

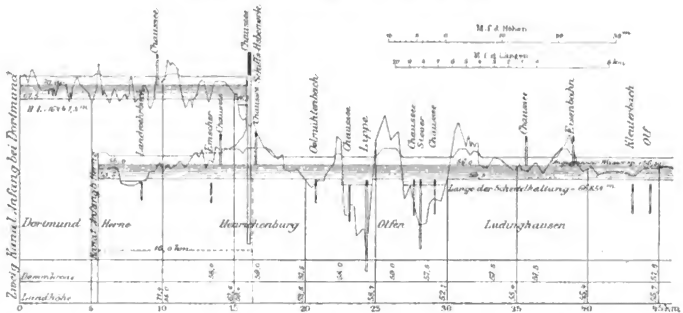
Die zwischen Rhein und Ems liegende, in Abb. 2^a, Taf. V nur zum Teil gezeichnete Scheitelhaltung hat von Herne bis Münster eine Länge von 67 km, der Wasserspiegel liegt auf 56 m über N. N., somit etwa 34 m höher, als mittlere Wasserstände des Rheins bei Ruhrort und etwa 56 m höher, als das Niedrigwasser der Ems bei Papenburg. Die Speisung der Scheitelstrecke erfolgt einstweilen aus der Lippe mittels eines Pumpwerks. An Stelle der vier in oben genannter Abbildung angedeuteten Kammerschleusen ist bei Henrichenburg ein Hebewerk erbaut, welches die Kähne aus der Scheitelhaltung in die 14 m höher liegende Strecke Henrichenburg-Dortmund befördert. Abb. 1 zeigt den Höhenplan der Strecken Herne-Lüdinghausen und Dort-

²¹⁾ Der Oder-Spree-Kanal. Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 241 u. 424. — Wochenschr. d. österr. Ing.-u. Arch.-Ver. 1889, S. 377. — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1890, S. 145. — Deutsche Bauz. 1890, S. 318. — Mohr, Der Oder-Spree-Kanal. Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 6 u. f. — Mohr, Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 369 u. 431.

²²⁾ Kanal von Dortmund nach den Emshäfen. Deutsche Bauz. 1882, S. 155; 1883, S. 278 u. 325. — Zentralbl. d. Bauverw. 1882, S. 105; 1886, S. 121 u. 248; 1889, S. 201; 1890, S. 535; 1893, S. 389. — Geibel, Karte vom Dortmund-Ems-Kanal, bearbeitet nach Angaben der Königl. Kanal-Kommission in Münster. Maßstab 1:200 000. Mit einer kurzen Beschreibung. Berlin 1894. — Eisenlen, Der Dortmund-Emshäfen-Kanal. Deutsche Bauz. 1898, S. 373, 381, 429 u. a. — Eröffnung des Dortmund-Ems-Kanals. Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 378. — Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 38 u. 573; daselbst 1902, S. 99 u. 283. (Ausführliche und gründliche Besprechung der Geschichte des Kanals, des Bauentwurfs, des Grunderwerbs, der Erd- und Befestigungsarbeiten und der Bauwerke. 23 Tafeln im Atlas.)

Abb. 1. Dortmund-Ems-Kanal.

Höhenpläne Herne-Lüdinghausen und Dortmund-Herrichenburg.

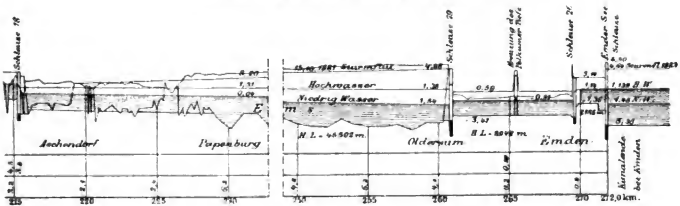


mund-Herrichenburg in ihrer endgültigen Gestaltung. Einen Lageplan des genannten Hebewerks findet man Deutsche Bauz. 1898, S. 432.

Bei Münster beginnt die sogenannte Mittelland-Haltung, deren Wasserspiegel auf 50 m über N. N., also 6 m tiefer liegt, als der Wasserspiegel der Scheitelhaltung. Nördlich von Bevergern senkt sich der Kanal in die Talebene der Ems, er erreicht dieselbe in der Nähe von Lingen, verläßt sie aber alsbald wieder und schließt sich dann bis Meppen der Lage des seit längerer Zeit bestehenden erweiterten Haneken-Kanals an. Auch die Strecke Meppen-Papenburg war früher als Seitenkanal behandelt (Abb. 2^a, Taf. V). Rücksichten auf die Landwirtschaft (Schonung wertvoller Wiesen und Erhaltung der Überflutung der Niederungen durch die Hochwasser der Ems) haben veranlaßt, das man hier einer Kanalisierung der Ems den Vorzug gegeben hat, deren letzte Schleuse bei Herbrum unfern Aschendorf liegt. Von hier bis Oldersum wird die freie Ems benutzt. Einen Höhenplan bringt Abb. 2.

Abb. 2. Dortmund-Ems-Kanal.

Höhenplan Aschendorf-Emden. Maßstäbe wie bei Abb. 1.



Die Herstellung eines 9 km langen Kanals zwischen Oldersum und Emden ist erforderlich geworden, weil dort der Wellenschlag auf der Ems schon so stark ist, daß Kanalkähne im freien Flusse nicht mit Sicherheit würden fahren können.

Im Jahre 1904 ist die Ausführung verschiedener Ergänzungsbauten in der Strecke von Dortmund bis Bevergern beschlossen, insbesondere die Herstellung von Schleusen zwischen der Scheitelhaltung und dem Kanal Henrichenburg-Dortmund, unbeschadet der Erhaltung des Hebewerks.

Die Gesamtlänge dieser Wasserstraßen beträgt 282,0 km. Davon entfallen:

1. Auf die Haltung Dortmund-Henrichenburg (einschließlich des Stadthafens Dortmund)	15,7 km
2. Auf die Strecke Herne-Henrichenburg	10,9 „
3. Auf die Strecke Henrichenburg-Meppen bis zur Ems einschließlich der 1,67 km langen Emsstrecke oberhalb Hanekenfähr	151,3 „
4. Auf die kanalisierte Ems von Meppen bis Herbrum	48,7 „
5. Auf die korrigierte Ems von Herbrum bis Papenburg	12,6 „
6. Auf die freie Ems von Papenburg bis Oldersum	31,4 „
7. Auf den Seitenkanal Oldersum-Emden, einschließlich des Emdener Hafens	11,4 „
	<hr/>
im ganzen	282,0 km

Die künstlich hergestellten Strecken unter 1, 2, 3, 5 und 7 abzüglich der 1,67 km langen Emsstrecke bei Hanekenfähr und der als Hafen zu betrachtenden Endstrecken bei Dortmund und Emden von 0,5 und 0,6 km haben eine Gesamtlänge von 186,5 km; hiervon liegen in gerader Linie 156,86 km und in Krümmungen 29,68 km.

Durch den Elbe-Trave-Kanal (Abb. 3 u. 4, Taf. VI) zwischen Lauenburg und Lübeck, also zwischen Elbe und Ostsee, wird die bereits erwähnte, seit Jahrhunderten bestehende, die Täler der Flüßchen Delvenau und Stecknitz verfolgende Wasserstraße zeitgemäß umgestaltet.²³⁾ Der Kanal ist 64 km lang. Der Wasserspiegel der Scheitelstrecke liegt (in runden Zahlen) 8 m über dem mittleren Wasserstande der Elbe und 12 m über dem Spiegel der Nordsee. Für die Breiten sind die Abmessungen großer Elbkähne maßgebend (Schleusen 12 m weit). An den Baukosten hat sich Preußen mit 7 Millionen Mark beteiligt, im übrigen fallen sie der Stadt Lübeck zur Last. Der Bau ist im Jahre 1896 begonnen und im Jahre 1900 vollendet. Von den Einzelheiten der endgültigen Linienführung wird in § 6 die Rede sein.

Der Teltow-Kanal. Eine durchgreifende Erweiterung der Wasserstraßen bei Berlin hat die Ingenieure schon seit geraumer Zeit beschäftigt, unten sind einige der bezüglichsten Entwürfe namhaft gemacht.²⁴⁾ Erfolg hat jedoch nur der von Havestadt auf-

²³⁾ Lohmeyer, Die projektierte Korrektur des Stecknitz-Kanals. Ratzeburg 1878. — Rehder, Entwürfe zu einem Elbe-Trave-Kanal zwischen Lauenburg und Lübeck. Lübeck 1892. Auszug: Deutsche Bauz. 1893, S. 260 und Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1894, 22. Febr. — Derselbe, Der Bau des Elbe-Trave-Kanals. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 190. Vergl. auch Deutsche Bauz. 1900, S. 301 und Das Schiff 1900, S. 193. — Der Bau des Elbe-Trave-Kanals und seine Vorgeschichte. Lübeck 1900.

²⁴⁾ Hartwich, Bemerkungen über die Schifffahrts- und Vorflut-Verhältnisse Berlins mit Anschluß eines Projekts zu einem Kanale von der Oberspree nach der Havel. Berlin 1874. — Havestadt, Projekt zu einem Südkanal bei Berlin. Veröffentlichungen des Architekten-Vereins zu Berlin 1878. — Höhmann und v. Lanci-zolle, Generelles Projekt zu einem Kanale Potsdam-Teltow-Köpenick. Berlin 1882; vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, S. 68. — Schulze, Das Projekt eines Berliner Nordkanals. Mitteilungen des „Zentralvereins“ vom 28. Nov. 1883. — Dr. Hammacher, Berliner Südwest-Kanal. Mitteilungen des „Zentralvereins“ vom 8. Jan. 1883. — Berliner Südwest-Kanal. Deutsche Bauz. 1884, S. 118; Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 79 u. f.

gestellte Entwurf eines Kanals erzielt, welcher den Kreis Teltow durchschneidet und auf dessen Kosten ausgeführt ist.³⁹⁾

Der Teltow-Kanal ist, wie bereits erwähnt, insofern eigenartig, als er nicht allein der Schifffahrt, sondern auch der Entwässerung der Gegend im Süden Berlins, welche er durchschneidet, wesentliche Dienste leistet. Als Schifffahrtskanal stellt er eine Verbindung zwischen den Havel-Seen bei Potsdam und der Oberspree her. „Zunächst ist der Kanal entstanden aus dem unmittelbaren Bedürfnis, eine Vorflut für die südlichen und südwestlichen Vororte Berlins zu schaffen, ferner aus dem Wunsch, dem Bedürfnis des durchschnittenen Geländes nach Verbesserung der Verkehrsmittel gerecht zu werden. den Transport von Bau- und Brennmaterialien, sowie die Ansiedelung einer Industrie dortselbst zu erleichtern. Endlich soll der Kanal der Durchgangsschifffahrt wie auch der Stadt Berlin Dienste leisten, indem er erstere auf erheblich kürzerem und freierem Wege um Berlin herumführt und somit die Großstadt entlastet.“

Abb. 3. M. ~ 1 : 300 000.

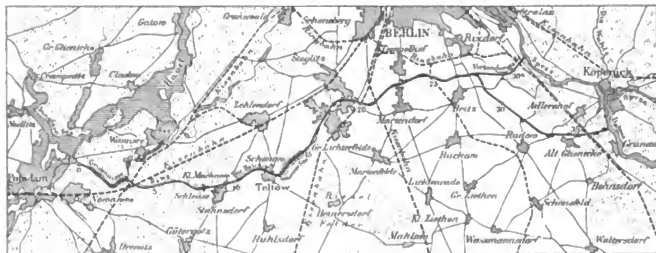


Abb. 3 bringt eine Übersichtskarte des Teltow-Kanals; er beginnt bei Glienieke unfern Potsdam und durchsetzt vier größere und kleinere Seen. Die Lage des westlichen und mittleren Teils des Kanals war durch den Lauf eines Baches, der Bäke, gegeben. In der Nähe von Britz, woselbst die Wasserscheide zwischen Havel und Oberspree liegt, nimmt der Kanal, die einer Entwässerung am meisten bedürftigen Gelände aufsuchend, eine südöstliche Richtung an, um sich bei Grünau der Dahme (oder Wendischen Spree) anzuschließen. Dies ist der Weg für den von Schlesien kommenden Durchgangsverkehr. Die Länge der Wasserstraße Glienieke-Grünau ist 37 km. Ein 4 km langer, in der Nähe von Britz vom Hauptkanale abzweigender Verbindungskanal wird die Spree oberhalb Treptow erreichen und den Ortsverkehr Berlins aufnehmen.

Nach Ausweis des Höhenplans (Abb. 5, Taf. VI) liegt Mittelwasser im Havelsee bei Potsdam auf 29,76 über N. N., während das Mittelwasser der Wendischen Spree bei Grünau auf 32,30 über N. N. liegt, es hat deshalb die Anlage einer einzigen Schleuse bei Machnow genügt. Diese Schleuse erhält 10 m Weite, im übrigen sind die Breitenabmessungen des Kanals für 600 t-Schiffe bemessen worden. Die Schleuse ist

³⁹⁾ Havestadt, Entwurf des Teltow-Kanals. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 295. — Der erste Spatenstich. Dasselbst 1901, S. 11. — Stand der Vorarbeiten und der Ausführung im Mai 1901. Dasselbst 1901, S. 327. — Preisausschreiben für elektrischen Schiffszug. Dasselbst 1902, S. 72. — Neuere Mitteilungen. Dasselbst 1903, S. 117.

eine Doppelschleuse, in deren Mittelpfeiler ein stetig wirkender Entwässerungskanal liegt. In Rücksicht auf die Wasserableitung hat die Kanalsohle ein Gefälle von 1:100000 erhalten. Von dem Querschnitte dieses Kanals (Abb. 6, Taf. VI) wird bei anderer Gelegenheit eingehender die Rede sein.

Der Bau des Teltow-Kanals hat mit Ablauf des Jahres 1900 begonnen, seine Vollendung steht für das laufende Jahr (1906) in Aussicht.

Schließlich sei hier bemerkt, daß man eine übersichtliche, mit zahlreichen Abbildungen ausgestattete Besprechung der natürlichen und künstlichen Wasserstraßen Deutschlands, vorzugsweise der norddeutschen, in Max Möller, Grundriß des Wasserbaues (Leipzig 1906), als 2. Abschnitt des ersten Bandes findet.

§ 3. Wirtschaftliche Voruntersuchungen. Auf S. 16 des ersten Kapitels ist gesagt: „Neue Wasserstraßen sollten nur dort angelegt werden, wo die örtlichen Verhältnisse große Verkehrsmengen und die Möglichkeit weiterer Entwicklung des Verkehrs versprechen.“ — Wenn nun ermittelt werden soll, ob dies bei einem geplanten Schifffahrtskanale zutrifft, ist zunächst der bestehende Gesamtgüterverkehr zu untersuchen. Hierfür hat Sympher in der 2. Anlage zu „Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten“ eine sehr zu beachtende bildliche Darstellung geliefert. Er hat den Gesamtgüterverkehr, also den Abgang und den Zugang der Güter mittels der Eisenbahnen, der Flufs- und der Seeschiffe für das Jahr 1899 in allen Orten bzw. Industrie-Bezirken Deutschlands mit 500000 t und mehr Verkehr ermittelt und in derselben Weise auf einer Landkarte anschaulich gemacht, wie dies auf S. 15 bezüglich des örtlichen Wasserverkehrs der Städte besprochen ist. Bei der hierbei gewählten Art der Darstellung unterscheiden sich die Gegenden und Orte, woselbst der Versand den Empfang überwiegt, auf den ersten Blick von den Gegenden und Orten, woselbst das Umgekehrte der Fall ist. Die ersteren, meistens Bergbau- und Industrie-Bezirke, sind sozusagen die Quellgebiete des Verkehrs, während man die großen Städte, woselbst der Empfang der Güter ihren Empfang stets überwiegt, die Hauptmündungen des Verkehrs nennen könnte. Eine neue Wasserstraße ist nur dann gerechtfertigt, wenn sie derartige Quellgebiete mit den Mündungen des Verkehrs bequem verbindet und wenn es sich außerdem um sehr große Verkehre handelt; die in Rede stehende Karte macht aber auch die Größe der Verkehre anschaulich und zwar dadurch, daß dieser Größe die Flächeninhalte farbiger Kreisflächen proportional sind.

Verfasser hat versucht, in Abb. 1, Taf. VI von dieser lehrreichen Karte das darzustellen, was sich in kleinem Maßstabe und ohne Farbendruck wiedergeben läßt. Unsere Abbildung führt an den einzelnen Plätzen nur die Verkehre vor, welche überwiegend sind, also bei den Bergbau- und Industrie-Bezirken den Versand, bei den Städten den Empfang; ersterer ist durch kräftige Vertikal-Schraffur, letzterer durch zarte Horizontal-Schraffur gekennzeichnet. Ferner sind nur die Orte berücksichtigt, welche im Jahre 1899 1 Million Tonnen und mehr Gesamtverkehr (Empfang und Versand) gehabt haben.

Wenn man sich die vertikal schraffierten Kreisflächen neutral und die horizontal schraffierten rot gefärbt denkt, wenn man ferner annimmt, daß die ersteren mit kleineren roten, dem betreffenden Empfange proportionalen Kreisflächen und die letzteren mit kleineren neutral gefärbten, dem betreffenden Versande proportionalen Kreisflächen zum Teil zugedeckt seien, gewinnt man eine Vorstellung von dem, was das Original unserer Abbildung unter Beifügung von Zahlenangaben bringt, und die

Summe von je zwei zusammengehörenden Kreisflächen entspricht dem Gesamtverkehr der betreffenden Orte.

Nunmehr soll in Ansehn an § 4 des I. Kapitels die annähernde Berechnung des voraussichtlichen Verkehrs eines zu erbauenden Schiffahrtskanals besprochen werden. Hierbei handelt es sich unter anderem um einen Vergleich der Kosten der Beförderung auf Schiffahrtskanälen mit den Kosten des Eisenbahntransports, denn ein neuer Kanal muß den Versendern erhebliche Ersparnisse an Transportkosten bieten, andernfalls würde der Wasserverkehr ein sehr bescheidener bleiben. Jenes ist aber das mindeste, denn der Eigentümer des Kanals rechnet darauf, daß die Unterhaltungs- und Bedienungskosten des Kanals sofort, nach einiger Zeit und bei voller Entwicklung des Verkehrs aber auch die Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals einigermassen gedeckt werden.

Die hierher gehörigen älteren Untersuchungen gipfeln in einem Vergleich zwischen den sogenannten Selbstkosten der genannten Transportarten. Es ist aber kaum möglich, bei den Eisenbahnen eine einwandfreie Trennung der Kosten des Personenverkehrs von denjenigen des Güterverkehrs vorzunehmen und nur die letztgenannten kommen hier in Betracht. Von jenen älteren Untersuchungen ist in der 3. Auflage dieses Werkes einiges gesagt; hier wird ein Hinweis auf die unten genannten Werke genügen.²⁶⁾

Unter den neueren Arbeiten nehmen die Untersuchungen Symphers weitaus die erste Stelle ein, er hat dieselben in dem bereits erwähnten Buche: „Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten“ (Leipzig 1901) niedergelegt. Einiges aus diesem hervorragenden Werke wird nachstehend mitgeteilt.

Bei Bemessung des voraussichtlichen Verkehrs eines neuen Kanals kommt in Betracht, einerseits wie viel von bereits bestehenden Verkehren auf den Kanal übergehen dürfte, andererseits wie hoch der durch den Kanal hervorgerufene neue Verkehr einzuschätzen ist. Bei dem bereits bestehenden und größtenteils von den Eisenbahnen bewältigten Verkehr handelt es sich hauptsächlich um die groben Massengüter, welche in ganzen Wagenladungen versandt werden; bei diesen sind die tarifmäßigen Frachtsätze der Eisenbahnen bekannt, während man die Wasserfrachten in ziemlich zuverlässiger Weise berechnen kann. Hierbei sind außer den eigentlichen Schiffahrtskosten, über welche in § 8 des I. Kapitels das Wesentliche gesagt ist, die Nebenkosten, d. h. die sonstigen Belastungen der Schiffahrt an Hafen- und Versicherungsgebühren, ferner für Laden, Löschen, Umladen und dergl. zu berücksichtigen. Die von Sympher in Anlage 6 der „Wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten“ berechneten gesamten Schiffahrtskosten stimmen mit wirklich bezahlten Schiffsfrachten ganz gut überein. Bei deutschen Kanälen sind den Schiffahrtskosten noch die Abgaben beizufügen, welche zur Deckung der Unterhaltungskosten des Kanals und behufs Verzinsung des Anlagekapitals erhoben werden. Die französischen Kanäle sind abgabenfrei.

Den einem Rhein-Weser-Elbe-Kanal voraussichtlich zufallenden Verkehr mit dem Eisenbahnverkehr vergleichend hat Sympher (s. Anlage 8 der „Wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten“), bei Verwendung von 600 t-Kähnen für die eigentlichen Schiffahrtskosten einen Durchschnittspreis von 0,7 Pf. für das Tonnenkilometer angenommen, bei Kohlendungen auf weite Entfernungen jedoch einen solchen von 0,5 Pf. An Nebenkosten sind für eine Tonne in Rechnung gestellt: 20 Pf. an Spesen, 30 Pf. für doppelte

²⁶⁾ Bellingrath, Studien über Bau- und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes. Berlin 1879. — Nördling, Die Selbstkosten des Eisenbahntransports und die Wasserstraßen-Frage in Frankreich, Preußen und Österreich. Wien 1885. — Nördling, Neues über die Wasserstraßen-Frage. Wien 1886.

Hafengebühr, 10 Pf. für Kippen der Kohlen in das Schiff u. s. w. Für das tkm kann man die Nebenkosten etwa mit 0,2 Pf. ansetzen. Die Kanalabgaben könnten etwa 0,5 bis 0,6 Pf. für das tkm betragen. Auf die dem Rheine zunächst liegende Strecke zwischen Herne und Ruhrort sind die obigen Ansätze nicht ohne weiteres anwendbar.

Behufs Ermittlung der Größe des Verkehrs, welcher einem Rhein-Weser-Elbe-Kanal infolge Verringerung des Eisenbahnverkehrs zufallen würde, wurde zunächst durch überschlägliche Berechnungen das Gebiet begrenzt, welches der genannte Kanal beeinflusst hätte und es wurden innerhalb der Grenzen dieses Gebiets sämtliche Eisenbahnsendungen des Betriebsjahrs 1892/93, welche in ganzen Wagenladungen von wenigstens 10 t nach Aufgäbe der Spezial- und Ausnahme-Tarife der Eisenbahnen gefahren waren, mit allen beachtenswerten Einzelheiten ermittelt und in ein geeignetes Formular eingetragen. In diesen vielbändigen Zusammenstellungen wurden nun alle Sendungen, welche auf der Eisenbahn — beispielsweise wegen kurzer Entfernungen — billiger befördert wären, als auf der Wasserstrasse, gestrichen, aber auch diejenigen, bei denen durch Benutzung des Kanals weniger als 15% der Eisenbahnfracht gespart wäre. Die so ermittelten Verkehrsmengen sind wegen der geringeren Geschwindigkeit der Schiffe und in Rücksicht auf die Wintersperren weiter um 20 v. H. verkleinert. Auf diese allerdings sehr mühsame Weise ist es gelungen, eine Grundlage für Einschätzung des auf einem Rhein-Weser-Elbe-Kanal zu erwartenden Verkehrs, insoweit derselbe dem Eisenbahn-Versand in ganzen Wagenladungen entspricht, zu schaffen.

Eine Erhöhung haben die berechneten Verkehrsmengen nach zwei Richtungen hin erfahren. Zunächst war zu berücksichtigen, daß einer guten Wasserstrasse außer den groben Massengütern auch sonstige Gütertransporte zufallen und es durfte angenommen werden, daß von Stückgütern und Gütern der allgemeinen Wagenladungsklassen dem Kanal verhältnismäßig ebensoviel zufallen würde, wie von den Massengütern der Spezial- und Ausnahme-Tarife. Die Mengen der erstgenannten Güter wurden dieser Annahme entsprechend eingeschätzt.

Ferner kommen die oft sehr ansehnlichen Verkehre in Betracht, welche ein Kanal erweckt. Für einen Rhein-Weser-Elbe-Kanal hat Sympher auch hierüber eingehende Untersuchungen angestellt („Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten“, S. 68 u. ff.); hier soll nur bemerkt werden, daß diese Untersuchungen befriedigende Ergebnisse geliefert haben. Statt auf die betreffenden Einzelheiten einzugehen, sei hingewiesen auf die einschlägigen Erfahrungen am Rhein-Marne-Kanal, die im Jahre 1890 gelegentlich des Schifffahrts-Kongresses in Manchester seitens französischer Ingenieure mitgeteilt sind.

„Die Zunahme des Transportes auf den Wasserstraßen bedeutet eine Zunahme des Nationalvermögens, welche den Wasserstraßen verdankt wird. Dank den billigen Transportpreisen, welche dieselben gewähren, haben sie sowohl den Produkten des Bodens, als denjenigen der Industrie neue Zufluchtsstätten eröffnet. Sie wirken mächtig zur Hebung der Industrie des ganzen Landes.“

„Es genügt, das Beispiel des Marne-Kanales zu zitieren. 83 Prozent des Verkehrs gehört Industrien an, die sich erst nach Erbauung des Kanales an seinen Ufern angesiedelt haben.“

„Die Mineralien (Salz, Erze u. s. w.), welche seit Jahrtausenden unter der Erde schliefen, wurden aus ihrem Schlafe erweckt. Die Fabriken sind wie aus der Erde gewachsen, eine sich an die andere drängend zwischen den Kanal, der ihnen die Rohprodukte zubringt, und die Eisenbahn, die ihre Erzeugnisse wegführt. Es ist eine Anhäufung von Bergwerken, Hüttenwerken, Hoehöfen, Salinen, Steinbrüchen, die fast ohne

Unterbrechung sich in der Umgebung von Nancy folgen; allein für sich hätte die Eisenbahn eine derartige Befruchtung niemals zu bewirken vermocht.“

„Es ist hier, wie an anderen Punkten eine vollständige Umwandlung des Aussehens der ganzen Gegend erfolgt, die Entwicklung einer Tätigkeit und eines Reichtums, von welchem Frankreich reichlichen Nutzen zieht, von welchem der Staatsschatz unter tausend Formen direkte Einnahmen erhält und welche allein einen vollen und reichlichen Ersatz für die Kosten der Installation und der Erhaltung dieses Kanals bieten.“

„Auf diese Weise lassen die Wasserstraßen neue Verkehre entstehen. Gleichzeitig heben sie den bestehenden Verkehr in einer Weise, wie dies die Eisenbahnen allein niemals instande wären.“

Ermittelungen der oben besprochenen Art setzen einen voll entwickelten Verkehr voraus, ein solcher tritt aber auf einer neuen Wasserstraße erst nach etwa zehn Jahren ein. Es ist also zwischen Anfangsverkehr und voll entwickeltem Verkehr zu unterscheiden. „Es werden nämlich Handel und Verkehr erst allmählich die neuen Einrichtungen kennen lernen, bestehende Fabriken sich an die Wasserstraße verlegen und neue an derselben entstehen; erst allmählich wird die erforderliche Dampfer- und Schlepsschiff-Flotte erbaut werden.“ Hierzu kommt, daß die Herstellung von Liegeplätzen und Häfen, von Zugangswegen u. s. w. Sache der Beteiligten ist; diese werden in der Regel erst damit beginnen, wenn der Kanal nahezu fertig ist. Man darf deshalb von dem wirklichen Anfangsverkehr nicht zu viel erwarten; Sympher hat denselben bei dem Mittelland-Kanal zu etwa $\frac{1}{4}$ des entwickelten Verkehrs geschätzt.

Der Genannte macht Mitteilungen über die voraussichtlichen finanziellen Ergebnisse eines Rhein-Weser-Elbe-Kanals, auf welche hier jedoch nicht eingegangen werden soll, zumal die Wasserstraßen-Vorlage des Jahres 1904 bekanntlich einen Rhein-Weser-Kanal mit Fortsetzung bis Hannover an die Stelle eines Rhein-Weser-Elbe-Kanals gesetzt hat. Die Hauptbedenken gegen den letzteren sind entsprungen aus der drohenden sehr großen Verminderung der Eisenbahn-Einnahmen, ferner aus der befürchteten Schädigung der Braunkohlen-Industrie der Provinz Sachsen und der Beeinträchtigung der Steinkohlen- und Eisenindustrie Schlesiens, welche der früher geplante Kanal zur Folge gehabt haben würde.²⁷⁾

Die Untersuchungen Symphers über die Kosten des Eisenbahn- und Wassertransports gipfeln in einer bildlichen Darstellung der Frachtkosten auf Eisenbahnen und Wasserstraßen (Anlage 7 der „Wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten“). Die Transportweiten (km) sind als Abszissen aufgetragen; durch Verbindung der Endpunkte der als Ordinaten aufgetragenen Wasserstraßenfrachten in Pf. f. d. tkm erhält man rote Kurven, aus den Endpunkten der ebenso aufgetragenen Eisenbahnfrachten entstehen schwarze und blaue Kurven. Sechs teils schwarze, teils blaue Kurven entsprechen den verschiedenen Eisenbahn-Tarifen, welche bei Massengütern in Betracht kommen, während durch vier rote Kurven die Kanalfrachten unter verschiedenen Voraussetzungen vorgeführt sind. Bei solcher Mannigfaltigkeit ist es angezeigt, nur zwei jener zehn Kurven beispielsweise zu besprechen.

Eine der rot ausgezogenen Kurven entspricht der Kanalfracht für 1 tkm einschließlich Kanalabgaben und Nebenkosten. Die Ordinaten sind aus $W = \left(\begin{matrix} 135 \\ n \end{matrix} + 0,8 \right)$

²⁷⁾ Näheres s. Anlage 12 der „Wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten“ (Feststellung der wirtschaftlichen Verschiebungen, welche ein Rhein-Elbe-Kanal voraussichtlich zu Ungunsten der Eisenindustrie Oberschlesiens herbeiführen würde) und Sympher, Technisches und Wirtschaftliches über das Rhein-Elbe-Kanal-Projekt. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 165.

berechnet (n ist die Länge der durchfahrenen, schleusenfrei angenommenen Strecke in km), die Kanalabgabe ist mit 0,5 Pf./tkm in Rechnung gestellt. Es sind 600 t-Kähne auf der Hinfahrt voll beladen, und mit $\frac{1}{3}$ Ladung zurückkehrend vorausgesetzt. — Eine der schwarz gezeichneten Kurven entspricht der Eisenbahnfracht für Massengüter nach Spezialtarif III. Anfangs liegt nun die rote Kurve über der schwarzen, bei etwa 50 km Transportweite fallen sie zusammen, und bei größeren Entfernungen liegt die rote unter der schwarzen Kurve. Die Wasserfrachten fallen hiernach unter den angegebenen Umständen erst dann geringer als die Eisenbahnfrachten aus, wenn die Transportweiten größer als etwa 50 km sind. In Wirklichkeit dürfte sich diese Grenze noch etwas zu Ungunsten des Kanals verschieben. Die Punkte, woselbst die roten und schwarzen Linien sich schneiden, kann man aus der in Rede stehenden bildlichen Darstellung auch für mancherlei andere Fälle ermitteln.

Dafs ein Kanal die Eisenbahn erst bei ansehnlichen Transportweiten hinsichtlich der Billigkeit des Transports übertrifft, war schon früher bekannt. Mit Hilfe des besprochenen Bildes können nun die betreffenden Grenzen ziemlich genau ermittelt werden und das ist mitunter wichtig.

Die Entwicklung des Verkehrs auf den neuen deutschen Kanälen hat sich aus naheliegenden Gründen sehr verschieden gestaltet; näheres ergeben die nachstehenden, leider nicht vollständigen Zahlen.

Der Oder-Spree-Kanal zeigt ein sehr rasches Steigen des Verkehrs nämlich, von 629000 t im ersten Betriebsjahre (1891)

auf	804000 t	„	fünften	„
und auf	1450000 t	„	achten	„

In neuerer Zeit ist der Verkehr noch mehr gestiegen. (Über den kilometrischen Verkehr liegen dem Verfasser Angaben nicht vor.)

Auf dem Dortmund-Ems-Kanale wurden befördert

im Jahre 1899	. . .	200500 t
„ 1900	. . .	476400 „
„ 1901	. . .	680900 „
„ 1902	. . .	876000 „
„ 1903	. . .	1249000 „ ²⁸⁾

Der kilometrische Verkehr des Jahres 1902 ist zu 469000 t ermittelt. Bergwärts sind die Hauptgegenstände der Versendung Erze, Holz und Getreide, talwärts Kohlen (in nicht sehr großen Mengen), Eisen und Stahl.

Der Verkehr auf dem Elbe-Trave-Kanal scheint sich stetig, aber langsam zu entwickeln. Befördert wurden

im Jahre 1901	. . .	210500 t
„ 1902	. . .	207000 „
„ 1903	. . .	305500 „

Als kilometrischer Verkehr des Jahres 1902 wird 212000 t angegeben. Die vorliegenden Mitteilungen zeichnen sich durch große Ausführlichkeit aus, insbesondere

²⁸⁾ Hermann, Schiffsahrtsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 401. — Güterverkehr des Dortmund-Ems-Kanals. Dasselbst 1903, S. 129. — Martens, Die wirtschaftlichen Interessen von Rheinland und Westfalen und der Dortmund-Ems-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1904, S. 415.

durch Angabe der Hafenplätze, nach welchen der Verkehr gerichtet ist; Hamburg, Magdeburg und Schönebeck sind vorzugsweise beteiligt.⁹⁹⁾

Nummehr sind einige Punkte zu erörtern, welche die Schiffsschleusen betreffen; dieselben bilden den Übergang von den wirtschaftlichen zu den im nächsten Paragraphen zu besprechenden technischen Voruntersuchungen.

Zunächst sei bemerkt, daß Verkehrsermittlungen auch insofern wichtig sind, als der Wasserverbrauch der Schleusen hauptsächlich bedingt wird durch die Zahl der beförderten Kähne, welche ihrerseits von der Größe des Verkehrs abhängt. Wenn man die einem gegebenen Verkehr entsprechende Durchschnittszahl der täglichen Kähne verdoppelt, erhält man einen Anhaltspunkt für die Zahl der während des lebhaftesten Verkehrs täglich zu befördernden Fahrzeuge.

Von besonderer Bedeutung ist die beim Durchschleusen der Kähne aufzuwendende Zeit. Je kürzer diese ist, desto mehr Kähne können täglich geschleust werden. Es ist Sache der Technik des Schleusenbaues, durch Vergrößerung des Spielraumes zwischen Schiffsboden und Schleusenboden, ferner durch sorgfältige Ausbildung der zum Bewegen der Tore und zum Füllen der Kammern dienenden Vorrichtungen den Zeitverlust, welcher beim Durchschleusen entsteht, soweit tunlich einzuschränken. Die hierher gehörige, unten vermerkte ältere Literatur enthält manches, was noch heute beachtenswert ist.¹⁰⁰⁾

Nach Beobachtungen am Rhein-Marne-Kanal und am Saar-Kohlen-Kanal betrug die zum Schleusen erforderliche Zeit in der Regel 15 Minuten, die eigentliche Arbeit konnte in 10 Minuten ($2\frac{1}{2}$ für das Einfahren der Schiffe, $\frac{4}{3}$ für das Entleeren der Kammer, 3 für das Ausfahren) beschafft werden; hierbei haben die Schleusen 5,2 m Lichtweite, 35 m nutzbare Länge und 2,6 m Gefälle. Es entstehen aber vor den Bauwerken leicht Aufenthalte, namentlich bei nahezu gleichzeitigem Eintreffen von Kähnen, so daß man selbst bei jenen kleinen Schleusen durchschnittlich mindestens 20 Minuten für die Schleusung eines einzelnen Schiffes zu rechnen hat.

Hebewerke ermöglichen eine namhafte Zeitersparnis. Berechnungen, welche für den Dortmund-Rhein-Kanal angestellt sind, haben ergeben, daß die Zeit, welche erforderlich ist, um ein Schiff zu Berg und ein Schiff zu Tal zu schleusen, bei einem Hebewerke 30 Minuten, bei jeder Kammerschleuse aber 44 Minuten betragen dürfte. Die Erfahrung hat Ergebnisse geliefert, welche erheblich günstiger sind. Das Hebewerk zu Henrichenburg kann ein Schiff hinauf und ein anderes herab ohne unvorhergesehene Störungen in 25 Minuten befördern. Hierbei entfallen viermal $4\frac{1}{2}$ Minuten auf das Ein- und Ausfahren der Schiffe mit Hilfe der Spille. Auch die einfachen Schleusen des Dortmund-Ems-Kanals sind hinsichtlich der Zeitverwendung sehr leistungsfähig.

⁹⁹⁾ Verkehr auf dem Elbe-Trave-Kanal im Jahre 1901. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1901, S. 449. — Desgl. mit den Häfen des Kanals. Dasselbst 1904, S. 45. — Die Binnenschiffahrt Lübecks im Jahre 1903. Dasselbst 1904, S. 351.

¹⁰⁰⁾ Ermittlungen über die beim Schleusen von Schiffszügen erforderliche Zeit s. Werneburg, Ketten-schiffahrt auf dem kanalisiertem Main, S. 39 u. 43. Ferner: Fontaine et Demur, Sur la durée de l'éclusage au canal du centre des bateaux chargés à 300 tonnes, Ann. des ponts et chaussées 1881, II. S. 139. — Bazin, Dauer der Durchschleusung und Beförderung der Schiffe auf dem Kanal von Burgund, Ann. des ponts et chaussées 1885, März u. August. Vergl. auch Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 68. — Barbet, Über die Drenpeltiefe der Schleusen in Bezug auf die Einfahrtdauer der Schiffe und über den Einfluß der Lage der Torschlützen im Oberhaupte auf die Dauer der Schleusenfüllung. Ann. des ponts et chaussées 1888, Okt. S. 727; Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 224.

Füllen oder Leeren der Kammern kann einschliesslich der Torbewegungen in 7 Minuten bewerkstelligt werden und ein mit eigener Kraft fahrendes Schiff braucht für Ein- und Ausfahrt je $\frac{3}{4}$ Minuten (Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 291 bezw. 437).

Die Abmessungen der Schleusen für 600 t-Kähne sind grösser als die der älteren Schleusen, es ist auch zu berücksichtigen, dass neuere Schleusen oft grössere Gefälle haben als ältere. Hierdurch hat die durchschnittliche Schleusungsdauer sich erhöht und man kann dieselbe mit Sympher für eine gewöhnliche Schleuse (Einzelschleuse) zu 30 Minuten und für eine Zugschleuse (Schleppzugschleuse), deren Kammer für einen kleinen Dampfer und zwei 600 t-Kähne Platz hat, zu 43 Minuten annehmen.²¹⁾

Aus diesen Zahlen ergeben sich die Längen der Kanalstrecken, welche bezüglich des Aufwandes an Zeit einer Schleusung entsprechen und insofern den gleichen Einfluss auf den Betrieb wie eine Schleuse haben. Wenn man als normale Fahrgeschwindigkeit 5 km in der Stunde annimmt, entspricht dem Aufenthalt eines Kahns in einer Einzelschleuse die Fahrt durch eine Kanalstrecke von $2\frac{1}{2}$ km Länge, in einer Zugschleuse aber die Fahrt durch eine Strecke von 3,6 oder abgerundet $3\frac{1}{2}$ km. Bei einer normalen stündlichen Fahrgeschwindigkeit von 4 km sind die fraglichen Strecken 2 bezw. 3 km lang.

Wenn man nun annimmt, dass die eigentlichen Schiffahrtskosten während des Schleusens der Kähne fort dauern, kann man die sogenannte Betriebslänge eines Kanals dadurch ermitteln, dass man für die Schleusen die soeben abgeleiteten Längen der Längenerstreckung des Kanals beifügt. Unter der Voraussetzung einer normalen Fahrgeschwindigkeit von 5 km/Std. ist beispielsweise die Betriebslänge eines Kanals, welcher 100 km Länge und vier Schleusen hat, $100 + 4 \cdot 2\frac{1}{2} = 110$ km.

Auf Grund der Betriebslängen kann man die Frachten berechnen, alsdann wird die Längeneinheit ein Tarif-Kilometer genannt und die entsprechende Transportleistung ist ein Tarif-Tonnen-Kilometer. In den Formeln, welche Sympher für die kilometerischen eigentlichen Schiffahrtskosten einer Tonne Ladung aufgestellt hat (beispielsweise durchschnittlich $\left(\frac{90}{n} + 0,3\right)$ Pf. bei 600 t-Kähnen und $\left(\frac{90}{n} + 0,4\right)$ Pf. bei 400 t-Kähnen), bezeichnet somit n die Anzahl der Tarif-Kilometer.

Wenn es sich darum handelt, die bei Schleusen verschiedener Art unter verschiedenen Betriebsverhältnissen infolge des Zeitverlustes entstehenden Kosten miteinander zu vergleichen, so ist zu berücksichtigen, dass die Schiffahrtskosten, wie bei anderer Gelegenheit erörtert ist, sich aus Hafen- oder Liegekosten und aus Streckenkosten zusammensetzen und dass der Aufenthalt in den Schleusen nur die Streckenkosten vergrössert, während die Liegekosten unverändert bleiben. Nach obigem sind die ersteren bei einem 600 t-Kahn durchschnittlich 0,3 Pf. für das Tarif-Tonnen-Kilometer. Hieraus und aus den oben besprochenen Längen der Strecken, welche den Aufenthalt in den Schleusen gleichwertig sind, kann man die hier in Betracht kommenden Kosten der Schleusungen berechnen; sie betragen beispielsweise für 600 t-Schiffe bei einer Einzelschleuse $2,5 + 0,3 = 0,75$ Pf./t und bei einer Zugschleuse $3,5 + 0,3 = 1,05$ Pf. t.

In ähnlicher Weise kann man auch die Kosten der Schleusungen für andere Fälle berechnen und man kann beispielsweise annehmen, dass, wenn bei einem aus einem Dampfer und zwei Kähnen bestehenden Schleppzuge sämtliche Fahrzeuge einzeln ge-

²¹⁾ Der wirtschaftliche Einfluss von Schleusen und Umwegen bei künstlichen und natürlichen Wasserstraßen. Zentrabl. d. Bauverw. 1896, S. 423.

schleust werden, der Aufenthalt 95 Minuten = 8 km Fahrtverlängerung ist; wenn aber der Dampfer nicht mit durch die Schleuse geht, ist der Aufenthalt 72 Minuten = 6 km Fahrtverlängerung.

Symphor hat an obengenannter Stelle auf den hier angegebenen Grundlagen die Vorteile und Nachteile der Einzelschleusen und der Zugschleusen eingehend erörtert. Das Ergebnis ist, daß die letzteren sich sehr häufig bei den für neue oder umzubauende Kanäle in Betracht kommenden hohen Verkehrsziffern als zweckmäßiger erweisen werden.

Es mag noch bemerkt werden, daß die in Rede stehenden Zeitverluste geringer werden, wenn die Schleusungen eines auf der Hinfahrt begriffenen Kahnese und eines auf der Rückfahrt befindlichen einander unmittelbar folgen; hierauf werden wir an anderer Stelle zurückkommen.

Mit der im Vorstehenden besprochenen Untersuchung verwandt ist eine ausführliche Abhandlung von Cadart und Barbet, in welcher der Einfluß von einfachen Schleusen, Schleusentrepfen, Hebewerken und sonstigen einschiffigen Bauwerken auf die Leistungsfähigkeit einer Wasserstrasse und auf die Ausnutzung der Fahrzeuge erörtert wird.²⁷⁾ In den einzelnen Abschnitten sind behandelt: Die Leistungsfähigkeit der zweischiffigen Strecken — die Leistungsfähigkeit der Schleusen u. s. w. — die Beziehungen der Länge einer zwischen zwei einschiffigen Stellen liegenden Haltung zu den von jenen Bauwerken beanspruchten Fahrzeiten; in diesem Abschnitte werden drei Fälle unterschieden, je nachdem die eine Haltung begrenzenden einschiffigen Stellen von Einzelschiffen oder von Schiffszügen oder aber an einem Ende der Haltung von Einzelschiffen, am anderen Ende derselben von Schiffszügen durchfahren werden. Am Schlusse sind die Anwendungen verzeichnet, welche sich aus diesen im wesentlichen theoretischen Untersuchungen für den Betrieb ergeben.

Schließlich sind Bemerkungen über die Beziehungen der Landwirtschaft zu den Schiffahrtskanälen zu machen; auch diese wollen bei den Voruntersuchungen berücksichtigt sein.

Im allgemeinen befürchtet die Landwirtschaft, und zwar nicht ganz ohne Grund, daß der Bau neuer Kanäle ihr Nachteile bringen werde. Was hiervon zu halten ist, hat ein Kenner und großer Förderer der Landwirtschaft, Max von Eyth, gelegentlich einer Versammlung des Binnenschiffahrtsvereins für Bayern klar erörtert.²⁸⁾

Es kommt aber nicht selten vor, daß ein Kanalbau landwirtschaftliche Verbesserungen ermöglicht und in derartigen Fällen sollte er den beteiligten Landwirten sehr willkommen sein. Über diesen Punkt hat bereits der Schiffahrtskongress Frankfurt a. M. 1888 sich ausgesprochen, wie folgt: „Bei der Kanalisierung von Flüssen und bei der Anlage von Kanälen ist, soweit es ohne Schädigung des Hauptzwecks, nämlich der Herstellung einer bequemen und leistungsfähigen Schiffahrtsstrasse, geschehen kann, auf die Melioration der neben dem Flusse gelegenen und der durch die Kanäle durchschnittenen Grundstücke so viel wie möglich Rücksicht zu nehmen. Zu diesem Zwecke ist bei der Aufstellung der Projekte der Einfluß der auszuführenden Arbeiten auf die

²⁷⁾ Cadart et Barbet, Des éléments constitutifs d'une voie navigable considérés au point de vue de sa capacité de fréquentation et de l'utilisation du matériel de batellerie. Ann. des ponts et chaussées 1903, I. S. 212.

²⁸⁾ Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1899, S. 228. — Vergl. auch Kurs, Über die Beziehungen zwischen der deutschen Binnenschiffahrt und der deutschen Landwirtschaft. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1899, Heft 5. (Auszug in Schwabe, Entwicklung der deutschen Binnenschiffahrt, S. 145.)

Verhältnisse des Tag- und Grundwassers besonders zu beachten, ferner zu erwägen, in welchem Umfange man den speziellen landwirtschaftlichen Bedürfnissen gerecht werden kann.“

Dies berücksichtigend hat man bei der Veranschlagung neuer Kanäle besondere Posten für die genannten Zwecke einzustellen, und es ist wichtig, daß in dem Gesetze betreffend Herstellung und Ausbau preussischer Wasserstraßen vom Jahre 1904 für Verbesserung der Landeskultur 5000000 M. vorgesehen sind.

§ 4. Technische Voruntersuchungen. Zuerst sind hier die Untersuchungen über die Beschaffung des zur Speisung eines geplanten Kanals erforderlichen Wassers zu nennen. — Bei allen oberhalb des Grundwassers liegenden Kanälen sind der Wasserverbrauch und die Wasserverluste sehr groß; näheres wird § 12 dieses Kapitels bringen. Hier sei beispielsweise erwähnt, daß der dauernde sekundliche Wasserbedarf der 150 km langen gegrabenen Strecken des Dortmund-Ems-Kanals auf 2,0 cbm veranschlagt worden ist; das entspricht einem täglichen Bedarf von rund 11500 cbm für je 10 km Kanallänge. Der wirkliche Verbrauch ist vielleicht noch größer.

Bei den Voruntersuchungen muß nun ermittelt werden, ob derartige oder ähnliche Wassermengen in den Flußgebieten, welche der Kanal durchzieht, vorhanden und erhältlich sind. Es handelt sich also zunächst um die Erforschung der Größe der Niederschlagsgebiete und der Abflussmengen der daselbst befindlichen fließenden Gewässer. Ob aber diese Wasser erhältlich sind, ist eine andere Frage. Bei der heutigen Verbreitung der landwirtschaftlichen Verbesserungen ist sehr oft über das Wasser, welches die kleineren Gewässer bei niedrigen und mittleren Wasserständen führen, bereits verfügt, ferner sind vorhandene Mühlen und ihre Rechte zu berücksichtigen. Es kann sich herausstellen, daß für die Speisung eines neuen Kanals nur bescheidene Wassermengen aus kleineren Gewässern ohne weiteres zur Verfügung stehen. Bei größeren Gewässern kommt in Betracht, daß eine dauernde Wasserentnahme die Schiffbarkeit beeinträchtigt; wenn man das vermeiden will, ist Kanalisierung angezeigt. Günstiger gestaltet sich die Sache, wenn Landseen oder sumpfige, der Entwässerung bedürftige Gelände vorhanden sind, und auf die bei Hochwassern abfließenden, Schaden bringenden Wasser wird man in der Regel rechnen dürfen. Wenn dies Wasser nutzbar gemacht werden muß, ist aber die Erbauung kostspieliger Talsperren unvermeidlich.

Bei den in Rede stehenden Untersuchungen wird das Hauptaugenmerk auf die Scheitelhaltungen der Kanäle zu richten sein, denn aus diesen haben die tiefer liegenden Haltungen das für den Schleusenbetrieb erforderliche Wasser zu beziehen. Im allgemeinen kann man annehmen, daß die Schwierigkeiten der Wasserbeschaffung um so mehr zunehmen, je höher die Scheitelhaltung über dem Meere liegt. In den Niederungen der Küstengegenden pflegt bei Kanälen, welche ganz oder größtenteils im Grundwasser liegen, die Sorge für die Wasserbeschaffung gering zu sein.

Da der Wasserbedarf mit den Hauptabmessungen des Kanals und seiner Bauwerke, welche ihrerseits von der Größe der Kähne abhängig sind, zunimmt, erwächst schon hieraus die Frage, unter welchen Umständen größere Kähne den Vorzug vor kleineren verdienen. Wenn es sich um deutsche Hauptdurchgangslinien handelt, hat man heutzutage nur die Wahl zwischen dem 600 t-Kahn und dem 400 t-Kahn.

Zunächst muß an das erinnert werden, was im § 9 (S. 45) des I. Kapitels zur Begründung des 600 t-Kahns gesagt ist: er wurde hauptsächlich in Rücksicht auf die

hochentwickelte Rhein- und Elbeschiffahrt eingeführt und die örtlichen Verhältnisse des nordwestlichen Deutschlands, nicht minder das Vorhandensein einer Verkehrsquelle ersten Ranges haben den Bau von Kanälen mit großen Querschnitten begünstigt. Unter anderen Umständen und namentlich, wenn es sich um Kanäle mit hoch liegender Scheitelhaltung handelt, hat man sorgfältig zu untersuchen, ob der 600 t-Kahn am Platze ist. Bei dieser Untersuchung sind Strecken und Schleusen getrennt zu behandeln.

Bei den Strecken ist die Wahl des 600 t-Kahns mit einer erheblichen Vermehrung der Baukosten verbunden. Das geht schon daraus hervor, daß der 600 t-Kahn 60 qm, der 400 t-Kahn aber 50 qm Wasserquerschnitt beansprucht. Ein Vergleich der Baukosten des Oder-Spree-Kanals mit denjenigen der grabenen Teile des Dortmund-Ems-Kanals ergibt, daß einschließlic der Schleusen ersterer rund 150000 M., letzterer rund 340000 M. f. d. km gekostet hat und zwar nach Abzug der Kosten für das Schiffshebewerk bei Henrichenburg. Allerdings umfaßt der Oder-Spree-Kanal auch Strecken der Spree, welche nur geringe Kosten verursacht haben, und ein billiger Bau war durch mancherlei andere Umstände begünstigt. Auch die Unterhaltung ist beim 600 t-Kanal kostspieliger und schwieriger, als beim 400 t-Kanal, unter anderem wegen erheblicher Steigerung der Wasserverluste durch Versickerung.

Aus obigen Angaben über die Baukosten zweier in sehr verschiedenen Örtlichkeiten ausgeführten Kanäle läßt sich nicht viel entnehmen. Dagegen erscheinen Büssers Schätzungen der Baukosten der Schifffahrtskanäle beachtenswert; diese Angaben befinden sich in einer größeren Abhandlung, auf die wir weiter unten zurückkommen. Büsser nimmt gleiche örtliche Verhältnisse, ferner auf je 25 km eine Schleuse an und ermittelt die kilometrischen Baukosten für sechs Kanäle; die Grenzen der Tragfähigkeit der zugehörigen Kähne sind 200 und 800 t. Von den Zahlenangaben kommt hier nur in Betracht, daß das Kilometer eines 600 t-Kanals 341000 M., eines 400 t-Kanals aber 287000 M. kosten würde und die erste genannte Zahl wird durch die Erfahrung bestätigt. Hiernach kostet der 400 t-Kanal 54000 M./km weniger, als der 600 t-Kanal; somit werden, wenn man statt eines 600 t-Kanals einen 400 t-Kanal ausführt, ungefähr 16% der Baukosten des ersteren erspart.

Diesen Vorteilen steht nun die Steigerung der Frachten gegenüber, welche ein 400 t-Kanal mit sich bringt. Zunächst kann man hierfür aus Symphers Untersuchungen einige Anhaltspunkte entnehmen. Auf Anlage 7 der „Wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten“ gibt er die Fracht für Massengüter bei Anwendung von 600 t-Kähnen, wie bereits erwähnt, zu $\left(\frac{135}{n} + 0,8\right)$ Pf. für ein tkm an. Sämtliche Ausgaben des Schiffers, auch eine Kanalabgabe von 0,5 Pf. sind hierbei berücksichtigt. Wenn die mittlere Transportweite n zu 200 m angenommen wird, ergibt sich eine normale Fracht von rund 1,5 Pf. für das tkm. Beim 400 t-Kahn sind nun nach Ausweis der Anlage 6 jener Vorarbeiten (vergl. auch § 8 des ersten Kapitels, S. 39) die Streckenkosten um 0,1 Pf. größer, als beim 600 t-Kahn, die Liegekosten aber unverändert. Als Kanalabgabe darf beim 400 t-Kanal der geringen Baukosten wegen etwas weniger als 0,5 Pf. angesetzt werden, nämlich etwa 0,45 Pf., da einer Baukostenverminderung um 16% eine Kanalabgabe von 0,42 Pf. entsprechen würde. Beim 400 t-Kanal wäre somit die normale Fracht 1,55 für das tkm, das sind 3,3% der normalen Fracht beim 600 t-Kanal. Ein Unterschied von 0,05 Pf. entspricht immerhin bei einem kilometrischen Verkehr von einer Million Tonnen jährlich einem Frachtunterschiede von 500 M./km. Wem werden aber diese Ersparnisse, wem werden überhaupt die Transportkosten-Verminderungen, die ein neuer Kanal mit sich bringt, hauptsächlich zugute kommen?

Die vorstehende Berechnung soll nun verglichen werden mit einer in der oben-erwähnten Abhandlung Büssers befindlichen nahe verwandten.²⁴⁾ Büsser ermittelt zunächst die einzelnen Teile, aus denen sich die Frachtkosten zusammensetzen, wobei es ihm hauptsächlich darauf ankommt, Verhältniszahlen zu gewinnen. Er weist dann nach, dafs es wichtig ist, die Höhe der Frachtkosten nicht allein ohne, sondern auch mit Berücksichtigung des Kanalbau-Kapitals zu untersuchen. Sodann wird gesagt:

„Um für beide Frachtkostenbeträge kürzere Ausdrücke zur Verfügung zu haben, kann man diejenigen, bei denen die Zinsen des Baukapitals nicht in Anrechnung kommen, als solche betrachten, die für die Transportausführung tatsächlich zu zahlen sind, sie werden deshalb reelle Frachtkosten genannt; addiert man zu diesen realen Kosten die Kosten der Verzinsung und Amortisation des Baukapitals, so gelangt man zu den ideellen Frachtkosten.

Bei den realen Frachtkosten sind nicht allein sämtliche Schifffahrtskosten, welche unter der Annahme berechnet sind, dafs bei allen Kähnen für eine Pferdekraft täglich 10 M. zu zahlen seien, berücksichtigt, sondern auch die Kosten für Unterhaltung, Bedienung und Verwaltung der Wasserstrafse.

Von den Zahlenangaben kommt hier hauptsächlich das Folgende in Betracht:

Es sind die realen Frachtkosten bei 1,0 m Fahrgeschwindigkeit

beim 600 t-Kanal 1,037 Pf. für das tkm

„ 400 „ 1,092 „ „ „ „

sie steigen also beim 400 t-Kanal um 0,55 Pf., das sind 5,3% der erstgenannten Frachtkosten, während oben 3,3% ermittelt wurden.

Die ideellen Frachtkosten werden kleiner, wenn die Kähne kleiner werden. Jene sind bei 1,0 m Fahrgeschwindigkeit und einem kilometrischen Verkehr von 2 Millionen Tonnen

beim 600 t-Kanal 1,890 Pf. für das tkm

„ 400 „ 1,811 „ „ „ „

sie sinken also beim 400 t-Kanal um 0,079 Pf., das sind 4,2% der Frachtkosten beim 600 t-Kanal.“

Büsser bespricht auch die Beziehungen zwischen Schifffahrtskosten und Fahrgeschwindigkeit und ist der Ansicht, dafs Kähne und Kanäle von der ungefähren Gröfse der französischen auch in Deutschland den wirtschaftlichen Anforderungen am besten entsprechen. Auf die Fahrgeschwindigkeit werden wir in § 18 zurückkommen. Hier sei bemerkt, dafs die realen Frachtkosten bei Verwendung von 600 t-Kähnen sich nach Büssers Angaben auf 1,505 Pf. f. d. tkm stellen, das ist nahezu dasselbe, was Sympher unter Berücksichtigung von Kanalabgaben für die gleiche Fahrgeschwindigkeit ermittelt hat.

Bei den Strecken stehen den Schattenseiten eines 600 t-Kanals die besprochenen Vorteile gegenüber, bei den Schleusen ergeben sich durch Vergrößerung der Kähne lediglich Nachteile. Es handelt sich auch hier zunächst um eine Steigerung der Baukosten, der Unterhaltungskosten und des Wasserverbrauchs. Bei gleicher Kahnbreite und verschiedener nutzbarer Länge der Schleusen wächst der Wasserverbrauch in demselben Grade wie die letztere. Bei 8,6 m Weite ist die nutzbare Länge der 400 t-Schleuse 55, die der 600 t-Schleuse aber 67 m, das ergibt für letztere einen Mehrverbrauch von

²⁴⁾ Die wirtschaftliche Bedeutung der Gröfse der Binnenschiffe. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1902, Heft 1 bis 3.

44% des Verbrauchs in der 400 t-Schleuse. Außerdem kommt in Betracht, daß die Zeit für das Durchschleusen vergrößert wird. Das vermehrt aber die Zahl der sogenannten Tarifikilometer (s. S. 140), vergrößert also die Frachten. Die Summe der Mehrkosten für Bau und Unterhaltung der Schleusen wächst mit der Zahl derselben, also mit der Höhenlage der Scheitelhaltungen.

Wenn man Schiffshebwerke verwendet, werden der Wasserverbrauch und die Zeit für die Beförderung der Kähne von einer Haltung zur anderen verringert, aber Bau- und Unterhaltungskosten steigen mit Zunahme der Kähngrößen in bedenklicher Weise und die ansehnlichen Betriebskosten der Hebwerke kommen hinzu.

Bezüglich der erstgenannten Kosten dürfen hier einige Zahlenangaben Platz finden, welche größtenteils einer von Brennecke bearbeiteten tabellarischen Zusammenstellung (s. den achten Band dieses Werks „zu S. 355“) entnommen sind.

Bezeichnung der Hebwerke,	Gewicht der zu hebenden Schiffe t.	Herstellungskosten M.
Hydraulische Hebwerke, Anderton (zweischiffig)	100	977 000
Les Fontinettes und La Louvière (zweischiffig) durchschnittlich	330	1 310 000
Schwimmerhebwerk Henrichenburg	600	2 600 000

Die veranschlagten Herstellungskosten eines quergeneigten Hebwerks mit Gegengewichten für den Donau-Oder-Kanal (Kähne 670 t) sind an genannter Stelle zu 5 060 000 M. angegeben.

Über die Betriebskosten des Hebwerks bei Henrichenburg wird Folgendes mitgeteilt: „Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten für das Hebewerk und das mit demselben verbundene Pumpwerk sind außer den persönlichen Kosten der vier etatmäßigen Beamten (ein Oberbauwart, zwei Werkführer und ein Maschinist) zu 75 000 M. veranschlagt, wovon allein 40 000 M. auf Betriebsstoffe entfallen; sie werden aber nach den bisherigen Erfahrungen diese Summe kaum erreichen. Eine Trennung der Kosten für das eine oder andere Werk läßt sich nicht durchführen.“

Es ist wahrscheinlich, daß die Höhe der Bau- und Betriebskosten der 600 t-Hebwerke ihre oben erwähnten Vorzüge vollständig aufwiegt.

Wenn nun zu den sonstigen Schattenseiten eines Kanals für 600 t-Kähne noch die Rücksichten auf Verkehrsmengen zweiten Ranges, schwierige Wasserbeschaffung und eng begrenzte Schiffbarkeit der anschließenden fließenden Gewässer kommen, verdient ein Kanal für 400 t-Kähne entschieden den Vorzug. —

Bei den technischen Voruntersuchungen will der demnächstige Kanalbetrieb insofern berücksichtigt sein, als die Verwendung von Schleppdampfern eine Verlängerung der Kammerschleusen im Gefolge hat, während bei ausschließlicher Verwendung von Dampfkähnen dies nicht nötig wäre. In jedem Falle wird man einstweilen und bis das elektrische Treideln weiter ausgebildet ist, die Schiffschraube und ihre nachteiligen Einwirkungen zu berücksichtigen haben. Ähnliches gilt von der Fahrgeschwindigkeit der Kähne, weil die Uferbefestigungen um so kräftiger sein müssen, je größer jene ist. Über die verschiedenen Arten des Kanalbetriebes u. s. w. wird in § 18 dieses Kapitels mehr gesagt werden.

Kurz sei noch erwähnt, daß auch die Ermittlung der normalen Größe der Krümmungshalbmesser der Strecken und der Grenze für die Schleusengefälle den technischen Voruntersuchungen beigezählt werden kann; diese Punkte fügen sich jedoch an anderer Stelle besser ein.

§ 5. Vorläufige Linienführung geplanter Kanäle. Man unterscheidet zwischen vorläufiger und endgültiger Linienführung.²⁵⁾ Die Aufgabe der vorläufigen Linienführung besteht bei einem Schiffahrtskanale wie bei anderen Verkehrswegen darin, auf Grund der Voruntersuchungen und gestützt auf ausgedehnte Geländeaufnahmen von genügender Genauigkeit unter den zwischen gegebenen Endpunkten möglichen Linien diejenige zu ermitteln und der Hauptsache nach festzulegen, welche sowohl den technischen Anforderungen, wie denjenigen des Verkehrs am besten entspricht. Um die Eigentümlichkeiten der vorkommenden Erwägungen zu zeigen, sollen weiter unten bestimmte Fälle besprochen werden, welche zugleich Aufschluß über die allgemeine Lage und Gestaltung einiger neueren, namentlich deutschen Schiffahrtskanäle geben.

In Verein mit einem Kostenvorschlage dient die vorläufige Linienführung zur Beurteilung der Bauwürdigkeit eines Kanals, während durch die endgültige Linienführung und einen Hauptkostenanschlag die Grundlagen für die Ausführung des Baues gewonnen werden sollen. Dementsprechend ist bei der endgültigen Linienführung mit Zugrundelegung der Ergebnisse des Vorentwurfs und mit Hilfe genauer Aufmessung des Geländes die schließliche Lage des Kanals und seiner Bauwerke zu ermitteln und örtlich festzulegen.

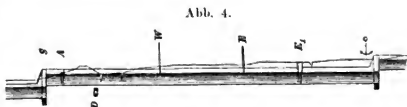
Bei Scheitelkanälen ist der Platz für die Scheitelhaltung, ihre Höhenlage und die Art ihrer Speisung vor allem anderen zu untersuchen. Der Unterschied zwischen jener Höhenlage und der Höhenlage der Wasserstände in den fließenden Gewässern, welche den Kanal begrenzen, gibt einen Anhaltspunkt für die Zahl der Kanalschleusen. Eine sehr hohe Lage der Scheitelstrecke und die damit in Verbindung stehende ansehnliche Schleusenzahl benachteiligen den Betrieb des Kanals erheblich. Wenn man bei zwei zur Wahl stehenden Linien den gleichen Verkehr annehmen darf, können für die Wahl der einen oder der anderen Linie die Betriebslängen (s. S. 140) und die Jahreskosten der Speisung der Scheitelstrecke entscheidend sein.

Die Reihenfolge der einzelnen Arbeiten der vorläufigen Linienführung ist bei Kanälen im wesentlichen dieselbe wie bei Eisenbahnen; es handelt sich um Rekognoszierung, Herstellung von Übersichtskarten, Nivellements, Entwerfen verschiedener Linien, Darstellung der Lagepläne und der vorläufigen Höhenpläne, sodann um überschlägliche Ermittlung der Kosten des Baues und des Betriebes der Linien, endlich um einen Vergleich derselben hinsichtlich ihrer Bauwürdigkeit. Außerdem sind geologische und Bodenuntersuchungen anzustellen; von den hydrometrischen Beobachtungen ist bereits die Rede gewesen.

Die Darstellung des generellen Entwurfs erfolgt etwa in der Weise der Abbildungen 1 u. 2 auf Taf. IV. Die Höhenzahlen sind für die Sohle und außerdem für den normalen Wasserspiegel des Kanals einzutragen. Als Symbole für die einzelnen Bauwerke kann man die aus Abb. 4 ersichtlichen wählen. In denselben bezeichnen:

²⁵⁾ Die Bezeichnungen generelle und spezielle Trassierung sind veraltet. Zweckmäßig sind die amtlichen Bezeichnungen: Vorentwurf bzw. Hauptentwurf. Vergl. hierzu und zu dem folgenden Paragraphen: Oppermann, Die Vorarbeiten für Schiffahrtskanäle oder ähnliche Anlagen und die Geschäftsführung bei deren Ausbau. Leipzig 1895.

S eine Schiffsschleuse, — A eine Ablassschleuse, — D einen Durchlaß, — W eine Wegeüberführung, — E eine Eisenbahnüberführung, — E₁ einen Einlaß. Der Anker bezeichnet einen



Hafen. Die Schleusen werden mit fortlaufenden Nummern versehen, dieselben Nummern sind bei den oberhalb der Schleusen befindlichen Haltungen anzuwenden. Man vergleiche auch die Abbildungen 3 und 5, Taf. VII.

Für die Einzelheiten der Arbeiten kann man Band I des dritten Teils dieses Werkes, Kap. I, § 12 u. ff. und Oppermanns Besprechung der Arbeiten für den Vorentwurf zu Rate ziehen. Er behandelt unter „Feldarbeiten“ unter anderem: die Verwendung und Vervollständigung der topographischen Karten, die Vergleichslinien, die Absteckung der Linien im Felde (Kurven werden hierbei nur ausnahmsweise abgesteckt) und das Längen-Nivellement. Sodann wird die Ausarbeitung der Lage- und Höhenpläne des Vorentwurfs, die Beschreibung der Kanalanlage und die Anfertigung des Kostenvoranschlags besprochen. Über die Linienführung sagt er folgendes:

„In die vervollständigte topographische Karte wird eine Linie eingetragen, von der man nach dem Verlauf der Wasserzüge und Verkehrswege, sowie nach der Lage der Ortschaften annehmen kann, daß der Kanal, zur Erreichung des durch seine Anlage beabsichtigten Zweckes, sie wird verfolgen können, wenn man im Auge behält, daß er eine möglichst gerade Richtung und möglichst lange Haltungen bekommen, und sein Wasserspiegel im allgemeinen in Geländehöhe liegen soll, sowie daß keine größeren Schleusengefälle als 5 m vorkommen dürfen.“

Der Zahl der Schleusen und der damit in Verbindung stehenden Länge der Haltungen ist besondere Sorgfalt zuzuwenden. Mitunter ist zwar die Lage einer Schleuse durch örtliche Verhältnisse von vornherein festgelegt, gewöhnlich kann man aber durch Vergrößerung der Schleusengefälle oder durch Verlegung der Linie die Zahl der Schleusen vermindern. Die Schleusen vermehren die Transportkosten infolge unvermeidlicher Zeitverluste, nicht minder steigern sie die Unterhaltungskosten des Kanals; sie beeinträchtigen auch die Regelmäßigkeit der Beförderung. Seit auf den Hauptkanälen Dampfschiffahrt eingeführt ist, hat man auf Verringerung der Zahl der Schleusen und auf die Herstellung langer Haltungen mehr als früher Bedacht zu nehmen. Längere Haltungen gehen aber mit größeren Schleusengefällen Hand in Hand; die Kosten der Anschlussstrecken werden allerdings dabei gesteigert.

Wo bei geringen Längen große Höhenunterschiede zu überwinden sind, kann man, namentlich wenn die Speisung des Kanals schwierig ist, die Gefälle an einzelnen Punkten vereinigen und eigenartige Schleusen oder Hebewerke (vergl. Abschnitt E. des VIII. Bandes dieses Werkes) anlegen.⁹⁶⁾

Wenn es angezeigt ist, den zu einer Gruppe gehörenden Schleusen ein und dasselbe Gefälle zu geben, so erreicht man namhafte Vorteile durch Vereinfachung des Baues und der Unterhaltung.

Zunächst dürfen hier einige Zahlenangaben über die früher üblichen Schleusengefälle Platz finden.

Die Schleusen der Kanäle in den Niederungen haben nicht selten sehr kleine Gefälle, so z. B. in den Niederlanden, wo solche von 0,3 bis 0,8 nicht selten sind. Bei dem Rhein-Marne-Kanal beträgt

⁹⁶⁾ Über die Linienführung der Strecken, welche sich Hebewerken verschiedener Art anschließen, vergl. Zentrabl. d. Bauverw. 1896, S. 160.

das Normalgefälle der Schleusen 2,60 m, etwa ein Sechstel der Schleusen ist mit 2,72 m Gefälle ausgeführt. Außerdem kommen fünf Schleusen mit kleineren Gefällen von 2,49 bis 1,50 m vor. Das zuletzt genannte geringe Gefälle ergab sich bei der letzten Schleuse in der Nähe der Ill. — Das durchschnittliche Gefälle der Schleusen des Erie-Kanals beträgt 2,81 m, das größte 4,72 m, das kleinste 0,91 m. Bei dem Marne-Saône-Kanal beträgt das durchschnittliche Gefälle der Schleusen an der Marne-Seite 3,5 m; hier haben Schleusen ein und desselben Abschnitts tunlichst das gleiche Gefälle erhalten, beispielsweise 3,67 m bei neun zusammengehörenden Schleusen. Bei dem Entwurf für einen oberrheinischen Schifffahrtskanal wurde 3 m als günstigstes Schleusengefälle ermittelt, man fand aber, daß innerhalb der Grenzen 2,5 und 3,5 m bei den Bau- und den Betriebskosten des Kanals ein wesentlicher Unterschied nicht entsteht.

Nachdem das Eisen sich in neuerer Zeit bei größeren Schleusentoren eingebürgert hat, kann man unbedenklich größere Gefälle anwenden. Die drei Schleusen des Abstiegs des Oder-Spree-Kanals zur Oder haben Gefälle von 4 bis 5 m. Der Dortmund-Ems-Kanal weist zwei Schleusen mit 6,14 bzw. 6,20 m Gefälle auf; von diesen wird weiter unten eingehender die Rede sein.

Bei sechs Schleusen des Dortmund-Ems-Kanals nehmen die Gefälle nach unten hin ab, um das zur Deckung der Wasserverluste zu gebende Freiwasser einzuschränken. Die Gefälle dieser Schleusen betragen der Reihe nach

4,10, 4,00 3,80 3,60 3,50 3,36 m.

In schwierigen Fällen gelangt man zur Ermittlung einer zweckmäßigen, hinsichtlich ihrer genauen Lage aber noch zu prüfenden Linie erst durch umfangreiche und wiederholte Arbeiten. Aus den nachstehend vorgeführten bestimmten Fällen wird das Nähere hervorgehen. Einleitend sei bemerkt, daß die dem Zentralblatt entnommene Karte Abb. 2, Taf. VI die bestehenden Wasserstraßen des deutschen Reiches und diejenigen, deren Ausführung gesichert ist, übersichtlich vorführt. Diese Karte zeigt insbesondere, daß nach Ausführung der genehmigten Bauten in Preußen zwei große, in sich abgeschlossene Wasserstraßengruppen von ungleicher Leistungsfähigkeit, eine östliche und eine westliche, entstehen werden.

1. Der Rhein-Weser-Elbe-Kanal, jetzt Rhein-Weser-Kanal mit Verlängerung bis Hannover.⁸⁷⁾ Die langjährigen Untersuchungen, welche über eine Wasserverbindung zwischen Rhein, Weser und Elbe angestellt sind, zeigen, wie die Bearbeitung eines Kanalentwurfes stetig zu einer Verminderung der Zahl der Schleusen, also zu Verlängerung der Haltungen führt.

Für den Rhein-Weser-Kanal wurde noch in den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine Überschreitung des Teutoburger Waldes in der Gegend von Bielefeld untersucht, diese wurde jedoch wegen zu großer Meereshöhe (etwa 104 m) trotz vergleichsweise geringer Längenerstreckung aufgegeben. Ein anderer damals aufgestellter Entwurf, bei welchem der Teutoburger Wald umgangen wurde, zeigt zwischen dem Rhein bei Ruhrort und der Weser bei Minden 20 Schleusen; jetzt ist ihre Zahl auf acht vermindert. Um große Längen der Haupthalungen zu erreichen, verzichtet man jetzt darauf, selbst größere Städte unmittelbar zu berühren und ordnet für diese Zweigkanäle an. Man hat ferner behufs Einschränkung der Zahl der Schleusen bei Fluszkreuzungen, sogar bei Kreuzung der Weser, durchweg Kanalbrücken in Aussicht genommen.

⁸⁷⁾ Hefs, Der Weser-Elbe-Kanal. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1871, S. 180. — Voruntersuchungen über denselben. Wochenschr. d. Ver. deutscher Ing. 1881, S. 216. — Duis und Prüssmann. Der westliche Teil des Rhein-Weser-Elbe-Kanals. Berlin 1893. (Nicht im Buchhandel. Auszug in Mitteilungen des Zentralvereins für Binnenschifffahrt 1893, Okt.) — Prüssmann, Rhein-Weser-Elbe-Kanal. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1896/97, S. 90. — Zur Regierungsvorlage betreffend den Rhein-Elbe-Kanal. Dasselbst 1899, S. 121. — Rhein-Elbe-Kanal, Gesetzentwurf. Zentralbl. d. Bauverw. 1899, S. 129; Deutsche Bauz. 1899, S. 179 u. a. — Sympher, Technisches und Wirtschaftliches über das Rhein-Elbe-Kanalprojekt. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 165. — Sympher, Die preussischen Wassergesetzvorlagen vom Jahre 1904. Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 193. — Die Wasserstraßen-Vorlage des Jahres 1904. Kommissionsbericht.

Rücksichten auf die Herstellung langer Haltungen waren auch Veranlassung, daß man beim Entwurfe eines Weser-Elbe-Kanals eine an der Grenze der norddeutschen Ebene liegende Linie vor einer anderen bevorzugte, welche Braunschweig, Oschersleben und Magdeburg berührend allerdings den örtlichen Verkehr erleichtert hätte. Ein neuerer Entwurf weist bei etwa 220 km Entfernung zwischen Weser und Elbe nur 9 Schleusen auf, während früher 13 geplant waren.

Ein wichtiger Schritt zur Verwirklichung des Rhein-Weser-Kanals war die Art und Weise, wie der auf S. 130 besprochene Dortmund-Ems-Kanal entworfen und ausgeführt ist. Es muß hier wiederholt werden, daß die Strecke Herne-Henrichenburg-Bevergern ein Teil des Rhein-Weser-Kanals sein wird; den östlichen Teil dieses Kanals pflegt man den Mittelland-Kanal zu nennen.

Der Dortmund-Ems-Kanal wurde im Jahre 1899 eröffnet; in demselben Jahre machte die preussische Regierung der Volksvertretung eine Vorlage über den Bau eines Schifffahrtskanals vom Rhein bis zur Elbe, dieselbe fand indessen die Zustimmung des Hauses der Abgeordneten nicht. Im Jahre 1901 ist über eine abgeänderte und erweiterte Vorlage (Entwurf eines Gesetzes betreffend die Herstellung und Erbauung von Kanälen und Flußläufen im Interesse des Schiffsverkehrs und der Landeskultur) verhandelt worden. Diese wurde von der Regierung wegen ungünstigen Verlaufs der Kommissionsberatungen zurückgezogen.

Im Jahre 1904 wurden dem preussischen Landtage abermals Vorlagen gemacht und zwar ein Gesetzentwurf betreffend die Herstellung und den Ausbau von Wasserstraßen und vier den Flußbau, insbesondere die Hochwassergefahren, betreffende Gesetzentwürfe. Eine wesentliche Änderung des früheren Plans eines Mittellandkanals hat die erstgenannte Vorlage insofern gebracht, als darin die Strecke von Hannover bis zur Elbe fortgefallen ist. Die Veranlassung hierzu lag nicht auf technischem Gebiete; es hat sich um Beseitigung der schwer wiegenden wirtschaftlichen Bedenken gehandelt, von denen bereits die Rede gewesen ist. Eine Schattenseite der neuen Begrenzung des Kanals ist, daß die finanziellen Erfolge des gekürzten Kanals sich weniger günstig gestalten dürften, als die eines längeren; denn je länger eine Wasserstraße ist, desto mühsiger gestalten sich die Schifffahrtskosten und mit ihnen die Frachtsätze.

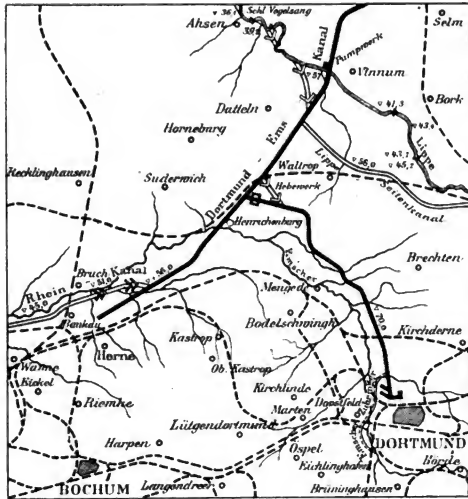
Die bereits erwähnte Kreuzung der Weser mittels einer Kanalbrücke und eine Verlängerung des Kanals nach Osten ist der Speisung wegen erforderlich. Die Wassermengen, welche sich aus der Emscher und der Lippe entnehmen lassen, sind nicht sehr groß, hauptsächlich muß das Wasser der Weser verwendet werden. Dies veranlaßt die Herstellung eines Speisekanals, welcher bei Rinteln aus der Weser abzweigt und in der Gegend von Bückeburg in den Kanal mündet. In § 13 wird von der Wasserentnahme weiter die Rede sein. Als Endpunkt wurde Hannover, als die nächste große Stadt, mit Recht gewählt.

Außerdem unterscheidet sich der neue Plan von dem Plane eines Rhein-Elbe-Kanals dadurch, daß statt des früher vorgesehenen Ruhr-Zubringers Speisung aus der Lippe gewählt ist; zu diesem Zweck wurde ein Lippe-Seitenkanal von Hamm nach Datteln entworfen, zumal ein solcher auch den Bedürfnissen des Verkehrs entspricht.

Die von der Regierung vorgeschlagene Linienführung ist seitens der Landstände nicht geändert; von Änderungen, welche im übrigen vorgenommen sind, ist die wichtigste, daß die Einführung eines staatlichen Schlepptomopols beschlossen wurde. Ferner hat man die Benutzbarkeit des Kanals dadurch gesteigert, daß den nicht in unmittelbarer Nähe desselben gelegenen wirtschaftlichen Unternehmungen das Zugangsrecht gewahrt ist.

Die Anschlüsse der Kanalstrecken, welche neuerdings genehmigt sind, an die bereits ausgeführten Strecken des Dortmund-Ems-Kanals gehen aus Abb. 5 hervor. Die letzteren sind durch eine starke schwarze Linie angedeutet, die ersteren durch eine kräftige Doppellinie. Die Eisenbahnen sind kräftig gestrichelt. Die (einfachen)schwächeren Linien bezeichnen die fließenden Gewässer.

Abb. 5. Anschluss des Rhein-Kanals und des Lippe-Seitenkanals an den Dortmund-Ems-Kanal. M. 1 : 250 000.



man die Mündung des Kanals überhaupt in die Gegend von Ruhrort legen wird. Es ist nicht ausgeschlossen, einen beliebigen nördlicher gelegenen Punkt, nötigenfalls bis Wesel dafür zu wählen. Auch die Frage, ob für die genannte Kanalstrecke etwa ein 1000 t-Kanal den Vorzug vor einem 600 t-Kanal verdient, schwebt noch.

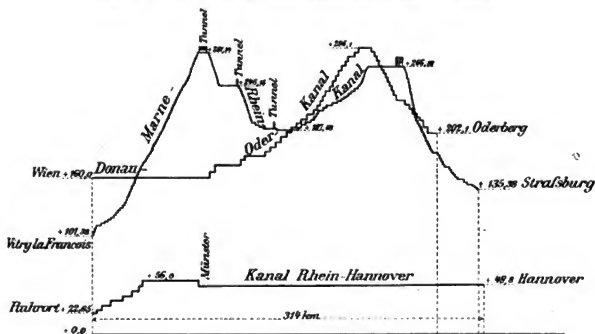
Bei dem Bau des Kanals sind die berücksichtigten Bodensenkungen des Industriegebietes zu berücksichtigen; man wird unter anderem dem anzukaufenden Grund und Boden eine ungewöhnlich große Breite geben. Auf die Herstellung von Heberwerken mußte man verzichten; der Höhenunterschied zwischen dem Rhein und der Scheitelhaltung (33 m) wird auf sieben Schleusen (Doppelschleusen), welche aber nicht unmittelbar nebeneinander erbaut, sondern in der Längsrichtung des Kanals gegeneinander verschoben werden sollen, verteilt werden.

Die bei Herne beginnende Scheitelhaltung und die sogenannte Mittellandhaltung sind bereits besprochen, aus der letzteren zweigt der Mittelland-Kanal in gleicher Höhe ab. Zwischen Münster und Hannover hat die Haltung eine Länge von 209 km. Das ist einzig in seiner Art. Man vergleiche in Abb. 6 den Höhenplan des Kanals vom Rhein nach Hannover mit den Höhenplänen einiger Scheitelkanäle mit hochliegenden Scheitelhaltungen und beachte das Folgende:

Der Rhein-Weser-Hannover-Kanal hat	314 km	Länge	und	8	Schleusen,
„ Rhein-Marne-Kanal	311 „	„	„	177 „	„
„ Donau-Oder-Kanal würde	274 „	„	„	50 „	„

haben, man wird aber eine ziemliche Anzahl der letzteren durch Hebewerke ersetzen.

Abb. 6. Vergleichende Höhenpläne einiger Schifffahrtskanäle.



Der geschichtlichen Entwicklung entsprechend sind beim Bau zu unterscheiden: der Kanal Rhein-Herne, der Dortmund-Ems-Kanal und der Kanal Bevergern-Hannover. Für den demnächstigen Betrieb ergibt sich aber folgendes: dem Stamme des Rhein-Weser-Hannover-Kanals schliessen sich an: bei Henrichenburg der Zweigkanal nach Dortmund, bei Datteln der Lippe-Seitenkanal, bei Bevergern der Kanal nach der Ems, außerdem Zweigkanäle nach Osnabrück und Minden.

2. Der **Großschifffahrtsweg Berlin-Stettin** bietet ein Beispiel dafür, „dafs eine Wasserstrafse erbaut werden soll, um einem befürchteten Rückgange in der wirtschaftlichen Entwicklung eines bestimmten Verkehrsgebiets vorzubeugen. Hier handelt es sich darum, die Wettbewerbsfähigkeit Stettins auf dem Berliner Markte, in der Provinz Brandenburg und im Elbegebiet gegenüber Hamburg und Lübeck, welche durch den bisherigen Ausbau der Wasserstraßen gegenüber Stettin begünstigt waren, wieder zu heben.“ Der genannte Schifffahrtsweg ist auch ein Beispiel für den Vergleich ganz verschiedener Linien, in diesem Falle einer westlichen und einer östlichen.²⁸⁾ In jedem Falle würde der Kanal für 600 t-Kähne erbaut werden.

²⁸⁾ Röder, Die Verbesserung der Wasserverbindung Berlins mit dem Meere. *Zentralbl. d. Bauverw.* 1896, S. 189. — Havestadt, Technische Einzelheiten einer östlichen Linienführung des Großschifffahrtsweges Berlin-Stettin. *Zeitschr. f. Binnenschifffahrt* 1899, S. 28. — Iken, Dasselbe für eine westliche Linienführung. Dasselbst 1899, S. 80. — Düsing, Über die technischen Einzelheiten des regierungsseitig geprüften Entwurfs der Herren Havestadt und Contag. Dasselbst 1900, S. 182. — Möller, Großschifffahrtsweg Berlin-Stettin. *Bauingenieur-Zeitung* 1900, S. 2. — Middeldorf, Der Ausbau der Havel-Oder-Wasserstrafse zum Großschifffahrtswege. *Zentralbl. d. Bauverw.* 1901, S. 56. — Zur Beurteilung der Bedeutung der Wasserstrafse Berlin-Stettin. *Zeitschr. f. Binnenschifffahrt* 1904, S. 350. (Es wird nachgewiesen, dafs in Jahren mit besonders geringen Niederschlägen die Wasserstrafse Berlin-Stettin die einzige zuverlässige Wasserverbindung zwischen Berlin und der See ist.)

Die westliche, seitens der preussischen Regierung bearbeitete Linie (Abb. 2, Taf. VI) beginnt unfern Spandau am Tegeler See, verfolgt den Lauf der Havel bis Oranienburg, wendet sich dann alsbald östlich und kreuzt den Finow-Kanal in gleicher Höhe, bis Hohensaathen behält sie die Richtung des genannten Kanals bei. Die Scheitelhaltung beginnt bei Oranienburg und endigt östlich von Eberswalde; sie ist rund 50 km lang. Der Abstieg nach der Oder läßt sich mit fünf Schleusen bewerkstelligen. Zwischen Hohensaathen und Stettin wird man die Oder benutzen.

Der von Havestadt bearbeitete Entwurf der östlichen Linie verfolgt einen doppelten Zweck: er würde außer einem Wege von Berlin nach Stettin auch einen solchen nach der bei Küstrin in die Oder mündenden Warthe, somit eine Verbindung mit den östlichen Wasserstraßen schaffen. Diesem Zwecke entsprechend beginnt die Linie am Seddin-See, woselbst auch der Oder-Spree-Kanal mündet (Abb. 1^b, Taf. V), sie verfolgt bis Alt-Friedland eine nordöstliche Richtung, wendet sich dann aber nordwestlich bis in die Gegend von Hohensaathen. Bei Alt-Friedland würde ein im wesentlichen östlich gerichteter Kanal nach Küstrin abzweigen. Es ergibt sich eine in der Höhe des Wasserstandes der Spree liegende Scheitelhaltung von etwa 40 km Länge. Der Abstieg in das Tal der Oder würde sich durch zwei Hebewerke bewerkstelligen lassen.

Die Bedenken, welche sich der letztgenannten Linienführung entgegenstellen, sind in der in Anm. 38 näher bezeichneten Mitteilung Düsings eingehend dargelegt. Hier soll nur erwähnt werden, daß die Speisung der Scheitelhaltung als schwierig und daß die Durchschneidung eines Torfmoores von 11 km Länge als äußerst bedenklich bezeichnet wird. Weil außerdem die Baukosten weit größer sein würden, als die Baukosten der westlichen Linie, bevorzugt die preussische Regierung die letztere.

3. Der masurische Kanal soll die Verbindung zwischen den Masurischen Seen und Königsberg vermitteln.³⁹⁾ Er ist ein Beispiel eines Kanals, für welchen vergleichsweise kleine Abmessungen (11 m Sohlenbreite, 2 m Wassertiefe) am Platze sind, die Tragfähigkeit der Kähne sollte jedoch nicht geringer als 150 t sein. Die vorläufige Linienführung ist in diesem Falle durch die örtlichen Verhältnisse von vornherein angezeigt. Der Kanal würde die zahlreichen, miteinander bereits in Verbindung stehenden masurischen Seen durchschneiden und von dem westlichen See (dem Mauer-See) nach Allenburg, einer Stadt an der schiffbaren Alle, geführt werden. Eigenartig ist, daß diese 52 km lange Strecke einen Höhenunterschied von 111 m, den man im wesentlichen auf sechs „Gefällstationen“ zu verteilen gedenkt, aufweist. Bei den oben angegebenen Abmessungen des Querschnitts hat man eine Wassergeschwindigkeit von 0,2 m/Sek. zu gewärtigen. Behufs Ausnutzung der Wasserkraft sind an den Gefällstationen Turbinenanlagen geplant.

Die Schifffahrt würde von Allenburg aus eine kurze Strecke der Alle benutzen, dann von Wehlau bis Königsberg den Pregel. Die Besitzer der Wiesen am Pregel und an der Deime befürchten mit Recht Schädigung ihrer Wiesen durch das vom Kanal zugeleitete Wasser. Abhülfe kann durch einen 90 km langen, nicht schiffbaren Ent-

³⁹⁾ Fröhling, Die masurische Wasserstraße. Mitteilungen des Zentralvereins 1891, Lief. 4, S. 18. — Intze, Gutachten über die Nutzbarmachung erheblicher Wasserkräfte durch den masurischen Schifffahrtskanal. Berlin 1894. — Der Königsberger Seekanal und die ostpreussischen Binnenwasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1902, S. 60 (S. 62, Kanal vom Mauer-See zur Alle). — Dankwerts, Der Königsberger Triebwerkskanal als Vorspann für den masurischen Schifffahrtskanal. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 191. — Der masurische Schifffahrtskanal in der Landwirtschaftskammer für Ostpreußen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 199.

lastungskanal geschaffen werden, welcher 15 km oberhalb Allendorf aus dem Schifffahrtskanale abzweigend nach Königsberg geführt werden würde. Auch dieser „Triebwerkskanal“ würde Gefällstationen und Wasserkraftmaschinen und zwar 6 Stück erhalten.

„Beim masurischen Kanal handelt es sich neben Belebung des Verkehrs um unmittelbare landwirtschaftliche Melioration durch Senkung des Wasserspiegels der masurischen Seen, wodurch große Uferländereien die richtige Höhenlage für Wiesen erlangen würden. Sodann soll der Kanal mittelbar durch Gewährung billiger Abfuhrmöglichkeit des Holzes die Forstwirtschaft ertragreicher machen, und endlich wird er an den hohen Gefällstufen durch Schaffung großer Wasserkräfte der Landwirtschaft und Industrie billige Betriebsmittel zur Verfügung stellen und dadurch die erstere fördern, die letztere neu hervorrufen. Leider haben befürchtete Schädigungen unterhalb liegender Wiesenbesitzer die Ausführung des Kanals verzögert und damit bisher eine Anlage unmöglich gemacht, die ein sprechendes Beispiel sein würde für die Vereinigung zahlreicher Interessen des Verkehrs und der Landeskultur, sowie der Industrie, des Handels und der Landwirtschaft.“

4. **Österreichische Kanäle.**⁴⁰⁾ In Österreich ist im Jahre 1901 ein Gesetz erlassen, welches den Bau von Wasserstraßen und die Durchführung von Flufsregulierungen für geraume Zeit regelt. Am Eingange dieses Gesetzes ist gesagt:

Der Bau

- a) eines Schifffahrtskanales von der Donau zur Oder,
- b) eines Schifffahrtskanales von der Donau zur Moldau nächst Budweis nebst der Kanalisierung der Moldau von Budweis bis Prag,
- c) eines Schifffahrtskanales vom Donau-Oder-Kanal zur mittleren Elbe nebst Kanalisierung der Elbe-Strecke von Melnik bis Jaromer,
- d) einer schiffbaren Verbindung vom Donau-Oder-Kanal zum Stromgebiete der Weichsel und bis zu einer schiffbaren Strecke des Dnjestr

ist vom Staate auszuführen, wenn der betreffende Landesteil einen bestimmten, im Gesetze näher bezeichneten Beitrag leistet.

Die österreichischen Kanäle sollen für Kähne gebaut werden, welche 1,8 m Tauchtiefe haben, 8,0 m breit und einschließlich Steuer 67,0 m lang sind; voll beladen tragen sie 630 t. Die Querschnitte der Haltungen werden 16 m Sohlenbreite und 3,0 m normale Wassertiefe haben. Die Schleusen sollen bei 67 m nutzbarer Länge 9,0 m weit werden.

⁴⁰⁾ Der Donau-Elbe-Kanal. Beschreibung des von dem Ingenieur Deutsch bearbeiteten Entwurfes. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1882, S. 250; 1884, S. 177. Vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 272. — Über eine Wasserstraße von Wien bis zur Oder bei Oderberg (Vortrag von Schlichting). Deutsche Bauz. 1881, S. 501 u. f. — Suppán, Wasserstraßen und Binnenschifffahrt (im 18. Abschnitt Ausführliche Beschreibung des österr. Wasserstraßengesetzes und der einzelnen Linien, im 17. Abschnitt (S. 500) Karte der Wasserstraßen in Österreich und Ungarn, auch Beschreibung der in Ungarn geplanten Kanäle, im 6. Abschnitt eingehende Mitteilungen über ältere und neuere Schiffsbewerke und über Trockenförderung von Schiffen).

IV. Vorstandstag des deutsch-österreich-ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt (Besprechung der Entwürfe der geplanten Kanäle). Deutsche Bauz. 1899, S. 478 u. a.; Das Schiff 1899, S. 297. — Sympher, Die österr. Kanalvorlage. Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 249. — Zur großen österr. Wasserstraßen-Vorlage. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 282. — Bubendey, Die technischen Grundlagen des österr. Gesetzentwurfes betr. den Bau von Wasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 309. — Diskussion über die Wasserstraßen in Österreich. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 581. — Wettbewerb für das Schiffshebewerk bei Aujezl. Preisverteilung. Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 560; dasselbst 1905, S. 125 (ausführlicher Bericht über die Ergebnisse von Gerhardt). — Verschiedene Verbandsschriften des deutsch-österreich-ungar. Verbandes für Binnenschifffahrt (Verlag von A. Troschel in Berlin-Grünwald).

Das Eigenartige dieser Kanäle besteht darin, daß ihre Scheitelhaltungen eine ungewöhnlich hohe Lage haben, schwierige Speisung derselben geht hiernach Hand in Hand. Näheres ergibt die nachstehende Tabelle; daß man beabsichtigt, die daselbst angegebene Zahl der Schleusen durch Anwendung von Hebewerken zu verringern, ist bereits angedeutet.

Bezeichnung der Kanäle	Länge	Hohe der Scheitelhaltungen über dem Meer*	Gesamtgefälle	Schleusenanzahl
	km	m	m	m
Donau-Oder-Kanal	274	285	205	50
Donau-Moldau-Kanal:				
Wien-Budweis	205	540	535	129
Linz-Budweis	95	690	748	170
Oder-Elbe-(böhmisch-mährischer) Kanal	196	420	411	100
Oder-Weichsel-Dnjestr-Kanal	479	270	286	71

* Zu diesen Zahlen sei bemerkt, daß der Wasserspiegel der Donau bei Wien ungefähr 160 m über dem Meere liegt.

Aus der vorstehenden Tabelle ersieht man, daß längere Haltungen nur beim Oder-Weichsel-Dnjestr-Kanal ausführbar sind, die übrigen Kanalentwürfe weisen bei insgesamt 770 km Länge 450 Kammerschleusen auf, somit eine Schleuse auf durchschnittlich 1,7 km Länge.

„Der Betrieb eines Kanals mit vielen kurzen Haltungen bringt aber große Unbequemlichkeiten und bei starkem Verkehr auch Unzuträglichkeiten mit sich. Deshalb wird unter der Voraussetzung, daß die Kostenfrage nicht den Ausschlag gibt, eine Linie mit langen Haltungen, an deren Enden jedesmal bedeutende Höhenunterschiede zu überwinden sind, stets zu bevorzugen sein. Die Leistungsfähigkeit eines Kanals hängt ferner nicht in erster Linie von der Zeit ab, die ein Schiff zum Durchfahren der Strecken benötigt, maßgebend ist vielmehr die Schnelligkeit, mit der ein Schiff an der Hebestelle dem anderen zu folgen vermag.“

Diese Erwägungen haben veranlaßt, daß bei der Mehrzahl der österreichischen Kanäle, wie bereits erwähnt, die Ausführung einer nicht geringen Zahl von Hebewerken in Aussicht genommen ist. Da aber die über derartige Werke vorliegenden Erfahrungen nicht genügen, ist die probeweise Ausführung eines Hebewerks für den Donau-Oder-Kanal in die Wege geleitet; die Pläne sind durch ein Preis Ausschreiben beschafft.

Ein beachtenswerter Wettbewerb zwischen zwei Linien findet hinsichtlich der Verbindung der Donau mit der Moldau statt. Das Gesetz läßt diese Frage offen. Einstweilen sind eine Linie Wien-Budweis und eine Linie Linz-Budweis bearbeitet; die obige Tabelle enthält Angaben über beide. Die Frage, welche dieser Linien den Vorzug verdient, ist zur Zeit, soweit bekannt, noch nicht entschieden.

Unter den österreichischen Kanälen ist der Donau-Oder-Kanal besonders wichtig, weil er der schlesischen und mährischen Kohle den Weg nach Wien erleichtern wird. Die örtlichen Verhältnisse legen die Linie der Hauptsache nach fest; sie beginnt an der Donau bei Wien, folgt dem Flußlaufe der March und Beczwa, übersetzt in der Scheitelhaltung die Wasserscheide zwischen Beczwa und Oder und endigt bei Oderberg an der Abzweigung der Kaschau-Oderberger Bahn von der oberschlesischen Bahn in

einen großen Hafen. Über den Anschluß des Kanals an die Oder sind Vereinbarungen zwischen Österreich und Preußen bis jetzt noch nicht getroffen.⁴⁾)

5. Sonstige deutsche Kanalpläne. Die sonstigen deutschen Kanalentwürfe betreffen hauptsächlich einen oberrheinischen Seitenkanal, die sogenannte Leipziger Kanalfrage und einen Main-Donau-Kanal. Wir beschränken uns darauf, einiges aus der betreffenden Literatur anzugeben.

Der schiffbare Rhein-Kanal Straßburg-Rastatt-Leopoldshafen oder Girmersheim. Karlsruhe 1883. Rhein-Kanal Straßburg-Ludwigshafen. Deutsche Bauz. 1886, S. 283.

Willgerodt, Entwurf zu einem oberrheinischen Schifffahrtskanal. Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 24, 38, 49 u. 57.

Elsaß-Lothringische Kanalbau-Frage. Deutsche Bauz. 1891, S. 107.

Havestadt u. Contag, Die Leipziger Kanalfrage unter Berücksichtigung aller bisherigen Vorschläge und Entwürfe, in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht erörtert. Leipzig 1892. Contag, Das Kanalprojekt Leipzig-Riesa. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1900, S. 12.

Fleischmann, Die Wasserstraße der Zukunft von der Donau nach dem Rhein. Wochenblatt f. Bauk. 1887, S. 245 u. f.

Maier, Donau- und Donau-Main-Kanal. Mitteilungen des „Zentralvereins“ vom 14. Dezember 1887. Main-Donau-Wasserstraße. Deutsche Bauz. 1893, S. 508.

Studien und Vorarbeiten zu einem neuen Main-Donau-Kanal. Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 248. Faber, Geplante Donau-Main-Großschifffahrtsstraße. Deutsche Bauz. 1901, S. 188.

Faber, Technischer Entwurf einer neuen Donau-Main-Wasserstraße von Kehlheim nach Aschaffenburg. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 44. — Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 427.

Denkschrift über die Main-Donau-Wasserstraße. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 444. — Deutsche Bauz. 1903, S. 430.

Die Herstellung einer Großschifffahrtsstraße vom Rhein bis zur Donau durch Baden, Württemberg und Bayern. Dasselbst 1904, S. 141.

Vergl. auch: Die Wiederherstellung der Schiffbarkeit der oberen Donau (zwischen Kehlheim und Ulm (Seitenkanal)). Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 39.

Ferner die auf S. 153 in Anm. 40 erwähnten Verbandsschriften.

§ 6. Endgültige Linienführung. Ausführliche Vorarbeiten. Der Unterschied zwischen vorläufiger und endgültiger Linienführung und der Zweck der letzteren sind auf S. 146 erörtert. Auch bei der endgültigen Linienführung gelangt man nicht selten erst durch die Untersuchung einiger Vergleichslinien zum Ziel.

Bei Bearbeitung der endgültigen Lage eines Kanals sind namentlich die Zahl der Schleusen und die Länge der Haltungen nochmals zu prüfen. Im übrigen sind die leitenden Gesichtspunkte verschieden, je nachdem das Gelände geringe oder starke Querneigung hat. Im erstgenannten Falle wird die Lage der Linie vorzugsweise durch Rücksichten auf den Lageplan bestimmt. Man kann, wie bei der Linienführung von Straßen und Eisenbahnen in ebener Gegend, gerade Linien von ansehnlicher Länge erzielen und hat, wie bei jenen, besonders auf den Grunderwerb, die Bodenbeschaffenheit, die Wegeüberführungen u. s. w. Rücksicht zu nehmen. Auf den Ausgleich der Einschnitts- und Auftragsmassen wird man nicht viel Gewicht legen können, besonders dann, wenn man den Kanal behufs Verringerung des Wasserverlustes tief in das Gelände einschneiden will.

Die Kreuzung des Kanals mit einer Eisenbahn verlangt eine tiefe Lage des ersteren oder eine hohe Lage der letzteren. Die Fälle, in denen man den Kanal über

⁴⁾ Vergl. auch: Trassenrevision des Donau-Oder-Kanalentwurfes. Österr. Wochenschr. f. d. öffentlichen Baudienst 1903, S. 458.

eine Bahn hinwegführen könnte, sind sehr selten. Falls man nun den Kanal nicht so tief legen kann, wie die Lichthöhe oberhalb des Wasserspiegels solches erfordert, so wird eine Veränderung der Höhenlage der Bahn, mitunter auch eine Verlegung derselben unvermeidlich. Beim Bau des Merwede-Kanals sind beispielsweise drei bedeutende Bahnverlegungen vorgenommen, bei welchen neue Strecken von zusammen nahezu 12 km Länge hergestellt werden mußten.

Ein lehrreiches Beispiel für die zahlreichen Änderungen und Verbesserungen, welche gelegentlich einer endgültigen Linienführung vorgenommen werden, bieten die Mitteilungen Rehders über den Bau des Elbe-Trave-Kanals in Zeitschr. f. Binnensch. 1899, S. 190.⁴⁷⁾ Hier kann nur einzelnes erwähnt werden.

a) Im vorläufigen Entwürfe waren neun Schlenzen, drei auf der Elbseite und sechs auf der Trave-seite vorgesehen. Nachdem auf jeder Seite eine Schleuse beseitigt ist, wird der Kanal nur sieben Schleusen erhalten. (Die Lauenburger Schleuse hat je nach den Wasserständen 3,9 bis 5,8 m Gefälle.)

b) Durch die hiermit in Verbindung stehende Hebung des Wasserspiegels oberhalb der Lauenburger Schleuse wurde die Abrutschungsgefahr vermindert, welche vorher aus einem tiefen Einschnitt am Lauenburger Berge erwachsen war, so dafs man von der dort beabsichtigten Verlegung der Eisenbahn Lauenburg-Büchen Abstand nehmen konnte. Ferner wurde die Lauenburger Kanalhaltung dem Bereiche der hohen Elbfluten mehr entzogen. Man vergleiche Abb. 3 u. 4, Taf. VI.

c) Der normale Wasserspiegel, der zum Teil in einem tiefen Einschnitt liegenden Scheitelhaltung ist von 12 m auf 11,83 m über N. N. gesenkt worden. Dies ist geschehen, „um unabsehbaren Weiterungen und Ansprüchen der Stadt Mölln aus dem Wege zu gehen.“

d) In der Scheitelhaltung wurden durch Vergrößerung der Schlenzbreite drei Ausweichstellen für das Begehen sehr großer Kanalkähne geschaffen.

e) Der Winkel der Kreuzung des Kanals mit der oben genannten Eisenbahn wurde von $39^{\circ} 40'$ auf 45° vergrößert.

Für die sonstigen Änderungen, welche meistens die Bauwerke betreffen, kann auf die oben erwähnte Mitteilung verwiesen werden.

Wenn das Gelände starke Querneigungen hat, also unter anderem dann, wenn der Kanal an einer Tallehne liegt, sind die Höhenverhältnisse des Geländes für die Linienführung maßgebend. Man kann in diesem Falle horizontale Hilfslinien, sogenannte Leitlinien (s. den ersten Band des ersten Teils dieses Handbuchs, Kap. I, Vorarbeiten für Strafen und Eisenbahnen, § 16) kaum entbehren, es muß jedoch zuerst der Höhenunterschied zwischen der Leitlinie und der Kanalsohle ermittelt werden. Zu diesem Zwecke zeichnet man die Linien AB , A_1B_1 , u. s. w. (Abb. 6, Taf. IV), welche den Querneigungen des Geländes entsprechen, derart in den normalen Kanalquerschnitt ein, dafs die Auftragsflächen und die Einschnittsflächen einander decken und bestimmt die Abstände CM , C_1M_1 , u. s. w. Die Lage der Punkte M , M_1 . . . ist von jenen Querneigungen, jedoch in geringem Grade, abhängig. Man addiert nun den für eine gegebene Querneigung geltenden Abstand $CM = h_1$ zu der Höhenzahl h der Kanalsohle und erhält durch Ermittlung derjenigen Geländepunkte, welche die Höhe $h + h_1$ haben, Punkte der Leitlinie. In der Regel wird man eine mittlere Querneigung einführen und somit h_1 konstant annehmen können. Wenn hierbei zwischen Leinpfad und Fußpfad unterschieden wird, so ist der erstere an der dem Bache oder Flusse zugekehrten Seite des Kanals anzunehmen und der Fußpfad zunächst der Tallehne, weil jener bei solcher Lage trockener liegt und weil die Ausnutzung der an dem Abhange etwa anzulegenden Steinbrüche u. s. w. durch einen zwischen ihnen und dem Kanale liegenden Leinpfad erschwert sein würde.

Auf diesem Wege ergibt sich die für die Bewegung der Erdmassen vorteilhafteste Linie. Die Rücksichten auf die Erdarbeiten können indessen nicht unbedingt

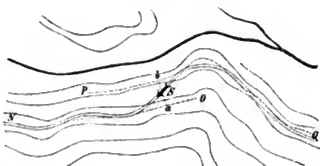
⁴⁷⁾ Die endgültige Linienführung des Dortmund-Ems-Kanals ist in der bereits erwähnten Mitteilung über den Bau dieses Kanals (Zeitschr. f. Bauw. 1901) gründlich besprochen.

maßgebend sein und man hat nicht selten Veranlassung, eine etwas tiefere Lage des Kanals, bei welcher die Einschnittsmassen die Auftragsmassen überwiegen, zu wählen. Erhebliche Abweichungen der Kanalachse von der Leitlinie ergeben sich selbstverständlich u. a. an allen Stellen, woselbst der Kanal einen natürlichen Wasserlauf überschreitet.

Es ist erwünscht, wenn man mit dem Kanal in der Nähe der Talsohle bleiben darf, dabei müssen die Haltungen aber außerhalb des Bereichs des Hochwassers des fließenden Gewässers liegen. Bezeichnet

(Abb. 7) NO die Leitlinie einer oberen Strecke, so hat man unterhalb derselben eine zweite Leitlinie PQ aufzusuchen, deren Höhenlage durch ein zweckmäßiges Schleusengefälle gegeben ist. Auf der Linie PQ wird nun unter Berücksichtigung der Überschwemmungsgrenze ein Punkt b so bestimmt, daß der Leinpfad eines an dieser Stelle gedachten Kanals mindestens hoch-

Abb. 7.



wasserfrei liegen würde. In der Mitte der Linie ab , welche die kürzeste Verbindung zwischen den Leitlinien NO und PQ darstellt, kann die Schleusenmitte vorläufig angenommen werden. Die Schleusenachse ist alsdann so zu legen, daß oberhalb und unterhalb der Schleuse eine gerade Linie von etwa 150 m Länge entsteht, worauf im übrigen die Achse des Kanals unter Benutzung der Leitlinie in bekannter Weise ermittelt wird.

Wenn die nach obigem unter vorzugsweiser Berücksichtigung der Höhenverhältnisse und der Erdmassenausgleichung ermittelte Lage der Schleuse auch denjenigen Anforderungen entspricht, welche sich aus dem Grundrisse (also beispielsweise aus der Lage benachbarter Wege, Wasserläufe und Gebäude), ferner aus der Beschaffenheit des Baugrundes u. s. w. ergeben, so ist die Schleuse als endgültig festgelegt anzusehen. Die zuletzt genannten Umstände bedingen aber häufig die Wahl eines anderen Platzes.

Ein Verfahren zur Ermittlung derjenigen Kanalmittellinie, welche bei welligem Gelände die geringsten Erdarbeiten mit sich bringt, hat Brennecke angegeben.⁴³⁾ Hierbei werden bei verschiedenen miteinander zu vergleichenden Linien die auszuhebenden Massen mittels sogenannter Flächenprofile ermittelt, und durch „Verschiebungsprofile“ wird dieser Ermittlung eine zweckentsprechende Grundlage gegeben. Ein Verschiebungsprofil entsteht, indem an verschiedenen geeigneten Stellen eines hinreichend langen Querprofils des Geländes die Flächeninhalte an diesen Stellen gezeichneter Kanal-Querschnitte ermittelt und nach einem Flächenmaßstab, wie beim Flächenprofil, aufgetragen werden. Alsdann werden in einem Lageplan die Verschiebungsprofile an die Richtungslinien der Gelände-Querprofile gezeichnet und auf diese Weise zusammengestellt. Man bekommt hierdurch ein Bild von dem Einfluß, welchen jede Änderung der Lage einer vorläufig angenommenen Kanalachse auf die Erdarbeiten ausübt, und kann die auszuhebenden Erdmassen mittels der nunmehr in kurzer Zeit zu zeichnenden Flächenprofile für sämtliche Versuchslinien schnell ermitteln.

Wenn Speisegräben an Tallehnen liegen, kann man bei Ermittlung des Abstandes zwischen Leitlinie und Wasserspiegel ebenso verfahren, wie oben für den

⁴³⁾ Brennecke, Über die Ermittlung der geringsten Erdarbeiten bei Kanalbauten. Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, S. 489.

Schiffahrtskanal angegeben ist, beim Aufsuchen der Leitlinie ist aber selbstverständlich das Gefällverhältnis des Grabens zu berücksichtigen.

Beim endgültigen Festlegen der Kanalachse sind die Kreisbögen, welche je zwei gerade Linien miteinander verbinden, auszustecken und in den Plänen zu verzeichnen, was bei der vorläufigen Bearbeitung nur ausnahmsweise erforderlich ist. Die Ansichten über die Größe der anzuwendenden Krümmungshalbmesser haben sich im Laufe der Zeit mit Zunahme der Länge der Kähne und mit Einführung größerer Fahrgeschwindigkeiten sehr geändert. Bei einer Schiffslänge von 34,5 m hat man bei älteren Kanälen, z. B. beim Rhein-Marne-Kanal, Halbmesser bis 100 m abwärts zur Anwendung gebracht. Neuerdings gilt für Hauptkanäle 1000 m als das normale und 600 m als das kleinste Maß. Beim Dortmund-Ems-Kanal mußte man jedoch in einigen Fällen Halbmesser von 200 m anwenden. Von der sonstigen Behandlung der gekrümmten Strecken wird im folgenden Paragraphen die Rede sein.

Wenn die Mittellinie des Kanals festgelegt und in einen Lageplan eingetragen ist, verlaufen die übrigen Arbeiten im wesentlichen ebenso wie bei Eisenbahnen. Für die Einzelheiten können der oben bezeichnete Band unseres Handbuchs und das auf S. 146 erwähnte Werk Oppermanns zu Rate gezogen werden. Hier ist Beschränkung auf eine Übersicht und einzelne Bemerkungen angezeigt.

An ein genaues Längennivellement schließt sich die Ausarbeitung des endgültigen Höhenplans. Es sei dazu bemerkt, daß man langen Haltungen, namentlich langen Scheitelhaltungen, ein geringes Längsgefälle zu geben pflegt, weil eine geneigte Kanalstrecke sich leichter und vollständiger trocken legen läßt, als eine horizontale.

Der Kanal Brüssel-Charleroi soll in seiner Scheitelstrecke ein Sohlengefälle von 0,037 m, die Strecke des Erie-Kanals von Lockport nach Rochester sogar ein solches von 0,083 m f. d. Kilometer haben. Bei einem älteren Entwurfe des Weser-Elbe-Kanals ist der mittlere Teil der Scheitelstrecke zwischen den Speisegräben aus der Leine und der Ocker horizontal gelegt, rechts und links derselben hat man jedoch 0,157 m Gefälle auf etwa 60 km Länge angeordnet. Es ist somit ein Sohlengefälle von nicht ganz 0,003 m f. d. Kilometer angenommen. Der Oder-Spree-Kanal hat in der Gegend von Fürstenwalde ein Sohlengefälle von 0,01 m, in den übrigen Strecken ein solches von 0,007 m f. d. Kilometer erhalten. Es sei noch erwähnt, daß in der Scheitelhaltung des Rhein-Marne-Kanals ein kilometrisches Wasserspiegel-Gefälle von 0,004 bis 0,008 m beobachtet ist, dem letzteren entspricht eine Wassergeschwindigkeit von 0,14 m; eine solche Geschwindigkeit beeinflusst den Schiffswiderstand erheblich.

Daß Strecken, welche außer der Schifffahrt auch der Entwässerung dienen, Sohlengefälle erhalten, ist selbstverständlich.

An das Nivellement der Querprofile des Geländes schließt sich deren Aufzeichnen und das Einzeichnen der Kanalquerschnitte an, sodann die Ermittlung der Querschnitte der Auf- und Abtragsflächen. Über die Kanalquerschnitte wird im folgenden Paragraphen mehr gesagt werden.

Jene Berechnungen sind ein Teil des Hauptkostenanschlages, Oppermann bespricht denselben ausführlich. Hauptabteilungen sind: Die Kosten des Grunderwerbs, die Erd- und Böschungsarbeiten, die Bauwerke und baulichen Anlagen (zu letzteren würden vorkommendenfalls auch die Anlagen für die Speisung des Kanals gehören), die Unterhaltung während der Bauzeit, die Verwaltungskosten und die Insgemeinkosten. Auch die Arbeiten bei der Herstellung der Sonderentwürfe für die Bauwerke werden von dem Genannten eingehend besprochen.

Nunmehr sollen einige Punkte hervorgehoben werden, woselbst die Vorarbeiten für Schiffahrtskanäle von den Vorarbeiten für Eisenbahnen abweichen.

Bei Kanälen ist die Untersuchung der Grundwasserverhältnisse besonders wichtig; es empfiehlt sich, nicht allein den zeitigen Grundwasserstand, sondern auch die Schwankungen desselben soweit möglich zu ermitteln. Dafs der Höhenunterschied zwischen dem Spiegel des Kanals und dem Grundwasser auf die Wasserverluste, mittelbar also auch auf die Dichtung des Kanals grofsen Einflufs hat, ist bereits erwähnt. Die Höhenlage des Grundwassers beeinflusst ferner die Kosten der Einschnitte, falls ein Teil des Bodens unter Wasser ausgehoben werden mufs. Sodann ist zu berücksichtigen, dafs die Kanalanlage nicht selten eine Änderung des Grundwasserstandes in ihrer Umgebung herbeiführt und dafs diese Änderung je nach Umständen Nachteile oder Vorteile für die Landwirtschaft im Gefolge haben kann.

Die Bodenuntersuchungen gestalten sich insofern eigenartig, als es wichtig ist, die Lage der Baustoffe zu kennen, welche, wie fette Erdarten, für die Dichtung des Kanalbettes und von solchen, die, wie grober Sand und Kies, für die Herstellung von Beton zu Uferdeckungen geeignet sind. Diese Ermittlungen sind auch auf benachbarte Grundstücke auszudehnen. Ferner ist mooriger und sonstiger Boden, der sich, wie z. B. gewisse Arten von Mergel, zur Verwendung von Aufträgen nicht eignet, genau zu untersuchen.

Eine dritte Eigentümlichkeit besteht darin, dafs die Querprofile eines Schiffahrtskanals in der Regel sowohl Einschnitts- wie Auftragsflächen aufweisen; bei Eisenbahnen ist das seltener der Fall. Dieser Umstand und die oben erwähnten Rücksichten auf den verschiedenen Wert der Bodenarten haben zu einer beachtenswerten Behandlung des Flächenprofils geführt.

Oppermann sagt hierüber folgendes:

„1. Das Flächenprofil soll in der Weise hergestellt werden, dafs die Gröfsen der für einen Abschnitt aus den beiden in begrenzenden Querprofilen berechneten mittleren Profile als Ordinaten in jedem der beiden zugehörigen Abschnittspunkte einer die Kanalachse darstellenden Linie im Mafsstabe von $1 \text{ qm} = 1 \text{ mm}$ aufgetragen werden. Die Endpunkte der Ordinaten sind dann durch eine Parallele zur Achse zu verbinden. Die Fläche zwischen den beiden Ordinaten stellt daher die in dem Abschnitte vorhandene oder nötige Bodenmasse dar. Die Abtragsflächen (die Vorrats- oder Bezugsmassen) sollen oberhalb der Achse, die Auftragsflächen (die Bedarfsmassen) unterhalb derselben aufgetragen werden. Die Begrenzung der Flächen oben und unten wird dann durch abgetrepte Linien gebildet.“

„2. Von den, die Abtragsmassen darstellenden Flächen oberhalb der Achse werden nun, von der oberen Grenzlinie ab, zunächst die Teile der Profilflächen abgesetzt, welche den zur Herstellung des Auftrags gänzlich ungeeigneten Bodenmassen entsprechen, sodann anschliessend die Profilflächen für diejenigen Massen, welche in den Aufträgen für besondere Zwecke später zur Verwendung kommen sollen und zunächst ausgesetzt werden müssen, wie Ton für Dichtungen, Kies für Bettungen und dergl.“

„Darauf sind von der unteren Begrenzung der die Auftragsmassen darstellenden Fläche nunterhalb der Achse diejenigen Flächen nach der Achse hin abzutragen, welche den vorläufig ausgesetzten, zur besonderen Verwendung in den Aufträgen erforderlichen Massen entsprechen.“

Wie alsdann im Flächenprofile einerseits die überschüssigen, andererseits die fehlenden Massen dargestellt und ermittelt werden, ist bekannt. Das Massenprofil wird im allgemeinen in üblicher Weise behandelt.

Der größere Teil des Oppermann'schen Werks behandelt die Geschäftsführung während der Ausführung des Baues, also einen Teil der Gegenstände, welche in Kapitel II des oben erwähnten Bandes unseres Handbuchs unter „Banleitung“ besprochen werden. Von den zehn Abschnitten, welche diesem Zweige gewidmet sind, sei hier der siebente „Darstellung der Arbeitsfortschritte innerhalb eines gewissen Zeitabschnitts“ erwähnt. Auch Muster der zahlreichen üblichen Formulare sind mitgeteilt. Den Schluß des Werks machen sechs lithographierte Tafeln, von welchen Taf. IV (Musterblatt für die Darstellung des Flächen- und Massenprofils) und Taf. VI (Bildlicher Arbeitsbericht) besondere Erwähnung verdienen.

§ 7. Querschnitt der Haltungen. In Anschluß an das in § 9 des ersten Kapitels über die Querschnitte der Schiffahrtskanäle Gesagte sind nunmehr diese Querschnitte eingehend zu besprechen. Zuerst ist zu erwähnen, daß die bis jetzt übliche horizontale Lage der Kanalsohle beim Betriebe in der Mitte eine Austiefung erleidet, während an den Seiten Erhöhungen stattfinden; nur bei sehr festem Untergrunde erhält sich jene Lage auf die Dauer. Die Erklärung dieser Erscheinung, für welche man unter anderem in den „Recherches expérimentales“ zahlreiche Belege findet, ist bereits gegeben (s. S. 67). Derartige Austiefungen können unter Umständen die Dichtung des Kanalbettes erheblich beeinträchtigen und diese Gefahr vermindert sich, wenn man den Querschnitt der Sohle von vornherein durch eine gebrochene Linie so begrenzt, daß die Mitte tiefer als die Seiten liegt. Einen solchen Querschnitt hat unter anderem der Teltow-Kanal erhalten; nach Ausweis der Abb. 6. Taf. VI, ist hier die Tiefe in der Mitte 2,6, an den Seiten aber 2,1 m. Beim Entwurf der vorgeschlagenen östlichen Linie des Großschiffahrtsweges Berlin-Stettin hat Havestadt in der Mitte 2,8, an den Seiten 2,3 m Wassertiefe angenommen, während der Querschnitt des Großschiffahrtsweges Berlin-Stettin nach dem Vorentwurf dieselbe Form, aber etwas geringere Wassertiefen hat. Eine derartige Änderung der herkömmlichen Form ist auch deshalb vorteilhaft, weil der Zugwiderstand in der Kanalmitte fahrender Kähne bei gleichbleibendem Verhältnis des Wasserquerschnitts zum eingetauchten Schiffsquerschnitt durch jene Senkung verringert wird.

Den Querschnitt des unteren Teils der Böschungen bis in den Bereich der Wellen hat man bislang geradlinig mit Neigungen von 1:2 bis 1:3, je nach der Bodenbeschaffenheit, begrenzt. Es empfiehlt sich aber, die Krümmungen, die sich daselbst infolge des Betriebes ausbilden, von vornherein herzustellen und Gerhardt hat nachgewiesen, daß man bei Erweiterung eines bestehenden Kanals aus den Ergebnissen von Peilungen eine den jeweiligen Umständen entsprechende gekrümmte Form des Querschnitts leicht ableiten kann.⁴⁶⁾ Wie man bei Neubauten verfahren könnte, wird weiter unten erörtert werden.

Bei Bestimmung der Wassertiefen muß man berücksichtigen, daß der normale Wasserspiegel der Kanäle Veränderungen unterliegt, wobei Senkungen häufiger als Hebungen eintreten. Diese Änderungen sind teils eine Folge der Tätigkeit der langgestreckte Wellenberge und Wellentäler erzeugenden Schleusen, teils entstehen sie durch Wind, teils durch zeitweilig unzureichenden Ersatz des verbrauchten Wassers. Schwankungen des Wasserspiegels von 10 cm kommen nur bei wenigen Kanälen vor, in der Regel wird man auf solche von 20 bis 30 cm gefaßt sein müssen. Die örtlichen Einsenkungen des Wasserspiegels, welche die Kähne bei größeren Geschwindigkeiten erzeugen, kommen hinzu.

Man muß also darauf gefaßt sein, daß der Abstand zwischen Kanalsohle und Schiffsboden mitunter erheblich verringert wird; hieraus folgt, daß der Abstand von 75 cm,

⁴⁶⁾ Gerhardt, Zur Bestimmung der Kanalquerschnitte nach der Tauchtiefe der Schiffe. Zentralbl. d. Bauverw. 1906, S. 113.

den die neuen deutschen Hauptkanäle bei horizontaler Sohle, 1,75 m normalem Tiefgange der Kähne und 2,5 m Wassertiefe aufweisen, zweckentsprechend gewählt ist. Die normale Wassertiefe der französischen Kanäle (2,0 m) genügt aber bei 1,8 m größtem Tiefgange der Kähne nicht; das hat De Mas mit Entschiedenheit ausgesprochen.

Eine Vergrößerung der Wassertiefe über das normale Maß (2,50 m) findet statt, wenn man in Scheitelstrecken einen Wasservorrat für wasserarme Zeiten bereit hält. Aus diesem Grunde wird der Wasserspiegel der Scheitelstrecke des Dortmund-Ems-Kanals vorübergehend um 0,5 m gehoben (Abb. 2^a, Taf. V).

Ferner ist bei Kanälen, die Seeleichtern zugänglich sein sollen, 3,0 m Wassertiefe zu empfehlen. Auch der Merwede-Kanal hat eine Wassertiefe von rund 3 m erhalten. Man wird übrigens nicht unberücksichtigt lassen, daß bei größeren Wassertiefen die infolge Versickerung eintretenden Wasserverluste in der Regel zunehmen.

Bei Kanälen dritten Ranges kommt man mit kleineren Wassertiefen aus, beispielsweise sind für den masurischen Kanal 2,0 m ausreichend und gewöhnliche Moor-kanäle erhalten 1,5 m Wassertiefe.

Vergrößerung und Einschränkung der Sohlenbreite. Mit der Vergrößerung der Wassertiefen der Kanäle haben auch ihre Sohlenbreiten zugenommen. Die französischen Kanäle haben bekanntlich eine normale Sohlenbreite von 10 m, der Oder-Spree-Kanal hat anfangs 14 m, der Dortmund-Ems-Kanal hat 18 m Sohlenbreite erhalten.

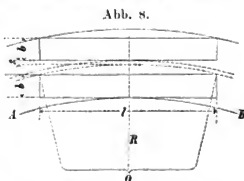
In gekrümmten Strecken findet eine Vergrößerung dieser Breiten statt, sobald die Halbmesser ein gewisses Maß unterschreiten. Diese Verbreiterungen wachsen mit der Zunahme der Längen der Kähne und mit der Abnahme der Krümmungshalbmesser. Bei der Berechnung hat man gewöhnlich vorausgesetzt, daß zwei Kähne, welche einander in einer Krümmung begegnen, die in Abb. 8 dargestellte Lage haben. Hieraus ergibt sich die Regel, daß die Sohlenbreite um die doppelte Pfeilhöhe eines Kreisbogens zu vergrößern sei, dessen Sehne gleich der größten Schiffslänge ist.⁴⁵⁾

Jene Lage ist jedoch nur ausnahmsweise vorhanden. Über die tatsächlich eintretenden Stellungen der in Kurven kreuzenden Kähne hat Haack (Schiffswiderstand und Schifffahrtsbetrieb, S. 84) beachtenswerte Mitteilungen gemacht, aus welchen entnommen sei, daß die Mittellinien der Kähne mit der oben genannten Sehne in der Regel spitze Winkel bilden, und daß Kähne, die an dem ausbuchtenden (konvexen) Ufer entlang fahren, leichter auf die Böschung geraten, als die Kähne, welche das einbuchtende (konkave) Ufer zu halten gezwungen sind. Man sollte deshalb namentlich in Krümmungen mit kleinen Halbmessern die Verbreiterungen etwas größer bemessen als obige Regel angibt; einwandfreie Berechnungen sind jedoch ausgeschlossen.

Einestweilen ist man bei Bemessung der Verbreiterungen hauptsächlich auf die Erfahrung angewiesen. In Frankreich gilt die empirische Formel

$$B \text{ (Sohlenbreite)} = 10 + \frac{380}{R}.$$

Für den Bau des Dortmund-Ems-Kanals ist nachstehendes maßgebend gewesen: In Krümmungen von mehr als 2000 m Halbmesser sind Sohlenerbreiterungen entbeh-



⁴⁵⁾ Eine Formel hat Mocquery (Ann. des ponts et chaussées 1880, II. S. 118) abgeleitet.

lich. Im übrigen ist die Sohlenbreite in oben angegebener Weise und auf der ausbuchtenden Seite des Kanals vergrößert. Der Übergang in die größere Breite erfolgt durch eine gerade Linie, welche auf 100 m Länge vor dem Kurvenanfang beginnend als Tangente an die Kurve des inneren Böschungsfußes gezogen wird. Die Verbreiterung beträgt bei 2000 bis 1800 m Halbmesser 0,50 m; für 1700 bis 1000 m 1 m; für 950 bis 700 m 1,50 m; für 650 bis 550 m 2 m; bei 500 und 450 m Halbmesser 2,50 m und bei 400 m 3 m. Bei den kleineren Halbmessern von 350, 300, 250 und 200 m ergibt sich die rechnungsmäßige Verbreiterung von bzw. 3,5, 4,0, 4,5 und 6,0 m. In den letztgenannten Fällen ist durch steilere Anlage der Böschungen eine nachträgliche, weitergehende Erweiterung bewirkt. Bei dem genannten Kanal hat man die Erfahrung gemacht, daß auch die Länge der Krümmungen zu berücksichtigen ist, daß insbesondere starke Krümmungen von geringer Länge nicht sehr hinderlich sind.

Die obigen Regeln lassen sich auf einschiffige Kanäle nicht übertragen. Über diese hat Korch in einer Festrede mit Beziehung auf den Kaiser-Wilhelm-Kanal das Folgende gesagt:

„Wenn ein Schiff in der Kanalachse fährt, so wird in der Kurve die Schiffsachse die Kanalachse berühren. Der Berührungspunkt liegt aber nicht in der halben Schiffslänge, sondern in etwa $\frac{1}{3}$ der Länge, von vorn gemessen. Das zur Seite gelegte Ruder erzeugt nämlich eine am Heck des Schiffes angreifende Seitenkraft, die das Schiff dreht. Die bei der Drehung auftretenden Widerstände des Wassers müssen im Gleichgewicht sein mit der am Heck angreifenden Seitenkraft und die hierüber aufgestellten Gleichgewichtsbedingungen bestimmen die Lage des Drehpunktes, wie angegeben, in ungefähr $\frac{1}{3}$ der Länge. Es ergibt sich aus dieser Lage des Drehpunktes, daß das Heck stärker ausschlägt, als der Bug des Schiffes und da beide in der Richtung nach dem konkaven Ufer von der Kanalachse abweichen, daß die Erbreiterung auf dem konkaven Ufer vorzunehmen ist und daß sie schon in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ der Schiffslänge vor dem Bogenanfang beginnen muß. Da indessen eine erhebliche einseitige Profilerweiterung die gefährliche einseitige Wirkung des Schiffsoogs (also die Wirkung der an beiden Seiten des Schiffes ungleichen Einsenklungen des Wasserspiegels) zur Folge haben würde und da die erfahrungsgemäß erforderliche Erbreiterung bedeutend größer ist, als die für die Bahn des Schiffes erforderliche, so wird es sich empfehlen, die Erbreiterung zu verteilen und etwa $\frac{1}{3}$ auf das konkave und $\frac{1}{3}$ auf das konvexe Ufer zu legen.“

Verbreiterungen des Kanals um eine oder zwei Schiffsbreiten kommen hauptsächlich da vor, wo Schiffe unter Umständen warten müssen, also in der Nähe von Schleusen und Kanalründungen, ferner da, wo das Gelände „anbaureif“ ist, was beim Teltow-Kanal vielerorts zutrifft. Hierher gehören auch die 300 m langen Ausweichestellen für das Begegnen sehr großer Fahrzeuge, deren in der Scheitelstrecke des Elbe-Trave-Kanals drei angelegt sind. Die Möglichkeit der Ausführung eines dreischiffigen Kanals will man bei dem Kanal zwischen dem Rhein und Herne dadurch wahren, daß der Kanalstreifen 12 m breiter als sonst gemacht wird.

Eine Erbreiterung des Kanals und zwar in ansehnlicher Längenerstreckung ist ferner da unentbehrlich, wo ein Wechsel der Betriebsart stattfindet, wo beispielsweise der Betrieb mit einzelnen Fahrzeugen in einen Betrieb mit Schiffszügen übergeht. Ein solcher Fall liegt u. a. beim Marne-Saône-Kanal an beiden Seiten des Scheiteltunnels vor. Nicht minder bedingen Wendepunkte eine Erbreiterung; beim genannten Kanäle sind solche in 10 bis 15 km Entfernung angelegt. Abb. 9 zeigt beides.

Andere Erweiterungen, welche bei älteren Kanälen eine Rolle spielen, werden bei neuen nur selten vorkommen. Man hat mitunter eine Vergrößerung der Sohlenbreite vorgenommen, um die zur Bildung von Kanaldämmen erforderlichen Massen zu gewinnen, hat auch wohl unter Benutzung eines kleinen Quertals ein Becken gebildet, wie Abb. 10 angibt. — Über Erweiterungen für Hafenzwecke vergl. § 16.

Abb. 9. Marne-Saône-Kanal.

Kanalverbreiterung und Wendeplatz. M. 1:2000.

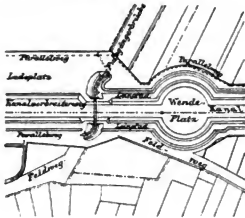
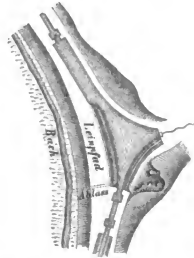


Abb. 10. M. 0,0001.



Einschiffige Strecken bringen eine erhebliche Einschränkung der Sohlenbreiten mit sich; in dieser Weise sind die Scheitelhaltungen der französischen Kanäle nicht selten ausgeführt, namentlich, wenn Tunnel oder tiefe Einschnitte herzustellen waren. (Beispielsweise hat der Rhein-Marne-Kanal im Einschnitt von Liverdun 6 m Sohlenbreite erhalten.) Bei derartigen Örtlichkeiten pflegt man aus naheliegenden Gründen einen nahezu rechteckigen Wasserquerschnitt zu bevorzugen und hat dessen Fläche mitunter auf das Doppelte des eingetauchten Schiffsquerschnitts beschränkt. Alsdann werden aber die Zugwiderstände sehr groß, bei neueren Ausführungen ist man deshalb nicht so weit gegangen. Der Einschnitt von Balesmes des Marne-Saône-Kanals hat einen nahezu rechteckigen Wasserquerschnitt von 7,85 m mittlerer Breite bei 2,44 m Wassertiefe, also 19,15 qm Fläche; bei 1,6 m Tiefgang der 5,0 m breiten Kähne erhält man

$$\frac{19,15}{8,0} = 2,2.$$

Früher hat man auch Kanalbrücken und andere Kunstbauten nicht selten einschiffig ausgeführt; das geschieht jetzt nicht mehr. In § 15 wird hiervon weiter die Rede sein.

Bei neuen Kanälen ersten Ranges dürfte die bislang übliche Form der Querschnitte namentlich dann eine erhebliche Umgestaltung erleiden, wenn elektrisches Treideln eingeführt wird. Hierüber liegt eine sorgfältige Untersuchung Symphers im Zentralabl. d. Bauverw. 1905, S. 600 vor. In der Mitte des Querschnitts nimmt er eine horizontale Sohlenlinie von 10,5 m Länge an, an diese schliessen sich gekrümmte Böschungslinien, welche bis 3,0 m über den gewöhnlichen Wasserspiegel fortgesetzt sind. Hierdurch entstehen hochliegende Leinpfade; der Treidelbaum (Arm) der elektrischen Lokomotiven wird somit entbehrlich oder erheblich verkürzt.

Wasserquerschnitt und Spiegelbreite weichen von jenen des Dortmund-Ems-Kanals nicht wesentlich ab, in 1,5 m Wassertiefe ergibt sich aber eine größere Fahrwasserbreite; das kommt 9 m breiten und 1,5 m tiefgehenden Flussschiffen (vergl. Kap. I. S. 45, Abb. 20) zu gute. Im Bereiche der Wellen erhält man eine in üblicher Weise befestigte Böschung 1:2 von 0,8 m vertikaler Höhe; eine Unterwasser-Berme ist nicht angeordnet. Das genügt, weil Wellen, welche von getreidelten Kähnen erzeugt werden, im Vergleich mit den Wellen der Schleppdampfer nur schwach sind.

Besonderer Wert wird darauf gelegt, daß man Querschnitte von der besprochenen Form fast ganz mit Maschinen (Nafs- oder Trockenbaggern) — also billig — herstellen

kann und die Einzelheiten der Ausführung sind von Sympher eingehend erörtert. Hier soll nur noch bemerkt werden, daß der besprochene Querschnitt für standfähigen Boden (Ton, Lehm, lehmigen Sand, lagerhaften Sand und Kies oder dergl.) entworfen wurde und daß derselbe, wenn ein solcher Boden nicht vorhanden ist, Änderungen erleiden müßte.

Form und Abmessungen der äußeren Teile des Querschnitts. Die Lage der Böschungen im Bereiche des Wellenschlages hängt so innig mit der Anordnung der Uferbefestigungen zusammen, daß es sich empfiehlt, ihre Besprechung dem § 10 vorzubehalten. Hier sollen deshalb nur die außerhalb des Wassers liegenden Teile des Querschnitts noch erörtert werden.

Bei älteren Kanälen liegen die Leinpfade meistens in ziemlich gleicher Höhe und gewöhnlich 0,5 bis 0,7 m über dem Wasserspiegel. Ausnahmen kommen vor bei sehr breiten Kanälen mit starkem Wellenschlage, ferner bei Seitenkanälen, um den Leinpfad hochwasserfrei zu legen.

An der inneren Kante des Leinpfads hat man bei älteren Kanälen ein Schutzwällchen (eine „Verkammelung“, Abb. 6, Taf. IV) ausgeführt. Diese Anordnung diente in früheren Zeiten, als man auf den Kanälen eine rasche Beförderung mit Pferden zu bewerkstelligen versuchte, zur Sicherung der Zugtiere, auch wurde sie damals mitunter

Abb. 11. *Oureq-Kanal*. M. 0,008.

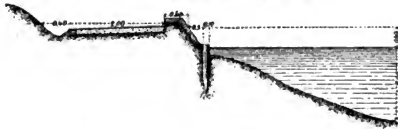
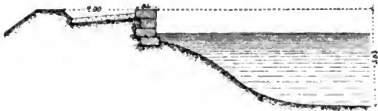


Abb. 12. *Forth u. Clyde-Kanal*. M. 0,008.



in einer recht dauerhaften Weise getroffen (Abb. 11 u. 12). Bei neueren Ausführungen sind die Schutzwällchen verschwunden. Diese Ausführungen zeigen noch andere Verbesserungen. Es ist unbedenklich, in den Höhenplänen der Leinpfade schwache Steigungen und Neigungen anzuordnen und die hiermit Hand in Hand gehende, stellenweise höhere Lage der Leinpfade ermöglicht eine erhebliche Einschränkung der Erdarbeiten. Demnach liegen die Leinpfade

des Oder-Spree-Kanals (Abb. 1*, Taf. V) oft in der Höhe des Geländes und beim Dortmund-Ems-Kanal hat man die Leinpfade in Abträgen nahezu 2 m höher gelegt als bei Aufträgen. Beim Elbe-Trave-Kanal sind den Leinpfaden verschiedene, den örtlichen Verhältnissen angepasste Höhenlagen gegeben.

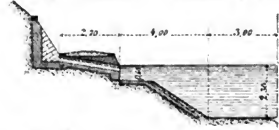
Als Breite der Leinpfade findet man bei älteren Kanälen oft 4 bis 4,5 m und dem Leinpfade gegenüber liegt ein Fußpfad von 2,5 bis 3,0 m Breite. Es empfiehlt sich, die Breite der Leinpfade auf 3,5 m einzuschränken und einen Unterschied zwischen Leinpfad und Fußpfad nicht zu machen.

Die Leinpfade erhalten eine einseitige Querneigung derart, daß das Tagewasser nicht in den Kanal fließt, nur ausnahmsweise findet man sie mit Wölbung ausgeführt.

In Einschnitten sind an der Außenseite der Leinpfade Seitengräben anzulegen, deren Breite man bei tiefen Einschnitten mit üblichen Mitteln so viel wie möglich einschränkt. Wenn die Einschnittsböschungen brauchbares Wasser liefern, bedarf der Graben

keines durchgehenden Gefälles; alsdann muß für die Ableitung des Grabenwassers durch kleine in die Kanalböschung ausmündende Entwässerungskanäle gesorgt werden (Abb. 13). Am Fuße der Dammböschungen werden in der Regel sogenannte Schweifsgräben angelegt. Dieselben haben das Sickerwasser aufzunehmen, welches sich in größerer oder geringerer Menge zu zeigen pflegt, vergl. Abb. 6, Taf. IV, links.

Abb. 13. Kanal von St. Quentin. M. 0,005.



Beim Bau des Oder-Spree-Kanals hat man, wie bereits erwähnt, eine demnächstige Vergrößerung des Querschnitts vorbereitet; das hat sich bewährt.

Von der Bepflanzung der äußeren Böschungen gilt im wesentlichen das, was aus dem Eisenbahnbau bekannt ist. Pflanzungen von Pappeln und dergl. neben den Leinpfaden waren bei den älteren französischen Kanälen allgemein üblich; es hat sich herausgestellt, daß sie nicht allein entbehrlich, sondern mitunter schädlich sind (Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 265). Obstbaumpflanzungen hat man u. a. am Ludwigs-Kanal anscheinend mit gutem Erfolge ausgeführt. In England beschränkt man sich darauf, an den Grenzen des Kanalgebietes niedrige Hecken herzustellen.

§ 8. Erdarbeiten. Für die Erdarbeiten gelten zunächst die allgemeinen Regeln der Erdbaues; mit besonderer Sorgfalt müssen die Aufträge hergestellt werden. Anwendung von Arbeitsbahnen und Erdtransportwagen ist entweder ganz auszuschließen oder nur unter nochmaliger Verkarrung und schichtenweiser Einebnung des Bodens zuzulassen. Wenn die Dämme aus durchlässigem Boden gebildet werden müssen, so sind Wände und Schichten von Tonschlag oder dergl. in der Erdschüttung anzuordnen, wovon auch weiter unten die Rede sein wird. Sonstige bei den Erdarbeiten des Kanalbaues zu beachtende Regeln ergeben sich aus der Besprechung der Ausführung der Deiche. An Stelle des sogenannten Reitens der Deiche werden Scheibenwalzen mit Erfolg benutzt; näheres an den unten genannten Stellen.⁴⁵⁾

Über die Ausführung der Erdarbeiten am Dortmund-Ems-Kanal ist in der Zeitschrift f. Bauwesen 1901, S. 261 folgendes mitgeteilt:

„Erforderte die Herstellung des Kanalbettes überall, unter anderem auch durch gehörige Aufrauhung des Bodens, gründliche Beseitigung der etwa vorhandenen Wurzeln, Stubbenreste, Drainröhren u. s. w. besondere Sorgfalt, so waren namentlich bei der Schüttung der Dämme erhöhte Vorsichtsmaßregeln geboten. Die besten Bodenarten wurden auf die dem Wasser zugewandten Seiten verteilt, oft auch Mischungen vorgenommen. Schüttung vor Kopf war unstatthaft; sie erfolgte stets in voller Breite in Schichten von durchschnittlich 0,30 m Stärke mit geringer Steigung (etwa 1:10) von der Mitte nach außen. Die einzelnen Schichten wurden mit 25 kg schweren Handrammen gestampft oder durchritten. Verwitterbarer oder sonst unbrauchbarer Boden, wie der nur durch Sprengen zu lösende Mergelfels, wurden möglichst zur Seite ausgesetzt.“ Weiche Mergel lassen sich aber zu Aufträgen verwenden, vgl. den folgenden Paragraphen.

In Frankreich unterscheidet man einfache Schüttungen, gestampfte Schüttungen und Schüttungen mit ausgewählten Bodenarten. Die einfache Schüttung erfolgt in hori-

⁴⁵⁾ Picard, Construction du réservoir de Paroy. Ann. des ponts et chaussées 1880, I. S. 116. — Basse, Über die Dichtung des Bodens. Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 190. — Elektrisch betriebene Walzen zum Dichten von Erdämmen. Nouv. ann. de la constr. 1903, II. S. 113.

zontalen Lagen von etwa 25 cm Stärke. Gestampfte Schüttungen müssen in 20 cm starken Lagen zur Ausführung kommen. Die lose aufgebrachtten Schichten werden leicht angefeuchtet und dann so lange mit Handrammen gestampft, bis die Höhe auf etwa 13 cm vermindert ist. In Schüttungen mit ausgewählten Bodenarten verwendet man Ton und Sand, die vor ihrer Ausbreitung in 10 cm starken Lagen zu einem gleichmäßigen Gemenge verarbeitet werden.⁴⁷⁾

Für das Sacken der Aufträge und für die bleibende Auflockerung der in jene verbauten Einschnittsmassen gelten nach Oppermann folgende, schon bei den Vorarbeiten zu beachtende Regeln:

„Da alle Aufträge sich mehr oder weniger zu setzen pflegen, so sind sie höher als das normale Profil auszuführen. Setzt man voraus, daß der Grund und Boden, auf welchem ein Damm ruht, fest und wenig zusammendrückbar sei, und nur das Material des Auftrags in sich zusammensackt, so darf man annehmen, daß:

Schüttungen aus sandigem Boden um 5% ihrer Höhe,

Schüttungen aus Lehm- und Tonboden um 8 bis 10% ihrer Höhe

sich setzen. Ist dagegen der Grund und Boden, auf dem die Schüttung ruht, zusammendrückbar, so wächst das Sackmaß, wie man z. B. bei Deichanlagen beobachtet hat, bis 10 bis 15% der Höhe und kann bei Dammschüttungen auf Moorboden sogar bis auf 50% der Höhe steigen.“

„Andererseits ist die bleibende Auflockerung zu berücksichtigen, diese beträgt für:

feinen Sand	etwa	1—1,5 v. H.
losen Kies	„	1,5—2,0 „
gewöhnlichen Stichboden	„	2—3,0 „
leichten Lehm oder Ton	„	3—4,0 „
schweren Lehm oder Ton	„	4—5,0 „
festen Kies, Gerölle und loses Gestein	„	6—7,0 „
festes Gestein, Felsen	„	8—1,2 „ der Masse.“

Es sollen auch einige eigenartige Arbeiten kurz erwähnt werden. — Über den Bau von Kanaldämmen, welche in Moorboden und zum Teil unter Benutzung von Baggermaschinen hergestellt werden mußten, sind Erfahrungen beim Bau des Merwede-Kanals gemacht.⁴⁸⁾ Schwierigkeiten verwandter Art waren bei der Führung des Oder-Spree-Kanals durch den Wernsdorfer See zu überwinden.

Der Untergrund des Wernsdorfer Sees besteht aus einer 1 bis 5 m starken Moderschicht und die Befürchtung lag nahe, daß der leicht flüssige Moder bei Wind in die Fahrrinne hineingelange; es war deshalb erforderlich, die Rinne an beiden Seiten mit Packwerkskörpern abzugrenzen. An der Dorfseite geschah dies durch ein Packwerk von 1 m Kronenbreite, in dessen Mitte eine Öffnung von 70 m Länge gelassen wurde, um Schiffsverkehr zwischen Kanal und Dorf zu ermöglichen (Abb. 1*, Taf. V). Bis zur Höhe der Moderschicht ist die Öffnung mit Sinkstücken ausgefüllt. Ein Leinpfad ist an dieser Seite nicht angelegt, aber auf der anderen Seite befindet sich ein solcher; hier hat man hinter einem Packwerkskörper eine Erdschüttung hergestellt, in welcher sich fünf kleinere und von Holzbrücken überspannte Öffnungen befinden.

Bei der Herstellung von Moorkanälen, beispielsweise beim Hunte-Ems-Kanal, kam mitunter ein eigentümlicher Erdarbeitsbetrieb mit Maschinen, mit gleichzeitiger Gewinnung von Torf, zur Anwendung. Auf einer in der Längsachse eines Schiffes liegenden, von einer Dampfmaschine getriebenen Welle sitzt auf der vorderen Seite des Schiffes eine radial eingeschnittene, schwach schraubenförmig gestaltete, um Umfang zugespitzte Scheibe, welche so groß ist, daß durch die Umdrehung derselben ein für die

⁴⁷⁾ Sonstige Einzelheiten s. Keller, Der Marne-Saône-Kanal. Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 329, 447.

⁴⁸⁾ Dämme und Deiche im Moorboden. Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 153.

Weiterbewegung des Schiffes ausreichender Querschnitt hergestellt wird. Die geschnittenen Stücke werden durch Eimer, welche rings an der Scheibe befestigt sind, gehoben und in einen Trog über Bordhöhe ausgeschüttet. Mittels Schrauben und Elevatoren wird die Masse alsdann in einen etwa 9 m über dem Schiffsdeck angebrachten Misch- und Quetschapparat geschafft und geht dann in geeigneten Trögen zur Ausbreitung auf das Kanalufer.

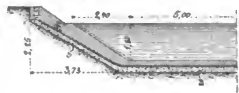
Eine ähnliche Maschine, welche die gewonnenen Massen nicht verarbeitet, sondern an der Seite des Kanals ausschüttet, ist in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885 (Entwässerungs- und Kanalisations-Arbeiten im Hochnoore) besprochen und abgebildet.

§ 9. Dichtung des Kanalbettes. Bei Kanalstrecken, welche in Aufträgen liegen, namentlich in solchen, welche aus durchlässigem Boden hergestellt werden mußten, treten auch bei sorgfältiger Ausführung der Erdarbeit nach Einlassen des Wassers in das Bett erhebliche Versickerungen ein, falls nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind. Es kommt aber auch vor, daß man in den Einschnitten zerklüfteten Fels, Kies, Sand u. dergl. antrifft und nur diejenigen Einschnitte werden von Versickerungen ganz oder nahezu frei sein, bei welchen der Grundwasserspiegel und der Wasserspiegel des Kanals ungefähr die gleiche Höhe haben. Die Versickerungen verursachen nun, wie in § 12 näher nachgewiesen werden wird, unter Umständen sehr große Wasserverluste, und die Gewinnung des Speisewassers ist oft schwierig. Es folgt, daß eine Verringerung der Wasserverluste durch Dichtung des Bettes eine Sache von großer Bedeutung ist. Dasselbe gilt in der Regel auch von den Speisegräben; diese sind hinsichtlich der Dichtung ähnlich zu behandeln, wie die Kanäle.

Die Dichtungsarbeiten teilen sich in zwei Gruppen, je nachdem die Ausführung ein wasserfreies Kanalbett erfordert oder nicht. Zu der ersten Gruppe gehören die Dichtungen mit Beton, mit fettem Boden und mit Mörtelpflaster.

Eine Betonierung kann mit Erfolg nur in Einschnitten und auf solchen Dämmen angewendet werden, die sich vollständig gesetzt haben. Dieselbe wird gewöhnlich so hergestellt, wie Abb. 14 zeigt. Die Betonschicht, deren Stärke je nach Umständen 0,10 bis 0,20 m beträgt, wird in Schiffahrtskanälen zur Verhütung von Beschädigungen in der Regel mit einer Erdschicht überdeckt, welche man 0,20 bis 0,30 m stark macht. In Speisegräben ist eine derartige Überdeckung nicht erforderlich. Feuchter und quelliger Untergrund muß drainiert werden, bevor der Beton aufgebracht wird. Falls sich die Undichtigkeiten nur an der einen Seite des Kanals befinden, wird die Betonierung nur teilweise ausgeführt und dann mit einem etwas stärkeren Streifen (von 30 cm Breite und ebensoviel Höhe) abgeschlossen. Mancherlei sonstige Einzelheiten, welche die Ausführung der Betonierung, ihren Anschluß an Mauerwerkskörper u. s. w. betreffen, sind ausführlich erörtert von Malézieux (Ann. des ponts et chaussées 1856, I, S. 133), Graeff (Canaux et chemins de fer, S. 133) und Cadart (Beton-Sohlendichtung beim Marne-Saône-Kanal. Ann. des ponts et chaussées 4898, III. S. 93).

Abb. 14. Rhein-Marne-Kanal.
Dichtung mit Beton. M. 0,005.



Eine Sohlendichtung durch eine Betonplatte mit Eiseneinlage hat man bei einem zum Teil in stark durchlässigem Kalk- und Mergelgebirge liegenden Stichkanal des französischen Ostkanals ausgeführt. Ein Versuch, die Undichtigkeiten durch eine Abdeckung der Sohle mit einer einfachen Betonplatte und Erdüberhöhung zu beseitigen, scheiterte. Man entschloß sich zur Anwendung einer Eiseneinlage. Die Decke ist 120 mm stark und enthält ein Drahtnetz von 100 mm Maschenweite und 10 mm Drahtstärke. Außerdem ist die Platte durch Längs- und Querrippen verstärkt. Über der Platte befindet sich eine Erdschicht von 0,30 m Stärke. Die Ausführung nahm 35 Tage in Anspruch; Wasser wurde nach 45 Tagen in den Kanal eingelassen. Die Ausführung hat sich bewährt. (Génie civil 1902, Bd. 40, S. 430.)

Früher hat man in Frankreich mitunter einen sandigen Boden, welchen man in Lagen von 10 cm Stärke aufbrachte, mit Kalkmilch tränkte und sorgfältig stampfte,

Abb. 15.

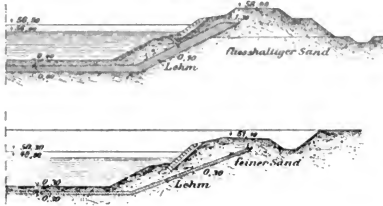


benutzt. Auf 1 cbm Erde rechnete man 0,005 bis 0,010 cbm Kalk. Die auf diese Weise hergestellten und dem Kanalquerschnitt entsprechend gestalteten Schalen (Abb. 15), welche 40 bis 60 cm stark gemacht wurden, sollen einer schützenden Erdschicht nicht bedürfen.

Beim Dortmund-Ems-Kanal hat man Dichtungen mit fettem Boden bevorzugt. „Auf allen Strecken, wo es auf eine wirksame Beseitigung der Sickerverluste ankam, ist von vornherein, oder nachträglich die Einbringung einer besonderen Dichtungsschicht im Trocknen erfolgt. Diese Schicht besteht, soweit sie als Sohlen- oder Böschungsdichtung im Einschnitt oder bei niedrigen Dämmen dient, deren Standsicherheit unbedenklich erschien, aus einer starken Lage Ton- oder Lehmschlag und einer Überdeckungsschicht aus möglichst reinem Sand oder Mutterboden,

Abb. 16 u. 17. Dichtung in durchlässigem Boden.

M. 1 : 400.



deren Stärke bis zu 0,15 m (ausnahmsweise bei nachträglicher Dichtung 0,05 m) herabgeht, durchschnittlich aber 0,30 m und in den Böschungen noch mehr beträgt (Abb. 16 u. 17). Derartige Dichtungen verfolgen, insbesondere soweit sie nicht unter der Sohle durchgeführt sind, gleichzeitig den Zweck, die aus nicht genügend undurchlässigem Material geschütteten Dämme standsicher zu machen.⁴⁹⁾

Mörtelpflasterung ist namentlich bei italienischen Kanälen in großer Ausdehnung und mit Erfolg ausgeführt. Man verwendet kleine Pflastersteine, welche in ein Bett von dünnem Mörtel derart versetzt werden, daß die Fugen sich von untenher gut ausfüllen, oben werden dieselben sorgfältig verstrichen. Die Stärke einer solchen Bekleidung ist etwa 20 cm, wovon 3 cm auf das Mörtelbett entfallen.⁵⁰⁾

Mitunter können die Dichtungsarbeiten, wie bereits angedeutet ist, auf die Seiten des Kanalbettes beschränkt werden. Am wirksamsten sind alsdann regelrechte steile Mauern; auch sind solche bei älteren italienischen Kanälen nicht selten hergestellt. Neuerdings wird man diese Anordnung nur da treffen, wo besondere Umstände eine steile Begrenzung des Bettes veranlassen. Ein Fall dieser Art liegt beispielsweise in den Tunnel-Voreinschnitten des Marne-Saône-Kanals vor, woselbst das Kanalbett behufs Einschränkung der Erdarbeiten steile Begrenzungen erhalten hat.

49) Sonstige Einzelheiten s. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 269. Ferner auf S. 272: Eingehende Angaben über die Kosten der Dichtungsarbeiten.

50) Näheres in einem Vorbericht von Bompiani und Luiggi für den Binnenschiffahrts-Kongress in Paris 1892. Dieser Bericht, welcher sämtliche zur Wasserdichtung der italienischen Kanäle dienenden Mittel behandelt, bringt auch beachtenswerte Einzelheiten über die Betondichtung. Siehe auch Weber v. Ebenhof. a. a. O. S. 165. — Über Dichtungsarbeiten am Verdon-Kanal vergl. Ann. des ponts et chaussées 1881, II. S. 26.

Abb. 18.



Abb. 19.



Weniger Kosten erfordern die in Abb. 18 u. 19 dargestellten Anordnungen. Zu den Körpern, deren Querschnitte schräg schraffiert sind, wird sich Tonschlag am besten eignen; sie sind, wie der Beton, mit einer Schicht gewöhnlichen Bodens zu überdecken. Eine Dichtung kleinerer Stellen der Kanaldämme (Abb. 18, links) ist namentlich da zu empfehlen, wo sich Auftragsmassen an den gewachsenen Boden anschließen, weil sich an diesen Stellen leicht Wasseradern bilden. Abb. 19 zeigt, wie zu verfahren ist, wenn die Dichtung bei wassergefülltem Kanal vorgenommen werden muß. Die alsdann herzustellen schmalen und tiefen Gräben kann man mit Hilfe der beim Drainieren gebräuchlichen Werkzeuge ohne Schwierigkeit ausführen.

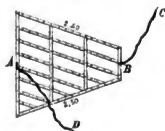
Wenn der Kanal mit Wasser gefüllt ist, wird die Dichtung meistens durch schlammiges Wasser, seltener durch Sand bewerkstelligt.

Das Einschlämmen ist in den meisten Fällen das einzige Mittel für eine nachträgliche Dichtung; dasselbe befördert jedoch nur die Selbstdichtung, die sich durch Filterung der im Wasser schwebenden Stoffe nach und nach vollzieht. — Das schlammige Wasser wird mittels fetten Bodens künstlich hergestellt, beim Oder-Spree-Kanal ist dies in großem Mafsstabe geschehen.

Die Arbeit hat sich dort in folgender Weise herausgebildet: Nachdem an verschiedenen Stellen des Ufers Ton angefahren war, wurden aus den für die Schleusen beschafften Dammbalken zahlreiche Flöße gebildet. Auf diese wurde Ton gekarrt, bis das Wasser die Oberfläche der Balken bespülte. Während der Fortbewegung der Flöße schaufelten auf denselben stehende Arbeiter Wasser auf den Ton und bewirkten so dessen Abfließen durch Lücken, welche zwischen den Balken gelassen waren.

Dichtung mit Sand. Ein anderes Verfahren, bei welchem man Sand in den Kanal wirft und denselben mit einer Egge aufrührt, verdient weniger Beachtung. Man benutzt einen quarzigen groben Sand, wenn größere Zwischenräume im Erdkörper vorhanden sind, andernfalls gibt man einem feinen, lehmigen oder tonigen Sande den Vorzug. Auf das laufende Meter eines Kanals von mittlerer Größe rechnet man 0,2 bis 1,0 cbm Sand. Die Egge muß gekrümmte Zinken haben und gehörig beschwert sein; ihre Gestalt geht aus Abb. 20 hervor. Das Pferd ist an das Seil *BC* gespannt, während mittels des Seiles *AD* zwei Arbeiter der Egge die erforderliche Lage und Richtung geben. — Wenn Stellen von geringer Ausdehnung gedichtet werden sollen, so kann man statt der Egge große Schlammkratzen, die von Arbeitern bedient werden, verwenden.

Abb. 20.



Bezüglich der Wahl zwischen den verschiedenen Dichtungsarten kann als Anhaltspunkt dienen, daß am Platze sind: Dichtung mit Sand oder getrübbtem Wasser bei geringen Verlusten an zahlreichen Stellen, Dichtung mit Tonschlag bei starken Verlusten an einzelnen Stellen, Dichtung mit Beton bei starken Verlusten an zahlreichen Stellen. Hierin kommt die Beschaffenheit des Bodens, aus welchem das Kanalbett

gebildet ist, zum Ausdruck und man hat beobachtet, daß bei tonigem Boden die Dichtung mitunter schwieriger ist, als bei sandigem, weil in jenem leicht größere, schwer zu schließende Zwischenräume entstehen.

Hierher gehören auch die nachstehenden Ergebnisse des Schifffahrts-Kongresses zu Brüssel 1898:

- a) Bei reichlichem Speisewasser kann, falls Wandungen und Sohle nicht zu grobe Undichtigkeiten zeigen, das Niederschlagen dichtender Bodenarten angewendet werden.
- b) Lettenbekleidungen sind bei angeschütteten Wandungen und zusammenpressbarem Boden (also im Auftrag) anwendbar. Sie sind billiger als Beton und besonders zur Beseitigung örtlicher Undichtigkeiten in Form von Tondämmen geeignet. Mechanisches Zusammenpressen des angeschütteten Bodens ist ebenfalls streckenmäßig anwendbar bei gleichen Verhältnissen.
- c) Betonabdeckungen setzen standsicheren Boden voraus und sollten nicht unter 15 cm Stärke haben. Ein Abputzen ist nicht erforderlich, nötigenfalls kann ein Anstrich mit erwärmtem Goudron die Dichtigkeit erhöhen.
- d) In Haltungen mit wechselnder Richtung des Wasserdrucks kann es unter Umständen nützlich sein, dem Grundwasser Gelegenheit zum Abfließen zu geben.⁴¹⁾

Wenn die örtlichen Verhältnisse schwierig sind, füllt man die einzelnen Kanalstrecken probeweise mit Wasser und entscheidet über die zu ergreifenden Maßregeln auf Grund der hierbei beobachteten Wasserverluste. Bei diesen Beobachtungen ist nicht allein das Sinken des Wasserstandes in jeder Kanalstrecke zu ermitteln, sondern es sind unter Umständen auch durch leichte Fangdämme Abteilungen in den Strecken herzustellen, letzteres, wenn es sich darum handelt, die Stellen, woselbst Wasserverluste stattfinden, genauer kennen zu lernen. Ferner kann man aus der Ergiebigkeit kleiner, am Fusse der Dammböschungen hergestellter Versuchsgräben auf die Dichtigkeit der entsprechenden Teile des Kanals schließen.

Bei Kanälen im Hügellande veranlaßt die versuchsweise Anfüllung des Kanals mitunter langwierige und mühevollere Ergänzungsarbeiten, und es vergehen unter ungünstigen Verhältnissen Jahre, bis die Wasserverluste eines Kanals genügend eingeschränkt sind. Hierzu liefern die Arbeiten am Rhein-Marne-Kanal ein Beispiel, indem namentlich an der Schlensentreppe der Vogesen nicht allein Dichtungsarbeiten jeder Art, sondern auch verschiedene schwierige Ausbesserungen infolge von Damnbrüchen vorkamen, worüber die ausführlichen Mitteilungen von Graeff (Canaux et chemins de fer, S. 150) zu vergleichen sind. Beim genannten Kanal wählte man Betonierung, wenn der Wasserverlust f. d. lfd. m mehr als 3 cbm in 24 Stunden betrug, und Dichtung mit Tonschlag bei 2 bis 3 cbm Wasserverlust. Einen Verlust von 0,3 cbm erachtete man als auf die Dauer zulässig und sah auch bei 0,5 cbm Verlust zunächst von der Vorahme von Dichtungsarbeiten ab, weil die Erfahrung zeigt, daß bei einem so geringen Verlust der Kanal im Laufe der Zeit von selbst dichter wird.

Die Dichtung der Kanalbrücken und der Anschlüsse derselben an die Dämme ist im zweiten Teile dieses Werkes (Brückenbau), Band II, Kap. II besprochen. — Von der Dichtung der zunächst der Schleusen liegenden Stellen des Bettes wird in § 11 die Rede sein. Mit besonderer Sorgfalt sind die im Oberwasser der Schiffshebewerke von

⁴¹⁾ Vergl. auch Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 402.

ziemlich hohen Aufträgen getragenen Betten zu behandeln, weil die Ausbildung von abwärts fließenden Wasseradern den Bestand des Hebewerks gefährden kann.

§ 10. Uferbefestigung. Die Befestigung der Kanalufer hängt, wie in § 7 bereits erwähnt ist, mit der Gestaltung des oberen Teils des Kanalquerschnitts so eng zusammen, daß auch der letztere an dieser Stelle zu besprechen ist. Außerdem ist zu beachten, daß die Uferbefestigungen hauptsächlich durch die Fahrgeschwindigkeiten der Schiffe beeinflusst werden, und daß eine nachträglich ausgeführte Befestigung sich anders gestaltet, als eine gelegentlich des Baues ausgeführte.

Uferbefestigung und Kanalquerschnitt bei geringer Geschwindigkeit der Schiffe.³⁵⁾ Auch bei geringer Fahrgeschwindigkeit entstehen in den Kanälen Strömungen und Wellen. Selbst kleine Wellen greifen aber den oberen Teil der Böschungen im Laufe der Zeit merklich an und die bekannten Einwirkungen des Frostes vergrößern diese Beschädigungen. Auch das Einsetzen von Schiffstangen und das Betreten der über dem Wasser liegenden Teile der Böschungen durch Vieh verursachen eine Veränderung über ursprünglichen Form. Es ergibt sich, daß ein Uferschutz nie ganz entbehrt werden kann.

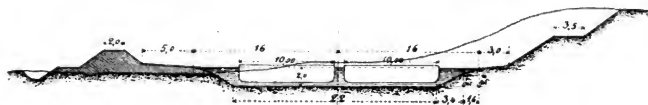
Ein einfaches und weit verbreitetes Mittel, um die bedrohten Streifen der Böschungen gegen jene Angriffe zu schützen, besteht in der Anordnung einer mit Rohr, Schilf oder dergl. bepflanzten Berme, welche in der Höhe des Wasserspiegels (Abb. 6, Taf. IV) oder ein wenig tiefer liegt; oberhalb derselben werden die Böschungen mit Rasen bekleidet. Früher war für die Bermen eine Breite von 0,5 m üblich, es kann jedoch empfohlen werden, dies Maß zu vergrößern, zumal die Bermen ihre ursprüngliche wagerechte Lage nur selten beibehalten. Der Oder-Spree-Kanal hat deshalb in Anschluß an eine in Wasserspiegelhöhe liegende 0,5 m breite Berme eine dreimalige Böschung erhalten, welche bis 0,6 m unter den Spiegel reicht (Abb. 1⁴, Taf. V).

Abb. 21. *Elbe-Trave-Kanal.*

Querschnitte unterhalb der Donnerschleuse. M. 0,002 (1:500).

In den Wiesen.

In den Höhen.



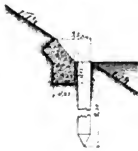
Beim Elbe-Trave-Kanal hat Rehder die in der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes beginnenden, dann schwach ansteigenden und mit Rohr (Reth) bepflanzten Bermen noch mehr ausgebildet und ihnen eine Breite von 3 bis 5 m gegeben. Rohr hat man gewählt, weil Schilf nicht tief genug wurzelt. Der Übergang von den Bermen in die zweimalige Kanalböschung wird durch eine 0,3 m unter Wasser endigende, flache Böschung vermittelt (Abb. 21). Auf diesem Kanal ist Dampfbetrieb eingerichtet, wahrscheinlich wegen ihrer großen Breite scheint aber die gewählte Befestigung trotzdem zu genügen.

³⁵⁾ Ältere Literatur: Malézieux, Travaux publics des états-unis d'Amérique en 1870, S. 358 u. 360. — Herschel, Die Zerstörungen der Böschungen und der Sohle der Flüsse und Kanäle durch das Wasser. Journ. of the Franklin Inst. 1878, Juli, S. 26. — v. Horn, Befestigung der Kanalufer in den Niederlanden. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 725.

Für die Einzelheiten derartiger Pflanzungen kann auf Gerhardt, Uferdeckungen durch Binsen, Rohr, Schilf und Weiden (Zeitschr. f. Bauw. 1897, S. 453) verwiesen werden, obwohl diese Mitteilungen in erster Linie die Ufer der Flüsse und Seen betreffen. Mitunter hat man auch Pflanzungen zwischen Backsteinbrocken ausgeführt, soweit bekannt jedoch ohne große Erfolge (vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 618).

Da, wo der Boden wenig widerstandsfähig ist, kann man durch Flechtzäune oder durch Packwerk nachhelfen. Die ersteren werden namentlich in Holland bei leichten Beschädigungen nicht selten verwendet. Ebendasselbst, namentlich aber bei dem Finow-Kanal, dem Oder-Spree-Kanal u. a. hat man Packwerke, und zwar sowohl starke, wie

Abb. 22. M. 0,02.



leichte in großer Ausdehnung ausgeführt. Diese Befestigung verursacht geringe Kosten, aber die über Wasser liegenden Lagen sind von ziemlich kurzer Dauer. An den Böschungen französischer Kanäle bestehen die leichteren Deckwerke da, wo bepflanzte Bermen den Dienst versagen, aus mächtig starken, in 0,8 m Abstand eingeschlagenen Pfählen, gegen welche eine Bohle gelegt wird, um einen gewöhnlich aus Backsteinbrocken hergestellten Körper zu stützen. Abb. 22 zeigt die Anordnung einer solchen Befestigung.

Uferbefestigungen, die wegen Vergrößerung der Fahrgeschwindigkeit der Schiffe nachträglich hergestellt sind.²⁵⁾ Die Vergrößerung der Fahrgeschwindigkeit, welche mit der Anwendung von Dampfschiffen Hand in Hand geht, steigert die in § 11 des I. Kapitels erörterten Angriffe, denen die Ufer ausgesetzt sind, erheblich. Die auf- und ablaufenden Wellen werden höher, greifen deshalb auch in größerer Tiefe an, und die Strömungen neben den Schiffen werden kräftiger, dabei finden die Bewegungen des Wassers in sehr verschiedenen Richtungen statt. Es kommt aber nicht allein die Geschwindigkeit, sondern auch die Art und die Größe des Verkehrs in Betracht. Wenn dieser lebhaft, wenn außerdem noch mit erheblich wechselnden Wasserständen zu rechnen ist, sind die oben besprochenen Uferbefestigungen auf die Dauer unzureichend und der Wasserquerschnitt erleidet eine erhebliche Veränderung, bis kräftige Befestigungen ausgeführt werden.

Abb. 23. Kanal von Dokkum nach Gerbenalles-Verlaat. M. 0,005 (1:200).



Abb. 23 zeigt die Veränderung des Wasserquerschnitts eines holländischen Kanals, dessen Form sich bei Kanälen mit Dampftrieb oft wiederholt. An den Ufern bildet sich fast durchweg ein steiler Abhang aus, welcher in 0,20 bis 0,75 m Tiefe unter Wasser endigt; an diesen Abhang schließt sich eine mehrere Meter breite, schwach geneigte Berme, dann folgen Stellen, deren ursprüngliche Formen weniger verändert sind.

²⁵⁾ Schiffahrts-Kongress Paris 1892. Vorschläge Schlichtings. Berichte über Uferbefestigungen in Nord-Frankreich, Holland und Rußland. Siehe Weber v. Ebenhof, a. a. O. S. 152. — v. Horn, Einwirkung der Dampfschiffahrt auf den Querschnitt der Kanäle. Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 484. — Schiffahrts-Kongress Haag 1894. Ausführlicher Bericht von Wortmann über die Sicherung der Kanalufer in den Niederlanden. Weber v. Ebenhof, a. a. O. S. 282.

Über die zugehörigen Uferbefestigungen liegen zahlreiche Mitteilungen vor, besonders über Ausführungen an holländischen Kanälen, welche seit längerer Zeit mit Dampfschiffen befahren werden. Aus dem in Anm. 53 genannten Bericht von Wortmann sind hier einige wenige Beispiele aufgenommen; andere hat die 3. Auflage dieses Werkes gebracht.

Abb. 24 zeigt eine Uferbefestigung vom Rhein-Schie-Kanal, Strecke zwischen Delft und dem Haag (Sohlenbreite 16,5 m). Die Dampfer dürfen mit 9 km Geschwindigkeit fahren. Boden: Ton mit Torf und Sand wechselnd. — An eine abgestützte und verankerte Bohlwand schließt sich eine auf einer Lage Steinbrocken ruhende Basaltböschung, darunter befindet sich eine Lage Ton.

Abb. 24.
Rhein-Schie-Kanal (Strecke von Delft nach dem Haag).
M. 1 : 80.

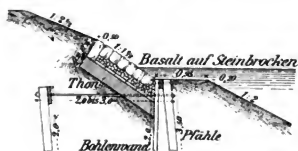
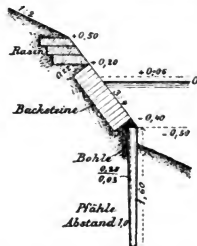


Abb. 25. Drent'sche Hauptfahrt. M. 0,02.



Eine von Pfählen gestützte steile Steinbekleidung von der Drent'schen Hauptfahrt zeigt Abb. 25. Die Dampfer fahren mit 6 bis 7,5 km Geschwindigkeit. Boden: Sand, an einigen Stellen mit 0,5 m Torf überdeckt. Befestigung: Eichene, 1,60 m lange Pfähle in 1 m Abstand, darauf ein dreikantiges, kreosotiertes tannenes Gurtholz. Hinter den Pfählen eine 0,28 m breite tannene Bohle. Über dem Gurtholz Trockenmauerwerk mit Neigung 1 : 3/4, darüber ist die Böschung mit Rasen belegt. Ähnlich wie die letztgenannte sind die Befestigungen, welche bei den verkehrsreichen Kanälen in Nord-Frankreich üblich geworden sind.

Diese beiden Anordnungen werden auf Grund der vorliegenden Erfahrungen von Wortmann im allgemeinen bevorzugt, wenigstens für die lockeren Bodenarten der Niederlande. Er sagt, daß bei Kanälen, die nicht wasserfrei gemacht werden können, Holzwände unentbehrlich seien, daß dieselben aber auch dann, wenn jenes nicht der Fall ist, in den meisten Fällen den Vorzug verdienen; ferner erwähnt er, daß die Holzwände dicht sein müssen, weil andernfalls der dahinter liegende Sand nach und nach weggespült wird, und daß in den vor den Wänden liegenden Flächen nicht selten Vertiefungen eingetreten sind, welche längere Pfähle und Bohlen erforderlich machten, als anfangs verwendet waren; die Holzwände seien deshalb bis zur Kanalsohle hinaufzuführen.

Bei weniger ungünstigen Bodenverhältnissen dürften aber auch die oben erwähnten Anordnungen Beachtung verdienen, bei welchen in Wasserhöhe Steinbrocken verwendet werden; diese haben den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß sie bei Unterspülung und Versackung einfach durch Nachschütten ergänzt werden können.

Abb. 26. Querschnitte des Erie-Kanals

im Jahre 1835.

M. 0,005 (1 : 200).

im Jahre 1849.



Aus anderen Ländern liegen spärliche Nachrichten vor. Über die am Ourcq-Kanal und am Forth-Clyde-Kanal getroffenen Anordnungen sind die Abb. 11 u. 12 (S. 164) zu vergleichen. Beim Erie-Kanal hat man anfangs die Befestigung eines Streifens zur Ausführung gebracht (Abb. 26, links), wobei eine Berme beibehalten wurde. Später hat man vorgezogen, die Böschungen steiler zu machen und sie in ihrer ganzen Ausdehnung zu befestigen (dasselbst rechts). Eine vollständige Befestigung der Böschungen kommt auch in Rußland bei einem der Ladoga-Kanäle vor; hier wird ein starkes, nach bekannten Regeln behandeltes Pflaster von einem Steinwurf gestützt.

Bei den Befestigungen, welche aus Holz und Stein gebildet werden, muß das Holz stets von Wasser bedeckt sein. Hierdurch wird jedoch die Ausführung nicht wesentlich erschwert. Wenn sie sich nicht gelegentlich einer Kanalsperre beschaffen läßt, sind leichte Fangdämme anzuwenden; letztere soll man in Frankreich mit Erfolg aus Eisen hergestellt haben.

Uferdeckung und Kanalquerschnitt bei neuen Kanälen mit Dampftrieb.⁶⁴⁾ Der obere Teil des Querschnitts hat auf Grund der vorliegenden Erfahrungen ziemlich feste Formen angenommen. Weil die Angriffe der Wellen der Dampfschiffe und Schleppkähne in etwa 1,0 m Tiefe unter dem normalen Wasserspiegel gering werden, hat eine bis 0,6 m Tiefe hinreichende Befestigung sich als ausreichend erwiesen und die Höhe der Wellen bringt es mit sich, daß jene bei 0,3 bis 0,4 m über dem Wasserspiegel aufhören darf. Den allgemeinen Regeln für die Neigung armerter Böschungen entsprechend gibt man diesen Befestigungen je nach der Art des Bodens, den sie bekleiden, Neigungen von 1:1 bis 1:1³/₄. Unterhalb des Fußes der Befestigungen sind die Angriffe der Wellen zwar unbedeutend, es besteht aber die Gefahr einer Unterspülung durch die Rückströmungen des Wassers. Hieraus ergibt sich die Anordnung einer etwas geneigten Unterwasser-Berme von etwa 2,0 m Breite und das Bedürfnis einer Sicherung des Böschungsfußes. Im wesentlichen ist die in Abb. 24 vorgeführte Bauart, jedoch mit Vergrößerung der Höhen, die am meisten verbreitete geworden.

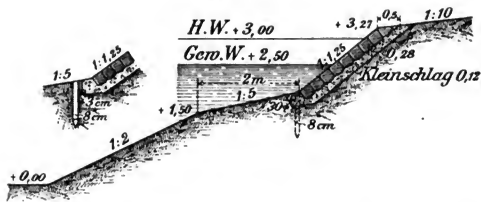
Jene Sicherung des Fußes ist beim Dortmund-Ems-Kanal je nach der Bodenbeschaffenheit verschieden ausgeführt. „Bei festem gewachsenen Boden hat eine Kleinschlagschüttung genügt. Bei trieb sandartigem Boden ist der Fuß nach Abb. 27 durch eine mit Pfählen befestigte, starke Faschinenwurst gestützt; in aufgeschüttetem Sandboden teilweise durch eine Pfahlwand mit angenageltem Brett (Abb. 27, links).“

⁶⁴⁾ Uferdeckungen von Beton mit Eiseneinlagen und Erdankern nach Müller und Rabitz, Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 425. — Müller, über denselben Gegenstand. Dasselbst S. 499 und 1899, S. 283. — Erfahrungen bei verschiedenen Uferdeckungen. Dasselbst 1900, S. 94.

Verschiedene Uferbefestigungen: Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 273. — Uferdeckungen aus Zement. Erfahrungen über verschiedene Versuchsstrecken. Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 193. — Uferbefestigung durch Platten mit Nut und Feder. Ann. des trav. publ. de Belgique 1903, S. 1173. — Versuche mit Uferdeckungen. Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 497. — Pflastersteine aus Zement-Beton. Dasselbst S. 506.

Abb. 27. Dortmund-Ems-Kanal. Normale Uferbefestigung durch Pflaster.

M. 1:100.



Wie bei allen Ausführungen, die infolge grosser Längenerstreckung erhebliche Gesamtkosten verursachen, ist auch in diesem Falle der Kostenpunkt in der Regel ausschlaggebend für die Wahl der Befestigungsart. Bei dem oben genannten Kanal hat man, wenn die Beschaffung der Steine mässige Kosten erforderte, pflasterartig gepackte, 28 cm starke Decksteine auf einer 12 cm starken Unterbettung aus Steinbrocken bevorzugt und es wird bemerkt, dass diese Befestigung sich wohl am besten bewährt habe. Wo jedoch Steine von genügender Grösse zu teuer sind, während ein zu Zementarbeiten geeigneter Sand zur Verfügung stand, ist eine Abdeckung aus einzelnen 8 cm starken Zementplatten angeordnet; dieselbe hat sich gleichfalls meistens gut gehalten. Die Kosten der einzelnen Befestigungsarten und die Gesamtkosten der Befestigungen am Dortmund-Ems-Kanal sind mitgeteilt in Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 275 u. 277.

Für Abdeckungen mit Platten hat Gröhe die nachstehenden Grundsätze aufgestellt:

Das Material muss frostbeständig und von genügender Festigkeit sein, auch eine möglichst glatte Oberfläche haben.

Die Uferdeckung muss geringen Verschiebungen, bzw. Versackungen folgen können, ohne dass Brüche eintreten, also aus einzelnen Teilen zusammengesetzt sein und gleichzeitig möglichst wenig Fugen besitzen, welche einen Angriff auf das Bettungsmaterial gestatten.

Reparaturen müssen sich leicht und möglichst unabhängig von den Witterungseinflüssen ausführen lassen.

Bei der weiteren Ausbildung der genannten Befestigungen hat man den unteren Platten eine grössere Stärke als den oberen gegeben. Ein Beispiel gibt Abb. 28. Die unteren Platten sind 16 cm, die oberen 8 cm stark und haben Drahteinlage, beide haben 70 cm Breite. Auf ein Plattenpaar von den in der Abbildung vermerkten Abmessungen folgt stets ein anderes, bei welchem die unteren Platten 70, die oberen 90 cm lang sind. Die Platten bestehen aus Sandbeton (1 Teil Zement, 4 Teile Sand). Den Fuss bildet eine Holzwand, die durch eine verholzte Pfahlreihe gestützt wird.

Abb. 28. M. 1:80.

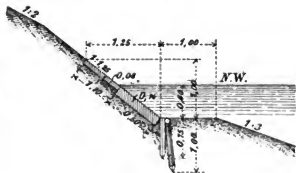
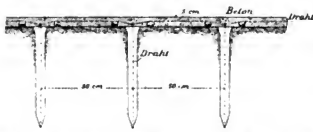


Abb. 29.



In Belgien hat man die Platten teilweise mit Nut und Feder versehen. Eiseneinlagen haben sich, soweit bekannt, stets bewährt.

Von anderen Seiten werden fugenlose Uferbefestigungen aus Zementbeton mit eisernen Verstärkungen empfohlen; nach

Müller wären dieselben durch Zement-Erdanker mit dem Untergrunde zu verbinden (Abb. 29).

Die besprochenen und andere Befestigungen sind der Gegenstand zahlreicher Versuche gewesen und das Zentralblatt hat darüber in verschiedenen Jahrgängen berichtet. Im Jahrgange 1902 (S. 193) ist über die Versuche mit Zementabdeckung das Folgende gesagt: „Zusammenhängende fugenlose Uferdeckungen von Beton haben sich nach den bisherigen Versuchen und Erfahrungen nirgends auf die Dauer tadelfrei gehalten, gleichviel, ob sie Eiseneinlagen oder Erdanker oder beides besaßen oder nicht. Die neueren Versuche und Ausführungen sind deshalb darauf gerichtet, die Betonabdeckungen entweder an Ort und Stelle mit Fugen und in Platten, deren Abmessungen 3,0 m in keiner Richtung überschreiten, oder aus Platten oder Pflastersteinen, die auf dem Werkplatz gefertigt und erhärtet sind, herzustellen.“

Im allgemeinen ist durch die Ausführungen, welche in vorstehendem besprochen sind, die in Rede stehende Frage ihrer Lösung näher gekommen, aber nicht endgültig beantwortet. Inwieweit sich die an unseren neuen Kanälen in großem Maßstabe auszuführenden Uferbefestigungen bewähren, kann nur durch längeren Betrieb ermittelt werden, und wenn dann bestimmte Anordnungen besonders geeignet befunden sind, wird man dieselben nicht ohne weiteres dahin übertragen können, wo andere Verhältnisse, andere Bodenarten, andere Grundwasserverhältnisse vorliegen und wo die Preise für Holz und Steine andere sind.

§ 11. Schleusen und ihre Umgebungen. Hochbauten. Von den Schleusen der Schifffahrtskanäle ist bei verschiedenen Gelegenheiten schon gesprochen. In § 2 des I. Kapitels wurden außer ihrer Entstehung einige Hauptformen der einschiffigen (für ein Schiff bemessenen) Schleusen und die Begriffe „nutzbare Länge“ und „Gefälle“ erörtert. Angaben über die Hauptabmessungen des Grundrisses derartiger Schleusen in verschiedenen Ländern und zu verschiedenen Zeiten hat § 9 des genannten Kapitels gebracht, sodann sind in § 11 desselben (am Schlufs) die Vergrößerungen der Kammerlängen besprochen, welche die Dampfschiffahrt mit sich gebracht hat. Von der Zunahme der Gefälle der Schleusen ist in § 5 (S. 147) die Rede gewesen. In Verein mit dem Tiefgange der Schiffe bedingen die Schleusengefälle die Höhe der Seitenmauern, und es sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, daß es zweckmäßig ist, die Schleusenböden etwas tiefer zu legen, als die Sohlen der angrenzenden Kanalstrecken. Der Abstand zwischen dem Spiegel des Oberwassers und den Oberkanten der Seitenmauern ist von mancherlei Umständen abhängig, auf welche hier nicht eingegangen werden kann. Jene Oberkanten haben meistens in der ganzen Länge der Schleusen die gleiche Höhe.

Ferner ist auf die verschiedenen Arten der Kanalschleusen hinzuweisen. Am meisten verbreitet ist die Kammerschleuse mit zwei das Oberwasser kehrenden Toren. Schleusen mit einem Haupt kommen an den oberen Mündungen von Seiten-

kanälen in einen Fluß als Schutzschleusen zur Abhaltung des Hochwassers vor. Rücksichten auf die verschiedene Größe der Schiffe, namentlich aber auf Schiffszüge, führen zur Anordnung von drei das Binnenwasser kehrenden Toren. Auch die Kuppelschleusen, bei welchen das Unterhaupt einer Schleuse zugleich das Oberhaupt einer ihr angeschlossenen, etwas tiefer liegenden Schleuse ist, haben drei Tore. Lebhafter Verkehr macht zwei nebeneinander liegende Schleusen (Doppelschleusen) erforderlich, diese haben somit vier Tore. Ebensoviele Tore kommen vor, wenn der Kanal sich an das Flutgebiet eines Flusses anschließt, dann kehren nicht selten zwei Tore das Binnenwasser, die beiden anderen das Außenwasser. Mancherlei Abarten entstehen durch die Größe und Gestalt der Kammern; hier sollen nur die Zugschleusen, deren Kammern lang genug für einen Schiffszug sind, und die Kesselschleusen, deren Kammern genug Breite für einige nebeneinander liegende Schiffe haben, genannt werden.

Es liegt auf der Hand, daß die Kanalschleusen mit den für Flußkanalisierungen ausgeführten Schleusen nahe verwandt sind; mitunter gestalten sie sich ganz gleich. Die Besprechung der letztgenannten Schleusen in § 11 des III. Kapitels ergänzt deshalb das hier Gesagte. Unterschiede im einzelnen ergeben sich daraus, daß man bei Kanalisierungen die wechselnden Wasserstände des Flusses berücksichtigen und bei Kanalschleusen auf sparsame Verwendung des Wassers Bedacht nehmen muß.

Die großen Gefälle verschiedener neueren Schleusen sind dadurch möglich geworden, daß man neben denselben Seitenbecken angelegt hat. Bei einfachster Anordnung liegt die Sohle eines solchen Beckens in der Höhe des Spiegels des unteren Drittels der Schleusenfüllung. Dann kann man das obere Drittel der Füllmasse in das Becken leiten und das Wasser der Kammer nach Entleerung derselben behufs einer neuen Durchschleusung wieder zuführen. Für die weitergehende Ausbildung dieser sogenannten Sparschleusen ist auf den VIII. Band, § 24 zu verweisen.⁵⁹⁾

Die Zeitverluste beim Durchschleusen der Schiffe und ihre große Bedeutung für den Betrieb sind mit Berücksichtigung verschiedener Arten von Schleusen in § 3 dieses Kapitels besprochen, insbesondere ist daselbst nachgewiesen, daß bei Kanälen mit lebhaftem Verkehr in der Regel die Zugschleuse mehr als die Einzelschleuse zu empfehlen sei.

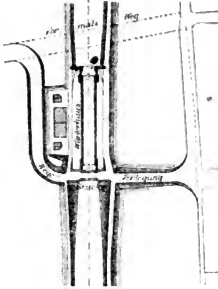
Die Stellung der Schleusen in der Längsrichtung des Kanals legt sich bei Mündungsschleusen gewöhnlich durch die Örtlichkeiten von vornherein, wenigstens im wesentlichen fest. Von der Lage der Kanalmündungen wird in § 16 die Rede sein. An die zugehörige Schleuse pflegt sich ein Hafen anzuschließen und unter Umständen kann man diesen zwischen der Schleuse und dem Flusse als Vorhafen anlegen; aus den an die Länge dieses Hafens zu stellenden Anforderungen kann sich dann die Entfernung der Mündungsschleuse von dem Ufer des benachbarten Gewässers ergeben. Im allgemeinen dürfte es aber zweckmäßig sein, die Schleuse zwischen dem Hafen und dem Flusse zu erbauen und nicht selten legen bestehende Deiche die Lage der ersteren fest.

Bei Scheitelhaltungen wird die Länge, somit auch die Lage der Endschleusen in der Regel durch die Höhenverhältnisse des Geländes bedingt. Im übrigen ist die Ermittlung der Lage der Schleusen das Ergebnis der wiederholten Bearbeitung des Höhenplans des Kanals (§ 5 u. 6 des vorliegenden Kapitels), wobei, wie bereits erwähnt wurde, Verringerung ihrer Zahl, somit die Anwendung ansehnlicher Gefälle zu

⁵⁹⁾ Man vergl. auch: Sparschleuse des Teltow-Kanals. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 297 und 1903, S. 326. Ferner: Sparschleusen des Dortmund-Ems-Kanals. Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 438.

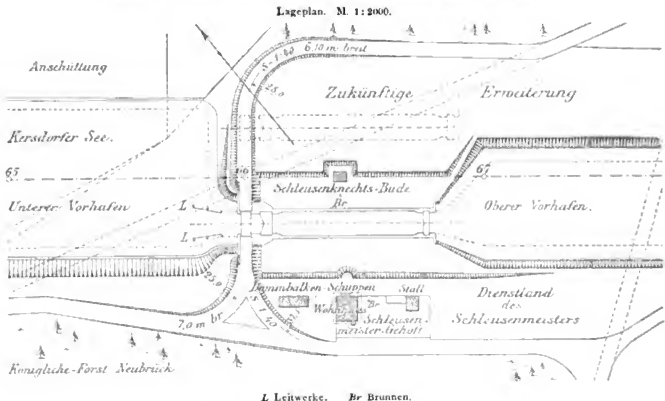
erstreben ist, soweit es die Rücksichten auf den im folgenden Paragraphen zu besprechenden Wasserverbrauch gestatten. Wie man bei gegebenem Gefälle die Lage der Schleusen ermitteln kann, falls der Kanal an einer Tallehne liegt, ist in § 6 besprochen.

Abb. 30. M. 1:2880.



Nunmehr sind die Lagen der Schleusen in der Quere des Kanals und die Umgebungen derselben zu erörtern. Die früher übliche Anordnung (Abb. 30), bei welcher Schleusenachse und Kanalachse zusammenfallen, wird man bei Kanälen mit lebhaftem Verkehr nicht mehr ausführen. Bei diesen ist es Regel, daß sich namentlich im Frühjahr bei Wiedereröffnung der Schifffahrt eine größere Anzahl von Kähnen oder Flößen vor der Schleuse einfindet, und es empfiehlt sich, sowohl oberhalb wie unterhalb derselben einen geräumigen Vorhafen anzulegen, zumal die Vorhäfen auch die Erbauung einer zweiten Schleuse anbahnen, falls eine solche bei Zunahme des Verkehrs erforderlich wird. Ferner dienen diese Häfen dem örtlichen Verkehr, auch zum Aufstellen von Dienstschiffen u. dergl. Hierbei ergibt sich nun ein ansehnlicher Abstand der Schleusenachse von der Kanalachse, s. Abb. 31.

Abb. 31. Oder-Spree-Kanal. Kersdorfer Schleuse nebst Umgebung.



Bei Bestimmung der Längen und Breiten der Vorhäfen kann man die Hauptabmessungen der Schiffe zu Rate ziehen, muß jedoch auch auf die Bewegungen Rücksicht nehmen, welche die Schiffe zu machen haben, wenn sie in die Schleuse einfahren, sowie darauf, daß diese Vorhäfen unter Umständen als Wendepunkte zu benutzen sind. Der obere Vorhafen der Wernsdorfer Schleuse hat im Kern 180 m Länge und 50 m Wasserspiegelbreite, bei drei Vorhäfen, welche gelegentlich der Erweiterung des Plauer-

Kanals ausgeführt sind, betragen jene Abmessungen bezw. 110, 140, 160 m und 35, 50 50 m. Die Begrenzungen der Vorhäfen sind in die Begrenzungen der Strecken allmählich überzuführen (Abb. 1^a, Taf. V), auch an den Oberhäuptern der Schleusen verengt sich der Hafen nach und nach.

Am Unterhaupt ist eine Befestigung der Sohle des Vorhafens wegen der Strömungen und Wirbel, welche beim Leeren der Kammern entstehen, stets erforderlich; beim Oder-Spree-Kanal ist diese Befestigung etwa 30 m lang und durch ein mit Steinen belastetes, 1 m starkes Packwerk beschafft. In dieser und den benachbarten Stellen der Vorhäfen geht die Wassertiefe der Strecken in die Tiefenlage der Schleusendempel über. — Das Einfahren der Schiffe in die Schleusen wird erleichtert, wenn Leitwerke (L L, Abb. 31) oder Dükdalben angebracht werden.

Es ist zweckmäßig, die Böschungen der Vorhäfen, welche sich zunächst der Schleuse befinden, gleichfalls mit Steinen zu bekleiden; die Vergrößerung ihres Neigungswinkels, welche hiermit Hand in Hand gehen kann, bringt eine Einschränkung der Länge der Flügel der Schleusen, also eine teilweise Deckung der Kosten der Bekleidung, mit sich.

Neben den Schleusen befinden sich zunächst zwei geräumige freie Plätze für den Verkehr der Schleusenwärter, der Mannschaft u. s. w., ferner zur Vornahme von Unterhaltungsarbeiten u. dergl. Dann folgt in etwas höherer Lage an der einen und zwar in der Regel an der dem nächsten bewohnten Orte zugekehrten Seite das Schleusenmeister-Gehöft, während an der anderen Seite eine Schleusenknechts-Bude ihren Platz finden kann. Die Breite jener Plätze kann an der erstgenannten Seite 20 bis 25 m, an der anderen etwa 15 m betragen. Von der Ausstattung des Gehöfts wird weiter unten die Rede sein. Diesen Plätzen schliesen sich die Leinpfade an; an der Unterwasserseite sind dieselben mit kräftiger Neigung (8% oder ähnliches) in die neben der unteren Haltung liegenden Pfade zu führen. Die Lage ihres Grundrisses ist ziemlich willkürlich und nur von den Örtlichkeiten abhängig, weil ein kleiner Umweg die Benutzung nicht benachteiligt.

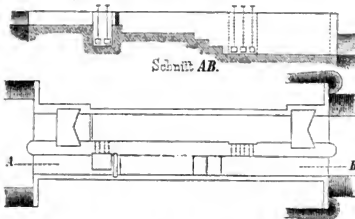
Das bis hierher Besprochene kommt in der Umgebung fast aller Schleusen vor; unter Umständen treten noch folgende Anlagen hinzu:

a) Wegebrücken. Wenn der Kanal in der Nähe der Schleuse einen Weg oder eine Straße kreuzt, so wird die betreffende Überführung gern mit dem Unterhaupt der Schleuse vereinigt, vergl. Abb. 30 (S. 178). Der Überbau braucht mitunter nur für eine Schiffsbreite bemessen zu werden und auch an Mauerwerk wird gespart. Kleine Brückenrampen, welche alsdann entstehen, sind zwar dem Verkehr, welcher längs des Kanals stattfindet, ein wenig hinderlich, dieser nicht schwerwiegende Übelstand kann aber durch Treppenanlagen gemildert werden. Bei namhaften Höhenunterschieden zwischen Weg und Schleusenplatz wird die Spannweite der Brücken der Verkehrs wegen entsprechend vergrößert.

b) Durchlässe. Wenn in der Nähe der Schleuse ein Bach von dem Kanal gekreuzt wird, kann eine Verlegung der Kreuzung nach dem Oberhaupt der Schleuse zweckmäßig sein; alsdann ist unter dem Oberhaupt ein Durchlaß oder ein Düker anzulegen. Beim Marne-Saône-Kanal ist dies an verschiedenen Stellen geschehen und zwar mitunter derart, daß mit jener Anlage Vorrichtungen zur Speisung der oberen und zur Entlastung der unteren Strecke verbunden sind. In Deutschland findet man Düker u. a. unter den Oberhäuptern der Schleusen des mittleren Emsgebiets (s. Zentralbl. d. Bauverw. 1882, S. 166).

c) Speisekanäle. Die Speisekanäle, welche neben den Schleusen, nicht selten auch im Mauerwerk derselben angelegt werden, um Wasser aus der oberen in die untere Haltung überzuführen, sollen hier nur vorläufig erwähnt und in § 13 eingehender besprochen werden. Eine verwandte Anordnung zeigt Abb. 32. Dieselbe gehört einem schiffbaren Bewässerungskanale an und ist getroffen, um das Bewässerungswasser unabhängig vom Schleusenbetriebe aus einer Haltung in die andere leiten zu können, nebenbei gestattet sie, die Kammer von der Langseite der Schleusenmauern her zu füllen und ebenso zu entleeren.

Abb. 32.



Über die Kosten neuerer Schleusen ist im Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 433 folgendes gesagt: Bei 4 m Gefälle sind die Kosten einer Einzelschleuse für 400 t-Schiffe zu 350000 M., für 600 t-Schiffe zu 400000 M. zu veranschlagen. Die Kosten einer Zugschleuse werden etwa das Doppelte der Kosten einer Einzelschleuse betragen.

Beim Dortmund-Ems-Kanal hat eine Einzelschleuse, welche in den Jahren 1895 bis 1898 ausgeführt und in Zeitschr. f. Bauw. 1901 beschrieben ist, ausschließlich der Grunderwerbs- und der allgemeinen Aufwendungen 300900 M. gekostet. — Für die Bau- und Betriebskosten der Sparschleusen dieses Kanals vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 442.

Hochbauten. Unter den Hochbauten, zu welchen der Bau eines Schiffahrtskanals Veranlassung gibt, sind zunächst diejenigen des Schleusenmeister-Gehöfts zu nennen. Die Beschreibung eines solchen gibt Mohr, Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 382. Hier seien unter Hinweis auf Abb. 31 die Grundflächen der einzelnen Gebäude in runden Zahlen angegeben:

Schleusenmeister-Wohnhaus	$10\frac{1}{2} \times 9$ m.
Stallgebäude	$6\frac{1}{4} \times 5$ m.
oder, wenn ein Geräteraum für die Verwaltung damit verbunden wird	11×9 m.
Schleusenknechts-Bude	$5\frac{3}{4} \times 4\frac{1}{2}$ m.
Dambalkenschuppen bei 8,6 m Schleusenweite	$12 \times 4\frac{1}{2}$ m.

Die angegebenen Größen von Wohnhaus und Stallgebäude genügen auch für Bühnenmeister und Baggermeister.

Beim Dortmund-Ems-Kanal sind die Dienstwohnungen für die gewöhnlichen Aufsichtsbeamten nach zwei Musterentwürfen bearbeitet. Nach dem einen sind diejenigen Wohngebäude eingerichtet, deren Inhaber auf einen landwirtschaftlichen Haushalt angewiesen sind. Der andere Entwurf ist in der Nähe von Ortschaften ausgeführt, wo ein mehr städtischer Haushalt möglich ist. Für Einzelheiten und Zeichnungen sei auf Zeitschr. f. Bauw. 1902, S. 460 verwiesen.

Von einigen sonstigen bei Kanälen vorkommenden Hochbauten wird in § 17 die Rede sein.

§ 12. Wasserverbrauch und Wasserverluste. Den Wasserbedarf eines Kanals zum voraus zu ermitteln, ist ebenso schwierig wie wichtig. Diese Aufgabe ist schwierig.

weil der Bedarf von sehr verschiedenen Umständen abhängig ist und wichtig, weil es Vorbedingung für genügende Speiseanlagen ist, daß der Wasserbedarf nicht zu gering angeschlagen werde. Die betreffenden Untersuchungen haben übrigens nicht allein für die Kanäle Bedeutung; manches von dem, was weiter unten über die Verluste durch Versickerung und Verdunstung gesagt werden wird, gilt auch für Speisegräben u. dergl.

Zu unterscheiden sind Wasserverbrauch und Wasserverluste. Ein Wasserverbrauch findet namentlich beim Durchschleusen der Schiffe statt; er wächst mit dem Verkehr, sowie mit der Größe und dem Gefälle der Schleusen. Wasserverluste entstehen hauptsächlich durch Versickerung und Verdunstung; sie wachsen mit der Länge des Kanals und der Größe des Wasserquerschnitts, sind aber außerdem von der Bodenbeschaffenheit, den Grundwasserständen und der Art der Dichtung des Kanalbettes abhängig.

Wasserverbrauch. Es sei zunächst bemerkt, daß nachstehend Schleusen gewöhnlicher Bauart, einschließlich der Sparschleusen, angenommen sind. Hebewerke und verwandte Einrichtungen verbrauchen weit weniger Wasser, als jene; Zahlenangaben über ihren Verbrauch findet man in § 25 des VIII. Bandes dieses Werkes.

Bei Ermittlung des Wasserverbrauchs der Kammerschleusen kommt zunächst die am höchsten gelegene Strecke, bei Scheitelkanälen also die Scheitelhaltung, in Betracht. Wenn es sich um eine vorläufige Einschätzung dieses Verbrauches handelt, kann folgendermaßen verfahren werden: Nach Maßgabe des zu gewärtigenden Verkehrs macht man eine Annahme über die Anzahl der Schiffe n , welche täglich und durchschnittlich den Kanal voraussichtlich befahren werden. Beispielsweise wurde beim Rhein-Marne-Kanal $n = 45$, beim Entwurf des Berlin-Rostocker Kanals $n = 25$, bei einem Mosel-Saar-Kanal $n = 30$ angenommen. Vom Oder-Spree-Kanal liegen einige Beobachtungen vor; täglich und durchschnittlich fahren auf diesem i. J. 1893 während einer Betriebszeit von 308 Tagen 51 Schiffe und an der Kersdorfer Schleuse wurde 20mal geschleust.

Bezeichnet man nun den Kubikinhalte einer Schleusenfüllung, d. h. das Produkt der zwischen den Schlagschwellen gemessenen Länge, der mittleren Breite und dem Schleusengefälle mit M , so beträgt unter der Voraussetzung, daß die Hälfte der Schiffe bei den Schleusen, die andere Hälfte aber in der Strecke kreuzt, der Wasserverbrauch der beiden Endschleusen täglich und durchschnittlich $1\frac{1}{2} n M$; an jeder Seite der Scheitelhaltung werden somit $\frac{3}{4} n M$ cbm verbraucht.

Die obige Voraussetzung ist willkürlich und mag bei einem Verkehr von mittlerer Größe einigermaßen zutreffen. Bei schwachem Verkehr werden aber die Schiffe der verschiedenen Richtungen nur selten an den Schleusen ziemlich gleichzeitig ankommen, während bei sehr lebhaftem Verkehr zahlreiche derartige Begegnungen der Schiffe wahrscheinlich sind.

Ferner ist zu beachten, daß obige Ermittlung des Wasserverbrauchs nur dann zutrifft, wenn die Schiffe gleiche Ladungen und wenn die Endschleusen der Scheitelhaltung ein und dasselbe Gefälle haben. Gewöhnlich überwiegt aber der Talverkehr den Bergverkehr oder umgekehrt, alsdann kommen außer der Füllmasse M noch die von den Schiffen verdrängten Wassermengen in Betracht.

Hierüber sagt Bubendey das Folgende:⁸⁶⁾ „Bezeichnet M die Schleusenfüllung und verdrängt das bergwärts fahrende Schiff b cbm, das talwärts fahrende Schiff t cbm Wasser, so ist der Wasserverbrauch bei der Auffahrt eines Schiffes $M + b$, bei der Abfahrt eines Schiffes $M + t$.

⁸⁶⁾ Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 234.

Führt aber das abwärts fahrende Schiff in die Schleuse, die das aufwärts fahrende eben verlassen hat, so ist der Verbrauch für Auffahrt und Abfahrt zusammen $M + b - t$. Sobald die Hauptfrachten talwärts gehen, wird also für eine Auf- und Abfahrt weniger als M verbraucht. Ganz allgemein gilt aber das folgende: Hat am oberen Ende einer Haltung eine Kreuzung in der Schleuse stattgefunden, so sind der Haltung $M + b - t$ cbm zugeführt.

Ist in derselben Zeit am unteren Ende der Haltung ein Schiff abwärts gefahren und eins aufwärts, ohne dafs die Schiffe sich an der Schleuse getroffen hätten, so hat die Haltung $(M + b - t)$ cbm abgegeben. Der gröfseren Abgabe entsprechend ist der Spiegel der Haltung etwas gesenkt worden. Diese Spiegelsenkung wird bei Eintritt des umgekehrten Verhältnisses sich wieder ausgleichen.²⁷⁾

Bei eingehenden Untersuchungen über den Wasserverbrauch ist unter anderem das Nachstehende zu berücksichtigen:²⁸⁾

1. Je nach dem in den einzelnen Abschnitten des Jahres stattfindenden Verkehr ist der Verbrauch bald kleiner, bald gröfser als der durchschnittliche. Während des Winters ist der Verkehr nur gering, zeitweilig sogar unterbrochen, im Frühling entwickelt er sich in der Regel kräftig, namentlich bezüglich der Flöfserci.

Auf den elsafs-lothringischen Kanälen entfielen nach Angaben aus den Jahren 1874 und 1875 auf die Monate Dezember, Januar und Februar durchschnittlich je 2 bis 3% des gesamten Schiffsverkehrs, auf die Monate März, April, Oktober und November je 7 bis 10%, auf die übrigen Monate (Mai bis September) aber je 11 bis 12%. Zur Zeit des grössten Verkehrs wurden somit etwa 15% Schiffe mehr als durchschnittlich befördert. Durch Beobachtungen an der kanalisiertem Yonne hat man gefunden, dafs daselbst zur Zeit des grössten Verkehrs die Durchschnittszahl der Schiffe um 50 bis 70% überschritten wird (Ann. des ponts et chaussées 1851, I. S. 334).

Am Oder-Spre-kanal waren i. J. 1893 in der Kersdorfer Schleuse durchschnittlich täglich 20 Schleusungen vorzunehmen; am 7. April 1894, als dem Tage, welcher seit Eröffnung des Kanals den lebhaftesten Verkehr aufwies, fanden aber 38 Schleusungen statt.

2. Es kommt unter Umständen vor, dafs Schiffe nicht die ganze Länge des Kanals durchfahren; alsdann ist der Ermittlung des Wasserverbrauchs die Strecke zugrunde zu legen, welche voraussichtlich den grössten Verkehr hat.

3. Wenn unterhalb der am höchsten liegenden Strecke, bzw. der Scheitelstrecke sich Schleusen befinden, welche gröfsere Gefälle haben als die Schleusen jener Strecken, so ist bei den in Rede stehenden Ermittlungen das grösste der vorkommenden Gefälle maßgebend.

4. Durch kurze Haltungen entsteht eine Vermehrung des Wasserverbrauchs. In einer kurzen Haltung ändert sich nämlich der Wasserstand durch Abgabe oder Hinzutreten einiger Schleusenfüllmassen in empfindlicher Weise und es müssen mitunter die fehlenden oder die überschüssigen Wassermassen aus höher liegenden Strecken entnommen bzw. an tiefer liegende abgegeben werden, ohne für das Schleusen der Schiffe nutzbar gemacht zu sein.

5. Wenn bei Schleusen mit grofsen Gefällen Seitenbecken angelegt werden, vermindert sich der Wasserverbrauch erheblich. Das Zentrabl. d. Bauverw. 1895 (S. 303) hat hierüber näheres gebracht, namentlich eine bildliche Darstellung, aus der man die theoretische Wasserersparnis bei verschiedener Zahl der Sparbecken und verschiedenen Gröfsenverhältnissen der Sparbecken- und Schleusenammer-Grundflächen entnehmen kann.²⁹⁾

²⁷⁾ Vergl. auch: Löhmann, Wasserbedarf beim Durchschleusen der Schiffe. Zentrabl. d. Bauverw. 1882, S. 296. — Gröhe, Bestimmung des Wasserverbrauchs bei Schleusungen. Zentrabl. d. Bauverw. 1904, S. 170. — Thiele, Über denselben Gegenstand. Daselbst S. 244.

²⁸⁾ Siehe auch: Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 439.

Beim Dortmund-Ems-Kanal sind, wie bereits erwähnt, die Schleusen bei Münster (Gefälle 6,2 m) und bei Gleesen (Gefälle 5,7 m) mit Sparbecken ausgestattet. Die Schleuse bei Münster hat zwei Becken, deren Grundfläche je das $1\frac{1}{3}$ fache der Fläche der Schleusenammer misst, während bei der Gleesener Schleuse diese Flächen gleich groß sind. Die theoretische Wassersparnis beträgt für Münster 54,5% und für Gleesen 50,0%. Da jedoch im Betriebe der Abschluss der Verbindungskanäle mit den Sparbecken bei Münster bereits 15 cm, bei Gleesen 17,5 cm vor vollständiger Ausspiegelung vorgenommen wird, um die Zeit der Schließung möglichst abzukürzen, so verringert sich die wirkliche Ersparnis auf 52 und 47%. Im allgemeinen kann man annehmen, dass der Wasserverbrauch der Schleusen durch Herstellung von zwei Sparbecken ohne zu große Kosten auf ungefähr die Hälfte eingeschränkt werden kann.

Ein großer und ungewöhnlicher Wasserverbrauch tritt ein, wenn der Kanal zum erstenmale mit Wasser gefüllt wird und in beschränkter Weise, wenn Kanalsperren, welche mit Trockenlegung einzelner Strecken verbunden waren, beendet sind. Die hierzu erforderlichen Wassermengen lassen sich berechnen, nicht aber die bei solchen Gelegenheiten stattfindenden ansehnlichen Verluste; auf diese ist weiter unten zurückzukommen.

Wasserverluste. Auch bei den Wasserverlusten hat man vorläufige und eingehende Ermittlungen zu unterscheiden. Bei ersteren rechnet man mit Durchschnittszahlen für lange Kanalstrecken, bei letzteren geht man auf Einzelheiten ein.

Vorläufige Annahmen über die Wasserverluste macht man auf Grund von Beobachtungen, welche an ausgeführten Kanälen angestellt sind. Für ältere Kanäle mittlerer Größe hat Hefs (Die Kanäle des Staates Newyork nebst Bemerkungen über den Wasserverbrauch der Schifffahrtskanäle. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 549) folgendes gefunden: Unter gewöhnlichen Verhältnissen sind die Wasserverluste zu 0,40 bis 0,70 cbm täglich f. d. m (das sind 4,6 bis 8,0 Sekundenliter f. d. Kilometer) zu veranschlagen, wobei die größeren oder kleineren Zahlen je nach Umständen zu wählen sind. Wenn jedoch die Haltungen in geringer Höhe über dem Grundwasser oder zum Teil in demselben liegen, wenn größere Einschnitte in undurchlässigem Boden vorkommen oder wenn eine künstliche Dichtung (namentlich eine solche mit Beton) ausgeführt ist, so genügt die Annahme eines Wasserverlustes von 0,2 cbm. An einer gut gedichteten Versuchsstrecke des Dortmund-Ems-Kanals hat man 0,17 cbm beobachtet. Dagegen sind bei Haltungen, welche ihrer Lage nach größeren Wasserverlusten ausgesetzt sind, etwa 1,3 cbm täglich f. d. m zu veranschlagen. Es empfiehlt sich bei Benutzung dieser Zahlen die Originalmitteilung, welche ausführlichere Angaben enthält, zu vergleichen.⁵⁹⁾

Die vorliegenden neueren Mitteilungen bestätigen die obigen Angaben nur teilweise. Sehr oft dürften die Wasserverluste höher einzuschätzen sein. Wenn man die Angaben zusammenstellt, welche Denys über die Verluste in Strecken von mindestens 20 km Länge macht, so erhält man für 1,60 m Wassertiefe einen täglichen Verlust von durchschnittlich 0,93 cbm f. d. m (kleinster 0,40, größter 1,80 cbm), bei 2 m Wassertiefe sind die entsprechenden Zahlen 1,85, 1,00, 2,50.

⁵⁹⁾ Andere ältere Angaben über Wasserverluste siehe: Engng. 1878, Juli, S. 78 (Wasserverluste des Erie-Kanals). — Gérardin, Moteurs hydrauliques et travaux exécutés pour l'alimentation du canal de l'Aisne à la Marne (Paris 1872), S. 95. — Knobloch, Mosel-Saar-Kanal (Wien 1879), S. 7. — Ann. des ponts et chaussées 1880, I. S. 357. — Picard, Alimentation du canal de la Marne au Rhin et du canal de l'Est (Paris 1880), S. 7 u. 273.

Die vorstehend gemachten Angaben beziehen sich größtenteils auf Kanäle, welche teils ältere französische Profile, teils das französische Normalprofil haben; bei Kanälen mit größeren Abmessungen sind die Verluste bedeutender und es entsteht die wichtige Frage, in welchem Grade dieselben mit Vergrößerung des Querschnitts wachsen. Hierüber haben Bloch und Willgerodt Untersuchungen angestellt.⁶⁹⁾

Bloch versucht nachzuweisen, daß die Verluste, insbesondere die Versickerung, infolge einer Vermehrung der Wassertiefe zunächst im Verhältnis der Quadratwurzeln der Tiefen wachsen. Bei einer Steigerung der Tiefe von 1,50 auf 2 m ergibt dies eine Vermehrung der Verluste um 15%. Gröfser schätzt er den Einfluß der Verbreiterung eines Kanals. Die Sohlenbreite des Kanals von Berry sollte von 5 m auf 10 m gebracht und die Wassertiefe in angegebener Weise vergrößert werden; der künftige Wasserverlust würde den früheren, wie Bloch annimmt, voraussichtlich um 90% übersteigen.

Willgerodt stützt seine Angaben über die Zunahme der Verluste infolge Vergrößerung der Wassertiefe auf Versuche. Er gelangt zu dem Ergebnis, daß jene Verluste sich verdoppeln, wenn die Wassertiefe eines Kanals von 10 m Sohlenbreite von 1,6 auf 2 m gesteigert wird, und daß sie sich bei einer Steigerung der Tiefe auf 3 m vervierfachen. Wenn außerdem eine Vergrößerung der Sohlenbreite stattfindet, wachsen die Verluste (äußerstenfalls) in dem Maße, wie die Breite zunimmt. Er folgert, daß ein Kanal von 3 m Wassertiefe und 24 m Sohlenbreite zehnmal mehr Wasser verlieren kann, als ein Kanal von 1,6 m Wassertiefe und 10 m Sohlenbreite unter sonst gleichen Umständen.

Bei eingehenden Untersuchungen über die Wasserverluste hat man Verdunstung, Versickerung und Verluste an den Schleusen zu unterscheiden, aber auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Verluste von den Witterungsverhältnissen abhängig sind.

Verdunstung. Die Verdunstung des Wassers übt in unseren Gegenden auf die Wasserverluste vergleichsweise nur geringen Einfluß aus; sie wächst mit der Größe des Wasserspiegels und der Zunahme der Wärme. Bei preussischen Kanalentwürfen hat man mitunter eine tägliche Verdunstungshöhe von 4 mm angenommen, jedoch nur für die Dauer der sechs Sommermonate, das sind jährlich 720 mm. Bei 23 m Wasserspiegelbreite (Oder-Spree-Kanal) entspricht dies einem täglichen Verluste von durchschnittlich (rund) 0,05 cbm für 1 m Kanallänge. Holländische Ingenieure schätzen den Verlust, welchen ein Kanal während eines heißen Sommers durch Verdunstung erleidet, auf 900 mm Wasserhöhe. Noch höhere (wohl zu hohe) Ansätze kommen bei belgischen Kanälen vor.

Weil die Verdunstung hauptsächlich im Sommer auftritt, hat man auch bei den Wasserverlusten, ähnlich wie beim Wasserverbrauch, zwischen durchschnittlichen und größten Verlusten zu unterscheiden, zumal auch die Versickerungen vom Witterungswechsel beeinflusst werden. Der Boden neben dem Kanale wird häufig von dem Wasser desselben feucht erhalten und die bei warmem Wetter neben dem Kanale verdunstenden Wassermassen ersetzen sich aus ihm.

Versickerung. Die Menge des versickernden Wassers ist außerordentlich verschieden. Es kommen Kanalstrecken vor, in denen eine Versickerung überhaupt nicht stattfindet und selbst solche, in denen sich das Wasser durch unterirdische Zuflüsse vermehrt. Ersteres ist bei den Moorkanälen in der Regel der Fall, auch beim Elbe-Trave-Kanal war auf Versickerungen nicht Rücksicht zu nehmen. Ferner kann, wie bereits nachgewiesen ist, die Versickerung durch sorgfältige Dichtung des Kanalbetts wirksam bekämpft werden. Andererseits gibt es aber Kanalstrecken, welche täglich einen bedeutenden Teil ihres Inhalts an den Boden abgeben, alsdann findet außer der eigent-

⁶⁹⁾ Bloch, Note sur les recherches des dépenses d'eau par infiltration et imbibition dans un canal après un changement de sa section mouillée. Ann. des ponts et chaussées 1880, II. S. 66. — Willgerodt, Entwurf zu einem oberrheinischen Schifffahrtskanal. Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 24 (Wasserverbrauch u. s. w. S. 57).

lichen Versickerung noch eine Quellenbildung statt. Hieraus ergibt sich, daß bei eingehenden Ermittlungen die Kanalstrecken in kurzen Abschnitten zu untersuchen sind. In einigen, jedoch nur wenige Kilometer langen Teilstrecken des Mosel-Abhangs des französischen Ost-Kanals sind Versickerungen von täglich 10, 15, 25 cbm f. d. m beobachtet; näheres ist jedoch über diese Strecken nicht bekannt.

Einige andere Beispiele sind: Der Zweigkanal von Nancy, welcher die südlichen Strecken des französischen Ost-Kanals mit dem Rhein-Marne-Kanal unmittelbar verbindet; er wird das französische Normalprofil haben, ist 10 km lang und liegt in undurchlässigen Mergeln. Die täglichen Sickerungsverluste werden zu 1,5 cbm f. d. m angegeben. Eine besondere Dichtung scheint nicht vorgenommen zu sein.

Der Kanal von der Lys nach der Yperlce (Belgien), Länge $15\frac{1}{2}$ km, französisches Normalprofil; der Boden ist überall tonig und „vegetabilisch“. Man rechnet für die tägliche Versickerung 36 mm, für die Verdunstung 4 mm Wasserhöhe. Das gibt für erstere etwa 0,65, für letztere etwa 0,07, zusammen 0,72 cbm f. d. m.

Verluste an den Schleusen. Die Verluste an den Schleusen sind eigentümlicher Art. Infolge von Undichtigkeiten an den Schleusentoren und an den sonstigen Verschlussvorrichtungen der Schleusen strömt Wasser von einer Strecke in die andere; hierdurch entsteht für die Scheitelstrecke ein Verlust. Das dieser Strecke verloren gehende Wasser kommt aber den tiefer liegenden Strecken zu gute, dagegen geht das Wasser verloren, welches infolge von Undichtigkeiten der Entlastungsanlagen und der untersten Schleuse abfließt. Hierdurch erscheint es gerechtfertigt, wenn für die fraglichen Wassermengen mäfsige Ansätze gemacht werden.

Diese Verluste wachsen unter anderem mit dem Gefälle der Schleusen und sie werden insofern bei neueren Kanälen höher ausfallen, als bei älteren. Sie sind ferner bei Anwendung von Drehschützen gröfser, als bei Zugschützen und erreichen bei ersteren unter Umständen eine unerwartete Höhe. Die Umläufe mit Heberschlüssen, welche für die Schleusen des Elbe-Trave-Kanals ausgeführt sind, haben auch den Vorteil, daß die Undichtigkeiten der Schützen wegfallen. —

Die im vorstehenden gemachten Zahlenangaben gelten nicht für die ersten Jahre des Kanalbetriebs, in diesem pflegen namentlich die Sickerverluste erheblich gröfser zu sein, als in späterer Zeit. Besondere Verluste treten bei der erstmaligen Füllung des Kanals ein, weil alsdann das Erdreich ansehnliche Wassermengen aufnimmt. Für die östlichen Strecken des Rhein-Marne-Kanals hat Graeff (Canaux des chemins de fer, S. 223) bei einem späteren täglichen Verlust von 0,40 bis 0,60 cbm f. d. m die täglichen Verluste kurz nach dem Einlassen des Wassers zu 1,20 bis 1,50 cbm und die Verluste während der ersten Monate des Betriebes zu 0,80 bis 1 cbm f. d. m ermittelt. Vollständiger sind die Angaben Dölls, Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 272.

Wenn das Speisewasser einem Kanale fein zerteilte Sinkstoffe zuführt und wenn man den Betrieb so regelt, daß die Kanalsohle nur wenig angegriffen wird, vermindern sich die Verluste durch Versickerung infolge einer „Selbstdichtung“ des Kanalbettes nach und nach. Das wird namentlich dann sehr willkommen sein, wenn der Verbrauch an den Schleusen bei Steigen des Verkehrs zunimmt.

Auf Grund der besprochenen Erfahrungen hat man den gesamten Wasserbedarf neuer deutscher Kanäle eingeschätzt wie folgt:

„Im Vorentwurf der gegrabenen Strecken des Dortmund-Ems-Kanals⁶¹⁾ war bei 2 m Wassertiefe und 24 m Wasserspiegelbreite der sekundliche Wasserverlust durch

⁶¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 70. — Für die Verdunstung und Versickerung in einer Versuchsstrecke des Dortmund-Ems-Kanals vergl. den ersten Band dieses Werkes, Kap. I, S. 51.

Verdunstung und Versickerung zu 7 Liter f. d. Kilometer angenommen. Wegen Verbreiterung und Vertiefung des Kanals wurde dies Maß auf 8 Sekundenliter als Durchschnittswert für die ganze Kanalstrecke vergrößert. Rechnet man hiervon für Verdunstung bei 30 bis 36 m Wasserspiegelbreite an einem heißen Sommertage 5 bis 6 mm Wasserhöhe oder für 1 km sekundlich (rund) 0,002 cbm = 2 l. so bleiben für Versickerung noch 6 Sekundenliter oder 520 cbm täglich. Bei der Einschätzung des Wasserverbrauchs der Schleusen sind täglich 20 Schleusenfüllungen angenommen; der Einfluß der Eintauchung der Fahrzeuge auf den Wasserverbrauch ist außer Ansatz gelassen. Den größten Füllungsbedarf weist die erste Schleuse des Ems-Abstieges mit 4,10 m Gefälle auf und zwar für die etwa 630 qm große Kammerfläche einen Bedarf von 4.10 . 630 = rund 2600 cbm; folglich erfordern 20 Schleusen täglich 52000 cbm oder rund 0,60 cbm i. d. Sekunde.⁶⁷

„Der gesamte Bedarf an Speisewasser für die Kanalstrecke von Herne bis zur Ems einschließlich der Dortmunder Haltung mit einer Gesamtlänge von 150 km ist so nach wie folgt ermittelt:

für Verdunstung und Versickerung	150 . 0,008	. 1,20 cbm Sek.
für Verluste durch Undichtigkeiten	0,20 „
für Schleusen	0,60 „
Zuschlag für anfänglich größere Versickerung	0,60 „
im ganzen		<u>2,60 cbm Sek.</u> ⁶⁸

In wie weit die Erfahrung diese Annahmen bestätigt hat, ist dem Verfasser nicht bekannt.

Bei den Vorarbeiten für den Rhein-Weser-Hannover-Kanal hat man angenommen, daß der sekundliche Wasserverlust durch Versickerung und Verdunstung im ungünstigsten Falle im Hochsommer 16 l f. d. km betragen werde. Das würde einem täglichen Höhenverlust des Wasserspiegels von 45 mm entsprechen, wovon 34 mm auf die Verdunstung und 11 mm auf die Versickerung zu rechnen wären; als den durch Undichtigkeit der Schleusentore und Schützen entstehenden sekundlichen Wasserverlust hat man 5 l für je 1 m Schleusengefällhöhe angesetzt. Über den Wasserverbrauch der Schleusen liegen bestimmte Angaben nicht vor. Als voraussichtlichen Gesamtwasserbedarf der sämtlichen neuen Strecken des oben genannten Kanals werden 8,05 cbm/Sek. angegeben.

Als Beispiel einer sehr reichlichen Bemessung des Wasserbedarfs können die den Donau-Oder-Kanal betreffenden Ermittlungen Ölweins gelten, während man beim Main-Donau-Kanal für Versickerung und Verdunstung mit 600 cbm täglich (gleich 7 Sekundenliter) f. d. Kilometer auszukommen hofft.⁶⁹ Es wird aber betont, daß man im Ingenieurwesen bestrebt sei, alle Ausführungen mit einer gewissen Sicherheit auszustatten. Hieraus ergäbe sich, daß man dem Kanal, um auf alle Fälle gerüstet zu sein, zu dem genannten Zweck das Doppelte der obigen Wassermenge, nämlich für das Kilometer täglich 1200 cbm zur Verfügung stellen müsse.

Wasserverluste in Speisegräben. Über die Verluste in Speisegräben scheinen vergleichsweise selten Beobachtungen angestellt zu sein. Eine Ermittlung dieser Verluste fand beispielsweise bei Ausführung des Speisegrabens zwischen Vacon und Mau-

⁶⁷) Vortrag Ölweins im österr. Ingenieur- und Architekten-Verein, Zeitschr. dieses Vereins 1901, S. 104.

— Vergl. dazu Bubendey, Wasserverbrauch beim Betriebe künstlicher Wasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 234. — Riedel, Die Wasserversorgung der österr. Kanäle. Wien 1902 (Gerold & Cie.).

vages statt. Dieser Graben hat 1,67 qm Wasserquerschnitt, Sohle und Wandungen sind mit Beton bzw. mit schwachem Mauerwerk bekleidet. Nachdem das Steinmaterial einigermaßen mit Wasser gesättigt war, fand man bei 0,80 m Wassertiefe einen täglichen Wasserverlust von 0,79 cbm f. d. m und bei 0,60 m Wassertiefe 0,276 cbm. Von diesen Verlusten muß namentlich der erstere in Anbetracht der Armierung des Querschnitts als groß bezeichnet werden, er macht bei (rund) 8000 m Länge des Speisegrabens und bei einer Ergiebigkeit desselben gleich 0,75 cbm in der Sekunde fast 10% der durchfließenden Wassermenge aus. Noch größer waren die Verluste in einem nahezu 43 km langen Speisegraben des französischen Ost-Kanals zwischen Remiremont a. d. Mosel und Bouzey. Hier kam anfangs kaum ein Drittel des aus der Mosel entnommenen Wassers am Endpunkte des Grabens an, dann erlangte man infolge von Dichtungsarbeiten 90000 cbm von 150000 und noch später 60000 cbm von 90000. Über die Verluste, welche in den Betten fließender Gewässer eintreten, wenn man ihnen Wasser aus Speisebecken zuführt, liegen Erfahrungen wohl noch nicht vor. Diese Verluste werden wahrscheinlich sehr groß sein.

Auf die Einschränkung des Wasserverbrauchs und der Wasserverluste der Schifffahrtskanäle muß man mit allen zu Gebote stehenden Mitteln hinarbeiten. Hieraus folgt für die Kanalstrecken die Notwendigkeit einer sorgfältigen Ausführung der Erd- und Dichtungsarbeiten, von denen in den Paragraphen 8 und 9 dieses Kapitels die Rede gewesen ist. Bei den Schleusen hat jener Umstand zu einer Reihe von Anordnungen Veranlassung gegeben, wegen deren § 24 des VIII. Bandes zu vergleichen ist.

§ 13. Beschaffung des Wassers (Speisung). Im vorigen Paragraphen wurde nachgewiesen, daß eine einigermaßen sichere Vorherbestimmung des Wasserbedarfs eines Schifffahrtskanals ausgeschlossen ist. Man wird nun die Anlagen für die Speisung zwar nach bestem Ermessen anordnen, aber von vornherein untersuchen, auf welche Weise Erweiterungen möglich sind. Diese Untersuchungen haben sich auf alle erreichbaren Bezugsquellen zu erstrecken und sind während des Baues fortzusetzen, weil derselbe über Boden- und Wasserverhältnisse mancherlei neues zu Tage zu fördern pflegt. — Die fraglichen Ermittlungen vereinfachen sich wesentlich, wenn die Versickerungen infolge der Lage des Kanals unberücksichtigt bleiben dürfen. Derartige günstige Verhältnisse liegen, wie bereits erwähnt, u. a. beim Elbe-Trave-Kanal vor und es ist wegen der betreffenden gründlichen Voruntersuchungen über Wasservorräte und Zulänglichkeit der Kanalspeisung auf die mehrfach erwähnte Schrift (Entwürfe für einen Elbe-Trave-Kanal, s. Anm. 23, S. 132) zu verweisen.

Die Speiseanlagen haben den Wasserverbrauch des Kanals zur Zeit des größten Bedarfs zu decken, obwohl diese oft mit der Zeit der geringsten Ergiebigkeit der natürlichen Gewässer zusammenfällt. Die Speisung eines Kanals und die Wasserversorgung einer Stadt sind somit nahe verwandt, nur handelt es sich in ersterem Falle um die Beschaffung weit größerer Wassermengen, als in letzterem. In beiden Fällen aber entnimmt man das Wasser bald oberhalb der Verbrauchsstelle und läßt dasselbe mit natürlichem Gefälle zufließen, bald ordnet man Pumpwerke an, um das Wasser von tiefer gelegenen Punkten bis zur Verbrauchsstelle zu heben. In beiden Fällen hat man ferner nicht allein auf die regelmäßige Zuleitung einer gewissen Wassermenge Rücksicht zu nehmen, sondern der Verbrauchsschwankungen wegen auch auf die Aufspeicherung von Wasser. — Bei der Besprechung der Speiseanlagen sollen nun der Reihe nach die Ent-

nahme des Wassers, die Leitung desselben nach dem Kanal (die Speisegräben) und dessen Einführung in den Kanal (die Speiseschleusen) untersucht werden.⁶³⁾

1. Entnahme des Wassers. Mitunter kann das Grundwasser zur Speisung verwendet werden, im übrigen erfolgt die Entnahme des Wassers entweder aus natürlichen Wasserläufen, sei es unmittelbar, sei es durch Vermittelung eines Pumpwerks, oder aus Seen, oder aus künstlich hergestellten Speisebehältern.

Verwendung des Grundwassers. Bei einigen neueren Kanälen erfolgt die Speisung im wesentlichen oder ganz aus dem Grundwasser; letzteres trifft beim Ems-Jade-Kanal zu, dessen Scheitelhaltung aus dem benachbarten Moore und dessen „Meeren“ durch Stichgräben gespeist wird, die in einem mit der Kanalachse parallel laufenden Sammelgraben münden. Der letztere ist nur an einzelnen Stellen mit dem Kanal verbunden; hierdurch hat man die Herstellung zahlreicher kleiner Brücken vermieden.

Der Teltow-Kanal wird im wesentlichen aus dem Grundwasser gespeist werden. Sein Wasserbedarf stellt sich bei dem größten in Aussicht stehenden Tagesverkehr sekundlich auf 0,8 cbm, das Niederschlagsgebiet ist imstande, selbst in trockenen Sommern 0,6 cbm zu liefern, vorübergehend kann also ein Zuschuss von 0,2 cbm Sek. aus der Oberspree erforderlich werden. Die Zuleitung des sorgfältig zu reinigenden Wassers wird in diesem Falle teilweise durch Strafsenkanäle erfolgen.⁶⁴⁾

Unmittelbare Entnahme aus natürlichen Wasserläufen. Bei dieser Art der Entnahme wird in dem Wasserlaufe unterhalb der Stelle, woselbst ein Speisegraben abzweigt, in der Regel ein Wehr erbaut, um den Wasserspiegel zu erhöhen und die Schwankungen des Spiegels zu verringern, während ein zweites vor dem Speisegraben angelegtes Stauwerk dazu dient, die einströmende Wassermenge zu regeln und den Graben bei größeren Ausbesserungen abzuschließen. In dem Flusse oder Bache werden je nach Umständen feste oder bewegliche Wehre, beispielsweise Nadelwehre, hergestellt, vor dem Speisegraben gewöhnlich Schützenwehre. Wegen der Einzelheiten ist der II. Band dieses Werks zu Rate zu ziehen.

Entnahmestellen zweiten Ranges ergeben sich mitunter da, wo ein natürlicher Wasserlauf den Speisegraben oder den Kanal kreuzt; von diesen wird weiter unten die Rede sein.

Pumpwerke. Wenn die Höhenlage der zu speisenden Kanalstrecke die Anlage eines Pumpwerks erheischt, betreibt man dasselbe womöglich mit hydraulischen Motoren und nimmt nur bei Mangel von Wasserkraft Dampfmaschinen zu Hilfe. Von dem Pumpwerk geht ein Druckrohr aus und dieses führt das Wasser in der Regel einem Speisegraben zu.

Als ältere Beispiele größerer Ausführungen sind zu nennen: Die Pumpwerke zu Lockport, durch welche der Kanal zwischen dem Illinois- und dem Michigan-See während des Sommers gespeist wird (s. Malézieux, Travaux publics des états-unis d'Amérique en 1870, S. 298), diejenigen des Kanals von der Aisne nach der Marne, welche das Wasser auf 20,2 m Höhe heben, worauf dasselbe in einer 7600 m langen Leitung der Scheitelstrecke zufließt (Deutsche Bauz. 1874, S. 2 und Ann. des ponts et chaussées 1872, Dez., auch Gérardin, Théorie des moteurs hydrauliques, applications et travaux exécutés pour

⁶³⁾ Ältere Literatur: Picard, Alimentation du canal de la Marne au Rhin et du canal de l'Est. Paris 1880. (Ausführliches und mit großer Sorgfalt ausgestattetes Werk.) — Pugnère, L'alimentation du canal de l'Est. Ann. des ponts et chaussées 1882, I. S. 593 (vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 9). Derselbe Gegenstand ist behandelt in: Deutsche Bauz. 1885, S. 499 und Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 76. — Speiseanlage für den Morris-Kanal. Scientific american 1891, I. S. 326.

⁶⁴⁾ Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 297 und 1903, S. 117.

l'alimentation du canal de l'Aisne à la Marne. Paris 1872), sodann die Pumpwerke, welche für den Rhein-Marne-Kanal und den französischen Ost-Kanal in den Tälern der Mosel und der Maas hergestellt und von Picard ausführlich beschrieben sind.

Die Lage der beiden Turbinen-Pumpwerke bei Pierre la Treiche und Valcourt, sowie des Dampf-pumpwerks bei Vacon nebst der Lage der zugehörigen Speisegräben ist aus der kleinen Karte Abb. 3, Taf. VII zu entnehmen. Das Werk bei Pierre la Treiche ist in Abb. 7^{a-c} eingehender dargestellt. Die Wasserkraft wird durch die kanalisierte Mosel mittels des in Abb. 7^b angedeuteten Nadelwehres geliefert. Der in der Nähe desselben abzweigende, mit einem Hochwasserdamme versehene Seitenkanal dient der Schifffahrt, zugleich aber auch der Leitung des Wassers für die Turbinen und des Speisewassers für die Pumpen. Die hierdurch entstehende Strömung soll nur in der Schutzschleuse ein wenig lästig sein. Die Wasser treten aus dem Kanal zunächst in ein ziemlich großes, vor dem Maschinenhause liegendes Becken, s. Abb. 7^a. Sechs von zwei Turbinen in Bewegung gesetzte Pumpen führen das Speisewasser zuerst einem großen Windkessel und sodann dem Druckrohre zu, dessen Längenprofil und Lage aus Abb. 7^{a-c} ersichtlich sind. Die Turbinen arbeiten mit 2,50 m durchschnittlichem Gefälle und fördern dabei 6,5 cbm i. d. Sekunde; Saug- und Druckhöhe betragen zusammen 40,2 m.

Der Anschluß des Druckrohres an ein kleines Ablagerungsbecken, welches den Anfangspunkt des Speisegrabens bildet, ist durch Abb. 7^{a-c} dargestellt. Dies Becken kann durch Dammbalken (s. Abb. 7^c) abgeschlossen werden. Derartige Abschlüsse befinden sich an verschiedenen Stellen des Speisegrabens, um bei Ausbesserungen einzelne Strecken desselben trocken legen zu können und um das Wasser im Graben behufs Feuchthaltung des Bodens anzustauen, wenn kein Bedürfnis zur Benutzung des Pumpwerks vorhanden ist.

Für den Oder-Spree-Kanal ist ein Pumpwerk bei Neuhaus erbaut. Eine Dampfmaschine von 120 PS. treibt eine Kreiselpumpe mit lotrechter Welle, die Hubhöhe ist gering (0,82 m im Mittel), das Werk kann bis 2,3 cbm i. d. Sekunde fördern.

Beachtenswert ist auch das Pumpwerk, welches dem Weiher von Gondrexange behufs Speisung des Rhein-Marne-Kanals Wasser zuführt (s. Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1900, S. 150).

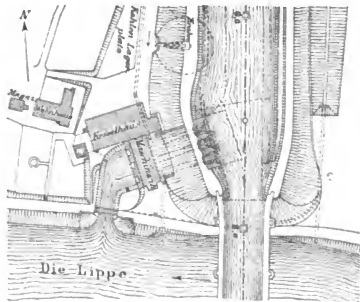
Unter den neueren Ausführungen nimmt das Pumpwerk bei Olfen, welches die Scheitelhaltung des Dortmund-Ems-Kanals aus der Lippe speist, eine der ersten Stellen ein. Dasselbe war unentbehrlich wegen Geringfügigkeit der Wassermengen, die den gegrabenen Strecken des genannten Kanals aus dem Grundwasser und aus Bächen zukommen. Ausreichende Wasserkraft war nicht vorhanden, somit mußte Dampfkraft verwendet werden.⁶⁵⁾

Als die von dem Pumpwerk regelmäßig zu fördernde Wassermenge waren sekundlich 1,7 cbm ermittelt. Mit Rücksicht auf gelegentlichen stärkeren Bedarf ist die Leistungsfähigkeit des Werkes indessen auf die doppelte Menge, also auf 3,4 cbm Sek. bemessen. Das Pumpwerk liegt nach

Ausweis der Abb. 33 unmittelbar an der Kanalbrücke über die Lippe. Die mittlere Hubhöhe beträgt etwa 16 m, die größte annähernd 17,5 m.

„Das Pumpwerk besteht im wesentlichen aus dem Zuführungskanal, dem Maschinen- und Kesselhause und der Saug- und Druckrohrleitung. Hierzu kommen noch der Kohlen-

Abb. 33. Pumpwerk an der Lippe. M. ~ 1:2000.



⁶⁵⁾ Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 71 und 1902, S. 287. — Näheres über ein mit dem Hebewerke vereinigt Pumpwerk. Dasselbst 1901, S. 292.

hafen und Lagerplatz und die Anlagen zur Entwässerung des Pumpwerks und zur Entlastung des Kanals.“

„In dem Maschinenhause befinden sich drei Kreiselpumpen von je 0,86 cbm mittlerer und 1,15 cbm höchster Leistung. Zur Deckung des normalen Wasserbedarfs von 1,7 cbm genügen mithin zwei Pumpen, während für die als äußerste Leistung bezeichnete doppelte Wassermenge alle drei Pumpen mit gesteigerter Umdrehungsgeschwindigkeit in Tätigkeit treten müssen. Der Durchmesser der gußeisernen Flügelräder beträgt 2,80 m. Die gußeisernen Druck- oder Steigrohre sind 0,75 m weit; sie liegen bis unter die Krone des Dammes wagerecht und steigen dann senkrecht auf.“

Auf sonstige Einzelheiten des Bauwerks kann hier nicht eingegangen werden; es sei indessen erwähnt, daß zur Milderung der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser in den Kanal strömt, am oberen Ende der Steigrohre Wasserkaammern angeordnet sind, in denen der 3,50 m unter dem normalen Kanalspiegel austretende Wasserstrahl gebrochen wird; durch große Schützöffnungen gelangt das Wasser mit höchstens 0,18 m Geschwindigkeit in den Kanal.

Die erstmaligen Gesamtkosten des Baues des Pumpwerkes haben sich auf rund 800000 M. belaufen. In den ersten Jahren des Betriebs wurde als Aushilfe und zur Verstärkung der Leistung eine vierte Pumpe nebst einer besonderen Dampfmaschine aufgestellt. Die jährlichen Betriebskosten waren 120000 M. Nimmt man jährlich 200 Betriebstage, ferner täglich im Durchschnitt für die drei Maschinen zusammen 50 Pumpstunden und die sekundliche Leistung durchschnittlich zu 1 cbm an, so erhält man eine jährliche Gesamtleistung von 36 Millionen cbm und als Einheitskosten für 1 cbm Speisewasser $\frac{1}{3}$ Pfennig.

Ein zweites die Dortmunder Haltung speisendes Pumpwerk ist mit den Maschinen des Hebewerks bei Henrichenburg vereinigt.

Nach Ausführung des Lippe-Seitenkanals Hamm-Datteln wird das Pumpwerk bei Olfen zur Verfügung stehen.

Wenn Wasserkraft vorhanden ist, kann man mitunter durch Anwendung von Dynamos und elektrischer Kraftübertragung Vorteile erreichen, indem man das Wasser von Haltung zu Haltung hebt. Ein Fall dieser Art liegt bei den drei der Saône zunächst liegenden Haltungen des Kanals von Burgund vor. Der Wasserbedarf der untersten Haltung belief sich auf täglich 9000 cbm und der Bedarf der beiden folgenden auf je 3000 cbm. Es wurde beschlossen, 15000 cbm um durchschnittlich 3,70 m aus der Saône in die unterste Haltung, hiervon 6000 cbm um 2,60 m in die zweite und endlich 3000 cbm ebenfalls um 2,60 m in die dritte Haltung zu heben. Die Hebung erfolgt durch Zentrifugalpumpen, welche mit den arbeitenden Dynamos unmittelbar gekuppelt sind. Der elektrische Strom wird an einem benachbarten Saône-Wehr mit Hilfe einer Turbine erzeugt und den drei Schleusenstellen, welche von dem Wehr 2 km, 4,5 km und 7 km entfernt sind, mittels eines 3 mm starken Leitungsdrahtes zugeführt.⁶⁶⁾

Die Hebung des Wassers von Haltung zu Haltung mit Hilfe der Elektrizität hat den Schifffahrts-Kongress Brüssel 1898 eingehend beschäftigt mit dem Ergebnis, daß diese Art der Speisung in geeigneten Fällen guten Erfolg haben kann, besonders wenn man über natürliche Mittel zur Krafterzeugung verfügt, oder wenn die elektrischen An-

⁶⁶⁾ Bubendoy, Künstliche Hebung des Speisewassers eines Kanals von Haltung zu Haltung. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 382. (Vergl. auch Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 402.)

lagen zugleich auch anderen Zwecken, wie dem Schiffszug, der Handhabung der Schleusen, der Beleuchtung des Kanals u. s. w. dienen.

Die Verwendbarkeit von Benzin- und ähnlichen Motoren für die Kanalspeisung hat Werneburg untersucht. Näheres findet man an der unten genannten Stelle.⁶⁷⁾

Seen und Speisebecken. Zur Entnahme von Speisewasser sind Binnenseen selbstverständlich sehr geeignet und es findet sich nicht selten Gelegenheit, dieselben in dieser Weise nutzbar zu machen. Beispiele liegen in Norddeutschland bei ausgeführten Kanälen (z. B. beim Oder-Spree-Kanal, dem Elbe-Trave-Kanal u. a.) vor. Die schwedischen Kanäle werden fast ausnahmslos aus Binnenseen gespeist.

Auch die Scheitelstrecken der Kanäle eignen sich für den genannten Zweck und man hat alsdann zwischen dem normalen und dem angespannten Wasserspiegel derselben zu unterscheiden, vergl. Abb. 2', Taf. V und Abb. 1 (S. 131), (Querschnitt bzw. Höhenplan eines Teils der Scheitelstrecke des Dortmund-Ems-Kanals). Wegen der großen Schwankungen im Wasserbedarf der Kanäle ist die Aufspeicherung ansehnlicher Wassermengen in den Scheitelstrecken dann erforderlich, wenn natürliche Seen nicht zu Gebote stehen oder künstliche Behälter nicht ausführbar sind.

Die Speisebecken gehören zu den in Bachtälern angelegten Sammelbecken, von deren Größe und Abflussmengen im 3. Kapitel des III. Bandes dieses Werkes die Rede ist, während die abschließenden Staudämme und Staumauern im II. Bande besprochen werden. Hier sind nur einige allgemeine Bemerkungen zu machen.

Die Untersuchungen werden sich in der Regel so gestalten, daß zunächst die Lage des Speisebeckens gewählt wird, denn die hierbei zu machenden Anforderungen sind so schwierig zu erfüllen, daß ihnen gegenüber alle anderen in den Hintergrund zu treten pflegen. Als dann handelt es sich um die Bestimmung der Höhe des Abschlußwerkes, wobei einerseits Rücksichten auf die zur Verfügung stehenden Grundstücke, andererseits solche auf die Größe des zum Speisebecken gehörenden Niederschlagsgebietes entscheidend sind. Ferner kommt die Menge der atmosphärischen Niederschläge in Betracht. Wenn nun der Kubikinhalt eines Beckens in dieser Weise ermittelt ist, so hat man unter Berücksichtigung der Verdunstung des gesammelten Wassers und der sonstigen Verluste zu untersuchen, für wie viele Tage Vorrat dasselbe enthält. Erscheint hiernach die Wassermenge, welche aus einem Becken entnommen werden kann, ungenügend, so wird man — in der Regel unterstützt durch die Erfahrungen des Betriebes — zur Anlage eines zweiten, dritten u. s. w. schreiten.

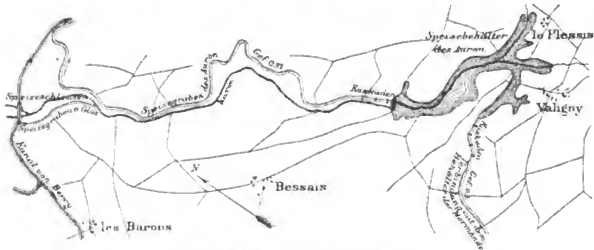
Der angegebene Weg hat in vielen Fällen dahin geführt, daß die Anzahl der zu einem Kanale gehörigen Speisebecken im Laufe der Zeit namhaft vergrößert ist. So haben sich beispielsweise für den Kanal von Burgund fünf Behälter mit zusammen 20 145 000 cbm Inhalt als ungenügend erwiesen, so daß später auch das Speisebecken von Panthier mit 8 000 000 cbm Inhalt angelegt werden mußte. Für die Vogesenstrecke des Rhein-Marne-Kanals wurde zunächst der Raum des Sees von Gondrexange durch Erhöhung des Abschlußwerkes auf 6 280 000 cbm gebracht, sodann wurden die Behälter von Réchicourt für etwa 4 000 000 cbm und von Paroy für 1 700 000 cbm (s. Ann. des ponts et chaussées 1880, Febr.) angelegt. Unter normalen Verhältnissen sollten die Wasser der Speisebecken nur zum Ausgleich bei ungewöhnlichem Verbrauch dienen, die Scheitelhaltungen mancher neueren Kanäle sind aber beinahe ganz auf Speisung aus Behältern angewiesen.

Die Zuleitungen werden in der Regel durch die Bäche, in deren Tälern die Behälter liegen, gebildet, es ist aber nicht ausgeschlossen, auch das Wasser eines benach-

⁶⁷⁾ Werneburg, Künstliche Speisung von Schleusenkanälen. Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 410.

barten Baches zu benutzen und dasselbe durch unterirdische Leitungen zuzuführen. Die Ableitung des Wassers findet durch Speisegräben statt, welche unter Umständen nach einem anderen, tiefer liegenden Becken geführt werden, s. Abb. 34, aus welcher ein für den Kanal von Berry ausgeführtes Becken und die Anordnung der zugehörigen Gräben ersichtlich sind.

Abb. 34. Speisebehälter und Speisegräben für den Kanal von Berry. M. 1 km = 0,0125 m.



Die Gefälle sind in m f. d. km angegeben.

Sehr große Sammelbecken sind für den Rhein-Weser-Hannover-Kanal geplant. Aus der Emacher und der Lippe läßt sich nur ein bescheidener Teil des Wasserbedarfs dieses Kanals decken, der größere Teil (im ungünstigsten Falle bis 75 Millionen cbm jährlich) muß der Weser entnommen werden. Dies nebst dem auf einem langen Wege verloren gehende Wasser will man in den Quellgebieten verschiedener Nebenflüsse der Weser, besonders in dem der Eder, bereit halten.

Ähnliche Verhältnisse liegen beim Donau-Oder-Kanal vor.

Über die Kosten der künstlichen Kanalspeisung hat Denys gelegentlich des Schiffsahrt-Kongresses Paris 1892 Beachtenswertes mitgeteilt.⁶⁹⁾ Er hat die Kosten für 13 Kanalstrecken ermittelt, welche teils aus Sammelbecken, teils durch Pumpwerke mit Wasserrädern, teils durch Dampfumpwerke gespeist werden; die Angaben betreffen sowohl die Bau- wie die Betriebskosten und sind auf das Kubikmeter des in den Kanal gelangenden Wassers zurückgeführt. Bei einem Ansatz von 4% für Verzinsung und Tilgung des Baukapitals schwanken die Preise für das Kubikmeter zwischen 0,005 und 0,045 Fres. und betragen durchschnittlich 0,015 Fres. Es ergibt sich im allgemeinen, daß Pumpwerke mit Wasserrädern und Speisebehälter hinsichtlich ihres wirtschaftlichen Wertes nicht wesentlich verschieden sind, dagegen bringt die ausschließliche Verwendung von Dampfmaschinen so bedeutende Kosten (0,035 bis 0,045 Fres. f. d. cbm) mit sich, daß Dampfumpwerke nur bei einem Kanal mit ungewöhnlich großem Verkehr gerechtfertigt erscheinen.

Auch der VIII. Schiffsahrt-Kongress Paris 1900 hat sich mit der vorliegenden Frage, insbesondere mit den Fortschritten bei der Anwendung von Maschinen zur Speisung der Kanäle beschäftigt; folgendes wurde beschlossen:

„Die Speisung der Kanäle mit Hilfe von Dampfmaschinen ist in den letzten Jahren, namentlich in Frankreich, der Gegenstand bemerkenswerter Ausführungen gewesen, bei denen die Kosten soweit als möglich vermindert sind.“

⁶⁹⁾ Näheres s. Weber v. Ebenhof, a. a. O. S. 164.

„Trotzdem glaubt der Kongress, daß es von allgemeinem Nutzen sei, mit Hilfe einer einmaligen Ausgabe den Bedarf für die Zukunft sicherzustellen und die Wasser-schätze des Landes unmittelbar durch Stauweiher und Speisegräben nutzbar zu machen.“

„Wo dieses Vorgehen unzweckmäßig ist, erlauben die großen Fortschritte der Elektrizität auf Hebevorrichtungen zurückzugreifen, deren Betriebskraft nicht durch Brennstoffe, sondern durch natürliche Wassergefälle, die sogar an entfernten Orten liegen können, gewonnen wird.“

2. Speisegräben und Speiseschleusen. Speisegräben, auch Zubringer genannt, pflegen bei jedem Kanale, falls derselbe nicht im Grundwasser liegt, in größerer Zahl vorzukommen und man hat einerseits für die Scheitelstrecke einen oder mehrere Haupt-speisegräben anzulegen, andererseits die tiefer liegenden Strecken soweit möglich mit Speisegräben zweiter Klasse auszustatten. Eine dritte Art leitet das Wasser von einer Haltung zur andern.

Die Ergiebigkeit der Speisegräben soll den Bedarf der zugehörigen Strecken auch in Zeiten eines sehr starken Verbrauchs decken, es ist aber auch auf die zeitweilige Ausschaltung eines benachbarten Speisegrabens und darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Wiederanfüllung trockengelegter Haltungen in nicht zu langer Zeit, etwa in drei Tagen, bewerkstelligt werden kann. Bei Bestimmung der Ergiebigkeit der Speisegräben dürfen auch die in dem Graben stattfindenden, oft sehr starken Wasserverluste (vergl. § 12) nicht außer Betracht bleiben.

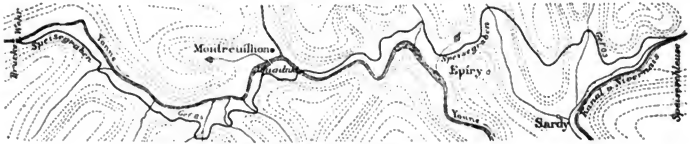
Bei Gräben, welche in gewöhnlichen Bodenarten liegen, muß man berücksichtigen, daß die Geschwindigkeit sich leicht verdoppelt, wenn eine aufergewöhnliche Inanspruchnahme des Grabens, z. B. bei Wiederanfüllung von Kanalstrecken, eintritt. Strecken mit befestigten Böschungen und Rohrleitungen gestatten größere Geschwindigkeiten, ferner ist bei ihnen der Kostenersparung wegen auf Einschränkung des Querschnitts hinzuwirken. Hieraus folgt, daß für die letztgenannten Strecken stärkere Gefälle am Platze sind, als für jene Gräben. Wenn die kilometrischen Gefälle beliebig gewählt werden können, würde man beispielsweise bei Erdwandungen 0,10, bei gemauerten Böschungen und geschlossenen Leitungen 0,20, bei Tunneln 0,60 m annehmen dürfen. Näheres findet man im III. Bande, II. Kapitel, § 2 und im IV. Bande, I. Kapitel, § 4, S. 96. Die Ermittlung der Form und der Abmessungen des Querschnitts, wenn das Gefälle gegeben ist, und die Bestimmung des Gefälles und des Querschnitts, wenn die örtlichen Verhältnisse bei ersterem einen Spielraum lassen, erfolgt mit Hilfe der soeben bezeichneten Besprechungen.

Auf die an manchen Stellen empfehlenswerte Anwendung überdeckter Querschnitte, auf die Talüberschreitungen, auf die Brücken und Durchlässe u. s. w. kann hier nicht eingegangen werden. Alles dies ist sämtlichen Wasserleitungen mit natürlichem Gefälle gemeinsam. Indessen mögen einige beachtenswerte Beispiele kurz besprochen werden, zunächst einige Hauptspeisegräben, welche nicht selten Bauten von großer Ausdehnung sind.

Der Hauptspeisegraben des Kanals von Nivernais, dessen Lage aus Abb. 35 hervorgeht, hat eine Länge von 28 km und ist mit einem Aufwande von 1120 000 M. erbaut. Bei den Talüberschreitungen sind gemauerte Wasserleitungsbrücken verwendet. Der Graben ist für 1,25 cbm Ergiebigkeit bemessen und hat 0,80 m normale Wassertiefe. Für die Querschnitte wählte man die in Abb. 36 u. 37 dargestellten Formen und zwar Abb. 36 bei durchlässigem Felsboden und Abb. 37 zur Ausführung in leichten Bodenarten. Da, wo der Graben an steilen Abhängen herzustellen war, wurde ein geschlossenes Profil statt des offenen angeordnet, um das schlammführende Tagewasser abzulassen. Eine eingehende Beschreibung

findet man in: Mémoire sur les travaux de la rigole dérivée de l'Yonne pour l'alimentation du point de partage du canal du Nivernais. Ann. des ponts et chaussées 1851, I. S. 289.

Abb. 35. Speisegraben der Scheitelstrecke des Kanals von Nivernais. M. 1 km = 0,010 m.

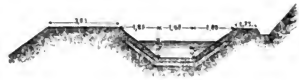


Die Gefälle sind in Metern für das Kilometer angegeben.

Abb. 36.



Abb. 37.



Als ein anderes Beispiel ist der Speisegraben zwischen Pierre la Triche und Fong zu nennen, vergleiche Abb. 3, Taf. VII, sowie Abb. 7^a u. 7^b daselbst (Teile des Lageplans, beziehungsweise des Höhenplans dieses 13,5 km langen Grabens). Die Ergiebigkeit des in der Zeichnung dargestellten Teils ist 0,6 cbm; das Normalquerprofil hat 1,0 m Sohlenbreite, 0,95 m Wassertiefe und 1½ malige Böschungen; diese Tiefe beträgt 0,1 m mehr, als jener Ergiebigkeit wegen erforderlich, damit letztere auch dann noch vorhanden ist, wenn der Graben etwas verschlammte und bewachsen sein wird. Das Gefälle ist 0,2 m f. d. km. Das Profil des ersten Teils des Grabens ist auf 203 m Länge bekleidet (Abb. 7^c), weil daselbst ein zerklüfteter Felsboden vorhanden war. Die bedeutenderen Talübersetzungen sind durch Düker bewerkstelligt. Bei dem Speisegraben zwischen Vacon und der Scheitelstrecke von Mauvages (Abb. 3, Taf. VII) haben sich indessen bei geringer Tiefe der Täler in vereinzelten Fällen gemauerte Wasserleitungsbrücken vorteilhafter erwiesen als Düker.

An längeren Speisegräben kann man mitunter eine Wassergewinnung zweiten Ranges ins Werk setzen; dies ist beispielsweise der Fall, wenn dieselben von Mühlgräben gekreuzt werden oder auch bei der Kreuzung eines Baches mit dem Speisegraben. Wenn Bach und Speisegraben an solchen Kreuzungsstellen in ein und derselben Höhe liegen, so wird im Bache ein Schützenwehr angelegt, dessen Fachbaum sich in der Höhe der Kanalsohle befindet. Die Oberkante der Schützen erhebt sich etwa 0,10 m über den normalen Wasserspiegel des Speisegrabens. Das Schütz wird gezogen, wenn der Bach ungewöhnlich große Wassermengen und zu viel Sinkstoffe führt. Das Stauwerk dient zugleich als Ablaufschleuse, wenn der Speisegraben bei Ausbesserungen trockengelegt werden soll.

Für den Rhein-Weser-Kanal werden der mehrfach genannte, 36,6 km lange Seitenkanal Hamm-Datteln und ein 21,6 km langer Zubringer zwischen Rinteln und Bückeburg die Hauptspeisegräben sein; der letztere wird im äußersten Falle sekundlich 7,32 cbm zu führen haben.

Bei den Speisegräben zweiter Klasse soll die Herstellung zahlreicher Gräben von mäsigem Querschnitt den sonstigen Verwendungen der in Anspruch genommenen Wasserläufe (Mühlenbetrieb u. s. w.) weniger nachteilig und auch aus anderen Gründen in der Regel vorteilhafter sein, als die Anlage einer kleinen Zahl großer Gräben.

Als Beispiel ist der Speisegraben von Sorey (Abb. 4, Taf. VII) anzuführen. Derselbe hat die Wasserverluste einer 4800 m langen Kanalstrecke des französischen Ost-Kanals zu decken, welche zu

1,25 **cbm** täglich f. d. **m** beobachtet sind, er hat daher in der Regel nicht mehr als 0,07 **cbm** i. d. Sekunde zu führen. Man hat dem mit 0,1 **m** f. d. **km** geneigten Speisegraben nichtsdestoweniger ein ziemlich großes Querprofil (1,25 **m** Sohlenbreite bei 1,25 **m** normaler Wassertiefe und 1¹/₂maligen Böschungen, entsprechend einer Ergiebigkeit von 1,2 **cbm**) gegeben, um die entleerten Haltungen rasch füllen zu können. Bei der Lage desselben waren teils Rücksichten auf einen angemessenen Platz für die Wassergewinnung, teils auf einen vorhandenen Weg, an dessen Seite der Graben geführt ist, zu nehmen. Näheres in: Picard, Alimentation etc., S. 155 u. 299.

Eine dritte Art von Speisegräben leitet, wie erwähnt, das Wasser von einer Haltung zu einer anderen. Dies wird beispielsweise erforderlich, wenn unterhalb einer Schleuse mit kleinerem Gefälle eine solche mit erheblich größerem Gefälle liegt und wenn zwischen beiden eine erneute Speisung des Kanals sich nicht beschaffen läßt. Oberhalb der ersten Schleuse kann man diese Gräben durch ein Überfallwehr abschließen, dessen Krone in der Höhe des normalen Wasserspiegels liegt, so daß der Überfluß der oberen Strecke der tiefer liegenden zuströmt; besser ist es, an jener Stelle ein Schützenwehr zu erbauen. Eine große derartige Anlage ist für den französischen Kanal du Centre ausgeführt worden.⁶⁹⁾

Speiseschleusen. Die Speiseschleusen oder Einlässe treten in drei verschiedenen Fällen und dementsprechend in drei Gestalten auf: an den Mündungen von Speisegräben in den Kanal, an den Kreuzungen eines Wasserlaufs mit demselben und da, wo das Wasser eines neben dem Kanal befindlichen Grabens oder Baches dem ersteren unmittelbar zugeführt werden soll. Namentlich in letztgenanntem Falle sollten die Schleusen in mäßigen Abständen angelegt werden; bei den hierher gehörigen Strecken des Marne-Saône-Kanals ist der durchschnittliche Abstand etwa 6 **km**. — Soweit möglich sind die Speiseschleusen, um ihre Wartung und Bedienung zu erleichtern, in der Nähe der Schleusenwärter-Gehöfte zu erbauen und zwar an der äußeren Kante der Leinpfade.

Speiseschleusen, welche an den Mündungen von Speisegräben liegen, sind nichts anderes als Schützenwehre, sie sperren den Graben teilweise ab, wenn seine Ergiebigkeit den Bedarf übersteigt. In der Nähe dieser Einlaßschleuse liegt eine Abfaßschleuse, an welche sich ein Entlastungsgraben anschließt, der das überflüssige oder ein zu viele Sinkstoffe führendes Wasser dem nächsten natürlichen Wasserlaufe zuweist.

Von Zeichnungen solcher Bauwerke findet man bei Picard eine Auswahl, eines derselben ist durch Abb. 1^{a-c}, Taf. VII dargestellt. Dasselbe befindet sich übrigens nicht an dem Ende eines Speisegrabens, sondern an einem Behälter, welcher zwischen dem Sammelbecken von Paroy und dem Rhein-Marne-Kanal eingeschaltet ist. Die Anordnung der Einlaßschleuse, deren Weite so bemessen ist, daß die benachbarten Kanalsrecken nach stattgehabter Entleerung in wenigen Tagen wieder gefüllt werden können, und die Anordnung der Abfaßschleuse gehen aus den Durchschnitten Abb. 1^a u. 1^b, sowie aus dem kleinen Grundrisse, welcher sich in dem Lageplan Abb. 1^c befindet, mit genügender Deutlichkeit hervor und es ist hier nur zu bemerken, daß die Abfaßschleuse sich von verwandten Bauwerken durch einen festen, über den Schützen befindlichen Teil unterscheidet, dessen Oberkante 0,015 **m** über dem Wasserspiegel des Kanals liegt. Diese Anordnung ist eine Folge der Herstellung jenes Zwischenbehälters, welcher hauptsächlich dazu dient, die Wassermassen aufzufangen und nutzbar zu machen, die infolge des Wellenschlags über das wehrartige Abschlußwerk des Sammelbeckens gelangen.

Speiseschleusen der zweiten Art werden gewöhnlich auch für die Entlastung des Kanals nutzbar gemacht; der folgende Paragraph wird einige Beispiele bringen.

Zu den Einlässen der dritten Art gehören zunächst die Grabeneinlässe unter dem Leinpfad, beim Dortmund-Ems-Kanal sind sie in großer Zahl ausgeführt; für Einzelheiten vergl.: Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals, Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 604.

⁶⁹⁾ Fontaine, Les écluses à grande chute (5,20 m) du canal du centre. Ann. des ponts et chaussées 1892, II. S. 783. (Rigole régulatrice des biefs de Rully, S. 799.)

Bei Erbauung eines größeren Einlasses staut man das fließende Gewässer, dessen Wasser dem Kanale zugeführt werden soll, nach Bedarf durch ein unterhalb liegendes Wehr, bei Niedrigwasser etwa bis 0,4 m über den normalen Wasserspiegel des Kanals. Die Verschlussvorrichtung des Einlasses pflegt aus Schützen zu bestehen, außerdem sind Dammfalze anzuordnen. Wegen der Einzelheiten ist auch hier auf den II. Band dieses Werkes zu verweisen.

Abb. 38. Speiseschleuse mit Stauwerk.
Grundriß und Längenschnitt *a b c d*. M. 0,005 (1:200).

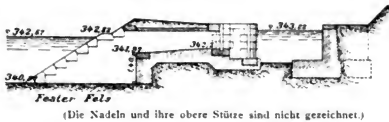
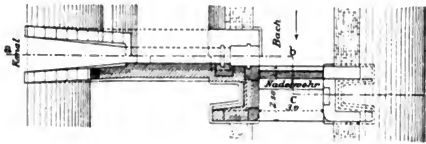


Abb. 39. Längenschnitt *a b c d*.

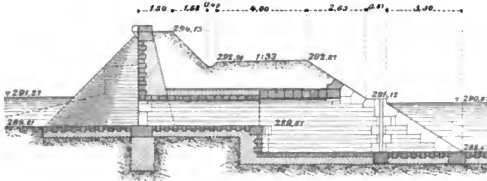
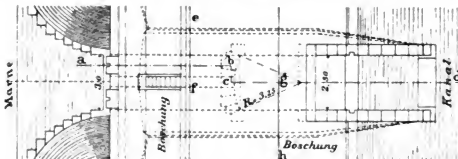


Abb. 40. Grundriß.



Beispiele sind: Eine Speiseschleuse des französischen Ost-Kanals (Abb. 38), welche diesem Kanal das Wasser eines Baches zuführt und eine Schleuse des Marne-Saône-Kanals (Abbildung 39 u. 40), welche das Wasser der Marne dem Kanal zuweist. Bei der letzteren wird die ungewöhnliche Höhe der Stirnmauern durch das Hochwasser des Flusses bedingt; die Kanalsohle nebst einem Teil der Böschungen sind armiert, weil bei Füllung des Kanals nach Kanalsperren erhebliche Wassergeschwindigkeiten eintreten. In beiden Fällen sind die Schützen nicht gezeichnet.

Querschnitte *ef* und *gk*.

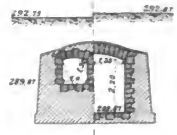


Abb. 39 u. 40.
Speiseschleuse.

M. 0,005 (1:200).

§ 14. Entlastungsanlagen. Sicherheitstore.

1. Entlastungsanlagen. In den Kanalstrecken sind wie bei Wasserbehältern Vorkehrungen zu treffen, um überflüssiges Wasser abzuleiten und um eine Entleerung vorzunehmen. Ersteres ist erforderlich, weil die Ergiebigkeit der Speiseanlagen mitunter größer ist, als Wasserverbrauch und Verluste, letzteres in Rücksicht auf diejenigen Aus-

besserungen, welche eine Trockenlegung der Strecken bedingen. Man nennt die Ableitung des entbehrlichen Wassers die Entlastung des Kanals und die betreffenden Bauwerke Abflafschleusen oder Wasserlösen.

Bei Bestimmung der Plätze für die Entlastungsanlagen ist zu erstreben, dafs das überflüssige Wasser sobald als möglich aus dem Kanale entfernt werde, ferner, dafs sich die Anlagen so weit tunlich in der Nähe der Wohnungen der Wärter befinden, welche dieselben bedienen, endlich sollten auch die Gräben, welche das Wasser dem nächsten natürlichen Wasserlaufe zuführen, nicht zu lang ausfallen. Der zuletzt genannte Umstand bringt es mit sich, dafs die Entlastungsanlagen nicht selten mit den Durchlässen und Dükern vereinigt werden.

Zur Ableitung des überflüssigen Wassers kann man Überfälle herstellen, während zur Entleerung des Kanals und zugleich zur Ermöglichung einer kräftigen Entlastung Grundablässe erforderlich sind. Wenn der Überfall in Tätigkeit tritt, so erkennt man, dafs es Zeit ist, den Kanal zu entlasten, dafs somit das Schütz des Grundablasses gezogen werden mufs. Ein Überfall gewöhnlicher Art leitet bei der üblichen Länge von 2 bis 2,5 m nur geringe Wassermengen ab, zumal man die Krone immerhin 10 bis 15 cm über dem normalen Wasserspiegel des Kanals anlegen wird, und man kann diesem Übelstande auch durch Verlängerung der Krone, wie bei den sogenannten brunnenartigen Wasserlösen, nicht in genügender Weise abhelfen. Es ist deshalb zu empfehlen, das Mauerwerk des Überfalls etwa 0,4 m unter dem Wasserspiegel abzuschleifen und oberhalb desselben Schützen anzubringen, welche entfernt werden, wenn das Wasser stark abströmen soll. Fügt man dann auferdem noch einen Grundablass hinzu, so ist allen Anforderungen Genüge geleistet. In dieser Weise ist die durch Abb. 2⁴, Taf. VII dargestellte Entlastungsvorrichtung des Rhein-Marne-Kanals angeordnet. Dieselbe befindet sich übrigens nicht an diesem Kanale selbst, sondern am See von Gondrexange, welcher mit der Scheitelstrecke in Verbindung steht. Ähnlich wie dies Bauwerk ist auch die Entlastungsvorrichtung für den Speisebehälter von Paroy, welche in Abb. 1^o, Taf. VII angedeutet ist.

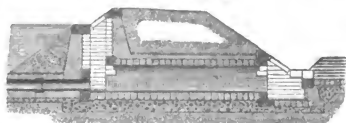
Man hat auch Entlastungsanlagen hergestellt, bei welchen ohne Bedienung eine kräftige Wasserentziehung eintritt, sobald der Wasserstand des Kanals eine gewisse Höhe übersteigt, während ihre Wirksamkeit von selbst wieder aufhört, sobald der Normalstand wieder erreicht ist. Diesen Anforderungen entsprechen die heberförmigen Wasserlösen des Kanals du Midi, welche in Hagens Wasserbaukunst (Zweiter Teil, 3. Band, T. VIII, F. 82) dargestellt sind; dieselben haben indessen selten Nachahmung gefunden.

Es ist oben bemerkt, dafs da, wo ein Kanal einen natürlichen Wasserlauf kreuzt, die Entlastungsanlagen sich nicht selten unmittelbar an die Durchlässe oder Düker anschließen (Abb. 8, Taf. VII und Abb. 41).

Mitunter werden die Durchlässe nicht allein mit Entlastungsanlagen, sondern auch mit Vorrichtungen zur Speisung des Kanals in Verbindung gesetzt. Man kann alsdann an der Bergseite des Durchlasses einen Fallkessel anordnen

und die Durchflufsöffnung an der Kanalseite des Fallkessels mittels eines Schützes verschließbar machen. Dasselbe ist in der Regel gehoben, so dafs das Wasser des Baches durch den Durchlaf fliefsen kann. Wenn der Kanal gespeist werden soll, wird das

Abb. 41. M. 0.005.



Schütz hinabgelassen, das Bachwasser staut sich im Fallkessel und tritt über die Oberkante desselben in den Kanal.

Zeichnungen derartiger und verwandter älterer Anlagen findet man u. a. bei Hagen (T. LXXV, F. 367) und in den Ann. des ponts et chaussées (Série 3, XII, Pl. 100). Die zuletzt genannten Zeichnungen stellen die Durchlässe dar, welche zur Regelung des Wasserstandes in den zu beiden Seiten des Rhein-Marne-Kanals liegenden Teilen des Sees von Gondrexange und zugleich zur Speisung des Kanals mit dem Wasser desselben dienen.

Einen Düker mit Entlastungsüberlauf vom Marne-Saône-Kanal zeigen die Abb. 42 bis 44. Der früher übliche, mit einem Schlammfang versehene Fallkessel ist durch ein Ablagerungsbecken ersetzt; hierdurch wird erheblich an Mauerwerk gespart. Die Entlastung wird durch vier vertikale Schächte von je 0,6 m Querschnitt bewerkstelligt.

Abb. 42 bis 44. Düker mit Entlastungsüberlauf.

Abb. 42. Lageplan. M. 1:100.

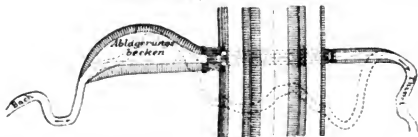


Abb. 43. Schnitt *ef*. M. 1:250.

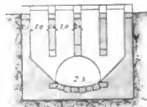
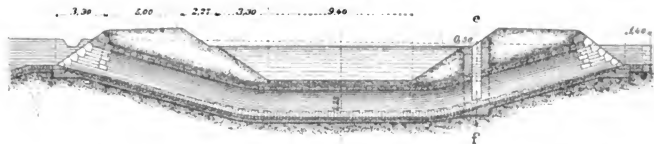


Abb. 44. Längenschnitt. M. 0,0033 (1:300).



Beim Marne-Saône-Kanal hat man auch die Durchlässe für die Entlastung nutzbar gemacht, welche sich unter Schleusenoberhäuptern befinden. Einen betreffenden Lageplan bringt Abb. 45, derselbe zeigt auch einen in das Unterwasser mündenden Speisegraben, eine Brücke über dem Unterhaupt und die Umgebungen der Schleuse. Die Entlastung des Oberwassers wird durch einen kurzen, im Querschnitt kreisförmigen Schacht A (Abb. 45 u. 46) bewerkstelligt. Die zum Verschlusse dienende Schütztafel ist nicht gezeichnet. Die Schützöffnungen sind 1,20 m breit; sie bewirken eine so kräftige Ausströmung, daß kurze Haltungen in 5, längere in 10 bis 15 Stunden entleert werden können.

Bei der Anordnung der Entlastungsvorrichtungen des Dortmund-Ems Kanals⁷⁹⁾ ist danach gestrebt, die eingeführten Wassermassen durch die Auslässe ihren Entwässerungs- oder jedenfalls ihren Stromgebieten wieder zuzuführen und Privatflüsse nicht durch mehr Wasser zu belasten, als ihnen früher zukam, auch die baulichen Anlagen hierzu möglichst mit anderen Bauwerken zu verbinden.

Daher mußten im wesentlichen durch Hand zu bedienende Grundablässe zur Anwendung gelangen, die gleichzeitig auch zur Entleerung mit benutzt werden können. Die Leistungsfähigkeit ist nach den im ungünstigsten Falle zugeführten überschüssigen,

⁷⁹⁾ Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, 8. 695.

Abb. 45 u. 46.

Schleuse und Schleusenbrücke des Marne-Saône-Kanals mit Anlagen zur Speisung und Entlastung.

Abb. 45. Lageplan. M. 1:1000.

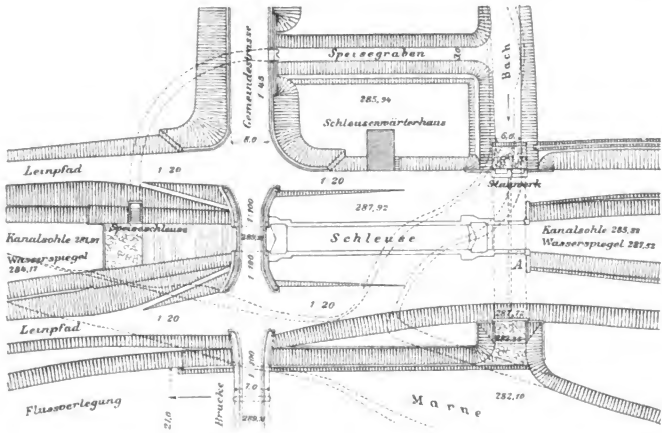
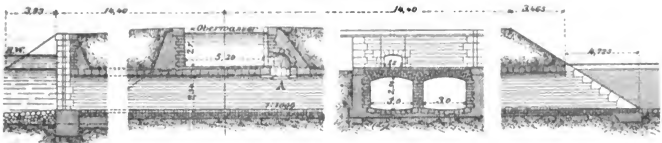


Abb. 46. Längen- und Querschnitte. M. 0,0033 (1:300).

Stauwerk.

Schleusenhaupt und Durchlässe.



d. h. nach Erreichung des angespannten Wasserspiegels auch wieder abzuführenden Wassermengen, sowie derart bestimmt, daß die Entleerung für das Kilometer nicht mehr als 3 Stunden in Anspruch nimmt; auch soll die Wassergeschwindigkeit im Kanal 0,2 m nicht übersteigen.

In der 67 km langen Scheitelhaltung sind fünf Entlastungsvorrichtungen hergestellt, welche im ganzen 27 cbm Sek. abführen können. In der Mittellandhaltung befindet sich unter anderem ein Grundabflaß beim Sicherheitstor am Ems-Übergang, welcher für 12 bis 13 cbm Sek. bemessen ist.

Außer den mit anderen Bauwerken verbundenen Grundablässen kommen als selbständige Bauwerke nur die Abflaßvorrichtung zum Landwehrbach und Aalbach, sowie der Kaskaden-Ausflaß an der Ems in Betracht.

Abb. 47 bis 49. Entleerungsvorrichtung am Landwehrbach.

Abb. 47. Längenschnitt.

Abb. 48. Querschnitt.

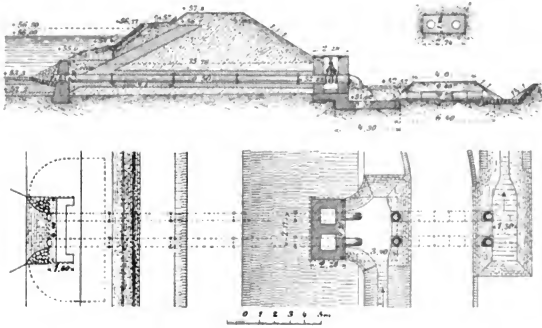
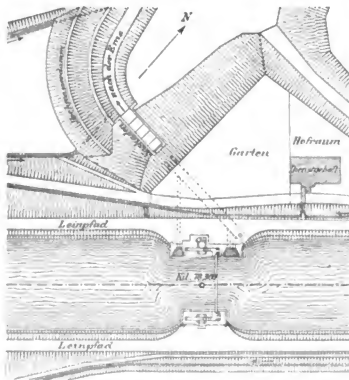


Abb. 49. Grundriss.

Der Auslafs am Landwehrbach ist in Abb. 47 bis 49 im Quer- und Längenschnitt, sowie in der Oberansicht dargestellt. Er besteht aus zwei gußeisernen Flanschenrohren von 0,5 m Durchmesser, die zwischen den massiven Häuptern mit einem Gefälle 1 : 100 verlegt und im Anschluß an die Streckendichtung mit Lehm umstampft sind. Ihr Verschluss erfolgt durch Wasserschieber, die in den massiven Auslaufkammern liegen, und außerdem zur Sicherung durch Klappen am Einlauf. Die Ausmündung ist nach unten gebogen, um die lebendige Kraft des ausströmenden Wassers abzuschwächen. Die Sohle und Böschungen am Ein- und Auslauf sind vertieft und abgeflastert.

Abb. 50. Dortmund-Ems-Kanal. Sicherheitstor mit Vorrichtung zur Entlastung. M. ~ 1 : 1400.

Lageplan.



Die im linken Uferpfeiler des Sicherheitstores am Emsübergang eingebaute Entlastungsvorrichtung in Verbindung mit der Kaskade und Vorflutanlage nach der Ems (Abb. 50) ist so eingerichtet, daß bei geschlossenem Tor jede der anschließenden Strecken für sich abgelassen werden kann. Für die obere Strecke dient ein Ausflussskanal mit eiförmigem, 0,73 qm großen Querschnitt von 0,8 auf 1,2 m; für die untere, den Hauptteil der Mittellandhaltung bildende Strecke sind zwei Abflussskanäle von denselben Abmessungen angeordnet. Diese Kanäle sind durch einfache eiserne Gleitschützen abgeschlossen und münden in

einen 38,5 m langen Sammelkanal von tunnelförmigem, 3,5 qm großen Querschnitt. Die Abfluskanäle besitzen ein Gefälle von 1:200. Von der Mündung des Sammelkanals erfolgt der Absturz zum Niedrigwasser der Ems bei rund 10 m Höhenunterschied auf einem steilen Abhang stufenförmig bis zur mittleren Höhe des Vorgeländes, in welches der Vorflutgraben im Mittel 2,50 m tief eingeschnitten ist.

Bei den bedeutenden, der Leistungsfähigkeit der Auslässe entsprechenden Wassermassen bis zu 13 cbm in der Sekunde sind, um einer allzugroßen Wassergeschwindigkeit vorzubeugen, die Stufen der Kaskade mit rückwärts geneigter Oberfläche und geböschter Vorderfläche versehen.

Sicherheitstore (Sperrtore). Durch die Entlastungsanlagen wird ein Bruch der Kanaldämme verhütet, dagegen haben die Sicherheitstore, welche die Kanalstrecken in einzelne Abteilungen zerlegen, den Zweck, den Erguß des Wassers weniger schädlich zu machen, falls ein Dammbruch dennoch eingetreten sein sollte. Eine derartige Maßregel ist indessen nur bei langen Kanalstrecken am Platze. Ein zweiter Nutzen jener Tore ist, daß man mit ihrer Hilfe den Wasserverlust einschränken kann, welcher entsteht, wenn in einer längeren Strecke Arbeiten vorzunehmen sind, die eine Trockenlegung nur eines Teiles der Strecke erforderlich machen.

Ein Fall, in welchem ein Sicherheitstor unentbehrlich ist, liegt u. a. bei der Mündung des Rhein-Marne-Kanals am See von Gondrexange vor, und die daselbst gewählte Konstruktion (Abb. 9¹⁻⁴, Taf. VII) ist beachtenswert. An jener Stelle mußte verhütet werden, daß beim Bruch eines Kanaldammes größere Wassermassen aus dem See sich ergießen, und es war ferner auf die Herstellung einer selbstwirkenden Vorrichtung Bedacht zu nehmen. Man hat deshalb ein dem See zugekehrtes Stemmtor angelegt und hat die Drehbäume der Torflügel so belastet, daß die letzteren sich ziemlich leicht bewegen. Die Tornischen stehen mittels im Mauerwerk angebrachter Öffnungen (vergl. die Grundrisse Abb. 9¹⁻⁴) mit demjenigen Teil des Kanals in Verbindung, welcher volle Breite hat. Sobald nun in dem Kanal eine ungewöhnliche Strömung eintritt, entsteht vor dem Bauwerk und noch mehr in den Tornischen ein Stau, die Torflügel setzen sich in Bewegung und schließen sich selbsttätig, ähnlich wie die Fluttore der Entwässerungsschleusen. Die Flügel derartiger Sicherheitstore müssen mit großer Sorgfalt konstruiert und gegen Sackungen noch kräftiger verwahrt werden, als gewöhnliche Schleusentore, weil sie dauernd freihängen.

In der Regel werden die Sicherheitstore als Klapptore mit horizontaler Drehachse angeordnet. Nachrichten über ältere Ausführungen dieser Art findet man an den unten angegebenen Stellen¹⁾, neuere Ausführungen hat namentlich der Oder-Spree-Kanal gebracht.

Dieser Kanal hat vier Sicherheitstore erhalten; das erste befindet sich vor dem oberen Vorhafen der Wernsdorfer Schleuse am Anfang einer etwa 24 km langen Strecke, vergl. Abb. 1, Taf. XVI. Das Tor hat den Kanal bei Ausbesserungsarbeiten und bei etwaigem Bruche eines Torflügels jener ein ungewöhnlich großes Gefälle aufweisenden Schleuse abzuschließen. Die drei anderen Tore liegen in der Scheitelstrecke unfern Kersdorf, bei Schlaubehammer und im Oberwasser der ersten der Fürstenberger Schleusen. Sie wurden infolge besonderer örtlicher Verhältnisse, u. a. wegen stellenweise hoher Lage des Kanals über dem Gelände erforderlich. Gemeinschaftlich ist diesen Toren die zwei-

¹⁾ Hagen, Wasserbaukunst. Zweiter Teil. 3. Band, S. 552. ferner Ann. des ponts et chaussées 1841, Bl. 11 u. 12 und Allg. Bauz. 1843, Bl. XVII (Sicherheitstore im französischen Kanal du Centre). — Vergl. auch Blicke, Selbsttätiges Sperrtor für Kanäle (Vorschlag). Zentrabl. d. Bauverw. 1899, S. 92.

schiffige Anlage (Weite jeder Öffnung 8,6 m), die Konstruktion der Klappen und die Anordnung von drei Zugschützen in jeder Klappe, welche benutzt werden, wenn der Raum zwischen dem Tore und der benachbarten Verschlussvorrichtung nach stattgehabter Entleerung einer Kanalstrecke wieder gefüllt werden soll. Die Lage dieser Zugschützen

Abb. 51 u. 52. Sicherheitstor des Oder-Spree-Kanals. M. 0,005 (1 : 200).

Schnitt a b.

Abb. 51.

Schnitt e d.

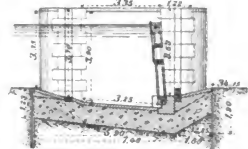
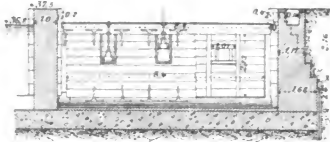
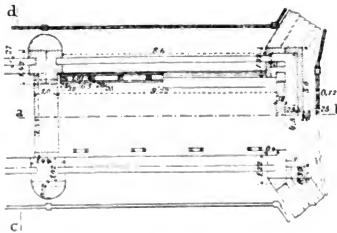


Abb. 52. Grundriß.



und sonstige Einzelheiten gehen aus Abb. 51 u. 52 hervor. Die in dem oberen Teile des Landpfeilers angeordnete Vertiefung nimmt Druckwasser-Zylinder auf, welche die Bewegung der Klappen vermitteln und von dem Kraftsammler (Akkumulator) der benachbarten Schleuse gespeist werden. Diese Anordnung ist beim ersten und beim vierten der oben genannten Tore getroffen. Dagegen sind die Tore unfern Kersdorf und bei Schlaubehammer derart selbstwirkend, daß sie sich

heben, sobald in dem Kanal eine ungewöhnliche Wassergeschwindigkeit oder eine Senkung des Wasserspiegels um etwa 24 cm unter Normalwasserstand eintritt. Einzelheiten der behufs Hebung der Tore getroffenen Anordnungen findet man in der unten bezeichneten Quelle.⁷²⁾

Sicherheitstore sind auch im Oberwasser von Schiffshebwerken und verwandten Anlagen nicht zu entbehren.

In der oberen Strecke des Dortmund-Ems-Kanals⁷³⁾ von Dortmund bis Bevergern sind sieben Sicherheitstore angeordnet, welche außer den bereits besprochenen Zwecken auch den Nutzen haben, daß sie den durch Wind erzeugten Aufstau durch Zerlegung der langen Haltungen in Abschnitte unterbrechen.

Von diesen Sicherheitstoren, die sämtlich beiderseits kehren, wurde verlangt, daß der Schluß jederzeit auch in strömendem Wasser schnell, sicher und stoßfrei erfolgen müsse und daß sich ein Wiederauffüllen der entleerten Strecke ohne Schwierigkeit bewirken lasse. Dabei sollte ein Wiederaufrichten der geschlossenen Tore auch bei einseitigem Wasserdruck möglich sein. Es sollten ferner alle wichtigen Betriebsteile möglichst außerhalb des Wassers und bequem zugänglich angeordnet werden. Um

⁷²⁾ Mohr, Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 453 u. 457 (Sicherheitstore unfern Kersdorf und bei Schlaubehammer, S. 436 u. 439 (Tore bei Wernsdorf und oberhalb Fürstenberg).

⁷³⁾ Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1902, S. 99—106.

endlich die Zuverlässigkeit der Vorrichtung zu erhöhen und diese tunlichst einfach zu gestalten, wurde auf selbsttätigen Auftrieb verzichtet und bestimmt, daß die Bedienung ausschließlich von Hand und im Notfall durch einen Mann zu geschehen habe.

Die verschiedenen Möglichkeiten eines diesen Anforderungen entsprechenden Verschlusses waren hauptsächlich: ein in geöffnetem Zustande in Höhe der Kanalsohle hängendes und zum Abschluß des Kanals hochzuklappendes Segmenttor; ferner ein den Kanalquerschnitt von 18 m Breite und 2,5 m Tiefe bei normalem Wasserstande absperrendes Hubtor, endlich ein Segmenttor, welches gewöhnlich über Wasser liegend der Schifffahrt genügenden Raum bietet, und nach Bedarf gesenkt wird. Die letztgenannte Anordnung wurde gewählt.

Bei den drei im Jahre 1897 erbauten Toren der Haupthaltung ist der schirmförmig ausgebildete Torkörper beiderseits auf wagerechte Achsen gelagert. Die beiden drehbaren Arme, welche zwischen sich drei Fachwerkträger mit der Abschlußblechwand tragen, sind über ihre Achsen hinaus nach rückwärts verlängert und nehmen hier die zur Ausgleichung des Torgewichts dienenden Gegengewichte auf. Die Abschlußblechwand ist nach dem Halbmesser ihres Abstandes vom Drehpunkte gekrümmt, so daß alle senkrecht zur Blechwand wirkenden Druckkräfte auch durch den Drehpunkt gerichtet sind.

In geöffnetem Zustande steht das Tor senkrecht über der Drehachse und die Arme mit den Gegengewichten greifen in wasserfreie Schlitze im Mauerwerk ein. Der Torkörper hat alsdann das Übergewicht, d. h. er steht auf Kippmoment, wodurch eine verwickelte Antriebsvorrichtung überflüssig wird.

Zur Bewegung des Tores sind auf den beiden Seiten des Kanals Winden vorgesehen, die auf den verlängerten Drehachsen aufsitzen und durch Planetenräder und Wellenleitungen mit Kegelrädern innerhalb des Torgerüsts zwangläufig so miteinander verbunden sind, daß der Antrieb an der Kurbel von jeder Seite aus erfolgen kann. Zum Niederlegen dient ein selbstsperrend wirkender Schneckenbetrieb.

Auf Grund der bei den zuerst ausgeführten drei Toren gemachten Erfahrungen haben die vier Tore der Dortmunder und Mittelland-Haltung eine in einigen Punkten abweichende Einrichtung (Abb. 53 u. 54) erhalten. Das Torgetriebe befindet sich nur auf einer Seite des Kanals und das Gewicht des Torkörpers ist dadurch vermindert, daß die Blechwand nur durch zwei Hauptträger unterstützt wird. Diese Hauptträger sind bei $18 + 2 \cdot 1,84 = 21,68$ m Lichtweite zwischen den Armen 2,22 m hoch. Der Torarm ist bis zu diesen Trägern 3,66 m lang und die Blechwand nach einem Halbmesser von 5,95 m gekrümmt. Die Drehachse ist so gelagert, daß die Unterkante ihres Lagerstuhls noch 0,05 m über dem höchsten Wasserstande liegt, so daß sich unter dem geöffneten Tor eine lichte Durchfahrts Höhe von 4,22 m ergibt (Abb. 53).

An der 3,45 m hohen und 10 mm starken Blechwand, die nach unten um 0,45 m, nach oben um 1,38 m überkragt (Abb. 54), beträgt der Abstand der Hauptträger 1,62 m. Zwischen den 1,32 m voneinander entfernten unteren Gurtungen derselben ist ein aus Latten gebildeter Laufsteg angeordnet, der durch Leitern zugänglich und bei geöffnetem Tor als Brücke für den Wärter benutzbar ist.

Die beiden Gegengewichte sind zusammen zu 38,3 t bemessen und derart aufgehängt, daß das Tor mit rund 34 t Eigengewicht in allen Stellungen das Übergewicht hat, auch wenn es ins Wasser eintaucht oder auf der Sohlschwelle aufliegt. Die Bewegung des Tores wird durch eine auf einer lotrechten Welle sitzende Schnecke (Abb. 53) bewirkt, welche in ein auf der Torachse sitzendes gezahntes Segment eingreift. Die

zum Antrieb der Schnecke dienende Winde, über die zum Schutze gegen Witterungseinflüsse ein Wellblechhäuschen errichtet ist, hat ein dreifaches Vorgelege erhalten, dessen drittes Räderpaar für gewöhnlich ausgeschaltet ist. Im Notfall kann das Niederlegen des Tores mit einem Vorgelege in $2\frac{1}{2}$ Minuten erfolgen.

Abb. 53 u. 54. Dortmund-Ems-Kanal. Neues Sicherheitstor. M. 1:175.

Abb. 53. Tor geöffnet.

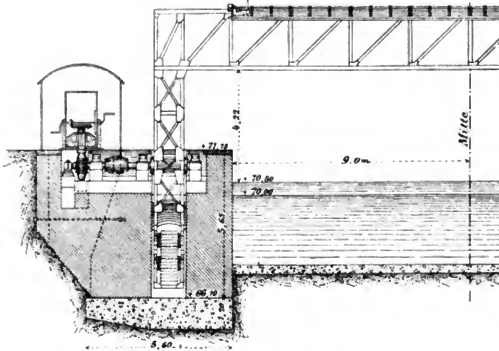
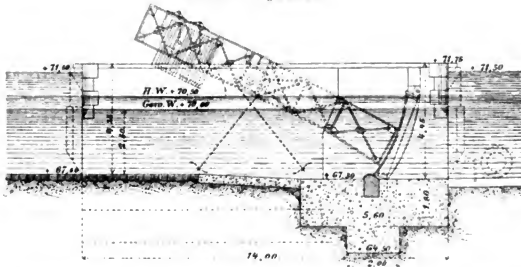


Abb. 54. Tor geschlossen.



Die Mauerwerkkörper in den Leinpfaden sind 14 m lang (Abb. 54) und 5,40 m breit und nehmen zwischen sich die granitne Sohlschwelle auf, gegen die sich das geschlossene Tor stützt. Die Gründung ist auf Beton je nach der Bodenbeschaffenheit mit oder ohne Spundwände erfolgt. Unter der Sohlschwelle ist ein starker Betonkörper mit einer bis 3 m unter Kanalsohle hinabreichenden Querrippe und anschließender Sohlenbefestigung aus Beton und Bruchsteinpflaster eingebaut, um Unterspülungen oder Durchquellungen wirksam vorzubeugen.

Für sonstige Einzelheiten, insbesondere für die Vorrichtungen, welche eine Dichtung des geschlossenen Tores an dessen Enden bewirken, sind die Mitteilungen in der Zeitschr. f. Bauwesen zu Rate zu ziehen.

Die Kosten eines Tores der neueren Bauart betragen für die Eisenarbeiten 48600 M. und für den Unterbau im Durchschnitt 44000 M., zusammen 92600 M.

§ 15. Brücken. Düker. Tunnel. Die Brücken, deren Herstellung der Bau eines Schiffahrtskanals mit sich bringt, sind der Mehrzahl nach Strafsen- und Eisenbahnbrücken, welche den Kanal überspannen. Wenn die Örtlichkeiten es irgend gestatten, sind feste Brücken zu wählen, jedoch lassen sich bewegliche Brücken — namentlich in ebenen Gegenden — nicht immer vermeiden; hier soll nur von den festen Brücken die Rede sein. Durchfahrten für Strafsen können bei hohen Kanaldämmen ohne Änderung des Kanalquerschnitts vorkommen, sind jedoch selten. Eigentümlichkeiten haben die genannten Brückenarten nur ausnahmsweise, dasselbe gilt von den Fußgängerbrücken und den Leinpfadbrücken. Eigenartig sind dagegen die Kanalbrücken, welche den trogartig begrenzten Kanal über fließende Gewässer führen, wobei die Unterkante des Troges oberhalb des Hochwasserstandes der Gewässer liegt. Wenn jedoch die Hochwasserlinie den Wasserquerschnitt des Kanals durchschneidet, kommen Düker (Unterleitungen) zur Anwendung. Kanalbrücken der genannten Art kommen auch als Überbau bei Durchfahrten vor.

Strafsen- und Eisenbahnbrücken. Von der Höhenlage der Tragkonstruktionen dieser Brücken (vergl. Abb. 6, Taf. VI) ist am Schlusse des § 9 des I. Kapitels bereits die Rede gewesen; hier sei ergänzend bemerkt, daß bei den neuen österreichischen Kanälen eine Lichthöhe oberhalb des normalen Kanalwasserspiegels von 4,5 m vorgeschrieben ist.

Bei Bestimmung der Lichtweiten hat man früher eine erhebliche Einschränkung des Kanalquerschnitts als zulässig erachtet. Erfahrungen, welche beim Bau des Rhein-Marne-Kanals gemacht wurden, führten dahin, unter den Brücken bei einer Schleusenweite von 5,2 m eine Wasserspiegelbreite von 5,50 m und für den Leinpfad 2 m, für den Fußpfad 1,5 m Breite anzunehmen. Von anderer Seite wurde empfohlen, den Wasserspiegel nach dem Einundeinhalbfachen der Schiffsbreite zu bemessen oder aber den Wasserquerschnitt gleich dem Doppelten des eingetauchten Hauptquerschnitts des Schiffes anzunehmen. Man hat ferner früher oft nicht für erforderlich gehalten, den Fußpfad unter der Brücke hindurch zu führen und mitunter selbst den Leinpfad beseitigt. Bei neueren Ausführungen sind aber höhere Anforderungen zu stellen, die Weiten sind für zwei Schiffe zu bemessen und die Pfade sind an beiden Seiten durchzuführen.

Bei den größeren Lichtweiten der Brücken für neuere Kanäle kann man eine Öffnung oder zwei Öffnungen anordnen. Die Entscheidung erfolgt nach bekannten Regeln des Brückenbaues.

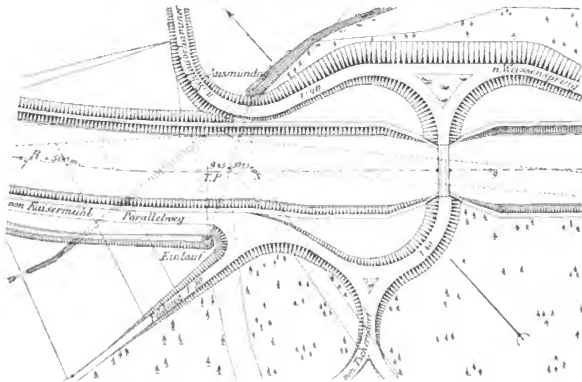
Beim Oder-Spree-Kanal (Sohlenbreite 14 m, später 16 m) hat Mohr Brücken mit zwei Öffnungen bevorzugt und jeder Öffnung eine Lichtweite von 10 m gegeben. Die Leinpfade ruhen auf wagerecht eingemauerten I-Eisen, der Übergang ihrer Grundrisslinien in die Richtungen der Streckenpfade wird durch die Winkelflügel der Brücken vermittelt, vergl. Abb. 55. Zum Schutz der bedrohten Ecken der Brücken-Leinpfade sind Dükdalben angebracht. Da, wo die Fluchten der Landpfeiler und der Flügel zusammentreffen, befinden sich lotrechte eiserne Leitwalzen (Tauschoner).

Beim Elbe-Trave-Kanal (Sohlenbreite 22 m) hat Rehder anfangs Brücken mit einem Zwischenpfeiler und Öffnungen von je 14,60 m Lichtweite angenommen, ausgeführt sind jedoch Brücken mit mindestens 27 m lichter Weite.

Beim Bau des Dortmund-Ems-Kanals hat sich herausgestellt, daß es am besten ist, die Böschungsneigungen der Strecken unter den Brücken unverändert zu lassen. Es hat sich ergeben, daß die Ersparnisse, welche man beim Bau durch Anwendung steilerer Böschungen und entsprechender Einschränkung der Spannweiten erzielt, durch die Mehrkosten, welche jene erfordern, aufgewogen werden. Die Brücken des genannten Kanals haben meistens eine Öffnung, die verschiedenartigen zahlreichen Bauwerke sind *Zeitschr. f. Bauw.* 1902, S. 106 u. 283 eingehend besprochen.⁷⁴⁾

Auch Sympher gibt für neue Hauptkanäle den Brücken mit einer Öffnung den Vorzug, er untersucht die Einzelheiten ihrer Abmessungen und empfiehlt bei zuverlässigem Baugrunde die Verwendung von Eisenbeton. Näheres findet man *Zentralbl. d. Bauverw.* 1905, S. 602.

Abb. 55. *Oder-Spree-Kanal. Wegebrücke, Brückenrampen und Düker.* M. 1 : 2000.



Die örtlichen Verhältnisse pflegen eine ansehnliche Länge der Brückenrampen, nicht selten auch eine Verzweigung derselben mit sich zu bringen; hiervon gibt Abb. 55 ein vom Oder-Spree-Kanal entnommenes Beispiel. Die Brückenrampen stehen oft mit Parallelwegen in Verbindung; diese sind aber auch an anderen Stellen der Kanäle aus denselben Gründen wie bei Eisenbahnen anzulegen. In geeigneten Fällen ist es nicht ausgeschlossen, die Parallelwege mit den Leinpfaden zu vereinigen, obwohl dies früher wenig üblich war; beim Oder-Spree-Kanal scheint es an verschiedenen Stellen geschehen zu sein. Gelegentlich des Binnenschiffahrts-Kongresses zu Frankfurt a. M. wurde jene

⁷⁴⁾ Ältere Mitteilungen betr. Straßen- und Eisenbahnbrücken über Kanäle und Beispiele ausgeführter Brücken findet man unter anderem an folgenden Stellen: *Zeitschr. f. Bauw.* XXIV, Bl. 54. — Graeff, *Canaux et chemins de fer*, S. 58. — Minard, *Cours de construction, Rivières et canaux*, S. 358 u. 362. — Die Kanalisierung der oberen Saar. *Zeitschr. f. Bauw.* 1866, S. 40. — Zeichnungen neuerer Brücken über Kanäle, daselbst Bd. XXIV, Bl. 39 u. 53. — Heffs, *Der Rhein-Marne-Kanal*. *Allg. Bauz.* 1871, S. 86. — Brücken der kanalisierten Mosel. *Zeitschr. f. Bauw.* 1874, Bl. 53 u. 54. — Brücken des Oder-Spree-Kanals. Daselbst 1890, S. 376 u. 439.

Vereinigung und die Gestattung freier Bewegung landwirtschaftlicher Fuhrwerke auf den Leinpfaden von Oberingenieur de Mas warm empfohlen.

Kanalbrücken und Durchlässe. Bei den Kanalbrücken, welche in einer nicht empfehlenswerten Nachbildung der französischen Bezeichnung „*pont canal*“ nicht selten Brückenkanäle genannt werden, wurde der im wesentlichen rechteckige Wasserquerschnitt früher nur für ein Schiff bemessen, wobei man das obenerwähnte Verhältnis zwischen Wasserquerschnitt und Hauptquerschnitt des Schiffs als genügend achtete. Beispielsweise hat bei den Kanalbrücken des Marne-Saône-Kanals der Wasserquerschnitt 6,7 m Breite und 2,2 m Tiefe (Sohlenbreite der Strecken 9,7 m, Tiefe derselben wie vorhin). Die Kante des Leinpfads pflegt etwa 0,5 m über dem Wasserspiegel zu liegen. Als Breite desselben genügen in der Regel 2 m, es kommen jedoch auch größere Breiten vor.

Bei den neueren deutschen Kanälen hat man einen zweischiffigen Wasserquerschnitt vorgezogen und hat beispielsweise beim Dortmund-Ems-Kanal einen solchen von 18 m nutzbarer Breite und 2,5 m Tiefe angeordnet. Die für diesen Kanal ausgeführten Kanalbrücken über die Lippe, Stever und Ems liegen in einer demnächst dem Mittel-land-Kanal angehörenden Strecke. Wenn es sich um einen Kanal von nicht so großer Bedeutung handelt, dürfte eine einschiffige Anlage genügen.

Für die neuen österreichischen Kanäle ist hinsichtlich der Kanalbrücken das Folgende vorgeschrieben:

„Diese Objekte sind zweischiffig herzustellen.

Steinerne Objekte erhalten eine Sohlenbreite von 18,0 m bei 2,5 m normaler Wassertiefe.

Eiserne Objekte mit zwei Künetten erhalten je eine Sohlenbreite von 10,0 m bei 2,5 m normaler Wassertiefe.

Lokale Verhältnisse bestimmen, ob und wann auch einschiffige Objekte in Aussicht zu nehmen sind.“

Beim Dortmund-Ems-Kanal hat man die Herstellung eines steinernen Überbaues vorgezogen, eiserne sind jedoch nicht selten. Von den oben genannten Kanalbrücken sind die über die Ems (Baukosten 867 000 M.) und die über die Lippe (Baukosten 643 000 M.) in Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 582 ff. eingehend besprochen. Für die schwierige Dichtung dieser Bauwerke und für die Besprechung der Einzelheiten der steinernen und eisernen Kanalbrücken überhaupt kann auf das II. Kapitel des zweiten Bandes des Brückenbaues (4. Aufl.) verwiesen werden. Hölzerne Kanalbrücken sind in Amerika vereinzelt ausgeführt, eine hölzerne Floskanal-Brücke ist auf S. 30 erwähnt worden.

Kanalbrücken kommen ferner bei Durchfahrten (Wegeunterführungen) vor und in diesem Falle ist ein steinerner Überbau von vornherein angezeigt. Für den Dortmund-Ems-Kanal sind vier derartige Bauwerke ausgeführt, deren eines (die Chaussee-Unterführung bei Olfen) a. a. O. auf S. 587 beschrieben ist. Eine beachtenswerte Anordnung zeigen einige massive Brücken des französischen Ost-Kanals, bei welchen die im Bereiche der Kanalsohle in üblicher Weise gestaltete Durchfahrtsöffnung sich nach beiden Seiten hin bis zu den Außenkanten der Pfade trompetenartig erweitert.⁷⁵⁾

Die gemauerten Durchlässe, welche für kleine fließende Gewässer in Kanaldämmen erbaut werden, wenn zwischen Kanalsohle und Hochwasser ein genügender Abstand vorhanden ist, sind von den Durchlässen in Eisenbahn- und Straßendämmen nicht

⁷⁵⁾ Cahen, La construction des ponts sous canal. Ann. des ponts et chaussées 1881, I. S. 93.

wesentlich verschieden. Bei beschränkten Abständen ist es aber schwer, eine vollständige Dichtung des Kanalbetts zu erlangen und wegen der ungleichmäßigen Belastung der Gewölbe sind Risse im Mauerwerk fast unausbleiblich. Näheres und zwei Beispiele findet man in Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 594.

Düker. Wenn der ein kleineres Gewässer kreuzende Kanal so tief liegt, daß ein Durchlaß gewöhnlicher Art nicht hergestellt werden kann, kommen Düker zur Anwendung. Bei diesen sind zwei Gruppen zu unterscheiden, je nachdem Rücksichten auf Speisung und Entlastung des Kanals zu nehmen sind oder nicht. Von Bauwerken der ersten Gruppe sind in § 14 einige Beispiele gegeben; für die Bauwerke der zweiten Gruppe mag zunächst auf die Ausführungen beim Merwede-Kanal und beim Oder-Spree-Kanal hingewiesen werden.⁷⁶⁾

In jedem Falle sind die allgemeinen Regeln zu beachten, welche für den Dortmund-Ems-Kanal (s. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 588) aufgestellt sind und hier wörtlich Platz finden dürfen:

1. „Für die gewöhnlich abzuführende Niederschlagsmenge wurden je nach der Beschaffenheit des Geländes und der Größe des Zuflußgebietes sekundliche Wassermengen für das Quadratkilometer bei Winterhochwasser bis zu 0,15 und 0,22 cbm, bei Sommerhochwasser etwa die Hälfte angenommen. Für ausnahmsweise Hochwasser wurden die Winterhochwassermengen fast verdoppelt und bei ganz kleinen Gebieten bis zu 0,45 cbm/qkm vergrößert.“
2. „Die Geschwindigkeit im Dükerrohr soll bei Hochwasser behufs Spülung auf 1,5 bis 2 m gesteigert werden, und der zugehörige Stau nicht über 0,3 bis ausnahmsweise 0,45 m für die angenommenen größten Hochwasser betragen.“
3. „Der Stau der Sommerhochwasser soll 5 bis 8 cm nicht übersteigen, was etwa einem Stau bis zu 45 cm bei dem größten Hochwasser entspricht, das im Durchschnitt ungefähr gleich dem dreifachen Sommerhochwasser zu setzen ist.“
4. „Für die Berechnung des Staus soll ohne Rücksicht auf die Geschwindigkeit des ankommenden und abfließenden Wassers mit den vereinfachenden Annahmen eines bestimmten Verhältnisses zwischen Dükerquerschnitt und Fallkessel (wie 1 : 2) gerechnet werden, somit ergab sich die Druckhöhe h für die Erzeugung der Geschwindigkeit v im Dükerquerschnitt unter Berücksichtigung der Kontraktion und der Richtungsänderungen gleich $\frac{2v^2}{2g} +$ Rohrweiterstandshöhe; die letztere nimmt besonders bei engen Rohren stark zu und ist auch wesentlich von der Dükerform abhängig.“
5. „Als Querschnittsform sollen für die kleinsten Querschnitte die einfache oder doppelte Kreisform, für kleinere gemauerte Bauwerke die rechteckige Form mit Halbkreisgewölbe und vertiefter Sohle, für größere Durchflußweiten (von 5 qm an) zwei bis drei linsenförmige oder gedrückt rechteckige Öffnungen mit flachen Stichbögen nebeneinander gewählt werden. Als kleinster Durch-

⁷⁶⁾ Düker unter dem Merwede-Kanal zur Ableitung der Kanalwasser der Stadt Amsterdäm. Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 125. — Dieselben und Düker für die Poldergräben, welche den genannten Kanal kreuzen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 695. — Kreuzung des oberrheinischen Schifffahrtskanals mit der Ill (Entwurf). Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 51. — Billige Düker des Oder-Spree-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 440.

messer für Rohre unter dem Kanal war eine Weite von 0,6 m mit einem Querschnitt festgesetzt, der ein Durchkriechen allenfalls noch gestattet. Bei Querschnitten von etwa 1,4 qm an wurden massive Bauwerke angeordnet, ausnahmsweise bei sehr günstigem Baugrund auch schon bei 0,82 und 1,0 qm. Andererseits kamen aus örtlichen Gründen auch vier und sogar sechs eiserne Rohre mit Querschnitten bis 4,5 und 8,4 qm nebeneinander zur Verwendung.“

6. „An Stellen, wo die Weite des Dükers nicht allein von der abzuführenden Wassermenge, sondern auch von den Rückstauverhältnissen anderer Flussgebiete abhängig zu machen war, wurden als ausschlaggebend die Durchflußquerschnitte vorhandener Durchlässe in Wegen oder im alten Emskanal als Anhalt genommen.“

„Bei der Wichtigkeit einer soliden Ausführung der Düker für den Bestand des Kanals sind alle nicht durchaus erprobten Bauweisen vermieden. Im allgemeinen wurden bis zu 0,9 m Durchmesser gußeiserne Muffenrohre, darüber hinaus flufseiserne Rohre verwandt. Die gemauerten Düker sind überwiegend in bestem Bruchstein- oder Klinkermauerwerk, nur ausnahmsweise in Beton ausgeführt.“

Die obigen Regeln gelten meistens auch für die Durchlässe.

Zur Spülung sind bei den Dükern entsprechende Vorkehrungen getroffen, entweder durch eine Ablaufvorrichtung vom Kanal aus, die zugleich zu seiner Entlastung und Entleerung dient, oder durch Einrichtungen zur vorübergehenden Erzeugung eines erhöhten Staus in dem unterzuleitenden Wasserzuge. Erforderlichenfalls ist auch für die Ablagerung des mitgeführten Sandes und Schlammes, namentlich bei kleineren Bächen, durch brunnenartige Schlammfänge am Ein- und Auslauf oder durch beckenartige Erweiterung und Vertiefung der anschließenden Sohle Vorsorge getroffen. Bei größeren Bauwerken sind Notabschlüsse durch Dammbalken vorgesehen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß Rohrdüker und gemauerte Düker zu unterscheiden sind. Von ersteren ist auch bei Besprechung der Wasserleitungen (dritter Band dieses Werkes, 4. Aufl., IV. Kap., § 3) und bei Besprechung der städtischen Entwässerungskanäle (vierter Band, I. Kap., § 7, S. 183) die Rede gewesen, hier wird die Erwähnung des größten Rohrdükers des Dortmund-Ems-Kanals genügen.

Es ist dies der Rienbach-Düker, bei dem hohe Lage des Geländes über dem Kanalwasserspiegel und wenig tragfähiger Baugrund, auch Rücksichten auf die Baukosten Veranlassung waren, daß man von einem massiven Bauwerk abgesehen und zur Beschaffung des erforderlichen Durchflußquerschnitts von 8,46 qm sechs flufseiserne Rohre von je 1,34 m Durchmesser nebeneinander verwendet hat. Das Entwässerungsgebiet umfaßt 30,75 qkm und liefert eine sekundliche Wassermenge von 12 cbm. Als Anstrich für die flufseisernen Rohre hat sich auf der Grundfarbe ein doppelter Überzug aus Steinkohlenteer mit 10% Terpentin bewährt. Der Düker hat 47605 M. gekostet. Näheres und die Besprechung sonstiger Rohrdüker des Dortmund-Ems-Kanals bringt die Zeitschr. f. Bauw.

Bei den gemauerten Dükern dieses Kanals (a. a. O. S. 596) lassen sich im allgemeinen zwei Formen unterscheiden:

1. Ausführungen ähnlich den Durchlässen, teilweise mit erweiterten Mündungen oder auch mit ansteigenden Zwischenstücken, so daß der Kanal mit den Leinpfaden uneingeschränkt durchgeführt ist und die Länge des Dükers 42,8 bis 58,3 m beträgt.

2. Ausführungen mit Einschränkung des Kanalquerschnitts, den Kanalbrücken ähnlich, von 23 bis 32 m Länge zwischen den Stirnflächen mit 11,1 bis 58,9 qm Durchflußquerschnitt.

Zur ersten Gattung gehört z. B. der Landwehrbach-Düker. Der Landwehrbach entwässert ein Gebiet von 34,65 qkm und nimmt die Abwässer zweier Zechen auf, weshalb er viel Kohlenschlamm und Schmutz mit sich führt. Die Durchströmungsgeschwindigkeit bei einem 440 l qkm abführenden Hochwasser beträgt 1,86 m. Sein zu 8,22 qm bemessener Querschnitt wurde in zwei Öffnungen geteilt, um durch Verschluss der einen mittels Dammbalken eine stärkere Durchströmung und Spülung der anderen zu erzielen. Da aber diese Spülung nicht genügte, weshalb eine häufige Räumung von den Schlammmassen vorgenommen werden mußte, so wurde nachträglich am Einlauf eine Schützvorrichtung in die Dammbalkenfalze eingebaut, um durch Regelung des Staues jederzeit leicht eine stärkere Durchströmung herbeiführen zu können.

Das Bauwerk ist auf einem 8 m breiten Betonbett zwischen Spundwänden gegründet. Jede Öffnung ist tunnelartig gestaltet, 2,4 m breit und 2,1 m hoch. Der Scheitel liegt 0,95 m unter der Kanalsole, und die beiden Enden steigen 0,75 m an. Die Schütztafeln reichen bis 1,4 m über die Sohle. Die Abdeckung der 0,3 m starken Bruchsteingewölbe ist mit Zementputz und Gufsasphalt erfolgt; darüber liegt die dichtende Lehmsschicht. Dieser Düker, welcher zwischen den Stirnflächen eine Länge von 58,3 m besitzt, hat einschl. der nachträglich angebrachten Schützvorrichtung rd. 30000 M. gekostet.

Als ein Beispiel der zweiten Gattung ist der Düker im Fehntjer-Tief bei Emden zu nennen. Er dient zur Unterführung eines Vorflutkanals und zeigt zwei rechteckige Öffnungen von je 4 m Breite und 3 m Höhe, welche durch eine 2 m starke Zwischenwand getrennt sind. Die Decke des Dükers ist aus I-Trägern mit dazwischen eingeschobenen, unten verputzten Basaltlavaplatten hergestellt. Die I-Träger sind gegen den bei höheren Wasserständen im Vorflutkanal auftretenden Wasserüberdruck mit dem Mauerwerk verankert. Das Bauwerk ist auf einem 2 m starken Betonbett zwischen Spundwänden auf festem Sandboden gegründet und aus Ziegelmauerwerk mit Klinkerverblendung hergestellt; das 7 m breite Bett des übergeführten Fehntjer-Tiefs ist mit senkrechten Wänden eingefasst.

Der Abfall und Aufstieg von der Sohle der Vorhänger erfolgt durch geneigte hölzerne Vorböden zwischen senkrechten Bohlwänden. Unter und zwischen den Holmen der Vorböden wurden Senkfaschinenlagen eingebracht. Die Ausrundungen am Ein- und Auslauf sind durch Werksteine aus Sandstein eingefasst. An den Hauptkörper des Dükers schlossen sich vier Flügel an, die aus je zwei Spundwänden mit darauf gesetztem eisernen Ständerwerk und eingespannten, $\frac{1}{2}$ Stein starken Gewölbkappen bestehen. Gegen die Flügel laufen die Böschungen des Vorflutkanals und des Fehntjer-Tiefs an. Die Ausführungskosten dieses Dükers belaufen sich auf 150600 M.

Für die Beschreibung von drei anderen, zum Teil eigenartigen Dükern muß auf die angegebene Quelle verwiesen werden.

Tunnel.¹⁷⁾ Durch Herstellung eines Kanaltunnels (einer unterirdischen Strecke) kann die Höhenlage der Scheitelhaltung ermäßigt werden und das erleichtert die Speisung derselben.

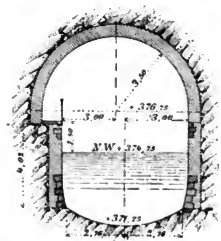
¹⁷⁾ Hagen, Wasserbaukunst. Zweiter Teil, 3. Bd., S. 649. — Vogesen-Tunnel. Deutsche Bauz. 1871, S. 123. — Knobloch, Der Mosel-Saar-Kanal (Wien 1879), S. 42 (Beispiel eines in neuerer Zeit geplanten Kanaltunnels). — Keller, Der Marne-Saône-Kanal. Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 329, 457. — Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 523.

Um die erheblichen Kosten des Tunnelbaus einzuschränken, pflegt man die Kanaltunnel einschiffig zu erbauen. Bei Bemessung des Wasserquerschnitts hat man sich in Frankreich früher in der Regel mit 1 m Spielraum zwischen Schiff und Mauerwerk und 2,5 m Wassertiefe begnügt. Ein Pfad ist auch dann nicht zu entbehren, wenn die Schiffe in Zügen durch Dampfkraft oder mittels elektrischen Betriebs befördert werden; er dient alsdann zur Untersuchung des Zustandes des Tunnels und man läßt ihn mitunter auf einzelnen Stützen ruhen, um den Wasserquerschnitt zu vergrößern. Die Voreinschnitte hören beim Rhein-Marne-Kanal mit 15 bis 17 m Tiefe, bis auf den Wasserspiegel gemessen, auf.

In neuerer Zeit ist unter der Wasserscheide zwischen Marne und Saône ein Kanaltunnel von 4600 m Länge ausgeführt; die Voreinschnitte hören bereits bei 12,5 m Tiefe auf. Auch dieser Tunnel ist einschiffig; bei 2,9 m mittlerer Tiefe hat das Wasser 8 m obere und 7,6 m untere Breite, mißt also (rund) 22,5 qm. Nimmt man für die Kähne 5 m Breite und 1,6 m normalen Tiefgang an, so mißt das Wasser des Tunnels das 2,8fache des eingetauchten Schiffsquerschnitts.

Abb. 56 gibt den Querschnitt eines neueren Kanaltunnels; derselbe vermittelt die Verbindung der Rhone mit dem Rhein und liegt im Kanal zwischen Montbéliard und der oberen Saône. In diesem Falle hat man die Vergrößerung des Wasserquerschnitts durch Vertiefung desselben erzielt. Aus den angegebenen Maßen folgt, daß hier der Wasserquerschnitt gleich dem 2,3fachen des eingetauchten Schiffsquerschnitts ist. — Man vergleiche auch die Abteilung „Tunnelbau“ in der 3. Aufl. dieses Werkes, S. 368.

Abb. 56.



§ 16. Kanalhäfen. Mündungen. Die nachstehende kurze Besprechung der Kanalhäfen und der Mündungen der Schifffahrtskanäle in Flüsse und Seen findet Ergänzung namentlich bei Erörterung der Flufshäfen und der größeren Kanalhäfen im XI. Bande dieses Werkes. Über die Vorhäfen bei Schleusen ist § 11 dieses Kapitels zu vergleichen.

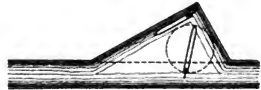
Kanalhäfen⁷⁶⁾ sollten in großer Anzahl angelegt werden, damit einer der Hauptvorteile der Schifffahrtskanäle, an vielen Stellen Güter aufnehmen und abgeben zu können, ausgenutzt wird. Die Lage der Häfen ist unter Berücksichtigung der vorhandenen Zufuhrwege zu bestimmen, falls der Hafen den Übergang des Straßensverkehrs nach dem Kanale vermitteln soll. Wenn ein Bahnhof in der Nähe ist, so muß auf die Ausführbarkeit von Hafengleisen Rücksicht genommen werden. Der Leinpfad ist an derjenigen Seite des Hafens anzulegen, welche nicht zum Verladen benutzt wird, an der anderen Seite muß Gelände zur Anlegung von Lagerplätzen vorhanden sein. Wenn es die Örtlichkeiten mit sich bringen, wird das Hafenbecken in unmittelbarer Nähe des Bahnhofs hergestellt und mit dem Hauptkanal durch einen Zweigkanal in Verbindung gesetzt.

⁷⁶⁾ Ältere Literatur: Hartmann, Einrichtungen von Lösch- und Ladeplätzen an der Spree in Berlin. Mitteilungen des Zentralvereins vom 21. Januar 1891. — Schifffahrts-Kongress zu Paris (1892). Vorbericht von Monet (Regime der Binnenschifffahrts-Häfen). — Schifffahrts-Kongress im Haag (1894). Vorbericht von Monet und Dardenne (Die Ausrüstung der französischen Binnenschifffahrts-Häfen. Mit Lageplänen von 9 französischen Kanalhäfen und zahlreichen Zeichnungen von Vorrichtungen für Kohlenverladung).

Abb. 57.

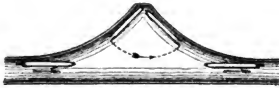


Abb. 58.



Unter den Formen der Häfen, welche als Erweiterungen des Kanals auftreten, mögen neben dem Rechteck (Abb. 6, Taf. VII) hervorgehoben werden: das Trapez

Abb. 59.



(Abb. 57), dessen Schmalseiten das Anlegen eines Kahnens gestatten, das Dreieck (Abb. 58), welches trotz kleiner Grundfläche einen Wendepunkt darbietet, und die in Abb. 59 dargestellte Form, bei welcher das Wenden der Kähne nach Art des Wendens der Eisenbahnfahrzeuge in Spitzkehren stattfindet.

Die Größe der Häfen richtet sich nach den Anforderungen des Verkehrs und stützt sich auf die Länge und Breite der Schiffe unter Angabe reichlicher Spielräume. Die kleinsten Anlagen werden nur nach eines Schiffes Länge und Breite bemessen, größere Häfen erhalten mehr als eine Schiffslänge zur Breite und das Zehnfache oder noch mehr zur Länge. Beispielsweise sind am Rhein-Marne-Kanal bei etwa 35 m Schiffslänge die Häfen von Zabern (Abb. 6, Taf. VII) und Frouard 387 bzw. 220 m lang.

Die Ausrüstung der Mehrzahl der älteren Häfen läßt mancherlei zu wünschen übrig. Kaimauern und Ladekrane sind ziemlich selten, obwohl man für die Kanalschiffahrt mit Recht eine ähnliche Ausrüstung verlangen kann, wie solche für den Eisenbahnverkehr allgemein üblich ist. Es würde sich also unter anderem darum handeln, für kleinere Häfen bewegliche, auf Schiffen angebrachte, für größere aber feststehende Krane zu beschaffen.

Am Dortmund-Ems-Kanal sind die kleineren Häfen, einzelne Ausnahmen abgerechnet, in einfacher Weise durch Erweiterung des Kanalquerschnitts hergestellt.⁷⁹⁾ Dabei sind ihrer Natur nach öffentliche und Privathäfen zu unterscheiden. Während für die letzteren in der Regel den die Kosten tragenden Besitzern in der Anordnung freie Hand gelassen wurde, sind erstere im Einvernehmen mit den beteiligten Gemeinden mit Rücksicht darauf, daß die zu erhebenden Hafengebühren der Staatskasse zuffießen, einschließlich der Ladestraßen ganz aus Staatsmitteln gebaut.

Die Größe der öffentlichen Häfen ist nach bestimmten Regeln für 2, 4, 6 und 8 Schiffe bemessen, wobei eine Schiffslänge zu 65 m angenommen wurde. Die mittlere Höhe der Ladestraße ist auf 1 m über dem angespannten Kanalspiegel und das Maß der Verbreiterung des Kanalquerschnitts in der Sohle auf 12 m bemessen.

Die mit Bruchsteinen auf Schotterbettung befestigten Böschungen haben je nach den Bodenverhältnissen eine Neigung von 1 : 1 bis 1 : 1 $\frac{1}{2}$; nur bei den Holzhäfen sind zum Aufziehen des Holzes flachere Neigungen angenommen. In den Böschungen sind in gewissen Abständen Wassertreppen eingelegt, auch sind zum Festlegen der Schiffe gußeiserne Poller in Betonklötze eingesetzt.

Wendepunkte für die größten Kanalschiffe sind mit den sechs- und achtschiffigen Häfen stets verbunden, bei den kleineren aber nur da angeordnet, wo die Örtlichkeit

⁷⁹⁾ Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1902, S. 293 ff.

günstig war und die Entfernung bis zum nächsten Wendeplatz mehr als 6 km betrug. Jeder Wendeplatz ist gleichzeitig auch als Ladeplatz benutzbar und in der Richtung des Leinenzugs an das Ende des Hafens gelegt. Eine dreieckige Grundrissform der Wendeplätze gestattet, das Schiff auf verhältnismäßig beschränktem Raum zu drehen.

Das Beispiel eines zweischiffigen Hafens zeigt Abb. 60. Die gepflasterte, möglichst günstig an das Wegenetz angeschlossene Ladestraße hat einen Wendeplatz für Landfuhrwerk. Der Schiffswendeplatz, der hier mit Rücksicht auf die Örtlichkeit auf die andere Seite neben die benachbarte Brücke gelegt wurde, ist mit Böschungstrepfen versehen. Der größte der kleineren Häfen ist der Endhafen Herne, welcher unter Hinzunahme des südlichen Ufers Unterkunft für 20 Schiffe bietet.

Insgesamt beläuft sich die Anzahl der auf Staatskosten oder mit staatlicher Beihilfe hergestellten kleineren Häfen auf 44, wofür einschließlich des hier anteilig mitgerechneten Grunderwerbs und des nachträglichen Ausbaues der Hafenstraßen im ganzen 950000 M. aufgewandt wurden.

Das Beispiel eines größeren Hafens zeigt der städtische Hafen für Münster⁹⁰⁾, der als Stichhafen ausgebildet ist, wobei die Rücksicht auf die möglichst nahe Verbindung mit der Stadt und einen bequemen Bahnanschluss der beiden Ufer bestimmend war. Das Hafenbecken hat eine Länge von 740 m bei einer mittleren Breite von 58 m und bietet Raum für 19 große Kanalschiffe.

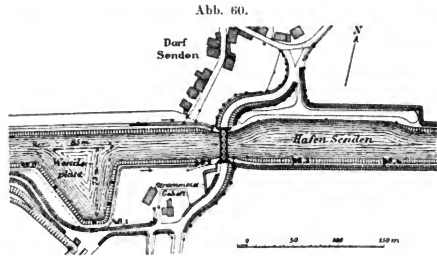
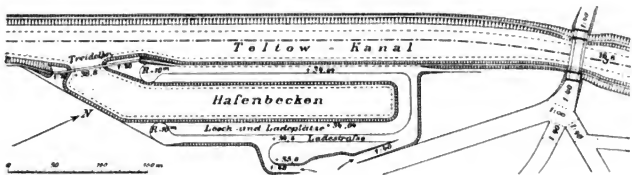


Abb. 61.



Am Teltow-Kanal hat man, wie aus Abb. 5, Taf. VI ersichtlich ist, zahlreiche Häfen hergestellt; von diesen hat unter anderen der Hafen bei Lichterfelde (Abb. 61) ein Hafenbecken erhalten.

Mündungen. Mündungen der Schiffahrtskanäle in Seen gestalten sich in der Regel ziemlich einfach. Abb. 1^c, Taf. V zeigt die Mündung des Oder-Spreck-Kanals in den Seddin-See; dieselbe ist auf der einen Seite durch das mit Packwerk befestigte Ufer,

⁹⁰⁾ Vergl. auch Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899, S. 363.

auf der anderen Seite durch einen aus Packwerk hergestellten Damm (Kronenbreite 2 m) begrenzt. Vor dem Kopfe dieses Damms befindet sich ein (in der Abbildung nicht gezeichneter) Dükdalbe, welcher für die Nacht eine mit Balmain'scher Farbe gestrichene Leuchtscheibe trägt. Näheres in Mohr, Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 374.

Auch dann, wenn die Mündung oberhalb eines Wehres liegt, ist die Anordnung ihrer Begrenzungen einfach. Abb. 7, Taf. IV führt einen solchen Fall, zugleich die Kreuzung eines Kanals mit einem Fluß, vor. Wenn in letzterem kein Wehr liegt, wird man bei derartigen Kreuzungen (der Merwede-Kanal kreuzt beispielsweise den Lek) die beiden Mündungen nicht einander gegenüber anlegen, weil die größeren Wassertiefen der Flüsse bald an der einen, bald an der anderen Uferseite zu liegen pflegen. Wenn es die Örtlichkeiten gestatten, wird zwischen der Mündung und der nächsten Schleuse ein Vorhafen eingeschaltet, hauptsächlich als Zufluchtschiffahrt bei Hochwasser und Eisgang. Hierzu bringt Abb. 4, Taf. V ein Beispiel. Der Vorhafen hat hier eine Grundfläche von 11 Hektaren.⁸¹⁾

In den meisten Fällen sind Lage und Richtung der Kanal-mündungen nach den für Flufshäfen-Mündungen geltenden Regeln anzuordnen. Hiernach ist die Richtung der Einfahrten stromabwärts sich neigend anzuordnen. Denn wenn man diese Einfahrten normal zur Strömung legen oder sie stromaufwärts richten würde, so würde die Strömung das Einfahren der Schiffe mindestens erschweren, unter Umständen sogar gefährden. Sehr erwünscht ist es, wenn man die Einfahrt an eine einbuchtende (konkave) Stelle des Flusses legen kann, weil sich hier vor der Einfahrt eine ausreichende Fahrtiefe zu befinden pflegt. Es kann aber, seit die Verwendung der Bagger eine ausgedehnte geworden ist, die fragliche Lage, auf die man früher großes Gewicht legte, nicht mehr als ein unbedingtes Erfordernis bezeichnet werden.

Das Nachstehende bietet ein beachtenswertes Beispiel für die Herstellung einer neuen Kanal-mündung.

Die Mündung des Franzens-Kanals in den Theißfluß befand sich früher an dem in der Übersichtskarte Abb. 62 mit *C* bezeichneten Punkte. Als jedoch bei Ausbildung des behufs der Theiß-Regulierung hergestellten Durchstichs *DE* das alte Bett der Theiß allmählich verschlammte, wurde eine Verlegung jener Mündung erforderlich.⁸²⁾

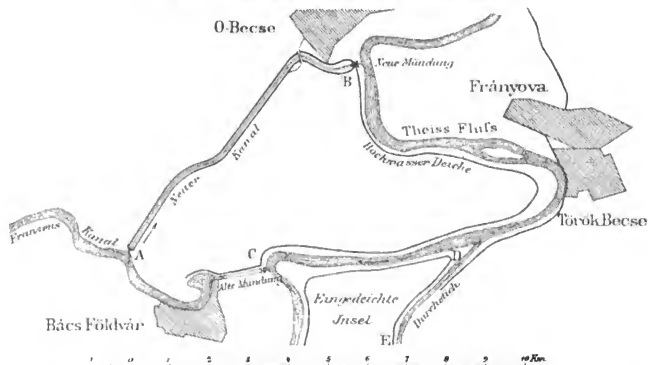
Der neue Kanal hat eine Länge von 8,0 km. Bei *B* ist ein Wasserbecken von 100 m Sohlenbreite und 800 m Länge als Winterhafen angelegt, an dieses schließt sich ein Ein- und Ausladehafen von 30 m Sohlenbreite und 700 m Länge.

Da dieser Hafen auch für die auf der Theiß verkehrenden Raddampfer benutzbar gemacht werden mußte, hat die Mündungsschleuse entsprechende Abmessungen erhalten und wegen des zwischen dem Normal-Wasserstände des Kanals und dem bis jetzt beobachteten kleinsten Flufswasserstände bestehenden Höhenunterschiedes von 7,1 m ist dieselbe als Kuppelschleuse angelegt. Sie besteht im wesentlichen aus drei gemauerten Häuptern, deren unterstes, der Theiß am nächsten gelegenes mit Stemmtoren versehen ist, während das mittlere und oberste Haupt mit je einem Schiebetor ausgestattet wurden.

⁸¹⁾ In der 2. Aufl. dieses Werkes, Kap. X, S. 80/81, sind die Ergebnisse der eingehenden Untersuchungen Minards (s. dessen Cours de construction. Rivieres et canaux, S. 366) im Auszuge gegeben. Siehe auch Allg. Bauz. 1871, S. 86 (Anschluß des Rhein-Marne-Kanals an den Ill-Fluß), und Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 446 (Mündung des Oder-Spree-Kanals in die Spree bei der Schleuse „Große Tränke“).

⁸²⁾ Heinz, Stand und Ausbau des Franzens-Kanals. No. LVII der Verbandsschriften des deutsch-österreich. Vereins für Binnenschiffahrt.

Abb. 62. Alte und neue Mündung des Franzens-Kanals.



Die durch die drei Töre gebildeten Schleusenammern haben eine Länge von je 70,0 m. Die Wasserstufen haben 4,0 und 3,1 m Gefälle erhalten. Das Unterhaupt ist überflutbar, weshalb bei Theiss-Mittelwasser nur die obere Kammer benutzt wird; die Stemmtore des Unterhauptes sind alsdann geöffnet und in Ruhe.⁹³⁾

Wohin die Mündung des Rhein-Kanals in den Rhein zu legen und wie dieselbe zu gestalten sei, ist zur Zeit eine Frage, welche offen und Gegenstand eines Preisausschreibens geworden ist.

§ 17. Betriebstechnik. Erweiterungen.

Fernsprechanlagen. Man hat früher besondere elektromagnetische Diensttelegraphen für die Kanäle ausnahmsweise angelegt. Neuerdings sind aber die Fernsprechanlagen so ausgebildet und die Telegraphenleitungen so verbreitet, daß es genügt, die ersteren an letztere anzuschließen. Einzelheiten der Fernsprechanlagen des Dortmund-Ems-Kanals findet man Zeitschr. f. Bauw. 1902, S. 456. Signalvorrichtungen kommen namentlich an den Kanalmündungen, mitunter auch an Tunnelleingängen vor.

Betriebsunterbrechungen. Kanalsperren. Der Kanalbetrieb erfreut sich nicht der Gleichmäßigkeit, welcher ein Vorzug des Eisenbahnbetriebes ist, die Winterfröste veranlassen längere oder kürzere Betriebseinstellungen, auch der Ausbesserungen wegen muß der Betrieb mitunter unterbrochen werden.

Ungewöhnlich lange Unterbrechungen während des Winters (von 180, 150, 90 Tagen je nach der Lage der Kanäle) finden in Schweden statt; dort treten alsdann Schlittentransporte ergänzend ein. Auf den Kanälen des Staates New York wurde früher in 16jährigem Durchschnitt die Schifffahrt am 12. Dez. geschlossen und am 19. April wieder eröffnet; auf dem Rhein-Marne-Kanal (nach älteren Bestimmungen) am 25. Dez. bzw. am 20. Febr. Im Winter 1864/65 ruhte die Schifffahrt des letztgenannten Kanals des Frostes wegen zwischen Vitry und Nancy 68, zwischen Nancy

⁹³⁾ Eine Abbildung der Schleuse befindet sich im 8. Bande dieses Werkes auf S. 9.

und Straßburg 99 Tage lang. Beim Plauen'schen Kanale wurden durchschnittlich jährlich 70 Tage für die Sperrung durch Eis gerechnet.

In den Reichslanden ist die Schifffahrt während des Zeitraums 1872—1889 durchschnittlich durch Frost unterbrochen worden

	auf dem Rhein-Rhone-Kanal	jährlich 37 Tage lang,
"	" Rhein-Marne-Kanal	" 47 " "
"	" Saar-Kohlen-Kanal	" 46 " " ^{*)}

Diese Angaben sind einer Abhandlung Dölls über die Sperrung der künstlichen Wasserstraßen (Zeitschr. f. Bauw. 1892, S. 263) entnommen. Er behandelt u. a. die nachteiligen Einwirkungen des Frostes und anderer Witterungseinflüsse, die Abnutzung der Bauten durch Schifffahrt und Gebrauch, sodann die allgemeinen und die örtlichen Sperren, die Einwirkungen der ersteren auf Gewerbe, Handel, Landwirtschaft und anderes. Ferner werden erörtert: die Frage des Beginns der Sperren, welche der Ausbesserungen wegen erforderlich sind, das die Sperren betreffende und Schonung des Durchgangsverkehrs bezweckende Übereinkommen zwischen Frankreich, Belgien, Elsaß-Lothringen und Preußen vom 17. März 1887, die beachtenswerte Tatsache, daß eine Sperrung der preussischen Kanäle im allgemeinen nur in der Winterzeit (Ende November bis Mitte März) stattfindet, auch die Aufgaben der Wasserbauverwaltung bezüglich der Vorbereitung der Sperren und der Ausführung der Ausbesserungsarbeiten. Die Frage, ob Sperrungen der künstlichen Wasserstraßen behufs Vornahme jener Arbeiten sich ganz vermeiden lassen, wird verneint, die Betriebsunterbrechungen lassen sich aber einschränken, besonders durch Vermeidung von Unvollkommenheiten in der Anlage der Kanäle und ihrer Ausführung. Auf Abkürzung der Sperren ist großes Gewicht zu legen.

Die übrigen die Kanalsperren betreffenden Arbeiten bestätigen das von Döll Gesagte in allen wesentlichen Punkten und führen einzelnes weiter aus.⁸⁵⁾ Hervorzuheben wären etwa die Bemerkungen Derome's, welcher Gleichförmigkeit der einer starken Abnutzung unterworfenen Teile der Schleusentore und Zuhilfenahme von Tauch-Apparaten empfiehlt, und das, was Mailliet über die sommerlichen Schifffahrtssperren kanalisierter Flüsse sagt; seiner Ansicht nach haben jene Sperren alljährlich stattzufinden, während dies bei Schifffahrtskanälen nicht zutrifft.

Unterhaltungsarbeiten. Die bauliche Unterhaltung der Schifffahrtskanäle ist nach obigem sehr oft entweder während ungünstiger Jahreszeit, oder in kurz bemessenen Fristen vorzunehmen; hieraus folgt, daß sie sich in der Regel eigenartig und schwierig gestaltet. Einzelheiten über Unterhaltungsarbeiten während des Winters findet man an unten bezeichneter Stelle.⁸⁶⁾ Die Schwierigkeiten solcher Arbeiten selbst bei besserer Witterung entspringen aus der Kürze der Zeit, aus hierdurch veranlaßten übertriebenen

⁸⁵⁾ Schifffahrts-Kongress im Haag (1894). Vorberichte von Cramer, ferner von Bekaar und Nelemans über die Mittel zur Verhütung von Sperren infolge des Frostes. Siehe Weber von Ebenhof, S. 298.

⁸⁶⁾ Literatur: Die Kanalsperrung. Das Schiff 1883, S. 321. — Die Kanalsperre in Frankreich im Jahre 1888 für die einzelnen Flußgebiete. Ann. industr. 1888, S. 729—731. — Die Kanalsperre in den Reichslanden. Das Schiff 1890, S. 233. — Schifffahrts-Kongress Paris (1892). Vorberichte von Gernelmann (Schifffahrtssperren auf deutschen Kanälen und kanalisierten Flüssen), von Derome, Mazoyer und Captier (Sperren in Frankreich) und von Mailliet (Sperren in Belgien). Siehe Weber von Ebenhof a. a. O. S. 183. — Ölwein, Unterbrechung der Schifffahrt auf künstlichen Wasserstraßen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1892, S. 366.

⁸⁷⁾ Schifffahrts-Kongress im Haag (1894). Schultz, Die Ausführung von Unterhaltungsarbeiten an Wasserstraßen, insbesondere von Maurer- und Zimmerarbeiten, während des Winters.

Lohnansprüchen der Bauhandwerker, aus Arbeiten, welche sich erst nach Senkung des Wassers im Kanale, also unvorhergesehen, als erforderlich zeigen u. dergl. „Es gibt kaum eine schwerere und verantwortlichere Aufgabe, als die Leitung der Arbeiten, welche während der Sperrung eines Kanals ausgeführt werden müssen“ (Döll, a. a. O. S. 265). Einige Arbeiten ungewöhnlicher Art sind in den unten bezeichneten Mitteilungen besprochen.^{*)} Einzelheiten über die Unterhaltung der Kammerschleusen bringt § 15 des III. Kapitels.

Bauhöfe. Die große Ausdehnung der Unterhaltungsarbeiten veranlaßt die Herstellung von Bauhöfen an Hauptorten des Kanals. Der Bauhof des Oder-Spree-Kanals zu Fürstenwalde hat einen Schuppen für Kohlen, Geräte und zum Arbeiten unter Dach (32×12 m Grundfläche), ferner eine Schmiede ($14\frac{1}{2} \times 10$ m Grundfläche), worin außer dem Raum für das Schmieden eine Dreherei, eine Eisenkammer und eine Kohlenkammer sich befinden. Ebendasselbst ist auch ein Bootschuppen ($17\frac{1}{2} \times 5$ m Grundfläche) erbaut, in welchem ein Boot vor Regen geschützt und schwimmend liegen kann.

Ausgedehnter sind die Bauhöfe des Dortmund-Ems-Kanals bei Meppen und der Hafenbauhof bei Emden. Der erstere dient hauptsächlich zur Instandhaltung des für die Emsstrecken beschafften Schiffsparks und ist dementsprechend mit einem Helling ausgestattet. Bei Münster bot die Örtlichkeit der Sparschleuse in den bei ihrem Bau mit erworbenen Ablagerungsflächen günstige Gelegenheit zur Anlage eines Trockendocks und eines kleinen Bauhofes.

Neu und eigenartig ist das Werkstattschiff; dasselbe hat vor allem den Zweck, dringliche Arbeiten, namentlich an den Schleusen, behufs Verhütung von Störungen des Kanalbetriebs sofort an Ort und Stelle vornehmen zu können, es läßt sich aber auch bei mancherlei anderen Arbeiten mit Vorteil verwenden. Näheres hierüber und über die erwähnten Bauhöfe s. Zeitschr. f. Bauw. 1902, S. 452 ff.

Erweiterungen. Den heutigen Anforderungen des Verkehrs genügen, wie wiederholt hervorgehoben ist, die früher üblichen kleinen Fahrzeuge nicht mehr und dies hat die Erweiterung einer namhaften Zahl bestehender Kanäle veranlaßt. Mitunter mußte man die Sohlenbreiten und die Wassertiefen vergrößern, konnte sich aber in der Regel auf eine Vergrößerung der letzteren beschränken. In den meisten Fällen liefs sich dies durch Anspannung des Wasserspiegels unter Erhöhung der Kanal-dämme u. s. w. leichter erreichen, als durch eine Vertiefung des Kanals. Jene Anspannung des Spiegels hat sehr oft eine Hebung oder einen Umbau der über den Kanal führenden Strafenbrücken im Gefolge gehabt, nicht minder eine erhebliche Erweiterung der Anlagen für die Speisung der Kanäle. Auch die Schleusen wurden gewöhnlich in Mitleidenschaft gezogen, sie mußten zum Teil ganz umgebaut, zum Teil verlängert werden, bei lebhaftem Verkehr wurde die alte Schleuse beibehalten und eine zweite, größere in ihrer Nähe hergestellt (Plauer Kanal). Sämtliche Arbeiten werden durch den Umstand sehr erschwert, daß der Kanalbetrieb aufrecht erhalten werden muß und höchstens auf kurze Zeit gestört werden darf. Mitunter hat sich dies durch Zuhilfenahme der Winterzeit erreichen lassen (Finow-Kanal), in anderen Fällen mußten be-

^{*)} Le Chatelier, Le canal de l'Oureq et ses procédés actuels d'entretien. Nouv. ann. de la constr. 1887, S. 114 u. 129 (u. a. Vorrichtung, um die Wasserpflanzen mit Schleppsenen abzumähen. Schwimmender Fangdamm, welcher nach Herstellung von vier festen Flügeln die Ausführung wasserdichter Böschungen ohne Störung des Betriebs ermöglicht). — Andra, Die Instandsetzung der Teilstrecke „Bassin de Pantin“ des Kanals St. Martin zu Paris. Génie civil 1888, Bd. XIII, S. 418 (Bauweise einer gemauerten Sohle). — Bruch eines Damms des Cornwall-Kanals in Kanada. Deutsche Bauz. 1889, S. 23.

sondere Vorkehrungen érsonnen werden, um den Schiffern trotz Herstellung von Baugerüsten und dergl. die Fahrt zu ermöglichen.

Obwohl die Einzelheiten der in Rede stehenden Ausführungen beachtenswert sind, mußs doch auf eine Besprechung verzichtet und wegen des weiteren auf die nachstehend bezeichneten Mitteilungen verwiesen werden:

Dietrich, Der Erweiterungsbau des Landwehr-Kanals. Berlin 1875.

Der Kanal von Gent nach Terneuzen (Belgien). (Derselbe hat 6,5 m Wassertiefe statt einer Tiefe von 4,4 m erhalten.) Engineering 1878, Okt. S. 312.

Mocquery (Ann. des ponts et chaussées 1880, II. S. 118) untersucht u. a. die Behandlung gekrümmter Strecken bei Herstellung einer größeren Wassertiefe und einer größeren Sohlenbreite.

Erie-Kanal (Leistungsfähigkeit desselben infolge Vergrößerung der Wassertiefe um 0,3 m). Transactions of the amer. society of civ. eng. 1880, März, S. 99. — Erweiterung und die Vervollkommnung der Schleusen u. a. durch eine Wasserkraft-Winde, welche die Schiffe in die Schleusenkammer holt. Zentrabl. d. Bauverw. 1883, S. 114. Sonstige Mitteilungen über den Erie-Kanal s. § 2. S. 128.

Hörschelmann, Die Umgestaltung der Marien-Wasserstraße (Rußland). Schifffahrts-Kongress in Manchester (1890). 3. Abhandl. unter Engineering. — Zum bevorstehenden Umbau der Marien-Wasserstraße. Zentrabl. d. Bauverw. 1889, S. 474.

Rhein-Marne-Kanal und die Kanäle in den Reichslanden. Picard u. Bruniquel. Hebung und Umbau der Brücken dieses Kanals. Ann. des ponts et chaussées 1880, I. S. 249. — Schubert, Technischer Streifzug in das Saar-Gebiet. Deutsche Bauz. 1882, S. 28 (Erhöhung des Wasserspiegels im Speisebecken von Gondrexange). — Volkmann, Über die Erweiterung des französischen Teils des Rhein-Marne-Kanals. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886, S. 337. Siehe auch: Wochenbl. f. Bauk. 1885, S. 417 und Deutsche Bauz. 1885, S. 499. — Erweiterung der Kanäle in den Reichslanden. Schiff 1891, S. 106 u. 113; 1892, S. 566 (Gesetzesentwurf). — Riedel, Umbau des Rhein-Marne- und des Saar-Kanals in Elsaß-Lothringen. Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, No. 32 bis 34.

Lefébvre. Umbau des Schifffahrtskanals Charleroi-Brüssel zur Herstellung längerer Haltungen. Ann. des travaux publics de Belgique 1899, S. 556.

§ 18. Betrieb.

Kanalordnungen. Wie bei den Eisenbahnen sind auch bei den Schifffahrtskanälen Betriebsordnungen unentbehrlich und viele Punkte dieser Kanalordnungen oder Schifffahrtspolizei-Verordnungen müssen von Technikern oder wenigstens unter ihrer Mitwirkung festgestellt werden.

Die französische Kanalordnung ist von Nördling (Wasserstraßenfrage — Wien 1885 — S. 193) mitgeteilt. Es ist angezeigt, hier nur eine Übersicht des Inhalts zu geben und dabei alle Punkte unerwähnt zu lassen, welche an dieser Stelle von vergleichsweise geringer Bedeutung sein würden.

1. Abmessungen der Schiffe und Flöße. — Schiffsaufschriften. — Bemannung und Ausrüstung. — Nachtfahrten. — Schiffszüge.
2. Rangklassen der Schiffe. — Dampfschiffe. — Regelmäßiger (fahrplanmäßiger) Fahrdienst. — Gewöhnlicher Fahrdienst. — Vorfahren. — Reihenfolge bei der Fahrt durch Schleusen und bewegliche Brücken.
3. Nachtdienst. — Schifffahrtssperren. — Ausweichen der Schiffe und Flöße.
4. Fahrt durch die Tunnel.
5. Stillliegen der Schiffe. — Ein- und Ausladen. — Lagerplätze.
6. Verbote. — Ermächtigungen, namentlich bezüglich der Wasserbenutzung.

Ferner liegt ein Auszug aus der Kanalordnung für den Merwede-Kanal vor, aus diesem sei folgendes hervorgehoben:

„Die Verwaltung ist berechtigt, das Maximum der Kolbenhöhe und der Umdrehungen der Schrauben der Dampfer f. d. Minute auf Grund von Versuchsfahrten festzustellen.

Die den Dampfern gestattete Fahrgeschwindigkeit ist von ihrem Tiefgange abhängig und beträgt beispielsweise 125 m i. d. Minute (2,1 m/Sek.) bei mehr als 2,5 m Tiefgang, 200 m i. d. Minute (3,33 m/Sek.) bei 1,25 m Tiefgang und weniger. (Der größte zulässige Tiefgang ist 2,6 m.)

Den Flößen ist eine Geschwindigkeit von höchstens 75 m i. d. Minute gestattet.

Schlepper dürfen höchstens 12 gewöhnliche Kähne befördern, Kähne von mehr als 250 Tonnen Ladefähigkeit werden doppelt gerechnet.⁴

Für den Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanal ist die Schiffsahrtspolizei-Verordnung vom 30. Dez. 1899 maßgebend. Verschiedene auch hierher gehörige Bestimmungen sind bei anderen Gelegenheiten bereits erwähnt. Ergänzend sei das Folgende bemerkt: Die freie Bordhöhe der beladenen Schiffe muß wenigstens 0,20 m bei offenen und 0,15 m bei verdeckten Fahrzeugen betragen. Die in den Kanalhaltungen noch zulässige Fahrgeschwindigkeit von 5 km in der Stunde darf für flachgehende Dampf- und Motorboote durch besondere Erlaubnis erhöht werden. Wenn zu befürchten ist, daß der Wellenschlag die Böschungen angreift, kann unter Umständen eine Verminderung der Geschwindigkeit angeordnet werden. Es ist gestattet, Lastschiffe, welche die normalen Abmessungen und nicht mehr als 2,0 m Tiefgang haben, äußerstenfalls bis zu 900 t abzuladen.

Die Betriebsarten, welche heutzutage für die Hauptverkehrslinien der Schiffsahrtkanäle in Frage kommen, sind: Schleppen von Zügen mit kleinen Dampfern, Verwendung von Dampfkähnen und elektrisches Treideln. Die Einzelheiten des Schleppens von Zügen und des elektrischen Treideln sind bereits besprochen, hier handelt es sich zunächst darum, diese Betriebsarten in den Hauptpunkten einander gegenüberzustellen.

Beim Schleppen mit Dampfern sind die Anschaffungskosten mäßige (ein 100 PS-Schleppdampfer kostet ungefähr 36000 M.); die Beschaffung und Indienstellung der Dampfer kann nach Maßgabe des steigenden bzw. des auf- und abschwankenden Bedarfs vorgenommen werden. Dagegen bringt das elektrische Treideln sehr erhebliche Baukosten für große Maschinen, Maschinengebäude, Gleisanlagen, Leitungen und elektrische Lokomotiven mit sich. „Es müssen von vornherein so viele Betriebsmittel beschafft und unterhalten werden, wie für den stärksten Verkehr erforderlich sind und infolge der Verkehrsschwankungen werden diese Betriebsmittel oft recht schlecht ausgenutzt.“

Auch die laufenden Kosten der Zugkraft sind, wie Symphers Berechnungen beweisen, beim Schleppen mit Dampfern nur mäßig, obwohl die kleinen Maschinen derselben nicht wirtschaftlich arbeiten und die Schiffsschrauben einen nur geringen Wirkungsgrad haben. Beim elektrischen Treideln hat man sehr große, feststehende und billig arbeitende Dampfmaschinen, aber die zahlreichen Zwischenglieder zwischen diesen und dem Kahne verzehren viel Energie. Es ist wiederholt nachgewiesen und auch an anderer Stelle bereits erwähnt, daß das elektrische Treideln infolge der großen Anlagekosten erst bei sehr großen Verkehren billiger wird, als das Schleppen mit Dampfern. Diese Grenze soll beim Teltow-Kanal bei einem kilometrischen Verkehr von etwa 2 Millionen Tonnen liegen.

Eine andere Schattenseite des elektrischen Treideln ist, daß dasselbe einen genau begrenzten Wirkungskreis hat; wenn der Verkehr von einem Kanal, auf dem in dieser Weise getreidelt wird, auf einen Fluß übergeht, muß ein Wechsel der Betriebsart eintreten.

Insoweit dürfte also das Schleppen mit Dampfern dem elektrischen Treideln überlegen sein; es sind aber auch mancherlei schwerwiegende Vorteile des letzteren zu verzeichnen:

Zur Zeit ist der Betrieb auf Schifffahrtskanälen ungeregelt; hieraus entstehen empfindliche Übelstände und namentlich Zeitverluste der bei den Schleusen kurz nacheinander eintreffenden Kähne. Durch Einführung des elektrischen Treidels würde sich das erheblich bessern. Auf diesen Punkt werden wir weiter unten zurückkommen.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß das Schleppen von Zügen eine Vergrößerung der Kammerschleusen nebst einer sehr fühlbaren Steigerung ihres Wasserverbrauchs mit sich gebracht hat, während man beim elektrischen Treideln voraussichtlich mit Einzelschleusen oder bei lebhaftem Verkehr mit Doppelschleusen wird auskommen können.

Sodann werden die Kosten der Uferbefestigungen, deren neuere, kostspielige Gestaltung hauptsächlich durch die von den Schleppdampfern erzeugten Wellen veranlaßt ist, sich erheblich vermindern, wenn die Kähne wieder getreidelt werden. Endlich bringt das elektrische Treideln Verminderung der Beschädigungen der Kanalsohlen mit sich, weil diese wesentlich den Schiffsschrauben zur Last fallen. Eine neue Bestätigung dieser Erscheinung bringt ein nach fünfjährigem Betriebe aufgenommener Querschnitt des Dortmund-Ems-Kanals (s. Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 600, Abb. 2). Hier sind die Sohlenvertiefungen schon jetzt bis 0,6 m und so tief, daß die Dichtungsschicht der Dämme in Gefahr kommt fortgespült zu werden.

Die bei verschiedenen Gelegenheiten besprochenen und hier wieder berührten Übelstände der Verwendung von Schleppdampfern auf Kanälen werden in einer sehr beachtenswerten Mitteilung Teuberts energisch betont.⁶⁹⁾ Er sagt unter anderem: „Die Böschungsbefestigungen, welche man an den märkischen Kanälen der Schleppdampfer wegen herstellen mußte, wurden von Jahrzehnt zu Jahrzehnt immer kräftiger und immer kostspieliger und diese Sisyphus-Arbeit ist noch lange nicht beendet. An den neueren Kanälen werden Uferbefestigungen ausgeführt oder geplant, die für ein Meter Kanal 30 bis 70 Mark kosten, was bei 170 km Kanallänge — d. i. etwa die Strecke Bevergern-Hannover — einen Aufwand von 5 bis 12 Millionen Mark bedeutet. Dazu treten entsprechend hohe Unterhaltungskosten.“

Ferner: „In einfachster Weise dichtet man die Kanalsohle durch Einschlämmen von Ton und Lehm, der im Wasser aufgelöst zu Boden sinkt und allmählich eine undurchlässige Decke bilden würde — wenn die Wirbel der Dampferschrauben sie nicht immer wieder zerstörten: wieder eine Sisyphus-Arbeit. Aber noch mehr steht zu befürchten: hohe und in sehr durchlässigem Boden liegende Kanalstrecken dichtet man durch eine trocken eingebrachte Lehmschicht, die bei einer Kanalstrecke des Oder-Spree-Kanals beispielsweise eine Dicke von 30 cm hat. Mehrere Jahre lang widerstand sie den Angriffen der Dampfer. Leider finden sich jetzt Anzeichen, daß sie an einzelnen Stellen stark beschädigt und zum großen Teil fortgespült ist. Es besteht die Gefahr, daß sie eines Tages bricht und daß dann das austretende Kanalwasser große Überschwemmungen hervorruft.“

Auf den Betrieb mit Dampfkähnen soll etwas näher eingegangen werden; es ist möglich, daß ihre Verwendung sich im Laufe der Zeit mehr ausdehnt.

Daß Dampfkähne, welche einen Lastkahn ziehen oder schieben, sich in Amerika bewährt haben, ist bereits erwähnt. In Deutschland kommen sie bis jetzt nicht häufig

⁶⁹⁾ Geh. Oberbaurat Teubert, Für das Schleppmonopol. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1905, S. 101.

vor; es ist indessen bekannt, dafs unter anderem die Westfälische Transport-Aktien-Gesellschaft 3 Dampfkähne von 870 bis 990 t Tragfähigkeit beschafft hat, die zur Beförderung von wertvollen Gütern und zum örtlichen Verkehr zwischen einzelnen Häfen bestimmt sind. Einer unter diesen Kähnen ist der auf dem Dortmund-Ems-Kanal für Widerstandsversuche benutzte Dampfkahn Dortmund und die betreffenden Mitteilungen Haacks sind beachtenswert. Zunächst sei bemerkt, dafs Abmessungen und Bauart des Schiffskörpers dieselben sind, wie bei dem Kahne Emden (s. S. 103). Der Laderaum hat 50 m Länge, bei der Emden 56 m; das Maschinengewicht ist (rund) 15 t. Haack sagt: „Die Westfälische Transport-Aktien-Gesellschaft verwendet den Dampfkahn Dortmund zum Gütertransport und zugleich als Schleppdampfer für einen zweiten angehängten, grofsen Schleppkahn mit gutem Erfolg. Besonders eignen sich aber derartige Schiffe für die Fahrt ohne Anhang, weil sie dann ganz selbständig sind, bei Begegnungen und bei Überholen von Schleppzügen leicht manövrieren, auch sicher und schnell in die Schleusen einfahren und diese wieder verlassen können.“

Haack hat die Streckenkosten für eine 600 t-Ladung bei einer Reise von Dortmund nach Emden unter Annahme verschiedener Betriebsarten (Schleppdampfer mit einem Kahn im Anhang, derselbe mit zwei Kähnen, Dampfkahn) bei verschiedenen Geschwindigkeiten berechnet. Diese Ermittlungen sind zu Gunsten des Dampfkahns ausgefallen. Für diesen und bei 4 km stündlicher Geschwindigkeit stellten sich die genannten Kosten auf 253 M., bei einem Schleppdampferzuge und 5 km Geschwindigkeit aber auf 326 M. Der Unterschied beträgt 73 M. oder 22,4%. Wenn man die nicht günstige Annahme macht, dafs bei einer Reise 540 t befördert werden und wenn man unter Berücksichtigung der Rückfahrt einen Lade-Koeffizienten von 0,6 einführt, so berechnen sich aus 253 M. Kosten bei 265 km Entfernung die Streckenkosten zu 0,29 Pf. f. d. tkm. Für einen aus Dampfkahn und Lastkahn bestehenden Zug und bei Einführung einer der Anzahl der Schleusen entsprechenden Tariffänge würde die Rechnung einen noch kleineren Wert ergeben. Dagegen erhält man bei Berücksichtigung des Lade-Koeffizienten aus 326 M., 265 km und 600 t als Streckenkosten eines mit 5 km Geschwindigkeit fahrenden Schleppdampferzuges 0,34 Pf. f. d. tkm. — Auch die Liegekosten sind bei einem aus Dampfkahn und Lastkahn gebildeten Zuge geringer, als bei Schleppdampferzügen.

Ob man neben einem monopolisierten elektrischen Schleppdienst auch Dampfkähne zulassen wird, ist zur Zeit noch nicht entschieden. Es unterliegt aber keinem Zweifel, dafs dieselben gute besondere Dienste leisten würden und die Nachteile, welche die Schiffschrauben mit sich bringen, könnte man durch Beschränkung ihres zulässigen Tiefgangs auf etwa 1,5 m erheblich abschwächen.

Die Fahrgeschwindigkeit.⁸⁹⁾ Bestimmungen über die zulässigen Fahrgeschwindigkeiten sind nicht zu entbehren. Zunächst kommt die Art des Verkehrs in Betracht. Bei Schiffen für den Personenverkehr und den Verkehr mit Stückgütern pflegt der Tiefgang nicht grofs zu sein. Weil alsdann der Zugwiderstand und die Rückströmungen mäfsig sind, ist eine vergleichsweise grofse Fahrgeschwindigkeit zulässig. Die Schraubendampfer, welche auf den breiten und tiefen niederländischen Kanälen fahren, dürfen, wie auf S. 60 bereits erwähnt wurde, meistens mit einer stündlichen Geschwindigkeit

⁸⁹⁾ Eingehende Mitteilungen über Fahrgeschwindigkeiten auf holländischen Kanälen s. Weber von Ebenhof a. a. O. S. 156, 157 u. 283.

keit von 7 bis 9 km fahren. Es braucht auch kaum bemerkt zu werden, daß man den leeren Kähnen eine größere Geschwindigkeit als vollen gestatten darf.

Beim Verkehr mit Massengütern ist eine geringe Geschwindigkeit angezeigt; bei diesen kommt es mehr auf Ermäßigung der Frachten, als auf Abkürzung der Dauer der Reisen an. Dies ist auch wiederholt betont, beispielsweise bei Begründung der Wasserstrafsenvorlage vom Jahre 1904: „Die Vorlage verfolgt im wesentlichen den Zweck, die Transportkosten für Massengüter zu ermäßigen.“

Die geschichtliche Entwicklung der Kanalschiffahrt zeigt, daß ansehnliche Massenverkehre sich selbst mit kleinen, von Pferden gezogenen Kähnen bewältigen lassen, dabei ist die Fahrgeschwindigkeit gering. Um die Verwendung der Dampfkraft wirtschaftlich zu gestalten, mußte man größere Kähne benutzen und Schiffszüge bilden und es lag nahe, bei dieser Gelegenheit die Fahrgeschwindigkeit zu steigern. Daß man auf dem Dortmund-Ems-Kanal bei 1,75 m Tiefgang der Kähne eine stündliche Fahrgeschwindigkeit von 5 km gestattet, bei 2,0 m Tiefgang aber eine solche von 4 km vorgeschrieben hat, ist bei verschiedenen Gelegenheiten erwähnt.

Es soll nun untersucht werden, ob es sich empfiehlt, diese Bestimmungen auch bei den neuen Hauptkanälen zur Anwendung zu bringen, oder aber für den Verkehr mit Massengütern die geringere Geschwindigkeit von 4 km allgemein einzuführen. Hierbei ist einerseits auf den Eigentümer des Kanals und den Unternehmer des Schleppbetriebs, andererseits auf den Schiffer, als den Eigentümer des Kahns, drittens auf die Empfänger der Ladungen Rücksicht zu nehmen.

Insofern der Eigentümer des Kanals auch dessen Instandhaltung wahrzunehmen hat, erwachsen ihm aus einer Einschränkung der Fahrgeschwindigkeit nennenswerte Vorteile. Weil die die Kanalsohlen angreifenden Rückströmungen in noch höherem Grade als die Fahrgeschwindigkeiten abnehmen, entspricht eine Ermäßigung der letzteren von 1,4 auf 1,1 m/Sek. einer Verringerung der Geschwindigkeit der Rückströmungen um mehr als 20%. Ähnlich verhält es sich mit den die Uferbefestigungen angreifenden Wellen.

Nun ist zu untersuchen, ob durch Einschränkung der stündlichen Fahrgeschwindigkeit auf 4 km (= 1,1 m/Sek.) eine merkliche Ermäßigung der Schifffahrtskosten herbeigeführt wird. Aus einer Abhandlung Heubachs kann man entnehmen, wie die Schleppkosten bei 1,25 m Sek. Geschwindigkeit sich zu den Kosten bei 1,0 m Geschwindigkeit unter Voraussetzung von Dampfschiffahrt verhalten.²⁰⁾ Eine einfache Umformung der von Heubach ermittelten Werte ergibt, daß jene Verringerung die Einschränkung der Schleppkosten um 30% zur Folge hat. Der Genannte hat angenommen, daß die Zugwiderstände bei 1,25 bzw. 1,0 m Geschwindigkeit sich wie $4,25 : 2,20 = 1 : 0,52$ verhalten. Bei einem normalen, 1,75 m tief gehenden, 600 t-Kahn und 1,4 m Geschwindigkeit ist nun nach Haaek der Zugwiderstand = 820 kg, bei 1,1 m Geschwindigkeit aber = 450 kg und es verhält sich $820 : 450 = 1 : 0,55$, also ganz ähnlich wie vorhin. Heubachs Ermittlungen lassen sich also auf den vorliegenden Fall übertragen.

Dem Besitzer des Kahns bringt eine Ermäßigung der Fahrgeschwindigkeit Nachteile, bei deren Berechnung hauptsächlich die Mehrkosten an Lohn zu berücksichtigen sind. Hierdurch erscheinen die Ersparnisse an Schleppkosten zum Teil aufgewogen. In Wirklichkeit wird aber die Einbuße des Schiffers wohl nur dann erheblich sein,

²⁰⁾ Heubach, Zwei Grundfragen für die Betrieb auf Schifffahrtkanälen. 1. Die Fahrgeschwindigkeit. 2. Die Anwendung von Schleppzügen. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1896, Aug. u. Sept. 8. 265 u. 283.

wenn die Anzahl seiner jährlichen Reisen durch die geringere Fahrgeschwindigkeit geschmälert wird.

Die gesamten Streckenkosten einer 600 t-Ladung für eine Fahrt von Dortmund nach Emden berechnet Haack (S. 104 des bekannten Werkes) bei 5 km stündlicher Fahrgeschwindigkeit zu 320 M. und bei 4 km Geschwindigkeit zu 311 M., wobei die üblichen Schleppzüge vorausgesetzt sind. Dies ergibt eine Ersparnis von 5%. Alles in allem gerechnet wird man annehmen können, daß bei 4 km Geschwindigkeit die bei 5 km Geschwindigkeit entstehenden Streckenkosten der mit Dampfern beförderten Schleppzüge sich um 5 bis 7% ermäßigen.

Die Nachteile, welche der Empfänger der Ladungen bei geringerer Fahrgeschwindigkeit hat, dürften gering sein. Es ist zu berücksichtigen, daß es sich hier hauptsächlich um die Beförderung von groben Massengütern handelt und daß diese zunächst nach Lagerplätzen gebracht zu werden pflegen; namentlich bei Kohlen wird dies in der Regel zutreffen und dem Empfänger wird es meistens einerlei sein, ob die Vergrößerung seines Lagervorrats einen Tag früher oder später erfolgt, falls die bestellten Gegenstände nur an bestimmten Tagen pünktlich eintreffen.

Eine mäßige Fahrgeschwindigkeit ist von verschiedenen Seiten empfohlen. Bellingrath hat gesagt, man solle weniger eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, als die Abkürzung der Liegezeiten der Kähne erstreben. Heubach schließt die oben erwähnte Abhandlung damit, daß man dem Streben nach einem sogenannten Schnellbetriebe nur innerhalb mäßiger Grenzen zustimmen könne; das sei ein Ergebnis, auf das schon Erwägungen finanzieller Natur hinwiesen. Teubert spricht sich an angegebener Orte über die Fahrgeschwindigkeit folgendermaßen aus. Nachdem er Mitteilungen über die auf verschiedenen preussischen Kanälen vorkommenden, zum Teil recht ansehnlichen mittleren Geschwindigkeiten gemacht hat, nennt er dieselben den Bestand der Kanäle gefährdend. Sodann erwähnt er die bekannten Versuche auf dem Dortmund-Ems-Kanal nebst deren Ergebnis und fügt hinzu: „Bei diesen Versuchen waren aber nur zwei Anhänge am Schleppzuge berücksichtigt und ferner meines Wissens auch die sehr vermehrten Widerstände beim Begegnen nicht in Berechnung gezogen. Da bei starkem Verkehr das Begegnen zweier Schleppzüge sehr häufig eintritt, wird aber die zulässige mittlere Geschwindigkeit höchstens zu 4 km pro Stunde anzunehmen sein. Die neuen Kanäle sollen bekanntlich ähnliche Abmessungen erhalten; man wird also auch da nur mit einer Geschwindigkeit von 4 km rechnen dürfen.“

Nach Ansicht des Verfassers sollte eine Fahrgeschwindigkeit von 4 km/Stunde bei neuen Kanälen mit Dampfbetrieb behufs Schonung der Kanalsohlen und der Böschungen für den 1,75 m tief gehenden 600 t-Kahn die normale sein und Kähne mit 2,0 m Tiefgang wären auszuschließen. Andererseits dürfte man den Dampfkähnen, falls ihr Tiefgang auf 1,50 m beschränkt wird, und leeren Kähnen eine stündliche Fahrgeschwindigkeit von 5 km wohl gestatten können.

Es mag noch bemerkt werden, daß eine Überwachung der Geschwindigkeit der Fahrzeuge schwierig, aber nicht unausführbar ist. Vollständige Sicherheit für die Einhaltung bestimmter Geschwindigkeiten würde indessen nur ein staatlicher monopolisierter Betrieb bringen.

Bei den Strecken des Rhein-Weser-Kanals, welche in dem östlichen Teile des Wesergebiets liegen, sprechen für eine mäßige Fahrgeschwindigkeit besondere Gründe. Man darf hier die westlich gerichtete Kanalströmung nicht unberück-

sichtigt lassen, welche durch die Zuleitung einer ansehnlichen Menge Speisewassers verursacht werden wird. Im ungünstigsten Falle soll der in der Gegend von Bückeberg einmündende Hauptspeisegraben, wie bereits erwähnt, 7,32 cbm/Sek. führen und es erscheint gerechtfertigt, wenn man schätzungsweise einen westlich gerichteten Abflufs von 5,5 cbm als oft vorkommend und als Wasserquerschnitt bei trockener Zeit 55 qm annimmt. Hieraus ergibt sich eine mittlere Geschwindigkeit des Kanalwassers von 0,1 m Sek. und die Strömungsrichtung ist der Hauptverkehrsrichtung der Massengüter entgegengesetzt; sie beeinträchtigt somit hauptsächlich die vollbeladenen 600 t-Kähne, als deren Tiefgang bei den nachstehenden Berechnungen 1,75 m angenommen ist.

Wenn man nun mit Hilfe der Gleichung 4 (S. 67) zunächst für $v = 1,4$ m, $v_s = 0,1$ m und $n = \frac{55}{14,1} = 3,90$ die mittlere Geschwindigkeit v_1 der Rückströmungen berechnet, erhält man $v_1 = 0,81$ m/Sek. und die wiederholt benutzte Gleichung

$$W_s = kf(v + v_1)^{2,75}$$

ergibt mit $k = 12,5$ und $f = 14,1$ (s. S. 111) $W_s = 1050$ kg, während bei einem Kanale ohne Strömung jene Geschwindigkeit sich auf 0,63 m und der Widerstand auf 865 kg berechnet. (Die Strömung steigert den Widerstand in diesem Falle um rund $\frac{1}{5}$.)

Unter Berücksichtigung der Strömung erhält man bei 1,1 m Fahrgeschwindigkeit $v_1 = 0,6$ m Sek. und $W_s = 581$ kg; ohne Berücksichtigung der Strömung aber $v_1 = 0,44$ m und $W_s = 465$ kg.

Dafs namentlich im vorliegenden Falle 1,1 m Fahrgeschwindigkeit den Vorzug verdient, unterliegt wohl keinem Zweifel.

Die obigen Angaben über die Geschwindigkeit der Rückströmungen bei 1,75 m Tiefgang der Kähne verdienen auch an und für sich einige Beachtung; sie werden hier übersichtlich zusammengestellt:

		Mittlere Geschwindigkeit der Rückströmungen m/Sek.	
		ohne Strömung	Kanalwasser mit 0,1 m Geschwindigkeit strömend
Fahrgeschwindigkeit	1,1 m	0,44	0,60
"	1,4 m	0,63	0,81

Bei 2,0 m Tiefgang der Kähne, 1,40 m Fahrgeschwindigkeit und strömendem Wasser steigt die berechnete mittlere Geschwindigkeit der Rückströmungen auf 0,86 m/Sek.; hierbei ist die Vermehrung der Einsenkungstiefen, die infolge des größeren Tiefgangs eintritt, unberücksichtigt geblieben. Als grösste Geschwindigkeit ist bei anderer Gelegenheit das doppelte der mittleren angenommen, jedenfalls übersteigt die letztere die erstere nicht wenig. Es ergibt sich auch hier, dafs die Kanalsohlen auch dann, wenn die Kähne getreidelt werden, nennenswerten Angriffen unterliegen, dafs man aber diese Angriffe durch Ermäßigung der Fahrgeschwindigkeit abschwächen kann und in welchem Grade dies der Fall ist.

Für die beim elektrischen Treideln zweckentsprechende Fahrgeschwindigkeit haben die Versuche am Teltow-Kanal einen Anhaltspunkt geliefert. Aus den Mitteilungen Erich Blocks (siehe weiter unten Anm. 94) geht hervor, dafs man daselbst zunächst eine stündliche Geschwindigkeit von 4 km anzuwenden gedenkt. Einer mäfsigen Steigerung derselben stehen erhebliche Bedenken nicht entgegen, weil beim elektrischen Treideln, wie bereits erwähnt, die Kanalwände nicht mehr, als beim Dampfbetrieb, geschont werden und weil beim elektrischen Betrieb die Zugkraftskosten von

der Fahrgeschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen nur wenig beeinflusst werden. Selbstverständlich ist ein elektrischer Betrieb nur als Monopolbetrieb denkbar.

Das Schleppmonopol.⁹¹⁾ Der heutige Betrieb auf Kanälen, namentlich auf solchen, woselbst neben älteren Arten der Beförderung Dampfkraft verwendet wird, leidet bekanntlich an erheblichen Übelständen. In den Strecken erwachsen dieselben unter anderem aus den verschiedenen Geschwindigkeiten der Fahrzeuge, welche neben den von vornherein unvermeidlichen Kreuzungen auch Überholungen mit sich bringen. An den Schleusen finden zur Zeit eines lebhaften Verkehrs Ansammlungen von Kähnen statt, so dafs manche längere Zeit auf das Durchschleusen warten müssen, zumal wenn andere das sogenannte Vorschleuse-Recht durch Zahlung einer doppelten Gebühr erkaufen. Durch alles dieses wird der Kanalbetrieb langsam und unpünktlich; das beinträchtigt aber den Verdienst der Schiffer und die Frequenz des Kanals.⁹²⁾

Die erwähnten Übelstände nicht allein, sondern auch Erwägungen nichttechnischer Art haben veranlaßt, dafs eine Verstaatlichung des Schifffahrtbetriebes, mindestens des Schleppbetriebes, schon seit Jahren von verschiedenen Seiten empfohlen ist. Allerdings hat es aber auch an ablehnenden Kundgebungen nicht gefehlt, s. u. a. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 371 und 1905, S. 50.

Tatsache ist, dafs in die den Rhein-Weser-Kanal betreffenden gesetzlichen Bestimmungen das Schleppmonopol in folgender Weise Aufnahme gefunden hat:

„Auf dem Kanale vom Rhein zur Weser, auf dem Anschlusse nach Hannover, auf dem Lippe-Kanal und auf den Zweigkanälen dieser Schifffahrtstraßen ist einheitlicher staatlicher Schleppbetrieb einzurichten. Privaten ist die mechanische Schlepperei auf diesen Schifffahrtstraßen untersagt. Zum Befahren derselben durch Schiffe mit eigener Kraft bedarf es besonderer Genehmigung.“

Für den Großschifffahrtsweg Berlin-Stettin ist Einführung eines staatlichen Schleppbetriebes nicht beabsichtigt. In diesem Falle würde eine derartige Anordnung schon deshalb Bedenken haben, weil der Verkehr hier auf einen Fluß, also auf eine Wasserstraße mit freier Schifffahrt, übergeht.

Es ist nun eine wichtige Frage, wie die Einzelheiten eines monopolisierten Schleppzuges sich gestalten dürften. Hierzu liefern die verwandten Einrichtungen auf dem Elbe-Trave-Kanal und die Schleppversuche auf dem Teltow-Kanal beachtenswerte Anhaltspunkte.

Für den Elbe-Trave-Kanal gilt das Nachstehende:⁹³⁾

1. „Das Treideln der Schiffe von Menschen auf dem Leinpfade ist gestattet.“
2. „Eildampfer, Frachtdampfer u. s. w. sind von dem Zwange, Schleppdienst zu nehmen, befreit.“

⁹¹⁾ Literatur: Finet, De l'exploitation des canaux et voies navigables. Brüssel 1897. — Verhandlungen des Schifffahrtskongresses Wien 1886. — Verhandlungen des Zentralvereins vom 9. Jan. 1903 (Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 66) über die Frage: Ist die Verstaatlichung des Schleppdienstes auf den Wasserstraßen anzustreben? — Heubach, Über die Einrichtung eines regelmäßigen Betriebes auf künstlichen Wasserstraßen. XV. Heft der Verbandsschriften. — Victor Kurs, Die Gestaltung des Schleppzuges auf kanalisiertem Flüssen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 363. — Teubert, Für das Schleppmonopol. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1905, S. 101.

⁹²⁾ Für Näheres vergl. Victor Kurs a. a. O. S. 369: Welche Nachteile können für den Schifffahrtbetrieb auf frequenten Kanälen entstehen, wenn kein Schleppzwang besteht?

⁹³⁾ Rehder, Zur Frage der Gestaltung des Schleppbetriebes auf kanalisiertem Flüssen und Kanälen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 370.

3. „Den Eil- und Frachtdampfern ist das Mitnehmen von eigenen Anhängen, d. h. von Kähnen, die dem Eigentümer und Verfrachter des Dampfers eigentümlich gehören, widerruflich unter der folgenden Bedingung gestattet: die Zahl der Anhänger darf nur so groß bemessen werden, daß dieselben bequem mit dem Dampfer gleichzeitig durchgeschleust werden können.“
4. „Den im Regie-Schleppbetriebe regelmäßig beförderten Schleppzügen steht das nenngeltliche Vorschleuse-Recht zu.“

Für den Teltow-Kanal ist, wie bereits erwähnt, ein alle anderen Betriebsarten ausschließender elektrischer Betrieb in Aussicht genommen. Über die geplante Durchführung dieses Betriebs macht Erich Block folgende Mitteilungen:⁹⁴⁾

„Nachdem die von der Oder ankommenden Schleppzüge bei Grünau (vergl. Abb. 3, S. 133) geteilt sind, werden daselbst die für den Teltow-Kanal bestimmten Fahrzeuge von der Schlepplokomotive übernommen. Von Grünau bis zur Mündung des Kanals in den Griebnitz-See wird der Kanal in vier Abschnitte von durchschnittlich 8 km Länge zerlegt, an deren Enden Lokomotivwechsel stattfindet. Die hier gelegenen Brücken sind mit Anrampungen vom Leinpfad aus und mit Gleisen zur Überführung der Lokomotiven nach dem anderen Kanalufer versehen. Die Lokomotiven durchlaufen also je einen Kreis, was namentlich wegen der durch die kürzeren Strecken ermöglichten besseren Ortskenntnis der Lokomotivführer zweckmäßig ist.“

„Als Stärke der Schleppzüge sind 2 östliche oder westliche Normalkähne oder 4 Finow-Kähne angenommen, so daß an der Schleuse bei Kl.-Machnow, welche nur für ein Normalschiff oder 2 Finow-Kähne Raum bietet, eine Teilung und nachherige Wiederzusammensetzung der Schleppzüge stattfindet.“

„Die tägliche Betriebszeit wird vorläufig zu 13 Stunden angenommen. Der Fahrplan ist natürlich kein fester, es wird nur der geringste Zugabstand und zwar zunächst auf eine Stunde festgesetzt; im übrigen werden nur Bedarfszüge gefahren.“

Aus dem Vorstehenden geht unter anderem hervor, daß man sich entschlossen hat, bei der endgültigen Anlage an jeder Seite des Kanals ein Gleis nebst Zubehör herzustellen.

Wenn es sich demnächst um einen Betrieb mit 600 t-Kähnen handelt, dürfte es sich empfehlen, in der Hauptrichtung des Verkehrs die voll beladenen Kähne einzeln zu treideln. Wenn leere oder schwach beladene Kähne zu befördern sind, wäre die Bildung von Schiffszügen wohl nicht zu entbehren. Die große Bedeutung, welche dieselben infolge der Verwendung von Schleppdampfern gewonnen haben, werden sie aber nach Einführung des elektrischen Treidelns voraussichtlich nicht behalten.

Ob die Erfolge des Schleppmonopols bei dessen weiteren Ausgestaltung den weitgehenden Erwartungen entsprechen, welche die Anhänger desselben hegen, wird die Zukunft lehren. Dieselben erhoffen finanzielle Vorteile nicht allein für den Staat, sondern auch für den Schiffer, sodann Erhöhung der Leistungen des Kanals, Vorteile für Befrachter und Empfänger, insofern das Schleppmonopol bestimmte Lieferzeiten mit sich bringen wird, Beseitigung des Wettbewerbs zwischen Eisenbahnen und Kanälen u. a. m.

Zunächst ist über verschiedene schwierige Punkte Entscheidung zu treffen, unter denen die Frage, ob Dampfkähne zuzulassen sind oder nicht, eine der wichtigsten sein dürfte.

⁹⁴⁾ Elektrische Treidelei-Versuche und Einführung des elektrischen Schleppbetriebs auf dem Teltow-Kanal.

§ 19. Bau- und Unterhaltungskosten. Die Baukosten der Schiffahrtskanäle und ihre Unterhaltungskosten sollen hier nur kurz besprochen werden.

Baukosten. Die durchschnittlichen kilometrischen Kosten der französischen Kanäle sind im Jahre 1870 zu 132000 M. ermittelt (Nördling, Wasserstraßenfrage, S. 42).

Der französische Ost-Kanal hat 81600000 M. gekostet, Teile desselben bestehen aus kanalisierten Flußstrecken. Bei einer Länge von 480 km ergeben sich die kilometrischen Kosten zu 170000 M. —

Der seit dem Jahre 1880 im Bau begriffene Kanal von der Marne zur Saône⁹⁵⁾ bildet eine Verbindung zwischen dem Norden (Dünkirchen, Lille, Reims) und den Tälern der Saône und Rhone (Gray, Chalons-sur-Saône, Lyon, Marseille). Der fertige Kanal wird eine Länge von rund 152 km, sowie 83 Schleusen haben und die Entfernung zwischen dem Norden und dem Saône-Tal im Vergleich zu den bisherigen Verbindungen um 223 bis 274 km abkürzen. Die Speisung erfolgt aus der Marne und der Vingeanne, sowie aus 4 Staubecken mit einem Rauminhalt von 44227000 cbm.

Als Baukosten sind 68000000 M. veranschlagt, wovon Anfang 1899 50000000 M. verausgabt waren. 1 km Kanal wird in freier Strecke 297000 M., im Tunnel 2150500 M., im Durchschnitt 360000 M. und bei Mitrechnung der Speisungsbecken 450000 M. kosten. —

Der (rund) 71 km lange Merwede-Kanal hat etwa 33,6 Millionen Mark gekostet, er hat ein ungewöhnlich großes Profil, auch waren Bahnverlegungen von erheblicher Ausdehnung erforderlich. Kilometrische Kosten 437000 M. —

Die Kosten des 73 km langen Ems-Jade-Kanals stellen sich auf 13968000 M., hierin sind aber namhafte Aufwendungen für Umgestaltung der Kanäle und der Entwässerung der Stadt Emden enthalten. Kilometrische Kosten einschließlic dieser Anlagen 191000 M. —

Der Oder-Spree-Kanal⁹⁶⁾, dessen Ausführung auf Grund eines Kostenüberschlags im Betrage von 12600000 M. durch das Gesetz vom 9. Juli 1886 angeordnet und der im Jahre 1890 vollendet wurde, hat eine Gesamtlänge von 87 km und sein ursprünglicher Querschnitt besitzt eine Sohlenbreite von 14 m, sowie eine Wassertiefe von 2 m bei NW.

Der Preis für je 1 cbm Erdarbeiten schwankte zwischen 0,41 und 0,87 M., während das Kubikmeter Baggergut, im Profil gemessen, mit 1,20 M. bezahlt wurde. Die Bauausführungskosten verteilen sich wie folgt:

1. Grunderwerb und Nutzungsentschädigung	1260000 M.
2. Erd- und Böschungsarbeiten	4510000 „
3. Bauwerke	5040000 „
4. Bühnen- und Uferbefestigungen	715000 „
5. Insgemein	1075000 „
	<hr/>
	12600000 M.

Es wurden ungefähr 6000000 cbm Erde ausgehoben, 75000 cbm Packwerke angefertigt und rund 740 ha Grund und Boden angekauft.

⁹⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 524.

⁹⁶⁾ Mohr, Der Oder-Spree-Kanal und seine Bauten. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 369 ff. u. S. 431 ff.

Die Bauleitungskosten mit Einschluß des Aufwandes für Schreib- und Zeichenhülfe, Bauaufsicht, Beschaffung von Büreaus u. s. w. haben rund 500000 M., also ungefähr 4% der ganzen Bausumme betragen.

Über die Kosten der umfangreichen Erweiterungen, namentlich des Querschnitts des Kanals, ist dem Verfasser Genaueres nicht bekannt. —

Die der Gesetzesvorlage von 1886 zugrunde gelegten Baukosten des Dortmund-Ems-Kanals^{*)} beliefen sich auf 64680000 M., welche Summe durch das Nachtragsgesetz vom 26. Juni 1897 auf 79430000 M. erhöht wurde.

Die ursprünglich veranschlagten bzw. die bei der Ausführung tatsächlich verausgabten Kosten des ganzen Unternehmens verteilten sich auf:

1. Grunderwerb	6280000 M. bzw.	8216000 M.
2. Erd- und Böschungsarbeiten . .	16055000 „	23440000 „
3. Unterhaltung während der Bauzeit	1101000 „	1271000 „
4. Bauwerke	22823000 „	22823000 „
5. Nebenanlagen	7765000 „	5270000 „
6. Anlagen zur Speisung des Kanals	1112000 „	1087000 „
7. Bauleitung	3320000 „	6775000 „
8. Insgemein	6204000 „	10548000 „
9. Gesetzliche Mehrbewilligung . .	20000 „	—
	64680000 M.	79430000 M.

Die kilometrischen Einheitskosten ergeben sich:

1. Für den 149,8 km langen Teil von Dortmund bezw. Herne bis zur Einmündung in die Ems	zu 359500 M.
2. Für die Erweiterung des 26,4 km langen alten Emskanals von Hanekenfähr bis zur Ems unterhalb Meppens	„ 233500 „
3. Für die 48,7 km lange Emskanalisierung von Meppen bis Herbrum	„ 176000 „
4. Für die 12,6 km lange Emskorrektur von Herbrum bis Papenburg	„ 198000 „
5. Für den 10,8 km langen Seitenkanal von Oldersum bis zum Emdener Hafen	„ 334000 „

Die durchschnittlichen Gesamtkosten einschließlich aller Hafenanlagen des 250,6 km langen Kanals belaufen sich für das Kilometer auf „ 316000 „

Im Jahre 1904 sind für Ergänzungsbauten in der Strecke Dortmund-Bevergern 6150000 M. bewilligt. —

Die Baukosten des Elbe-Trave-Kanals und die Kosten der Vertiefung des Fahrwassers der Trave zwischen Lübeck und der Ostsee betragen rund 25 Millionen Mark. Wenn man die Kosten der Fahrwasservertiefung zu 5 Millionen annimmt, stellen sich die kilometrischen Kosten des 67 km langen Kanals auf rund 300000 M.

^{*)} Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 77—80.

Die veranschlagten Baukosten des Teltow-Kanals belaufen sich auf 21,35 Millionen Mark.⁹⁹⁾ Einschließlich des Verbindungskanals Britz-Kanne ist die Länge 40,25 km, sonach sind die veranschlagten kilometrischen Kosten 534000 M. Überschreitungen des Kostenanschlags waren infolge der sehr großen Schwierigkeiten dieses Kanalbaues unvermeidlich.

Über die Kosten der Herstellung einer größeren Wassertiefe (2 m statt 1,60 m) liegen ausführliche Angaben in der Mitteilung von Picard und Bruniquel bezüglich des Rhein-Marne-Kanals vor. Die kilometrischen Kosten betragen: für Erd- und Dichtungsarbeiten 6800 M., für Kunstbauten 5200 M., für Speiseanlagen 7200 M., im ganzen sonach 19200 M.

Die Verwaltungs- und Unterhaltungskosten setzt Bellingrath für einen Kanal mit großem Profil zu 1200 M. f. d. Kilometer an, nahezu dasselbe (1230 M.) bringt Schlichting für den Rhein-Yssel-Kanal in Rechnung.

Über die Unterhaltungskosten (und die Baukosten) der Kanäle in den Reichslanden hat Döhl (s. Verhandlungen des Zentralvereins für Binnenschifffahrt v. 7. März 1883 und Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 196) Mitteilungen gemacht. Nachstehend ein Auszug aus den an diesen Stellen gegebenen ausführlichen Tabellen.

Bau- und Unterhaltungskosten der Kanäle in den Reichslanden.

No.	Name der Kanäle	Länge km	Baukosten für	Bauzeit	Gewöhnliche	Gehälter
			1 km		Unterhaltungskosten für 1 km	
			M.		M.	M.
1	Rhein-Rhone-Kanal	132	64 570	1805—1820	933	122 635
2	Rhein-Marne-Kanal	104,4	191 200	1839—1852	880	87 000
3	Saar-Kohlen-Kanal	75,6	177 700	1862—1866	1049	45 170

Der Franzens-Kanal¹⁰⁰⁾, welcher die Donau mit der Theifs verbindet, hat eine Länge von 233,9 km. Als Mittelwert einer 20jährigen Periode betragen die Erhaltungskosten 122136 Kronen und die Verwaltungskosten 134621 Kronen, so daß jährlich im Durchschnitt f. d. km auf die Erhaltung rund 522 Kronen und auf die Verwaltung 575 Kronen entfallen. Man ersieht hieraus, daß bei strengster Sparsamkeit die Erhaltung- und Verwaltungskosten der Schifffahrtskanäle, woselbst mit Pferden getreidelt wird, in Gegenden, die lange Kanallängen, guten Untergrund und sonstige vorteilhafte Verhältnisse aufweisen, nur klein sind.

Die gewöhnliche Unterhaltung von Kanälen und kanalisiertem Flusstrecken hat im Durchschnitt in der Zeit von 1892 bis 1897 jährlich für eine Auswahl von 510 km deutscher Hauptwasserstraßen mit 62 Schleusen

im ganzen 933480 M.
für 1 km 1830 ..

und von 556 km Nebenwasserstraßen mit 36 Schleusen

im ganzen 580000 M.
für 1 km 1043 ..

für 1 km Haupt- und Nebenwasserstraßen im Durchschnitt 1420 M. gekostet.¹⁰⁰⁾

⁹⁹⁾ Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 298.

⁹⁹⁾ Albert Heinz, Stand und Ausbau des Franzens-Kanals. Budapest 1899.

¹⁰⁰⁾ Eger, Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika, S. 15.

In diesen Beträgen sind die Gehälter und sonstigen Dienstbezüge der mittleren und unteren Beamten und Anwärter, Löhne der Schleusenknechte und sonstigen beim Betriebe beschäftigten Personen mit etwa $\frac{1}{4}$ der Gesamtsumme mit eingeschlossen.

Eingehende Zusammenstellungen, welche Roloff (Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 158) angefertigt hat, haben Beträge ergeben, die etwas kleiner sind, als die vorgenannten. Als jährliche kilometrische Unterhaltungs- und Bedienungskosten der preussischen Kanäle hat er im großen Durchschnitt 1262 M. und als dieselben Kosten der preussischen Flufskanalisierungen 975 M., im Mittel also 1120 M. gefunden. Es handelt sich auch hier um das letzte Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts.

III. Kapitel.

Kanalisation der Flüsse.

Mit Benutzung der früheren Besprechung der Flufskanalisationen durch weiland Geh. Baurat Garbe

bearbeitet von

Wilhelm Becker,

Baurat in Mainz.

(Hierzu Tafel VIII, IX, X und 42 Abbildungen im Text.)

§ 1. Aufgabe und Zweck der Kanalisation. Geschichtliches. Bei der Kanalisation eines Flusses wird durch Erbauung von Wehren eine Anstauung des Wasserspiegels herbeigeführt, mithin das natürliche Gefälle an einzelnen Punkten, den Staustufen, konzentriert. Die Flusstrecken zwischen den Wehren haben dagegen gewöhnlich nur ein geringes Gefälle, sie nehmen den Charakter eines Kanals an und werden deshalb, gleich den zwischen den einzelnen Schleusen liegenden Strecken eines Schiffahrtskanals, Haltungen genannt, vergl. Taf. IX, Abb. 1. Es entstehen nämlich in den Haltungen infolge der Anstauung gröfsere Durchflufsquerschnitte, so dafs das Wasser mit geringerer Geschwindigkeit fliefst und nur eines kleinen Gefälles zu seiner Bewegung bedarf. Diese Wirkung tritt unmittelbar oberhalb der Wehre, wo die Hebung des Wasserspiegels am gröfsten ist, am stärksten auf und vermindert sich nach oberhalb allmählich mit der Abnahme der Tiefen und Durchflufsquerschnitte. Bei vermehrtem Zuflufs, wo die beweglichen Wehre zur Verhütung eines nachteiligen Rückstaus in gröfserer Weite geöffnet werden müssen, vermindert sich infolge des höheren Standes des Unterwassers die Höhe der Staustufen und es tritt behufs Fortbewegung der gröfseren Wassermengen in den Haltungen ein gröfseres Gefälle und eine stärkere Strömung ein. Bei Hochwasser und bei ruhender Schifffahrt während der Wintermonate, wo die beweglichen Wehre völlig geöffnet werden, ist ihr Einflufs unerheblich, so dafs der Zustand des freifliefsenden Flusses wiederhergestellt ist.

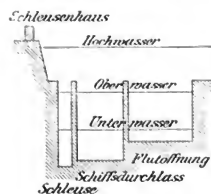
Neben jeder Wehranlage ist eine Kammerschleuse zu erbauen, mittels deren die Schiffe die Staustufe ungefährdet überschreiten. Wo lebhafte Flöfserei besteht, wird auch eine besondere Flöfschleuse hinzugefügt. Ferner werden in den gröfseren Wehren eine oder mehrere Öffnungen mit tiefliegender Sohle hergestellt, um sie als Schiffsdurchfahrt oder Schiffsdurchlafs bei höheren Wasserständen zu benutzen, mithin das mit Zeitverlust verbundene Durchschleusen zu vermeiden. Die übrigen Öffnungen dienen als Flutgerinne.

Schleuse, Schiffsdurchlafs und Flutöffnung werden bei einfachster Anordnung zu einem Ganzen vereinigt (Abb. 1) und bezüglich der Höhen so behandelt, wie Abb. 2

Abb. 1. Lageplan. M. 1:5000.



Abb. 2. Längenschnitt. Höhen 1:250.



zeigt. Bei näherem Eingehen auf die Sache wird sich herausstellen, daß man die Kammerschleusen meistens von den Wehren getrennt, in Seitenkanälen und mitunter ziemlich weit entfernt erbaut.

Die Kanalisierung bezweckt in der Regel die Vergrößerung der Wassertiefe behufs Herstellung oder Verbesserung der Schiffbarkeit des Flusses, da die Schifffahrt nur dann lohnend ist, wenn sie während des größten Teiles des Jahres auf eine ausreichende Fahrtiefe rechnen kann. Kanalisierung wird in denjenigen Strecken eines Flusses zur Anwendung gebracht, deren Wassermenge bei niedrigen und gewöhnlichen Ständen so gering ist, daß sich das gewünschte Fahrwasser bei dem vorhandenen Gefälle nicht durch Regulierung herstellen läßt. Bei etwas größeren Flüssen ist dies gewöhnlich der mittlere Lauf, da der untere reguliert wird und der obere wegen zu großen Gefälles für die Kanalisierung weniger geeignet ist. In selteneren Fällen, wie z. B. bei der Unter-Brahe, auf der eine lebhaftere Flößerei stromauf betrieben wird, ist die Kanalisierung behufs Mäsigung der zu starken Strömung erfolgt.

Ausnahmsweise, z. B. bei der Kanalisierung der unteren Netze, sind die Wehre nebst Kammerschleusen weniger zur Verbesserung der Schiffbarkeit, als zu Meliorationszwecken erbaut worden, vergl. § 13 unter D.

Die Stautufen geben zuweilen eine erwünschte Gelegenheit, das Wasser oberhalb der Wehre abzuleiten und zur Bewässerung der Grundstücke oder zum Betriebe von Wasserrädern oder Turbinen behufs Kraftgewinnung zu benutzen. Es würde u. a. nach Kanalisierung der Weser unterhalb Minden den ausgedehnten Niederungen des Wesertales befruchtendes Wasser in ausreichender Menge selbst bei niedrigen und gewöhnlichen Wasserständen zugeführt werden können; die höheren Wasserstände, während deren die Zuleitung ohne Anstauung des Flusses zur Zeit möglich ist, haben durchschnittlich eine zu kurze Dauer.

Der von Heubach gemachte Vorschlag, die Kanalisierung eines Flusses ohne schiffbare Schleusen derart zu bewirken, daß das Wasser bei kleinen und mittleren Ständen durch ein Leitwerk in einem schmalen Bette zusammengehalten wird, kann nur in seltenen Fällen in Frage kommen. Abgesehen von anderen Bedenken ist zu berücksichtigen, daß die Bewegungswiderstände der Schiffe zu groß sein würden, und es ist bei Flüssen mit geringer Wassermenge die für eine größere Schifffahrt erforderliche Tiefe von 1,5 bis 2,5 m in der vorgeschlagenen Weise überhaupt nicht zu erreichen. Da es sich bei dem Vorschlage genau genommen um eine „Regulierung“ handelt, kann auf denselben hier nicht näher eingegangen werden.¹⁾

Geschichtliches. Die Entwicklung der Flussskanalisierungen hat hauptsächlich in Frankreich stattgefunden, woselbst die Flüsse im allgemeinen wegen ihres größeren Gefälles, der größeren Geschiebe, der wilden Hochwasser und namentlich wegen der länger andauernden niedrigen Wasserstände für die Regulierung weniger geeignet sind, als die Flüsse der norddeutschen Tiefebene.

¹⁾ Heubach, Vorschlag zur Flussskanalisierung ohne Anwendung schiffbarer Schleusen. Deutsche Bauz. 1896, S. 602 u. 630, desgl. 1897, S. 130.

Diese Entwicklung hat sich in der Weise vollzogen, daß die zum Betriebe von Mühlen angelegten Stauwerke anfänglich mit Archen (Schiffsdurchlässen) zum Durchlassen der Schiffe oder Flöße versehen wurden. Solche Archen sollen in Frankreich auf dem Flusse Lot¹⁾ seit dem 13. Jahrhundert bestanden haben; sie sind durch Kammer-schleusen auf dem Flusse Oureq im Jahre 1528, auf der Villaine im Jahre 1538 und bald darauf auch auf dem Lot ersetzt worden. Nachdem im 17. Jahrhundert die Zeit einer kräftigen Entwicklung der Schifffahrtskanäle angebrochen war, hielt man diese den regulierten und kanalisiertem Flüssen für so überlegen, daß man Seitenkanäle neben den großen Flüssen empfahl. Es wurde um das Jahr 1830 sogar der Entwurf für einen Kanal längs der Seine zwischen Paris und Rouen für 3,5 m Tiefe mit dem Schlagworte „Paris Seehafen“ aufgestellt, während die kanalisierte Seine jetzt 3,2 m Tiefe besitzt, deren Vergrößerung auf 4 bis 5 m vorgeschlagen ist. Man erachtete eine genügende Verbesserung der Flüsse wegen ihrer Krümmungen und der Schwierigkeiten an den Wehren für ausgeschlossen; die Flüsse sollten hauptsächlich zur Speisung der Kanäle dienen. Allerdings war durch die älteren Kanalisierungen mit festen Wehren wenig erreicht worden. Hatte man doch auf dem Lot, der seit Jahrhunderten als das Muster eines kanalisiertem Flusses galt und auf 272 km Länge 71 feste Wehre mit einer durchschnittlichen Länge der Haltungen von 3,9 km und einem mittleren Gefälle von 2,2 m besaß, nur 1 m Tiefgang schaffen können.

Erst mit dem Jahre 1834, durch die Erfindung der eigentlichen beweglichen Wehre, nahm die Kanalisierung der Flüsse einen neuen Aufschwung; in diesem Jahre wurde das erste Poirée'sche Nadelwehr an der oberen Yonne zu Basseville eingerichtet, dem 1836 das zweite auf der Loire zu Décize, 1838 das auf der unteren Seine zu Bézons folgten. Seitdem sind hauptsächlich in Frankreich und hierdurch angeregt auch in anderen Ländern viele neue Konstruktionen für bewegliche Wehre vorgeschlagen und zum Teil bei Kanalisierungen zur Ausführung gebracht worden. Die schon 1834 von Thénard verbesserten, seit dem 17. Jahrhundert auf dem kleinen Flusse Orb eingeführten Klappen, welche nur obere Aufsätze massiver Überfallwehre bildeten, wurden an der Seine zu Courbeton von Chanoine 1850 zu Klappenwehren umgestaltet und 1860 für 29 Wehre der oberen Seine und Yonne zur Ausführung gebracht. Man erzielte eine Fahrtiefe von 2 m bis Paris, während vorher im Sommer nur eine sogenannte intermittierende Schifffahrt zweimal wöchentlich durch Öffnen der oberhalb gelegenen Durchlässe möglich gewesen war. Klappenwehre wurden auch auf der belgischen Maas²⁾ oberhalb Namur und in Nordamerika zur Anwendung gebracht.³⁾ Die von Desfontaines erfundenen Trommelwehre sind in Frankreich nur in geringer Höhe von etwa 1 m als bewegliche Aufsätze für Flutwehre, namentlich 1860 an der Marne zur Ausführung gekommen, später sind sie, jedoch in veränderter Anordnung und in größerer Höhe, auch für den Flößdurchlaß der Mainwehre, sowie im Schiffsdurchlaß der Spree bei Charlottenburg verwandt. Von großem Werte ist ferner die 1874 von Boulé eingeführte Verwendung von Schütztafeln vor Nadelwehrböcken. Hervorzuheben sind namentlich die Kanalisierungen der Seine mit 28, der Yonne mit 17, der Saône oberhalb Lyon mit 17 Wehren, sowie der Marne, Oise, Aisne, Saar, Maas, Mosel und des Cher.

¹⁾ Boulé, Le but et l'utilité de la canalisation des fleuves. Vortrag, gehalten auf dem Frankfurter Kongress 1888, auch im Génie civil 1888, S. 2, sowie in Engineer 1889, I. S. 59.

²⁾ Hans, La canalisation de la Meuse, Brüssel 1880, Deutsch von Düsing, Wiesbaden 1884.

³⁾ Roloff, Mitteilungen über nordamerikanisches Wasserbauwesen, Berlin 1895.

In Deutschland haben sich die Kanalisierungen ähnlich wie in Frankreich entwickelt. Anfänglich begnügte man sich mit der Einrichtung von Schiffsdurchlässen in den Mühlenwehren, später wurden bei lebhafterer Schifffahrt Kammerschleusen neben den Wehren erbaut und zum Zweck der Schifffahrt noch einzelne Wehre zwischen den Mühlenwehren angelegt. In dieser Weise sind aus kleinen Anfängen die Saale, die Lippe, die Ruhr und Lahn zum Teil kanalisiert worden. Die ältesten Saale-Schleusen (Stauschleusen) bestanden schon 1306 und in der Zeit von 1391—1398 erfolgte bereits die Kanalisierung der Stecknitz und der Delvenau (Stecknitz-Kanal) zur Verbindung der Trave und Elbe. Ferner gehört zu den ältesten deutschen Anlagen die unter dem Großen Kurfürsten gelegentlich der Erbauung des Finow-Kanals bewirkte Kanalisierung der Finow als Fortsetzung des Kanals zur Oder. Zu erwähnen ist auch die unter Friedrich dem Großen ausgeführte Kanalisierung der oberen Netze^{b)} unweit Nakel, welche die westliche Fortsetzung des Bromberger Kanals und durch die Warthe die Verbindung mit der Oder bildet. In der Netze sind gewöhnliche Schützenwehre errichtet; die Kammerschleusen sind in Durchstichen erbaut worden.

Die in der Neuzeit ausgeführten Kanalisierungen, bei denen fast stets Nadelwehre zur Anwendung kamen, sind die der Saar, der Mosel oberhalb Metz, der Unter-Brahe, der oberen Netze, des Mains zwischen Offenbach und dem Rhein, der Unterspree bei Berlin, der oberen Oder (Kosel bis zur Neisse-Mündung), der Fulda (Kassel bis Münden). Ferner sind zu nennen: die Kanalisierung der Spree bei Fürstenwalde, als ein Teil des Oder-Spree-Kanals und die der Ems unterhalb Meppen, als ein Teil des Dortmund-Ems-Kanals.

In Belgien ist die Maas schon im Jahre 1845 kanalisiert, in Österreich sind die Kanalisierungen des Donaukanals bei Wien und der Moldau und Elbe von Prag bis Aussig bewerkstelligt. Auch in Amerika sind zahlreiche Flufskanalisierungen zur Ausführung gebracht worden.^{c)} Näheres bringen die Paragraphen 13 u. 14.

Das deutsche Reich^{d)} besaß im Jahre 1900 2228 km vollständig oder teilweise kanalisierte Flufsläufe. Hiervon kommen auf das Gebiet der Memel 20,5, der Weichsel 12,76, der Oder 528,82, der Elbe 641,28, der Weser 311,11, der Ems 109,92, des Rheins 581,46 und der Donau 32,90 km. Es können befahren werden durch Schiffe mit einem Tiefgange von

1,75	1,50	1,00	0,75	unter 0,75 m
153,55	334,32	1582,78	168,16	49,24 km.

Preußen besaß nach dem Führer auf den deutschen Schifffahrtstraßen 995 km (vollständig) kanalisierter Flüsse.

§ 2. Allgemeine Anordnung. Es können zwei Anordnungen unterschieden werden:

1. Der Fluß wird auf der ganzen, mit Wehren ausgestatteten Strecke von den Schiffen als Fahrstraße benutzt. Es bildet dies die Regel, da die Veranlassung zur Kanalisierung, nämlich die zu geringe Wassermenge bei gewöhnlichem Wasserstande

^{b)} Garbe, Der Bromberger Kanal. Bromberg 1874.

^{c)} Ann. des travaux publics 1896, S. 811. — Roloff, Mitteilungen über nordamerikanisches Wasserbauwesen, Berlin 1895.

^{d)} Statistisches Jahrbuch für das deutsche Reich 1899. Vergl. auch Kurs, Schifffahrtstraßen im deutschen Reich. Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 1895, ferner Eger, Die Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika. Berlin 1899.

oder das zu große Gefälle, sich gewöhnlich auf der ganzen in Betracht kommenden Strecke gleichmäßig geltend macht.

Diese Anordnung ist z. B. auf der Saar, auf der Oder von Kosel bis zur Neisse-Mündung und auf dem Main von Offenbach bis zum Rhein gewählt worden, ferner auf den meisten französischen Flüssen.

2. Es wird der Fluß zwar mit Wehren ausgestattet, aber nur auf gewissen Strecken als Fahrstraße benutzt, während andere Strecken, insbesondere solche, welche zu scharfe Krümmungen besitzen, deren Beseitigung aus örtlichen Verhältnissen untunlich ist, durch längere Seitenkanäle umgangen werden. Es wechseln demnach kanalisierte oder auch wesentlich regulierte Flußstrecken und Seitenkanäle miteinander ab, wie z. B. auf der Mosel von Frouard bis Metz (Taf. IX, Abb. 14).

Hierzu ist auch der Großschiffahrtsweg bei Breslau*) zu rechnen, bei welchem ein besonderer, mit Wehren und Schleusen ausgestatteter Arm (die sogenannte alte Oder) von der durchgehenden Schifffahrt benutzt wird, während die Oder selbst, welche alte Mühlenwehre und Schleusen besitzt, dem örtlichen Verkehre verblieben ist. Eine derartige Anordnung kommt jedoch verhältnismäßig selten vor. Sofern nicht besondere Umstände anderes erfordern, ist es am angemessensten, den Flußlauf selbst auch für die Schifffahrt einzurichten und die mit großen Kosten verknüpfte Anlegung besonderer Seitenkanäle zu vermeiden.

§ 3. Vorteile und Nachteile der Kanalisierungen. Der Vorteil der Kanalisierung gegenüber der Regulierung eines Flusses beruht darin, daß bei ihr die gewünschte Fahrtiefe auch bei den kleinsten Wasserständen erzielt werden kann, da man durch die Stauwirkung der Wehre unabhängig von der Wassermenge geworden ist. Es wird hierdurch die Leistungsfähigkeit, Stetigkeit und Sicherheit des Schiffahrtbetriebes erhöht und die Möglichkeit geboten, bestimmte Lieferfristen zu vereinbaren, sowie infolge dessen auch wertvollere Güter der Wasserstraße zuzuführen. Bei regulierten Flüssen kann die Wassermenge in trockenen Jahren auf längere Zeit erheblich unter die bei der Aufstellung des Regulierungsentwurfes angenommenen Werte herabsinken, so daß die Fahrtiefe hinter den Erwartungen zurückbleibt. Bei der Kanalisierung hängt die Höhe des Wasserspiegels am oberen Punkte einer Haltung zwar auch von der Wassermenge ab, kann aber niemals unter den hydrostatischen Stauspiegel sinken. Sand- und Kiesablagerungen vermögen wohl zuweilen Störungen in der obersten Strecke der Haltung, insbesondere an der Ausmündung des Schleusenkanales hervorzurufen, durch rechtzeitig ausgeführte Baggerungen läßt sich aber die gewünschte Tiefe beschaffen.

Ein weiterer Vorteil der Kanalisierung besteht in der Möglichkeit, die Herstellungs- und Unterhaltungskosten für die Flußbauten ziemlich genau im voraus berechnen zu können, während bei der Regulierung die Veranschlagung dieser Kosten immer eine unsichere bleibt. Auch lassen sich die Baukosten durch Erhebung von Abgaben verzinsen, was bei den für die Regulierung aufgewendeten Ausgaben nicht der Fall ist.

Für die Landeskultur werden nicht selten durch die Kanalisierung Vorteile erreicht, indem das durch die Anlage der Wehre bedingte Ansteigen des Grundwassers den oberen Erdschichten mehr Feuchtigkeit zuführt. So sind z. B. die längs der kanalisierten Strecke des Mains liegenden Wiesen und Gemüsefelder ertragsfähiger geworden als sie vor der Kanalisierung dieses Flusses waren. Auch ist nach Suppán in der

*) Peschek, Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 53.

Nähe von St. Omar in Frankreich auf mehreren tausend Hektaren eine großartige Garten- und Gemüsekultur dadurch entstanden, daß das aufgestaute Wasser bis auf wenige Decimeter unterhalb des Ackerbodens steht. In anderen Fällen hat aber das Ansteigen des Grundwassers schädlich gewirkt.

Nachteile der Flußkanalisierungen: 1. Die Erbauung der Wehre und Schleusen ist mit großen Kosten verknüpft. Erfolgt die Ausführung in einem Flusse, der bereits eine lebhafte Schifffahrt besitzt, so wird diese leicht während der Bauzeit gestört. Auch die Unterhaltungs- und Bedienungskosten der Bauwerke, besonders der beweglichen Wehre, sind groß.

2. Bei jeder Staustufe entsteht durch das Schleusen ein erheblicher Zeitverlust, der namentlich für Schleppzüge sehr fühlbar wird, falls die Bauwerke nicht den zur Aufnahme der sämtlichen Fahrzeuge eines Schleppzuges erforderlichen Raum gewähren.

3. Es tritt bei der Talfahrt infolge der schwächeren Strömung eine Erschwerung, sowie ein Zeitverlust ein, der jedoch durch die Bergfahrt ausgeglichen wird, mithin nur dann in Betracht kommt, wenn die Talfahrt von überwiegender Bedeutung ist. Die schwächere Strömung ist besonders der Flößerei sehr hinderlich. Wenn in trockener Jahreszeit infolge geringen Wasserzuflusses die Wehre möglichst dicht geschlossen gehalten werden müssen, ist die Strömung in den einzelnen Haltungen eine sehr schwache, so daß die Flöße, um schneller fortzukommen, sich durch Dampfer schleppen lassen müssen. Kommen dann noch ungünstige Windverhältnisse hinzu und bietet sich keine Schlepplegenheit, so sind die Flöße gezwungen, mitunter tagelang ihre Fahrt einzustellen, da eine wirksame Steuerung nicht mehr möglich ist. Man vergl. das auf S. 25 Gesagte.

4. Die Anstauung des Wasserspiegels ruft bei Flüssen, deren Täler sich nicht erheblich über den mittleren Wasserstand erheben, Schwierigkeiten bezüglich der Entwässerung der Grundstücke hervor. Wenn auch die Vorflut durch Anlegung von Gräben, die in das Unterwasser der Wehre einmünden, wieder herzustellen ist, so werden doch oft beträchtliche Entschädigungsforderungen wegen des Eingriffs in die bestehenden Kulturverhältnisse erhoben. Flüsse mit tief eingeschnittenen Betten und nicht zu großem Gefälle sind deshalb besonders geeignet für die Kanalisierung; es können bei ihnen ohne Schädigung der Grundstücke hohe Staustufen gebildet, also der Zweck mit weniger Wehr- und Schleusenanlagen erreicht werden.

5. Falls feste Wehre angelegt oder bewegliche Wehre in ungenügender Weite oder mit zu hohem Rücken errichtet sind, können bei Hochwasser die Überschwemmungs- und Eisgefahren erhöht, auch bei ungünstiger Lage der Wehre Eisstopfungen hervorgerufen werden. Bei sachgemäßer Anlage der Wehre treten diese Nachteile jedoch nicht ein, vielmehr ist infolge der mit der Kanalisierung fast immer verknüpften Beseitigung von scharfen Krümmungen und sonstigen Unregelmäßigkeiten eine Verbesserung der Hochflut- und Eisverhältnisse zu erwarten.

6. In Flüssen, die schon bei geringeren Anschwellungen größere Mengen von Sand und Kies abführen, wird eine Ablagerung dieser Stoffe auf der Flußsohle stattfinden, da die Geschwindigkeit des aufgestauten Flusses zu ihrer Fortbewegung nicht mehr ausreicht. Werden diese Ablagerungen durch die Hochfluten, bei geöffneten Wehren, nicht wieder fortgespült oder durch Baggerungen nicht beseitigt, so kann unter besonders ungünstigen Verhältnissen im Laufe der Jahre eine immer mehr zunehmende Erhöhung der Flußsohle, eine Verminderung der Fahrtiefe, sowie eine nachteilige Beeinflussung der Vorflut und Vergrößerung der Überschwemmungsgefahren eintreten. Solche

Mifsstände können namentlich durch feste Wehre in flachen Flußbetten hervorgerufen werden, es wird ihnen aber dadurch vorgebeugt, daß ein bewegliches Wehr mit möglichst tief liegendem, sich nur wenig über die bisherige mittlere Flußsohle erhebenden Rücken ausgeführt und bei Hochfluten, sowie während der Wintermonate möglichst lange geöffnet wird. Letzteres ist allerdings bei Flüssen, in denen die Schifffahrt auch im Winter fast unausgesetzt fortgeführt wird, wie z. B. beim Main, nur in beschränktem Umfange ausführbar. In den französischen kanalisiertem Flüssen, bei denen nach diesen Grundsätzen im allgemeinen verfahren worden ist, sind nachteilige Ablagerungen in erheblichem Umfange nicht eingetreten, ebensowenig bei der seit längeren Jahren kanalisiertem Brahe und dem Main. Die tieferen Teile des Flußbettes versanden allerdings, auch können unterhalb der Wehre, namentlich bei der Einmündung des Schleusenkanals, Sinkstoffablagerungen eintreten. Bei den meisten Flüssen findet die Sinkstoffbewegung hauptsächlich zur Zeit der Hochfluten statt, welche die Flußsohle spülen und sie selbst unter der Höhenlage der Wehrrücken erhalten. Es konnten z. B. die Seine-Wehre zu Port à l'Anglais und Surenes, nachdem sie längere Zeit bestanden, im Rücken zum Teil um 0,7 bzw. 0,5 m erniedrigt werden, ohne Baggerungen der Sohle oberhalb der Wehre ausführen zu müssen.^{*)}

7. Die Schiffer unterwerfen sich nur sehr ungern den Abgaben, die nach Einführung der Kanalisierung von der Regierung behufs Deckung der Bedienungs- und Unterhaltungskosten, mitunter auch zur mäßigen Verzinsung der Anlagekosten erhoben werden. Diese Abgaben betragen am Main für 1 t/km bei den Gütern 1. Klasse = 0,6 Pf., 2. Klasse = 0,4 Pf. (während anfänglich 1,7 und 0,85 Pf. regierungsseitig in Aussicht genommen waren) und auf der oberen Oder 0,4 Pf. und bzw. 0,2 Pf. In Belgien werden auf den kanalisiertem Flüssen 0,13 Pf. erhoben.

§ 4. Nutzung der Wasserkraft der Staustufen. Schon seit langer Zeit hat man die dem fließenden Wasser inwohnende Kraft für Triebwerke verwertet, doch sind aus Anlaß der Kanalisierung eines Flusses derartige Anlagen bis heute, soweit bekannt, nur in der kanalisiertem Spree am Mühlendam in Berlin und bei der Moldau-Kanalisierung an der kürzlich vollendeten Schleusenanlage zu Horin, wo das Gefälle zur Gewinnung der für die Schleusen erforderlichen Betriebskraft ausgenutzt wird, zur Ausführung gekommen; das Seine-Wehr zu Bougival, woselbst 750 Pferdekkräfte für die Wasserversorgung von Versailles gewonnen werden, ist weit älter als die Kanalisierung der unteren Seine. Seitdem es aber gelungen ist, die aus dem fließenden Wasser gewonnene Kraft auf elektrischem Wege in größere Entfernungen zu übertragen, war die Frage der Verwertung der Wasserkräfte an Wehren kanalisiertem Flüsse wiederholt Gegenstand eingehender Erörterungen. So sollte die an dem Nadelwehr im Main bei Frankfurt vorhandene Wasserkraft zur Anlage einer elektrischen Zentrale benutzt werden, man sah jedoch, namentlich wegen der hohen Kosten, welche die Herstellung eines in dem Ufer einzulegenden Werkkanals und der Einbau der Turbinen verursachen würden, von der Ausführung des Planes ab.

Im Jahre 1898 befaßte sich der Schifffahrtskongress zu Brüssel mit der Frage der Nutzbarmachung des Gefalles auf einem mittels Nadelwehren kanalisiertem Flusse und es sprach sich damals der Berichterstatter Röder dahin aus, daß die Verwertung der Wasserkraft schon dann als vorteilhaft gelten könne, wenn sie die Verzinsung und Tilgung derjenigen Mehrausgaben sichert, welche aus der Nutzbarmachung der Wasser-

^{*)} Mitteilung des Obergeringens Boulé.

Abb. 3 u. 4.

Ausnutzung der Wasserkraft einer Kanalisierung der Weser (Entwurf).

Abb. 3. Querschnitt des Mittelpfeilers.

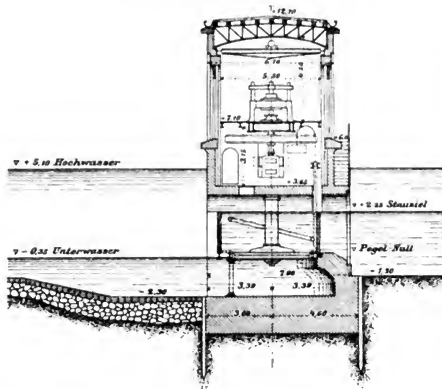
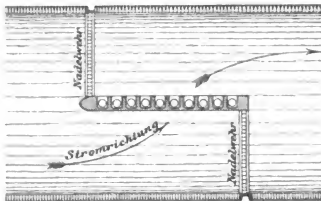


Abb. 4. Lageplan.



kraft entstehen. Die verschiedenen Ansichten wurden dahin zusammengefasst, dass die bei den Wehren gewonnenen elektrischen Kräfte zur Bedienung der Wehre und Schleusen und als Antrieb für einzelne Fahrzeuge und Schleppzüge Verwendung finden könnten. Ferner wurde von Prüsmann¹⁹⁾ für die damals geplante Weserkanalisierung gemachte Vorschlag, die Nadelwehre als gebrochene Wehre zu konstruieren, in deren Mittelpfeiler die Turbinen zur Ausnutzung der Wasserkraft eingebaut werden sollen, empfohlen (Abb. 3 u. 4).

Für ein Wehr zu Rinteln an der Weser ist der Mittelpfeiler 8 m breit und in der Richtung des Flusses 90 m lang geplant, behufs Unterbringung von 10 Reaktionsturbinen, die, im Unterwasser arbeitend — die Oberkante des Laufrades entspricht dem gewöhnlichen Unterwasser — für die Aufnahme großer Wassermengen besonders geeignet sind.

Die Vorteile, die durch eine derartige Anordnung des Wehres erzielt werden, gibt Prüsmann wie folgt an:

1. Schonung der wertvollen Ufer und der für die Vergrößerung der Schiffsanlagen in Anspruch zu nehmenden Grundstücke.
2. Ausführungsmöglichkeit auch innerhalb der Städte und engen Felsstrecken.
3. Vermeidung großer in das Ufer einschneidender Werkkanäle.
4. Beliebige Ausnutzung der Wasserkräfte durch Wahl der Turbinenzahl.
5. Lage der Längsachse des Turbinenpfeilers im Stromstrich, daher keine Beengung des Hochwasserquerschnitts und keine Schwierigkeiten bei Eisgang.
6. Wirkung des Mittelpfeilers und der Turbinengerinne als Überfallwehr, wodurch der Wehrbetrieb erleichtert und eine zu hohe Anstauung verhindert wird.

¹⁹⁾ Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1898, S. 35 u. 55.

In der Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1902, Heft 12 u. 13 und in seiner Mitteilung an den Schifffahrtskongress Düsseldorf 1902 stellt Prüssmann eine genaue Untersuchung über die Zahl der an dem genannten Wehr, sowie an drei weiteren, zum Teil vorhandenen, zum Teil geplanten Nadelwehren in dem Main bei Frankfurt, in der Oder bei Krappitz und in der Mosel bei Valwig faßbar zu machenden Pferdestärken an. Er weist darauf hin, daß bei Beurteilung der Frage der Wasserausnutzung nicht, wie dies beim Wehr zu Frankfurt a. M. geschehen sei, die niedrigsten Wasserstände eines Flusses, sondern die Wassermengen bei mittleren Wasserständen wegen ihrer Regelmäßigkeit, Häufigkeit und größeren Kraftleistung in Betracht zu ziehen seien. In Tabellen sind die auf Grund sorgfältiger Berechnungen aus einer längeren Zeitperiode als jährlicher Durchschnitt zusammengestellten Häufigkeitstage, Wassermengen, Wehrgefälle und Wasserkräfte an den vier genannten Wehren angegeben, von denen die Tabelle für ein Wehr bei Rinteln nachstehend wiedergegeben ist.

Wasserkräfte an einem Wehr bei Rinteln.

Nr.	Mittl. Pegelstand in Rinteln m	Jährl. Anzahl der Tage	Sekundliche Wassermengen		Mittl. Wehrgefälle m	Sekundliche Wasserkraft bei 75% Nutzeffekt der Turbinen vorhandene PS.	Verwertbare Wasserkraft und ihre jährliche Dauer (effektive PS.)	
			Durchschnittl. cbm	nach Abzug der Verluste cbm				
1	-0,57	2	28	16	2,82	451	450 PS. an 2 — 0 = 2 Tagen jährlich, 740 „ „ 19 — 0 = 19 „ „ 1214 1000 „ „ 113 — 40 = 73 „ „ 1926 1000 „ „ 63 — 0 = 63 „ „ 2154 1000 „ „ 47 — 0 = 47 „ „ 2260 1000 „ „ 30 — 0 = 30 „ „ 2240 990 „ „ 24 — 0 = 24 „ „ 1898 520 „ „ 27 — 0 = 27 „ „	
2	-0,38	19	40	28	2,63	736		
3	-0,13	42	63	51	2,38	1214		
4	+0,13	71	88	76	2,12	1611		
5	+0,38	63	115	103	1,87	1926		
6	0,63	47	145	133	1,62	2154		
7	0,87	30	177	165	1,37	2260		
8	1,13	24	212	200	1,12	2240		
9	1,50	27	265	253	0,75	1898		
10	2,00	14	325 425 600 üb. 700	weniger als 0,50 Gefälle			40 Eistage 40 Hochwassertage 80 Tage	
11	2,50	10						
12	3,00	5						
13	4,18	11						
		365					80 Tage	365
		Tage					Hochwasser und Eisgang	Tage

Als jährlicher Durchschnitt ergeben sich 4,0 Wehriiederlegungen mit zusammen 80 Tagen Stauunterbrechung. Die Berechnung ist so erfolgt, daß alle Eisbildungen und alle über + 1,75 m anschwellenden Hochwasser mit Hinzurechnung von je 2 Tagen am Anfang und Ende einer solchen Periode in Ansatz gebracht und mehrere nahe zusammenliegende Perioden zu einer gemeinschaftlichen längeren Wehriiederlegung zusammengezogen wurden.

Nach diesen Tabellen ist an dem genannten Wehre zur Zeit der mittleren Wasserstände jährlich an etwa 200 Tagen eine Wasserkraft von im ganzen 2000 bis 4000 effektiven PS. vorhanden. Da aber, wie Prüssmann sagt, für die praktische Kraftverwertung die Bedingung zu stellen ist, daß die auszunutzende Wasserkraftmenge für eine möglichst lange Dauer im Jahre eine gleichmäßige Größe erhalte, ist die „verwertbare“ mittlere Kraft viel kleiner als die nur kurze Zeit vorhandene größte Kraft anzusetzen. Es sind deshalb in die Berechnung bei den vier Wehren nur je 1000 bzw. 2000 PS. als verwertbare Kraft eingesetzt.

Um auch während der durch Eis und Hochwasser bedingten Stauunterbrechung die Kraftleistung unvermindert aufrecht erhalten zu können, empfiehlt Prüsmann als Ergänzung des Wasserkraftwerks die Anlage eines am Ufer zu errichtenden Dampfkraftwerks, das beispielsweise bei einem Wehre zu Rinteln an jährlich 152 Tagen 2300 PS. zu liefern hätte.

Um die Wirtschaftlichkeit derartig ausgestatteter Kraftzentralen nachzuweisen, stellt Prüsmann tabellarische Vergleichsberechnungen über die Bau- und jährlichen Betriebskosten der vier Wehranlagen auf. In diesen Tabellen sind die Selbstkosten für Bau und Betrieb der durch Dampfkraftanlagen vervollständigten Wasserkraftanlagen für fünf Arten der Kraftzeugung (Nur Wasserkraft ohne Dampfreserve. — Wasserkraft mit voller Dampfreserve. — Nur Dampfbetrieb. — Wasserkraft mit voller Dampfreserve und elektrischer Fernleitung. — Nur Dampfkraft mit elektrischer Fernleitung) miteinander verglichen. Ein Ergebnis dieser Tabellen ist, daß es sich empfiehlt, die Wasserkraftanlage für einen 24 stündigen Betrieb einzurichten, was die Tag und Nacht gleichmäßig vorhandene Wasserkraft ermöglicht.

Bei der Besprechung der verschiedenen Ausführungsarten erwähnt sodann Prüsmann die Vorteile, die einerseits den etwa in der Nähe der Wasserkraftanlage bereits vorhandenen Kraftzentralen durch Zuführung der billigen Wasserkraft, andererseits der ersteren erwachsen, wenn sich an dem betreffenden Fluß Fabriken oder andere kraftverbrauchende Anlagen so vereinigen ließen, daß die ganze Wehrkraft mit voller Dampfreserve in Anspruch genommen würde.

Zur Ersparung der hohen Kosten des nachträglichen Wehrumbaus wird empfohlen, Turbinenpfeiler gleichzeitig mit der Herstellung des Wehres zu erbauen. Für den Fall, daß eine sofortige Ausnutzung der Wasserkraft nicht zu erwarten ist, würde der Pfeiler zunächst nur bis zur normalen Stauhöhe auszubauen sein, um vorläufig als Überfallwehr zu dienen, während die endgültige Fertigstellung und der Einbau der Turbinen später erfolgen kann, wenn sich Gelegenheit zur Abgabe der Wasserkraft bietet.

Die Frage, wer die Wasserkraftanlage bauen und betreiben soll, wird dahin beantwortet, daß der Staat als Besitzer der Flüsse und als Erbauer und Betriebsleiter der Schifffahrtsanlagen die Ausnutzung der Wasserkraft in die Hand zu nehmen habe; die nicht für den Schleusen- und Wehrbetrieb, sowie für die Beleuchtung der Schifffahrtsanlagen erforderlichen Kräfte wären etwa an Städte oder andere größere Verbände gegen eine nach den tatsächlich geleisteten Wasserpferdekraften bemessene Abgabe zu verpachten.

Das Ergebnis seiner Untersuchungen faßt Prüsmann wie folgt zusammen:

1. Die Ausnutzung der Wasserkräfte an einem Wehr eines kanalisiertes Flusses ist vorbehaltlich des Nachweises über die Möglichkeit der Verwendung der großen Kraftmenge dann zweckmäßig und wirtschaftlich, wenn die Wasserkraft durch einen mitten im Strom stehenden Turbinenpfeiler aufgenommen und durch eine volle Dampfreserve-Anlage am Ufer zu einer Kraftzentrale ergänzt wird.
2. Von der Zentrale aus kann die Kraft für den Schleusenbetrieb, sowie für Beleuchtung der Staustufe und der ganzen Schifffahrtsstraße zu billigem Preise bezogen werden.
3. Es ist die Verwendung elektrischer Energie für den Schiffschleppdienst auf großen kanalisiertes Flüssen noch nicht praktisch gelöst, durch die Wasserkraftzentrale wird jedoch derartiges in Rücksicht auf die billigere Kraft in bester Weise vorbereitet.

Nach dem Vorgehen Prüssmanns hat auch Faber in einer Denkschrift über den technischen Entwurf einer neuen Donau-Main-Wasserstrafse von Kelheim bis Aschaffenburg Untersuchungen über die Möglichkeit der Ausnutzung der Wasserkräfte an den im Maintal zwischen Bamberg und Aschaffenburg geplanten Staustufen vorgenommen, die das Vorhandensein einer gesamtverwertbaren Wasserkraft durchschnittlich für das ganze Jahr von 18736 PS. ergaben.

Indem somit der Weg gezeigt ist, auf dem eine Verwertung der Wasserkräfte kanalisierter Flüsse sich ermöglichen läßt, wäre es zu wünschen, wenn demnächst bei Ausführung weiterer Flussskanalisierungen ein Versuch gemacht würde.

§ 5. Regulierung oder Kanalisierung. Die Verbesserung der Schiffbarkeit eines Flusses sollte in erster Linie durch Regulierung erstrebt werden, da dies der natürliche und am wenigsten in die bestehenden Verhältnisse eingreifende Weg ist. Die Kanalisierung ist dagegen unerläßlich in allen Fällen, wo sich durch bloße Regulierung eine den Bedürfnissen der Schifffahrt genügende Wasserstrafse überhaupt nicht schaffen läßt, insbesondere da, wo die Wassermenge bei den niedrigen und gewöhnlichen Wasserständen zu gering ist, um bei dem vorhandenen Gefälle die erforderliche Breite und Tiefe gewinnen zu können. Allerdings kann noch in Frage kommen, ob die Wassermenge bei ungenügenden Wasserständen durch Speisung aus Staubecken sich derart vermehren läßt, dafs die Kanalisierung entbehrlich wird.

Da die Bedürfnisse der Schifffahrt, entsprechend dem fortwährend gesteigerten wirtschaftlichen Leben, sich im Laufe der Zeit erhöhen, so ist es natürlich, dafs auch die Anforderungen bezüglich des Fahrwassers, insbesondere der Fahrtiefe, immer mehr gesteigert werden. Namentlich wird die Kanalisierung der oberen Strecke eines Flusses vielfach die der anschließenden unteren Strecken nach sich ziehen. Seitens der Schiffer wird z. B. die Kanalisierung der Oberweser unterhalb Münden gefordert, weil der Fluß bei kleinen und gewöhnlichen Wasserständen nicht die, durch die Staustufen auf der Fulda erzielte Fahrtiefe gewährt. Falls bei reichlicher Wassermenge die Oberweser genügende Tiefe besitzt, treten Erschwernisse auf der Fulda infolge Senkung des Stauspiegels und durch die starke Strömung ein. Es kommt hinzu, dafs auf manchen Flüssen, z. B. der Elbe und Weser, in den letzten Jahren erheblich niedrigere Wasserstände eingetreten sind, als bis dahin bekannt waren, und dafs auf anderen Flüssen die Dauer der niedrigen Wasserstände im Laufe der Zeit gröfser geworden ist. Andererseits trägt es die immer mehr nach kaufmännischen Anforderungen und im großen betriebene Schifffahrt nicht mehr, dafs die Fahrzeuge während eines großen Teiles der Schifffahrtszeit wegen geringer Fahrtiefe nur ungenügend beladen werden. Als Beispiel mag angeführt werden, dafs man im Jahre 1840 für die untere Seine (Paris-Rouen) eine Minimalfahrtiefe von 1,3 m für ausreichend hielt, da die vorhandene Fahrtiefe nur etwa 0,8 m betrug. Im Jahre 1846 forderte man eine Tiefe von 1,6 m, im Jahre 1854 von 2 m und im Jahre 1872 von 3,0 m; durch die Kanalisierung sind zur Zeit 3,2 m erreicht, doch werden 4 bis 5 m gefordert, um gröfsere Seeschiffe bis Paris gelangen zu lassen. Mutmafslich wird in den nächsten Jahrzehnten die Kanalisierung mancher Flusstrecken, für welche die Regulierung zur Zeit noch genügt, zur Ausführung gelangen.

Handelt es sich um einen verwilderten Fluß, der gewöhnlich auch den seitens der Landeskultur an ihn zu stellenden Anforderungen nicht genügt, so mufs der Kanalisierung die Beseitigung mindestens der schlimmsten Unregelmäfsigkeiten vorhergehen,

nämlich die Ausführung von Arbeiten, durch die ein einheitlicher Lauf mit angemessener Breite und nicht zu scharfen Krümmungen, sowie feste, nicht abbrüchige Ufer geschaffen werden. Bei der späteren Kanalisierung sind allerdings einzelne Buhnen oder Parallelwerke zu beseitigen, zu erhöhen oder zu erniedrigen, im wesentlichen werden sie aber auch künftig zur Verhütung der Sinkstoffablagerung und einer allmählichen Erhöhung der Flußsohle erwünscht sein. Die im § 3 aufgeführten Nachteile werden um so sicherer verhütet, je besser der Fluß vor der Kanalisierung, oder in Verbindung mit ihr von größeren Unregelmäßigkeiten befreit ist. Der Fluß muß den Anforderungen, welche die Landeskultur an ihn stellt, genügen, er muß die Sinkstoffe fortzuführen vermögen und eine gute Schifffahrt auch während derjenigen hohen Wasserstände ermöglichen, bei denen die Wehre größtenteils geöffnet sind, ihre Wirksamkeit also mehr oder weniger aufhört, während noch Schifffahrt betrieben wird. Besitzt der kanalisierte Fluß ein größeres, aber ungleichmäßig verteiltes Gefälle, so wird bei höheren Wasserständen die Bergfahrt sehr erschwert, die Schlepper vermögen nur eine geringe Anzahl Kähne zu befördern und gebrauchen eine weit längere Zeit. Die Talfahrten sind gefährlich, weil die beladenen Kähne nur schwer dem Steuer gehorchen und leicht aus dem Fahrwasser, sowie gegen die Wehre getrieben werden. Durch Baggerungen und sonstige Mittel sind die Gefälle auszugleichen und die Strömungen zu vermindern, ferner werden zu scharfe Krümmungen, sowie zu enge Fahrwasser, nicht minder auch zu breite, die Sand- und Kiesablagerungen begünstigende Strecken zu beseitigen sein.

Gegenüber den Schifffahrtskanälen verdienen die kanalisierten Flüsse zwar insofern den Vorzug, als die örtlichen Verhältnisse weniger gestört und deshalb die Anlagekosten gewöhnlich erheblich niedriger werden; ferner tritt Schifffahrtssperre infolge der Eisbildung im Winter später ein. Der kanalisierte Fluß erfordert aber größere Unterhaltungskosten für Wehre, sonstige Bauten und Ufer, unter Umständen können auch die Baggerungskosten alljährlich sehr erheblich werden. Für die Schifffahrt ist der Kanal im allgemeinen vorzuziehen, da im kanalisierten Fluß durch die Hochfluten mit ihrer Strömung und Versandung öfter Störungen im Schifffahrtsbetriebe eintreten. Bei einem Wettbewerb wird aber die Flußkanalisierung in der Regel siegen, weil sie im ganzen weit geringere Kosten als ein neu anzulegender Kanal erfordert und weil bei richtiger Ausführung auch die Landeskultur gefördert wird.

Die Kanalisierung eines Flusses ist jedoch nur dann gerechtfertigt, wenn der aus der Verbesserung der Schifffahrt zu erwartende wirtschaftliche Gewinn den Anlage- und Unterhaltungskosten entspricht. Dieser Gewinn ergibt sich aus der Verbilligung der notwendigen Lebensmittel, Bedarfsartikel und Rohprodukte, sowie dem gesteigerten Absatz der Landwirtschaft und Industrie und kommt auch entfernteren Landesteilen zu gute. Über eine gewisse Strecke des oberen Laufes wird, sofern es sich nicht etwa um die Verbindung zweier größeren Flüsse handelt, die Kanalisierung nicht mehr auszuführen sein. Wegen des großen Gefälles rücken die Staustufen einander zu nahe, so daß die Kosten zu sehr gesteigert werden.¹¹⁾

§ 6. Lage der Staustufen. Bestimmung des Stauspiegels. Bezüglich der Lage der Staustufen sind namentlich die Gestalt und das Gefälle des Flusses, die Einmündung der Nebenflüsse oder wichtigeren Entwässerungszüge, die Höhenlage der

¹¹⁾ Dieck, Regulierung oder Kanalisierung der deutschen Flüsse. Wiesbaden 1876. — Karg, Korrektion oder Kanalisierung? Würzburg 1888.

Grundstücke, sowie die sonstigen örtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen, wie Ortschaften, Mühlen, Fahren u. a. w., soweit sie durch die Errichtung der Bauwerke oder die Änderung des Wasserspiegels beeinflusst werden. Die Wehre sind tunlichst oberhalb der Einmündung von Nebenflüssen und Entwässerungskanälen anzulegen, um ihre Vorflut nicht zu stören, sowie am oberen Punkte einer mit Stromschnellen oder mit stärkerem Gefälle behafteten Strecke (Taf. IX, Abb. 5). Hierdurch vermindert sich das Gefälle des Wehres und es wird die für die Schifffahrt schwierige Strecke umgangen, da der Schleusenkanal unterhalb derselben ausmündet. Ferner sind sie oberhalb niedriger Grundstücke, Mühlen, Park- oder sonstiger wertvollen Anlagen, die durch den Stau leiden könnten, anzulegen, sowie in regelmäßigen Flusstrecken, in denen sich weder zu große noch zu kleine Durchflußquerschnitte finden. In einer sehr breiten Flusstrecke wird zur Vermeidung von Schadenersatz-Ansprüchen der Grundbesitzer auch das Wehr eine große Weite erhalten, mithin übermäßige Kosten erfordern; es sind auch starke Sandablagerungen, namentlich an der Ausmündung des Schleusenkanals, zu befürchten. Bedenklicher ist jedoch die Wahl einer engen Flusstrecke, da sie durch die Einbauten des Wehres eine weitere Einschränkung erleiden würde, der durch kostspielige Erweiterungen des Querschnittes begegnet werden müßte, damit Aufstau und Strömung zur Zeit des Hochwassers nicht zu sehr gesteigert werden. Auch entstehen dadurch, daß Schleuse und Schleusenkanal nicht in das Flußbett gelegt werden können, erhebliche Mehrkosten. Bei Anlegung der Staustufe in einer stärkeren Krümmung entsteht die Gefahr, daß Schiffe bei Hochwasser leicht auf den Wehrpfeiler geraten und daß sich Eisversetzungen, sowie Eis- oder Sinkstoffablagerungen bilden.

Bei der Kanalisierung kleinerer und mittlerer Flüsse werden gewöhnlich zahlreiche scharfe Krümmungen beseitigt, die der zu verbessernden Schifffahrt Unbequemlichkeiten und lästige Umwege bereitet hätten. Um bei 400 bis 600 t-Schiffen ein bequemes Begehen zweier Schleppzüge zu ermöglichen, sollte der Krümmungshalbmesser nicht kleiner als 500 m sein. In den Durchstichen wird dann gewöhnlich das Wehr und, von ihm durch eine Mauer oder Erdzunge getrennt, auch die Schleuse erbaut. Bei einer solchen Anordnung, die selbst bei unnachteiligen Krümmungen zu empfehlen ist, können sämtliche Bauten im Trocknen, also erheblich billiger ausgeführt werden, auch ist die Lage des Wehres in einem Durchstich dauernd günstig für die Abführung des Hochwassers, des Eises, sowie der Sinkstoffe und die Befürchtungen der Grundbesitzer in Bezug auf die nachteilige Einwirkung des Wehres auf das Hochwasser worden beseitigt.

Ist der Durchstich zu kostspielig, so wird unter Belassung des bestehenden Flußlaufes nur die Schleuse in einem die Krümmung abschneidenden längeren Schleusenkanale ausgeführt. Dieser erfordert nur eine geringe Breite, auch kann die Sohlenlage nach dem Oberwasser bestimmt werden, wobei jedoch zu beachten ist, daß der Schleusenkanal auch bei gesenktem Stauspiegel in Zeiten, wo der Schiffsdurchlaß nicht benutzbar ist, noch fahrbar bleiben muß.

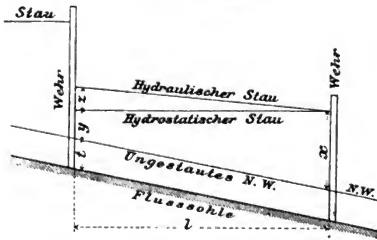
Die Stauspiegel werden an den Wehren so bestimmt, daß die gewünschte Fahrtiefe auch bei Niedrigwasser noch am obersten Punkte der Haltungen, wo der Rückstau am geringsten ist, erzielt wird.

Es bezeichnet (Abb. 5):

l Die Länge der Haltung,

J das mittlere Gefälle des ungestauten Niedrigwassers,

Abb. 5. Staustufe.



x die Höhe des Stauspiegels über ungestautem Niedrigwasser am unteren Punkte der Haltung (das Gefälle des Wehres),
 y dasselbe am oberen Punkte der Haltung unter der Annahme, daß der Stauspiegel eine horizontale Linie bildet (hydrostat. Stau), während er tatsächlich Gefälle besitzt (hydraulischer Stau),
 z das Gefälle des Stauspiegels, d. h. das Maß, um welches sich der hydraulische über dem hydrostatischen Stau erhebt,

t die im Stromstriche gemessene Fahrtiefe im oberen Teile der Haltung,
 T die gewünschte Fahrtiefe daselbst.

Das Gefälle z ist nötig zur Überwindung der Bewegungswiderstände des Wassers; es ist bei Niedrigwasser so klein, daß man es in der Regel vernachlässigen, somit $z = 0$ setzen darf. Diese Vernachlässigung des Gefälles kommt der Fahrtiefe zugute, was erwünscht ist, da der Wert t im Laufe der Jahre durch Abnahme der Niedrigwassermenge oder Ablagerung von Sinkstoffen unter das vor Ausführung der Kanalisierung beobachtete Maß herabsinken kann.

Für $z = 0$ ist $T = y + t$ und man erhält

$$x = T + l \cdot J - t \dots \dots \dots 1.$$

Wenn das Gefälle des Stauspiegels nicht vernachlässigt wird, ergibt sich

$$T = z + y + t$$
 und da $y = x - l \cdot J$:

$$T = z + x - l \cdot J + t,$$

$$x = T + l \cdot J - (z + t) \dots \dots \dots 2.$$

Das Gefälle x des Wehres ist zugleich das Gefälle der zugehörigen Schleuse und der Höhenunterschied zwischen dem normalen Oberwasser und Unterwasser. Tatsächlich ist dieser Höhenunterschied verschieden, er ist bei kleinster Wasserführung am größten, vermindert sich mit zunehmender Wassermenge und wird, wenn das Wehr bei hohen Wasserständen großenteils oder ganz geöffnet ist, so gering, daß der Schiffsdurchlaß benutzt werden kann.

Für überschlägliche Berechnungen des Stauspiegelgefälles z ergibt sich unter der Annahme einer gleichförmigen Bewegung, falls Q die Wassermenge, F der Querschnitt und p der benetzte Umfang des mittleren Profils der angestauten Haltung ist,

$$v = \frac{Q}{F} = c \sqrt{\frac{z}{l} \frac{F}{p}},$$

$$z = \frac{Q^2 \cdot l \cdot p}{c^4 \cdot F^3} \dots \dots \dots 3.$$

Das Gefälle des Stauspiegels wächst demnach mit dem Quadrat der Wassermenge, so daß das Unterwasser bei Niedrigwasser am tiefsten steht und mit der zunehmenden Wassermenge steigt. Haben die Grundstücke im oberen Teile der Haltung eine niedrige Lage, so muß bei höheren Wasserständen zur Verhütung eines nachteiligen Rückstaus eine Senkung des Stauspiegels am Wehre unter seinen normalen Stand erfolgen.

Wenige Staustufen mit großem Gefälle verdienen den Vorzug vor zahlreichen Staustufen mit kleinem Gefälle, weil die Schiffe weniger Zeit beim Durchschleusen verlieren und die Anlagekosten niedriger sind; sie können aber nur bei tief eingeschnittenen Flüssen, wo eine Benachteiligung der Grundstücke durch den hohen Stau nicht zu befürchten ist, zur Ausführung kommen. Andererseits wird durch die Bauart des Wehres eine Grenze gezogen, indem z. B. beim Nadelwehr die Nadeln nicht zu lang werden dürfen. Es üben auch die sonstigen, für die Lage des Wehres und der Schleuse in Betracht kommenden Umstände einen bestimmenden Einfluss auf die Festsetzung des Stauspiegels aus. Diese erfolgt deshalb am besten durch Zeichnen unter Benutzung eines Höhenplans, welcher den Hoch- und Niedrigwasserspiegel, die Flußsohle, die beiden Ufer, Mühlgerinne und sonstige Anlagen enthalten muß, die für den Stauspiegel etwa in Betracht kommen.

Wenn man das Gefälle des Stauspiegels berücksichtigen muß, sollte dasselbe lieber klein, als groß angenommen werden. An der unteren Seine, wo man für dies Gefälle einen zu hohen Wert eingeführt hatte, wurde die gewünschte Fahrtiefe am oberen Punkte der Haltungen nicht erreicht. Man hat dies auch dadurch zu erklären versucht, daß ein größerer Teil der Wassermenge nach der Anstauung sich im Grundwasser der kalkfelsigen Seitengelände bewege.

Je geringer das Gefälleverhältnis des Flusses ist, um so weiter erstreckt sich der Rückstau, um so länger wird also im allgemeinen eine Haltung werden. Zur Erzielung einer längeren Haltung oder Verlegung des Wehres nach einem mehr oberhalb gelegenen, für seine Anlage in anderer Hinsicht geeigneteren Punkte werden gewöhnlich in oberen Teile der Haltung Baggerungen vorgenommen, auch wohl Einschränkungswerke (Buhnen, Parallelwerke) behufs besserer Fortbewegung der Sinkstoffe hergestellt (Taf. IX, Abb. 3 und Textabb. 33). Ein solches Vorgehen ist in Flüssen mit stärkerer Sinkstoffführung jedoch nur insoweit zu empfehlen, als sich die Vertiefung und Einschränkung als eine zweckmäßige Regulierung darstellt.

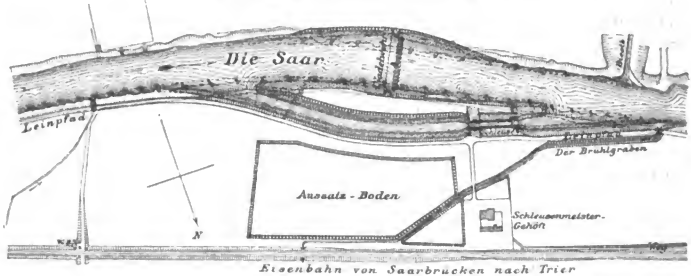
Die Gefälle der Stauwerke liegen bei den Kanalisierungen der deutschen Flüsse meistens zwischen 1,75 und 2,80 m, bei der Kanalisierung der unteren Seine zwischen 0,75 und 4,18 m. In ein und demselben Flusse ist ein einigermaßen gleichmäßiges Gefälle zu erstreben, aber sehr selten zu erreichen. Näheres über die Gefälle der ausgeführten Kanalisierungen bringen die Paragraphen 13 und 14.

§ 7. Die Entwässerung des seitlichen Geländes. Der Leinpfad. Brücken.

Die seitlichen Grundstücke üben einen wesentlichen Einfluss auf die Lage der Staustufen und die Höhe der Stauspiegel aus. Die Überschwemmungsgefahren dürfen nicht gesteigert und es darf selbst der Grundwasserspiegel nicht derart gehoben werden, daß eine Verminderung der Erträge zu befürchten ist. Es wird nämlich durch die Wehre auch eine Hebung des Grundwassers hervorgerufen, das unterirdisch nach dem Flusse entwässert und dessen Quergefälle wesentlich von dem Bewegungswiderstande der Bodenschichten abhängt. Ist das Tal, was oft vorkommt, in der Nähe des Flusses infolge der stärkeren Auflandungen am höchsten, so können nach Ausführung der Kanalisierung in größerer Entfernung vom Flusse sogar Versumpfungen, d. h. ein Hervortreten des Grundwassers über die niedrige Talsohle, eintreten. Auch die Grundstücke an den Nebenflüssen und Entwässerungsgräben, deren Wasserspiegel durch den vom Wehre ausgeübten Rückstau gehoben wird, erleiden eine Änderung des Grundwasserspiegels. Die Grundbesitzer pflegen bei jeder Änderung der bisherigen Kultur- und Wirtschafts-

verhältnisse beträchtliche Schadenersatz-Ansprüche zu erheben, die bei der Schwierigkeit der in Betracht kommenden Verhältnisse vielfach auch in Fällen zugebilligt werden, in denen ein begründeter Anspruch kaum vorliegt.¹⁷⁾ Die Staustufen sind deshalb tunlichst so zu legen, daß die Nebenflüsse und wichtigeren Entwässerungszüge unterhalb derselben einmünden und daß die niedrigen Grundstücke in den oberen Teil der Haltung fallen, doch ist dies bei nicht tief eingeschnittenen Flußläufen nur schwer zu erreichen.

Abb. 6. Staunlage zu Bous (Saar). Lageplan, M. 1 : 5000.



Wenn der bei mittlerer Wasserführung sich bildende Spiegel des hydraulischen Staues etwa 0,5 m unter Wiesen und 1 m unter Ackerland gelegt wird, ist eine Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Erträge im allgemeinen nicht zu befürchten. Liegen die Grundstücke niedriger, was bei flach eingeschnittenen Flüssen gewöhnlich im unteren Teile der Haltung der Fall ist, so muß die Vorflut durch in das Unterwasser der Staustufen mündende Entwässerungsgräben wieder hergestellt werden (Abb. 6). Zu diesem Zweck werden am besten vorhandene Gräben vertieft und bis in das Unterwasser verlängert, da neue Gräben mit ihren Brücken oder Durchlässen erhebliche Anlagekosten erfordern. Besitzen die niedrigen Flächen eine nur geringe Ausdehnung, so ist durch ihre Erhöhung am leichtesten Abhilfe zu schaffen. Es wird der obere gute Mutterboden abgenommen und nach Aufbringung der Füllerde wieder aufgetragen; den Grundbesitzern ist alsdann nur eine Entschädigung für die vorübergehende Ertragsverminderung zu gewähren.

Nach einem vom Königl. Ober-Verwaltungsgerichte zu Berlin bei der Fulda-Kanalisation ergangenen Erkenntnis sind diejenigen Flächen zu entschädigen, welche über dem höchsten gewöhnlichen Wasserstande des Flusses gelegen sind; die tiefer gelegenen Flächen werden als Zubehör des Flusses angesehen. Der höchste gewöhnliche Wasserstand ist an der Fulda in der Weise ermittelt worden, daß aus 30 Jahrgängen der gewöhnliche, d. h. der ebenso oft überschrittene, wie nicht erreichte Stand ermittelt und von den 30 Werten der höchste zugrunde gelegt wurde.

Ufer, die sich nur wenig über den Rückstau erheben, müssen mindestens bis auf etwa 0,5 m über den sich bei mittlerer Wasserführung bildenden hydraulischen

¹⁷⁾ De Mas (Nutzen der Schiffbarmachung der Flüsse und der Anlage von Schiffahrtskanälen für die Landwirtschaft, Schiffahrts-Kongress Frankfurt a. M. 1888) erwähnt, daß bei der Yonne unbegründete Entscheidungen der Gerichte ergangen seien.

Stauspiegel in etwa 4 m Kronenbreite erhöht werden; unter Umständen ist auch der höchste schiffbare Wasserspiegel zugrunde zu legen. Diese Erhöhung nimmt vom Wehre nach oberhalb zu allmählich ab und ist im oberen Teile der Haltung gewöhnlich überhaupt nicht erforderlich. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die erhöhten Ufer wie Deiche wirken, mithin eine Änderung in der bisherigen Überschwemmung des Flusstales herbeiführen, die bei Wiesen leicht Entschädigungsforderungen hervorrufen oder die Anlage besonderer Einlaßschleusen nötig machen kann.

Endlich ist zu beachten, daß durch die Ufererhöhungen eine Einschränkung des bisherigen Durchflußquerschnittes bei höheren Wasserständen, welche die Krone der Erhöhungen erreichen, herbeigeführt wird, mithin auch eine Steigerung der Strömung, die allerdings vorteilhaft für die Reinhaltung der Flußsohle ist, aber ungünstig auf die Uferabbrüche wirken kann. Die Erhöhungen sind deshalb so anzulegen, daß zwischen ihnen bei einem bis an die Krone reichenden Wasserspiegel noch genügende Durchflußquerschnitte vorhanden sind.

Ein in den Entwässerungsgraben unweit seiner unteren Ausmündung angelegtes Schützenwehr kann, wenn es geschlossen wird, eine heftige Durchströmung des Grabens verhindern und in trockener Zeit gute Dienste bezüglich der Regulierung des Grundwasserspiegels leisten.

Der Leinpfad. Wo der Leinzug größere Bedeutung hat, wird ein Leinpfad von etwa 4 m Breite als befestigter Weg hergestellt und unterhalten. Gewöhnlich geschieht dies nur auf einer Seite des Flusses und es wird, um das sogenannte Umschlagen der Leinpfederde zu vermeiden, tunlichst dasselbe Ufer beibehalten. Erwünscht ist es, daß der Leinpfad noch beim höchsten schiffbaren Wasserstande benutzbar bleibt, d. h. von ihm nur wenig überflutet wird. Wo dies ohne eine übermäßige Erhöhung der Ufer, die mit den oben erörterten Bedenken verknüpft ist, nicht erreicht werden kann, wird für die höheren Stände zuweilen ein zweiter Leinpfad in einiger Entfernung von dem sich am Ufer befindenden, gewöhnlichen Leinpfad angelegt, s. Abb. 7.

Abb. 7. Leinpfad an der Saar. M. 1:1000.



Die wasserseitige Böschung der erhöhten Ufer und Leinpfade ist durch Berasung, Pflasterung, Steinschüttung oder Besprengung gegen Strömung, Wellenschlag, Eisgang und Beschädigungen durch den Schiffsfahrtsbetrieb zu schützen. Hierbei ist zu beachten, daß die Strömung bei hohen Wasserständen gegen früher infolge der Einschränkung der Querschnitte stärker geworden ist. Die Ufer sind gegen etwaigen Abbruch durch Deckwerke u. s. w. zu schützen, auch können im oberen Teile der Haltung, wo die Schifffahrt leichter durch Sandablagerungen leidet, Bühnen oder Parallelwerke von günstigem Einfluß sein. Bei den älteren Ausführungen der Saar ist z. B. der Leinpfad auf dem linken Ufer mit 2½facher Böschung ausgebaut, indem der Fuß durch ein Steinbankett gesichert wurde, gegen welches sich die im unteren Teile abgepfästerte, im oberen mit Rasen und Weiden versehene Böschung lehnt. Die Krone ist 3.75 bis 4.7 und unter Brücken 3.15 m breit; sie ist durch Kies befestigt und gegen das aus den höheren Seitengeländen durchsickernde Wasser durch Sickerkanäle und Drains gesichert.

An der Unter-Brahe bereitete die Unterhaltung des Leinpfades große Schwierigkeiten, da die aufgebrachtten Erhöhungen in den moorigen Untergrund einsanken und

Auftreibungen der Flusssohle veranlassen; es traten auch streckenweise durch das aus dem natürlichen höheren Ufer hervorquellende Sickerwasser Versumpfungen ein. Auf den der steten Versackung ausgesetzten Strecken wurde der Leinpfad deshalb möglichst leicht aus Faschinen mit oberer Kieslage hergestellt und es wurde durch zahlreiche Riolen (Faschinen mit Steinfüllung) für die Beseitigung des Sickerwassers gesorgt. Der obere Teil der Böschung, der durch die stromaufwärts bewegten Flöße heftig angegriffen wurde, konnte nur durch große Granitfindlinge geschützt werden.

Handelt es sich um eine Wasserstrasse ersten Ranges mit sehr lebhaftem Verkehr, so ist es zweckmäßig, auf jedem Ufer einen etwa 4 m breiten Weg für die Zwecke des Schiffsverkehrs und der Flusunterhaltung anzulegen, auch die Wege mit fortlaufender Einfriedigung zu versehen und besondere Viehtränken einzurichten.

Brücken. Vorhandene oder neu herzustellende Brücken dürfen keine Hindernisse für die nach der Kanalisierung zu erwartende lebhaftere Schifffahrt bilden. Für den Schiffsverkehr ist eine größere Öffnung, in der ein bequemes Begegnen zweier Schleppzüge stattfinden kann, besonders günstig, da Zwischenpfeiler die Übersicht erschweren und bei lebhafter Schifffahrt Störungen oder gar Unfälle veranlassen können. Jede Einschränkung des normalen Flusquerschnitts ist mit Nachteilen verknüpft. Für die leeren Schiffe sind Lichthöhen über dem höchsten schiffbaren Wasserstande von mindestens 4 m bei 600 t-Schiffen, von 3,5 m bei 400 t-Schiffen erforderlich und in nahezu voller Brückenweite erwünscht, namentlich auf Strecken, die in Krümmungen liegen oder wegen der Strömungsverhältnisse der Schifffahrt Schwierigkeiten bieten.

§ 8. Die Wehranlage. Für die Wehranlagen gelten die folgenden Anforderungen:

1. Die Abführung des Hochwassers muß ohne nachteiligen Aufstau erfolgen. Abgesehen von Flüssen mit tief eingeschnittenen Betten, bei denen Hochwasser-Anstauungen keine Benachteiligung der Grundstücke herbeiführen, muß das geöffnete Wehr dem Hochwasser etwa denselben Querschnitt bieten, der sich in normalen Flusstrecken mit gleichem Gefälle findet und für Hochwasser und Eisgang erfahrungsmäßig genügt hat. Zur Verhütung späterer Schadenersatz-Ansprüche sucht man jedoch eine erhebliche Einschränkung des bestehenden Hochwasserquerschnitts zu vermeiden, selbst wenn sie vom hydrotechnischen und kulturtechnischen Standpunkte wohl zulässig erschiene. Wesentlich aus diesem Grunde schwankt die Weite der 12 Oderwehre zwischen 52,8 und 101,2 m, der 5 Mainwehre zwischen 108,4 und 163,8 m. An der belgischen Maas ist bei den meisten Wehren ein Aufstau von 22 cm, bei einzelnen ein solcher von 30 cm zugelassen worden.

2. Das im geöffneten Wehre beim höchsten schiffbaren Stande sich bildende Gefälle muß so gering sein, daß der Schiffsdurchlaß ohne Gefahren benutzt werden kann, daß also keine zu große Geschwindigkeit entsteht.

3. Zur Verhütung der Erhöhung einer Flusssohle ist mindestens ein Teil des Wehres, der Schiffsdurchlaß, in seiner Sohle nicht tiefer als die bisherige mittlere Sohle des Stromstrichs zu legen. Diese Forderung ist auch der Schifffahrt wegen zu stellen, falls sie bei höheren Wasserständen so lebhaft ist, daß das Durchfahren des Wehres, also die Vermeidung der Durchschleusung, erwünscht erscheint.

4. Die beweglichen Teile müssen auch bei Niedrigwasser, wo das Gefälle des Wehres am größten ist, noch leicht zu bedienen und sie müssen ohne erheblichen Zeitverlust zu beseitigen und wieder aufzustellen sein.

5. Die Verschlüsse müssen so dicht sein, daß nach Ableitung der zur Schleusenfüllung u. s. w. benötigten Wassermengen der Aufstau auch bei Niedrigwasser gehalten werden kann.

6. Die beweglichen Teile dürfen nicht zu empfindlich sein, da sie sonst bei der Bedienung oder beim Transport vom Wehre nach dem Ufer oder während sie auf dem Wehrrücken liegen, leicht leiden.

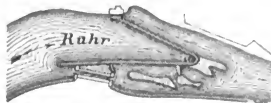
7. Es ist erwünscht, daß die beweglichen Teile möglichst selten ganz geöffnet, bezw. niedergelegt werden, da mit jeder Wiederaufrichtung leicht eine Störung der Schifffahrt verbunden ist. Ferner tritt während der Füllung der Haltungen ein geringerer Wasserabfluß nach den unteren Flußstrecken ein, wodurch Störungen für die Schifffahrt und den Betrieb der Mühlen entstehen können. Aus diesem Grunde muß z. B. das Ablassen der Haltungen der oberen Seine vermieden werden, da bei dem Wiederfüllen der Dampferbetrieb von Paris gestört wird.

8. Endlich ist es wichtig, daß der Betrieb des Wehres auch durch mäßigen Frost nicht beeinträchtigt werde. Falls eine Haltung als Winterhafen benutzt wird, kann die Aufrechterhaltung des Staus auch während des Winters erforderlich sein, wie z. B. auf der Spree in Berlin.

Feste Wehre ohne Grundablässe kommen wegen der Hochwasseranstauung und der allmählich eintretenden Erhöhung der Flußsohle nur bei tief eingeschnittenen Flußbetten in Frage. An der Ruhr sind feste Wehre, aus zwei massiven deklinanten Einbauten bestehend, anfänglich nur zum Zweck der Fischerei angelegt worden (Abb. 8); die zum Einstellen der Netze benutzte Öffnung *a* hat man zu Gunsten der Schifffahrt später geschlossen und neben dem Wehre wurde eine Schleuse angelegt. Auch in der Lahn sind feste massive Wehre an den Punkten errichtet worden, wo die Fahrtiefe wegen zu starken Gefälles gar zu gering war. Insbesondere gehört hierzu die im Jahre 1879 hergestellte Wehr- und Schleusenanlage bei Kalkofen (Taf. IX, Abb. 5 bis 8). Die Krone solcher festen Wehre liegt in geringer Höhe unter dem Stauspiegel, die Länge muß so bestimmt werden, daß der zulässige Stau bei Hochwasser nicht überschritten wird. Aus diesem Grunde und um zu verhüten, daß die vom Wehre kommende Strömung weder die Ufer abreche, noch der Bewegung der Schiffe beim Einfahren in die Schleuse hinderlich sei, sind feste Wehre oft im Grundrifs bogenförmig, die ausbiegende Seite flussaufwärts gerichtet (Taf. IX, Abb. 5), oder aus zwei im spitzen Winkel zusammenstossenden Werken hergestellt.

Abb. 8. Stauanlage in der Ruhr.

M. 1 : 7500.

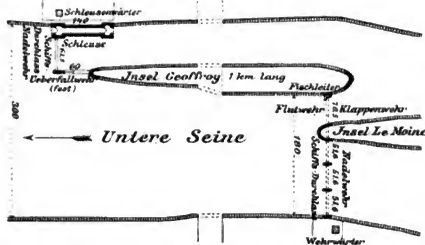


Bei den neueren Kanalisierungen sind überall bewegliche Wehre erbaut, denen in wenigen Fällen, z. B. bei den älteren Anlagen der Maas-Kanalisierung in Belgien (Taf. IX, Abb. 4) und bei dem oberhalb Rouen gelegenen Seine-Wehre von Martot (Textabb. 9) auch feste, in der Achse des Flusses gelegene Wehre beigefügt sind.

Beim Wehre zu Grandes Malades (Taf. IX, Abb. 4) befindet sich der Überfall zwischen zwei Nadelwehren; beim Wehre zu Martot mußten drei Arme der Seine geschlossen werden; es ist dies durch zwei Schiffsdurchlässe (Nadelwehre), ein Flutwehr (Klappenwehr) und einen in der Richtung des Flusses liegenden festen Überfall bewirkt worden. Die Überfallwehre sollen plötzlich eintretenden Hochfluten vorläufigen Abfluß gewähren und namentlich ein Überfluten der niedrigen Arbeitsbrücken der Nadelwehre verhüten. In beiden Beispielen liegt das feste Überfallwehr mit der Krone etwa 0.1 m

unter normalem Stauspiegel. Dasselbe ist mit einer Laufbrücke auf umlegbaren Stützklappen versehen, trägt aber zur Vergrößerung des Hochwasser-Durchflusquerschnittes

Abb. 9. Stauanlage bei Martot (Untere Seine).



bessere Einrichtung des Hochwasser-Melddienstes, sowie durch die telegraphische und telephonische Verbindung der Anlagen miteinander und den oberen Stellen des Flusses sind die Überfälle, als Sicherheitsventile gegen plötzlich eintretende Fluten, in der Regel entbehrlich geworden. Neuerdings sind sie von Prüssmann behufs Ausnutzung der Wasserkraft der Staufstufen vorgeschlagen, vergl. § 4.

Das Wehr wird jetzt in der Regel in seiner ganzen Erstreckung beweglich derart eingerichtet, daß es in geöffnetem Zustande bei Hochwasser nur eine geringe Beschränkung des Durchflusprofils herbeiführt, also nur einen geringen Aufstau veranlaßt und die Bewegung der Sinkstoffe wenig stört. Nur der Schiffsdurchlaß größerer Wehre wird gewöhnlich mit möglichst tief liegendem Rücken ausgeführt, mindestens in der Höhenlage der seichten Stellen des Fahrwassers, der sogenannten Schwellen, während der andere Teil, das Flutgerinne oder Flutwehr, im Rücken höher liegt, damit die beweglichen Teile leichter bedient werden können.

Der Schiffsdurchlaß befindet sich neben der Schleuse oder auch in der Linie des bisherigen Stromstrichs und wird zu Zeiten, wo das Wehr geöffnet ist, aber noch Schifffahrt besteht, also bei schwachem Hochwasser, sowie bei Ausbesserungen der Schleuse benutzt. Wird der Schiffsdurchlaß höher als die Schwellen des Fahrwassers gelegt, so kann er von denjenigen Schiffen, die die Fahrtiefe voll ausnutzen, nicht befahren werden; diese sind dann auf die Schleuse angewiesen, erleiden also einen erheblichen Zeitverlust. Es liegen z. B. die meisten Schiffsdurchlässe der oberen Seine, Yonne und Marne 0,6 bis 0,7 m, der unteren Seine und Saône 0,8 m, der Oder durchschnittlich 0,7 m, des Maines 0,6 m unter dem bisherigen Niedrigwasserspiegel.

Die Weite des Schiffsdurchlasses muß, um Gefahren beim Begegnen zweier Schiffe zu vermeiden, mindestens gleich drei Schiffsbreiten sein, gewöhnlich wird sie aber zur bequemeren Ausübung der Schifffahrt und besseren Fortführung der Sinkstoffe, sowie namentlich auch aus Kostenrücksichten, um dem Flutgerinne eine geringere Weite geben zu können, erheblich größer gewählt; sie beträgt z. B. an der Oder 25 m, am Main 47 bis 59 m, an der oberen Seine 40,4 bis 65,1 m und an der Moldau 40 bis 65 m. Bei der Bedienung des Wehres sind die Öffnungen für das überschüssige Wasser auf das ganze Wehr einschließlich des Durchlasses zu verteilen, damit sich die Strömung gleichmäßig ausbilde und nicht einzelne Teile des Abfallbodens stärker abgenutzt werden.

nicht erheblich bei, so daß die Weite der beweglichen Wehre durch die Hinzufügung eines solchen Überfalls nur wenig vermindert wird. Die erwachsenden Kosten sind jedoch groß und die vom Überfall kommende Strömung versetzt das gegenüberliegende Ufer bei Flüssen von geringerer Breite in Abbruch oder erschwert die Einfahrt der Schiffe in die Schleuse. Durch

Das Flutgerinne oder Flutwehr sollte im Rücken so niedrig gelegt werden, wie es in Rücksicht auf die Bedienung der beweglichen Teile irgend möglich ist. Je tiefer es liegt, um so kleiner kann die Weite sein, um so geringer sind die Kosten und die Störungen der Sinkstoffbewegung. Von Einfluss ist es auch, ob plötzliche Schwankungen des Wasserstandes, die ein rasches Beseitigen der beweglichen Teile erfordern, oft vorkommen. Bei den älteren französischen Kanalisierungen ist das Flutwehr vielfach höher als der ungestaute Niedrigwasserspiegel gelegt, während es bei den neueren beweglichen Wehren etwa in Höhe des ungestauten Niedrigwassers liegt; z. B. an der Oder 0,2 m unter Niedrigwasser oder 0,5 m höher als die Schiffsdurchlässe, am Main etwa in Höhe des Niedrigwasserspiegels oder 0,6 m höher als die Schiffsdurchlässe.

Bei kleineren Flüssen ist es der Einfachheit halber vorzuziehen, den Wehrrücken in seiner ganzen Erstreckung in derselben Tiefenlage, nämlich derjenigen des Durchlasses, herzustellen und selbst bei größeren Flüssen gewährt dies manche Vorteile. Man kommt dann mit einer geringeren Weite aus und die beweglichen Teile sind in denselben Abmessungen zu beschaffen und zu unterhalten, auch sind weniger Ergänzungsstücke vorzuhalten. Bei den Kanalisierungen der Saar und Mosel ist in dieser Weise verfahren; die beiden Öffnungen sind gleich hoch gelegt und zwar bei den drei älteren Saar-Wehren nur 1,6 m unter Stauspiegel, 0,3 m über Oberdrempe, 2,4 m über Unterdrempe, so dass sie als Schiffsdurchlässe nicht dienen können. Die Rücken der drei neueren Wehre liegen 1,9 m unter Stauspiegel, 0,3 m über Oberdrempe, 1,8 m über Unterdrempe, also gleichfalls sehr hoch. Der Wunsch, kurze, leichte Nadeln zu bekommen, ist für diese Höhenlage maßgebend gewesen. Bei den Schützenwehren der Netze und Spree sind Schiffsdurchlässe gleichfalls nicht angelegt.

Das Verhältnis der Weite des Flutgerinnes zu der des Schiffsdurchlasses kann auch durch die beweglichen Teile beeinflusst werden. Vergleiche die Mitteilungen über die Schwierigkeiten bei der Bedienung der Maas-Wehre in § 10.

Bei größeren Flüssen müssen mehrere Öffnungen von je 50 bis 100 m Weite, die durch 3 bis 4 m starke Zwischenpfeiler getrennt sind, angelegt werden. Die Gesamtweite bestimmt sich aus der Hochwassermenge und dem bei Hochwasser noch zu gestattenden Aufstau.

§ 9. Bewegliche Wehre, insbesondere Schützenwehre.¹³⁾ Die wichtigeren Arten der beweglichen Wehre sollen hier bezüglich ihrer Verwendung bei Flussskanalisierungen besprochen werden. Betreffs der Einzelheiten der Konstruktion wird auf den (z. Zt. noch nicht erschienenen) II. Band verwiesen, in dessen Ermangelung Sonne u. Esselborn, Elemente des Wasserbaus, Leipzig 1904, zu Rate gezogen werden kann.

Schützenwehre. Die seit älterer Zeit für Mülhgerinne, Freiarchen, Einlafs-schleusen, Stauschleusen u. s. w. mit Recht beliebten Schützenwehre sind in neuerer Zeit bei Kanalisierungen nur selten gewählt worden, obgleich die Beweglichkeit durch Einführung von Rollen¹⁴⁾ an den Schütztafeln erhöht und die Freimachung größerer Weiten durch die Anordnung drehbarer Pfosten, an Stelle der Griessäulen, erleichtert

¹³⁾ Vortrag von H. Garbe in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 388; ferner daselbst 1890, S. 703. — Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1890, S. 661.

¹⁴⁾ Am Manchester-Schiffahrtskanale befinden sich Schütztafeln mit Rollen von 9 m Weite, 7,8 m Höhe. Engineering 1891, S. 25. — Rollenschütz der Woltersdorfer Schleuse von Tolkmitt, Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 413. — Wehr mit geteilten Schützen. Ann. des ponts et chaussées 1894, S. 32.

ist. Eine Ausnahme bilden die Schützenwehre der Netze und der Spree, bei denen der Eisgang nur unbedeutend ist, der Stauspiegel aber auch im Winter gehalten und eine große Dichtigkeit, insbesondere beim Berliner Wehr, gefordert werden mußte.

Die nachstehend aufgeführten, großen Vorzüge der Schützenwehre dürfen nicht unterschätzt werden.

1. Sie sind nicht empfindlich gegen Stöße oder Eis und ihr Zustand läßt sich leicht untersuchen, weil die beweglichen Teile mit ihren Lagern u. s. w. sich an wasserfreien, zugänglichen Punkten befinden und nicht auf den Wehrrücken niedergelegt werden, wo sie durch Geschiebe, schwimmende Körper oder Eis beschädigt werden können, auch durch Anker oder Ketten, welche der Schiffer, allerdings entgegen den Vorschriften, zuweilen schleppen läßt, um die Steuerfähigkeit des talwärts treibenden, nur von der Strömung bewegten Fahrzeuges zu erhöhen.

2. Es kann ein Überfluten der Schütztafeln in der ganzen Breite des Flusses eintreten, so daß unerwartete Anschwellungen, wie bei einem Überfallwehre, Abfließen finden, und schwimmende Körper fortgeführt werden. Bei den Nadelwehren besteht die Gefahr, daß bei unerwarteten Anschwellungen die Arbeitsbrücke überflutet wird, so daß das Öffnen des Wehres überhaupt nicht oder nur unter Gefahren möglich ist.

3. Bei geteilten Schütztafeln kann das Regeln des Stauspiegels sehr leicht erfolgen, da es an der Oberfläche, also bei geringem Wasserdruck, bewirkt wird. Dasselbe erfordert keine Geschicklichkeit und ist gefahrlos, kann daher auch von unkundigen Hilfskräften ausgeführt werden.

4. Eine vorübergehende Erhöhung des Stauspiegels, die in sehr trockener Zeit erforderlich werden kann, ist durch Hinzufügung von etwa 0,25 m hohen, ohne Winde zu bewegenden Tafeln leicht zu erreichen.

5. Die Schützen besitzen eine große Dichtigkeit, was bei Flüssen mit geringer Niedrigwassermenge, z. B. der Spree, von Bedeutung ist.

6. Der Wehrrücken trägt keine Lager u. s. w., ist daher keinen Zugkräften ausgesetzt und kann deshalb einfacher und billiger als bei Nadel- oder Klappenwehren konstruiert werden.

7. Die Bedienung der Schützen bereitet auch bei Frost keine Schwierigkeiten, so daß eine Aufhebung des Staus wegen Frostes, wie dies bei den Nadelwehren erforderlich, nicht nötig wird. Dieser Umstand ist von sehr großer Wichtigkeit, falls es auf die Erhaltung eines möglichst gleichmäßigen Stauspiegels wegen vorhandener Triebwerke, Bewässerungs- oder Hafenanlagen u. s. w. ankommt. Er ist auch für die Schifffahrt von großer Bedeutung, da der Frost oft nur einige Tage anhält und die Schifffahrt alsdann gar nicht oder nur kurze Zeit ruht, während das Niederlegen und Wiederaufrichten der beweglichen Teile Störungen hervorruft.

8. Die Konstruktion eignet sich auch für sehr große Gefälle. Bei dem Wehre zu Poses an der unteren Seine, welches sieben Öffnungen von je 30,16 m Weite besitzt, beträgt das Gefälle 4,18 m, während es bei den gewöhnlichen Nadel- und Klappenwehren wegen der schwierigen Bedienung nicht gern größer als etwa 2,5 m gewählt wird.

9. Die Wiederherstellung des Staus ist zu allen Zeiten leicht möglich, während das Aufrichten von Klappen erst bei verminderter Strömung ausführbar ist, gewöhnlich erst, nachdem das Hochwasser sehr stark, sogar unter den Normalspiegel abgefallen ist. Es konnten z. B. bei der Maas in Belgien, bei der eine Fahrtiefe von 2,1 m durch die Kanalisierung erreicht werden soll, die Aufrichtung der Klappen der Schiffsdurchlässe erst erfolgen, nachdem der abfallende Hochwasserspiegel nur noch 1,5 m Fahrtiefe gewährte.

10. Die Arbeitsbrücke, die für die Bewegung der Schützen und Griesständer unentbehrlich ist, gibt oft auch gewünschte Gelegenheit zur Benutzung als Verkehrsbrücke.

Das Schützenwehr älterer Konstruktion mit durchgehendem Griesholm ist aber ungeeignet für Flüsse mit stärkerem Eisgang, da es zu geringe Durchlafweiten gewährt. Es ist auch bei Flüssen mit schwächerem Eisgang, falls das Hochwasser sich erheblich über den Wehrrücken erhebt, wenig geeignet, weil Griesholm und Arbeitsbrücke über Hochwasser liegen müssen, die Beseitigung der Losdrempe sehr schwierig ist, die Kosten auch bedeutend werden. Die Schützenwehre mit Drehpfosten, bei denen die letzteren an den Untergurt einer durchgehenden eisernen Brücke gehängt sind, lassen sich zwar in den größten Weiten und mit dem größten Gefälle ausführen, sind aber sehr kostspielig.

Beispiele derartiger Ausführungen sind: Das oben erwähnte Wehr zu Poses, das Wehr an der Mündung des Wiener Donau-Kanals und das Wehr im Schiffsdurchlafs in der Moldau bei Mirowitz (Abb. 8 bis 10, Taf. X).¹⁵⁾

Ein hervorragendes Beispiel aus neuerer Zeit ist das Schützenwehr bei Herbrum (Abb. 3 bis 5, Taf. X), das unterste Stauwerk der Ems-Kanalisation. Da die Flut bis an das Wehr herantritt, mußte eine nach beiden Seiten kehrende Absperrvorrichtung hergestellt werden und es wurde, namentlich um schnelle Freilegung des Durchflusquerschnitts zu ermöglichen, ein Schützenwehr mit möglichst großen Öffnungen gewählt.

Die zu 51,0 m ermittelte Lichtweite ist in sechs Öffnungen von je 8,5 m eingeteilt. Die Strompfeiler tragen eine 2,8 m breite Laufbrücke, welche, um die Schützen genügend hochwasserfrei heben zu können, auf + 8,00 m NN. gelegt ist. Die übrigen Höhen gehen aus Abb. 4, Taf. X hervor. Dasselbe gilt von der Anordnung der Schütztafel. Das Schütz wird in Schlitzten des Mauerwerks so geführt, daß der Überdruck des Unterwassers jederseits durch zwei Stützrollen dem Mauerwerk übermittelt wird. Die Schütztafeln tragen bewegliche Klappen, durch welche der Stau nötigenfalls um 0,3 m erhöht werden kann. Zur Erleichterung der Bewegung ist die Last der Schützen durch Gegengewichte ausgeglichen, ferner laufen sie behufs Vermeidung der gleitenden Reibung auf Rollen.

Die Schützen selbst werden von Zahnstangen getragen, in welche die Triebräder der in der Mitte jeder Wehroffnung aufgestellten Winden eingreifen. Die Rollenleitern haben je zehn Walzen von 90 mm Durchmesser, sie werden ihrem bei der Hebung des Schützes zurückgelegten, kleineren Wege entsprechend durch Ketten gehoben, die einerseits am Schütz, andererseits an der Laufbrücke befestigt sind und die Leitern mittels Kettenrollen am Kopfe nachziehen.

Sonstige Einzelheiten und Mitteilungen über die sehr schwierige Ausführung des Baues bringt die unten vermerkte Quelle.¹⁶⁾

§ 10. Neuere bewegliche Wehre. Bei mittleren und größeren Flüssen, namentlich bei allen Flüssen mit stärkerem Eisgang, verdienen die neueren beweglichen Wehre wegen ihres günstigen Verhaltens bei Hochfluten und Eisgang und wegen ihrer Billigkeit in der Regel den Vorzug vor den Schützenwehren. Da bei den meisten die Hauptteile auf die Sohle niedergelegt werden und die wenigen massiven Pfeiler sich

¹⁵⁾ Viktor Mayer, Die Staustufe zu Mirowitz. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 687.

¹⁶⁾ Der Bau des Dortmund-Ems-Kanals. Zeitschr. f. Bauw. 1901, S. 377.

nur etwa 0,6 m über den gewöhnlichen Stauspiegel erheben, tritt bei Hochwasser eine äusserst geringe Beschränkung des Durchflussquerschnittes ein.

A. Nadelwehre.

In Deutschland sind die Nadelwehre wegen ihrer grösseren Betriebssicherheit, Einfachheit und Billigkeit den Klappenwehren sowohl an der Saar, als auch später an der Brahe, am Main, an der Oder, Fulda und Ems vorgezogen worden. Durch beliebiges Herausnehmen einzelner Nadeln an den verschiedensten Stellen des Wehres ist die Regelung des Wasserstandes leicht zu bewirken, namentlich ist auch zu erreichen, dass sich der Abfluss gleichmässig verteilt und nicht zum Nachtheile des Flusses und des Wehrkörpers nebst Sturzbett auf einzelne Punkte vereinigt wird. Es ist auch eine vorübergehende Erhöhung des Stauspiegels um etwa 25 cm, die bei Kleinwasser, bei Versandungen u. s. w. erwünscht sein kann, leicht herzustellen.¹⁷⁾ Die Laufbrücke ist sowohl aus diesem Grunde, als namentlich deshalb nicht zu tief zu legen, um auch bei Anschwellungen einen etwas höheren Stau vorübergehend zuzulassen und die Böcke nicht sogleich legen zu müssen.

Die Nadelwehre haben allerdings folgende Mängel:

1. Bei Frost frieren die Nadeln zusammen, weshalb ein frühzeitiges Herausnehmen derselben und selbst ein Niederlegen der Böcke erforderlich wird, da dies bei stärkerem Frost wegen des sich auf dem Wehrrücken bald bildenden Eises später sehr erschwert wird. Das Zusammenfrieren der Nadeln tritt um so rascher ein, je näher sie behufs Verminderung der abfließenden Wassermenge gestellt werden müssen. Bei mittlerem Zufluss ist es bei -5° und anhaltender Kälte zu erwarten, wenn auch in den unteren Schichten die Zwischenräume zwischen den Nadeln infolge der heftigen Strömung noch geraume Zeit frei bleiben, bis auch sie durch treibendes Schlammeis geschlossen werden. An der Unter-Brahe werden die Wehre gewöhnlich beim Beginn der Kanalsperre (1. Dez. bis 1. April) niedergelegt, bei frühzeitig eintretendem Frost jedoch schon früher. Als dies in Rücksicht auf einige tiefgehende Schiffe, welche verspätet auf der Brahe eintrafen, einmal verschoben war und strenger Frost eintrat, glich das Nadelwehr nach einigen Tagen einem starrenden Eiswalle, dessen Eismassen vorsichtig losgestemmt werden mussten; die Nadeln eines jeden Feldes waren zu einer dichten Eisscholle zusammengefroren und mussten felderweise zum Abtreiben gebracht werden.

2. Das Herausnehmen und Wiedereinstellen der Nadeln beansprucht weit mehr Zeit als das Öffnen und Schliessen der Schützen, das Umlegen und Wiederaufrichten Chanoine'scher Klappen oder die Bewegungen der Trommelwehrklappen.

3. Während die anfänglich von Poirée benutzten, nur 2 bis 2,5 m langen, 6 bis 7 cm starken Nadeln leicht zu handhaben waren, erfordern die später bei grösserem Gefälle verwandten Nadeln von 4 bis 5 m Länge und 8 bis 10 cm Stärke erhebliche Kraft und Geschicklichkeit. Man reicht bei grossen Anlagen, selbst wenn eine Beanspruchung der Nadeln von 150 bis 170 kg f. d. qcm zugelassen wird, nicht mit 10 cm starken, 30 kg schweren Nadeln aus, so dass die Bedienung mit grossen Schwierigkeiten und selbst Gefahren verknüpft und ihre Anwendung begrenzt ist.

¹⁷⁾ Berichte von Koloff und Fendius auf dem Schifffahrtkongress Brüssel 1898 über Erhöhungen des Stauspiegels an bestehenden Wehren der Oder und Maas. Auch Berichte über die Befestigung der Wehrunterbauten daselbst.

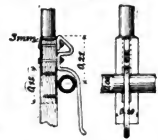
Eine rasche Beseitigung der Nadeln ist zwar durch die Erfindung des belgischen Ingenieurs Kummer¹⁸⁾ zu bewirken, bei der sich die Nadeln gegen einen drehbaren oberen Arm lehnen und die Öffnung zwischen zwei Wehrböcken nach Drehung einer vertikalen Achse mit ausgeschnittenem Zylinder frei wird. Diese Anordnung ist zuerst bei den Durchlässen der Maas-Wehre oberhalb Namur angewandt (Taf. IX, Abb. 1 bis 3), deren Sohle etwa 3,1 m unter Stauspiegel liegt, später auch bei der Brahe, am Main und in der Moldau. Es ist jedoch das Einstellen der Nadeln zeitraubend und nicht ohne Gefahr, erfordert namentlich Kraft und Geschicklichkeit, da sich der Arbeiter tief bücken und gleichzeitig eine große Kraft ausüben muß. Sie hat auch den Nachteil, daß das Sturzbett länger und stärker hergestellt werden muß, weil es bei der plötzlichen Freimachung einer ganzen Öffnung durch den Stofs der großen Wassermenge stark angegriffen wird. Ferner ist eine größere Höhe der Wehrböcke nötig, damit die Nadeln unter dem Laufstege durchschwimmen können.

Als einfach und durchaus praktisch hat sich aber die von Guillemain angegebene, zuerst beim Loire-Wehre zu Roanne und dann beim Marne-Wehre zu Joinville angewandte, sowie beim Seine-Wehre zu Port à l'Anglais oberhalb Paris erprobte Einrichtung erwiesen¹⁹⁾, bei der jede Nadel mit einem Haken versehen wird, mit dem sie um die abgerundete obere Stange frei schwingt, sofern sie gehoben, aber nicht herausgenommen wird; daß die Winde zum Herausnehmen der Nadeln später durch einen gewöhnlichen Hebel ersetzt ist, sei nebenbei bemerkt. Diese Einrichtung ist auch bei den meisten Flutwehren der oberen Seine, sowie bei den Wehren der Oder (Abb. 10) und Fulda, bei vier Wehren der Ems, bei dem Wehr im Main bei Offenbach und bei einem Teil der Moldauwehre und zwar sowohl für die Flutwehre, wie für die Schiffsdurchlässe zur Anwendung gebracht, nachdem sie bereits vorher beim Wehre zu Cosel mit Erfolg ausgeführt war. Das Herausziehen der Nadeln erfolgt mittels eines leichten Hebels, das Einsetzen derselben ohne Vorrichtung. An der Seine ist die Arbeitsbrücke mit Gleisen versehen, die bis in den Schuppen führen, um die Nadeln mittels Wagen leicht zu befördern; das Herausnehmen von 100 Nadeln von 3,5 m Länge erfordert 10 Minuten, ihre Beseitigung u. s. w. noch 50 Min.²⁰⁾, also eine erhebliche Zeit.

4. Der Umstand, daß das Wasser die Nadelwehre nicht überfluten, mithin bei unerwartet eintretenden Anschwellungen Überschwemmungen der niedrig liegenden Arbeitsbrücke hervorrufen kann, ist bei Flüssen mit rasch wechselnden Wasserständen als ein wesentlicher Übelstand anzusehen und hat an der Maas unterhalb Namur zu der Hinzufügung eines Überfallwehres, dessen Krone etwa in Höhe des gewöhnlichen Stauspiegels liegt, geführt, s. Taf. IX, Abb. 4.

5. Ferner wird die Undichtigkeit der Nadeln als ein Mangel für Flüsse mit sehr geringen Wassermengen angesehen, doch ist es in der Neuzeit gelungen, die Nadeln durch geeignete Geräte (Hebel) dicht aneinander zu pressen und die noch verbleibenden Fugen mittels Kohlenasche und Sägespänen zu dichten.²¹⁾

Abb. 10. Hakennadeln der Oder-Kanalisation.



¹⁸⁾ HANS, Canalisation de la Meuse.

¹⁹⁾ Ann. des ponts et chaussées 1881, II. S. 220.

²⁰⁾ Ann. des ponts et chaussées 1883, I. S. 645.

²¹⁾ Mitteilung von Roloff, Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 201 und in den Verhandlungen des Brüsseler Schiffahrts-Kongresses. — Über die Verwendung eiserner Röhren an Stelle hölzerner Nadeln vergl. die Mitteilung von Lieckfeldt im Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 302 u. 52, sowie Zeitschr. f. Bauw. 1894, S. 295.

B. Wehre mit Schütz- oder Rolltafeln vor Nadelwehrböcken.

Die angeführten Mängel der gewöhnlichen Nadelwehre hat man dadurch zu vermeiden gesucht, dafs man nach dem Vorschlage von Boulé²⁷⁾ Schütztafeln vor die Nadelwehrböcke stellte. Diese Vereinigung der Schütz- und Nadelwehr-Konstruktion besitzt die meisten Vorzüge beider Weharten und eignet sich namentlich für gröfsere Gefälle, sowie für Flüsse mit rasch wechselnden Zuflüssen. Sie ist 1874 erprobt bei der 28,7 m weiten, linksseitigen Öffnung des Wehres zu Port à l'Anglais oberhalb Paris, dessen Böcke 4,75 m hoch, 1,1 m entfernt sind und ein größtes Gefälle von 3,1 m aufnehmen, indem eichene Schütztafeln von 1,3 m Höhe, 1,08 m Breite, 8 bzw. 6 cm Stärke übereinander verwandt wurden, deren Ausziehen und Einsetzen durch eine fahrbare Winde erfolgt. Der Reibungskoeffizient der Ruhe betrug beim Gleiten von Eisen auf Eisen in der Walzrichtung 0,41 bis 0,49, nahm aber während der Bewegung rasch ab.

Die Tafeln sind wenig empfindlich und werden mittels kleiner, auf Gleisen der Arbeitsbrücke laufenden Wagen nach den Ufern gefördert. Es können plötzlich eintretende Anschwellungen über die Schützen abfluten, die größten Gefälle lassen sich überwinden, da die Tafeln etwa nur 1 m freiliegen und sich mittels Winden leicht bedienen lassen. Es ist auch ein dichter Verschluss zu erreichen und das Zusammenfrieren weniger zu befürchten, als bei Nadeln. Zur leichteren Regelung des Stauspiegels erhalten die obersten Tafeln nur 0,2 bis 0,25 m Höhe, so dafs sie ohne Winde von Hand zu bedienen sind. Bei der Beseitigung des Verschlusses werden zuerst diese niedrigen, dann die sich unter ihnen befindlichen Tafeln u. s. w. entfernt, so dafs die untersten Tafeln erst bei stark gestiegenem Unterwasser gezogen werden.

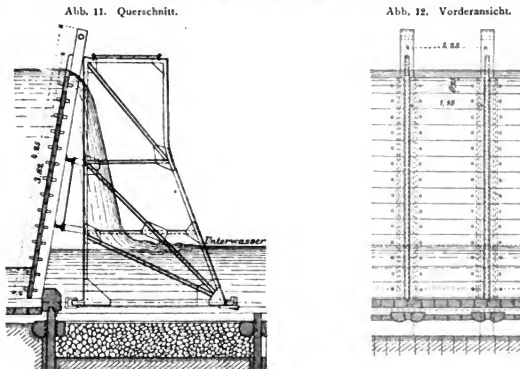
Der erheblichste Mangel dieser Boulé'schen Wehre besteht darin, dafs die 1 bis 1,5 m hohen Tafeln zur Bedienung zweier Arbeiter bedürfen, die bei kleiner Wehren nicht zur Verfügung stehen, denn es beträgt das Gewicht einer 1,1 m breiten, 1,3 m hohen Tafel 110 bis 120 kg. Sie erleidet, falls sie sich unter der 0,2 m hohen Tafel befindet, einen Wasserdruck von $\frac{1}{2} (0,2 + 1,5) \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1000 = 1215 \text{ kg}$, so dafs unter Berücksichtigung der Neigung des Bockes eine Reibung von über 500 kg zu überwinden ist. Von geringerer Bedeutung ist es, dafs die Böcke den ganzen Wasserdruck aufnehmen, deshalb weit schwerer als bei Nadelwehren konstruiert werden müssen, weshalb die Aufrichtung an der unteren Seine mittels einer Kette ohne Ende, an der die Böcke befestigt sind, und einer Winde erfolgt. Der Umstand, dafs die unteren Tafeln selten gezogen werden, ist zwar günstig für den Wehrkörper, kann aber nachteilig für die Sinkstoffabführung werden. Auch hier müssen die Böcke wegen des auf dem Wehrrücken bei strengem Froste sich bald bildenden Eises oft frühzeitiger, als es erwünscht ist, niedergelagt werden. Das Flutwehr zu La Mulatière bei Lyon und Teile des Wehres von Suresnes, unterhalb von Paris, sowie das Wehr im Schiffsdurchlafs der Stauanlage in der Moldau bei Libschitz (Abb. 11, Taf. X) sind gleichfalls mit Schütztafeln vor Poiré'schen Böcken ausgestattet. Diese haben in Suresnes bis 6,06 m Höhe und 1800 kg Gewicht; die Tafeln sind zusammen 5,18 m hoch, 1,25 m breit, bei einem Gefälle von 3,27 m, ausnahmsweise sogar von 3,6 m; die Böcke des 72,4 m weiten Durchlasses werden in drei Stunden mittels Kette und Winde niedergelegt oder aufgerichtet.

Bei der Kanalisierung der Moskwa in Rußland sind von Janicki 1876 statt der Schütztafeln hölzerne Bohlen von 25 cm Breite, 7 cm Stärke, 1,15 m Länge ver-

²⁷⁾ Ann. des ponts et chaussées 1876, März. — Wehr von Big-Sandy. Ann. des travaux publ. 1898.

wandt (Abb. 11 u. 12), die sich gegen schräge Stiele lehnen, mittels Leinen und Haken herausgezogen und mittels gabelartiger Hakenstangen hinabgestoßen werden, wozu gewöhnlich vier Arbeiter erforderlich sind.

Abb. 11 u. 12. Wehr in der Moskwa.



Beachtenswert sind die im Jahre 1895 am Wehr zu Marolles oberhalb Montereau auf Lavollée's Veranlassung angestellten Versuche²⁵⁾, die Schütztafeln derart abzuändern, daß sie von einem Arbeiter gehandhabt, also auch bei kleineren Wehranlagen verwandt werden können. Man gelangte zu den in Abb. 13 u. 14 dargestellten Tafeln von 0,4 bis 0,5 m Höhe, 4,5 cm Stärke, die mit vier bronzenen, auf stählernen Kugeln laufenden Rollen an der Vorderfläche und mit vier bronzenen Rollen an den Seiten ausgestattet sind. Der Arbeiter bedient sich nur einer Stange mit Haken beim Herausziehen und zum Teil auch beim Einsetzen der Tafeln, die allerdings, damit die Reibung gering bleibt, sehr sorgfältig gearbeitet und unterhalten werden müssen und nicht die Dichtigkeit gut gearbeiteter Nadeln besitzen. Das Wehr hatte bis 2,3 m Gefälle, der Verschluss der Versuchsöffnung war 3,1 m hoch und wurde aus der obersten 0,2 m hohen, 2,5 cm starken und den acht unteren, mit Rollen ausgestatteten Tafeln von 0,3 bis 0,5 m Höhe gebildet. Es erforderte das Beseitigen der neun Tafeln $1\frac{1}{2}$, das Einsetzen $2\frac{1}{2}$, zusammen 4 Min., während bei zwölf Hakennadeln einer anderen Öffnung von 9 cm Stärke, 4 m Länge, 3,4 m Freilage $8\frac{1}{4}$ Minuten erforderlich waren.

Wehre mit dem von Caméró erfundenen, im Jahre 1876 zuerst beim Seine-Wehre zu Notredame de la Garenne eingeführten Verschluss durch Rolltafeln (Abb. 15), deren Auf- und Abwärtsbewegung durch eine Kette ohne Ende mittels Winde erfolgt, sind gleichfalls als Schützenwehre anzusehen. Diese Rolltafeln sind namentlich bei den Wehren zu Poses und Suresnes an der unteren Seine, die 4,18 bzw. 3,6 m Gefälle haben, zur Anwendung gekommen, bei dem ersteren vor drehbaren Pfosten, bei dem

²⁵⁾ Sur l'emploi de vannettes à galets avec roulement sur billes, par Wender, Ann. des ponts et chaussées 1896, I. S. 516.

letzteren vor Nadelwehrböcken. Sie haben gegenüber dem Verschluss mit Schütztafeln erhebliche Mängel. Sie sind nämlich teuer, sehr empfindlich, daher auch weniger betriebssicher und kostspielig in der Unterhaltung, verschieben sich leicht beim Hinablassen und erfordern bei größerem Gefälle einen erheblichen Kraftaufwand, da der untere, zuerst aufzurollende Teil am Boden den vollen Wasserdruck erleidet. Falls eine Tafel bei großem Gefälle und niedrigem Unterwasser aufgerollt wird, so drückt sich auch die Kette in die schmalen Holzleisten ein, aus denen die Tafel mittels zahlreicher Gelenke zusammengesetzt ist. Ferner greift alsdann die heftige Strömung, die sich über dem, nur mit einer geringen Wasserschicht bedeckten Wehrboden entwickelt, diesen nebst Sturzbett heftig an, so daß ein langer, kräftiger Wehrkörper mit solidester Abdeckung erforderlich ist. Das Abnehmen einer Rolltafel, die beim Durchlaß von Suresnes 5,18 m hoch, 1,25 m breit ist und 700 kg wiegt, ist umständlich, das

Abb. 13 u. 14. Schütztafel mit Rollen und Kugellagern.

Abb. 13. Ansicht. M. 1:15.

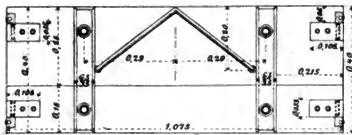
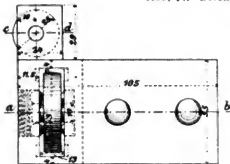
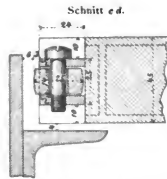


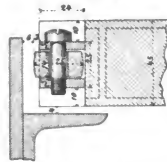
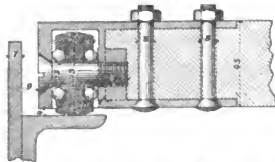
Abb. 14. Beschlag. M. 0,4.



Schnitt a b.

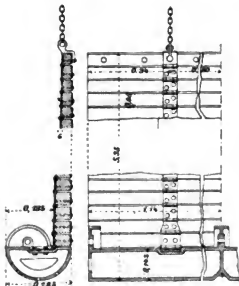


Schnitt c d.



Verbringen nach dem Ufer und die Lagerung daselbst muß sehr sorgsam geschehen, ebenso der Rücktransport und die Wiederaufstellung. Sie bedürfen auch vorher einer Reinigung von Blättern und sonstigen schwimmenden Körpern, die zwischen die Leisten geraten sind.

Abb. 15. Rolltafel des Wehres zu Poses.



In Suresnes hat man die 1,25 m weiten Felder des Durchlasses abwechselnd mit Schütz- und mit Rolltafeln geschlossen (Abb. 16 u. 17). Die Regelung des Wasserstandes erfolgt gewöhnlich nur mittels der leicht zu bewegenden Schütztafeln an der Oberfläche des Stausiegels, die Rolltafeln werden erst bei höheren Anschwellungen gezogen, nachdem das Unterwasser erheblich gestiegen, der Wehrboden mit einer höheren Wasserschicht bedeckt ist und das Aufwinden leichter, sowie ohne Beschädigung

Abb. 16 u. 17. Schiffsdurchlaß zu Suresnes (Untere Seine).

Abb. 16. Vorderansicht.

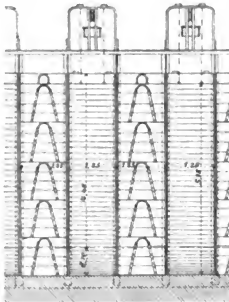
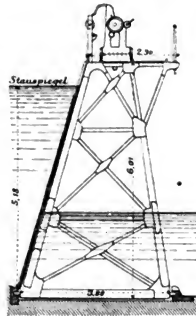


Abb. 17. Querschnitt.



der Leisten erfolgen kann. Sie verbleiben aber zunächst in aufgerolltem Zustande und werden erst abgenommen und nach dem Lagerplatz am Ufer befördert, wenn ein Überfluten der Arbeitsbrücke zu befürchten ist.

In Deutschland, wo bei den Kanalisierungen nur mäfsige Gefälle zu überwinden waren, bei denen man noch mit Nadeln auskam, sind die Schütztafeln Boulé's und die Rolltafeln Caméré's bis jetzt nicht verwendet worden.

C. Klappenwehre.

Für die Anordnung der Klappenwehre kann auf Taf. IX, Abb. 9 bis 12, verwiesen werden. Hier sei bemerkt, dafs sie bei dem in den Jahren 1879 bis 1882 bewirkten Umbau der Wehre der oberen Seine nach verschiedenen Richtungen verbessert sind. Man legte die Oberkante der Klappen statt bisher 0,1 m unter Stauspiegel in die Höhe desselben, schränkte den Zwischenraum zweier Klappen auf 5 cm ein, verstärkte den Rahmen u. s. w. Zur Verhütung eines selbsttätigen Niederlegens der Klappe wurde der Drehpunkt, der früher in $\frac{2}{3}$ der Höhe (von unten) gelegen hatte, fast auf halbe Höhe gelegt.

Die Klappen der Schiffsdurchlässe sind nahe ihrer Oberkante gewöhnlich ausgestattet mit 1 m hohen, 0,65 m breiten kleineren Klappen, die grofse Vorteile bei der Regelung des Stauspiegels und bei den mit der Klappe vorzunehmenden Arbeiten gewähren.²⁴⁾ Durch das Öffnen der kleinen Klappen wird nämlich nicht allein Vorflut geschaffen, sondern auch der auf die obere Hälfte der grofsen Klappe ausgeübte Wasserdruk vermindert und deren selbsttätiges Niederlegen verhütet; das Niederlegen erfolgt erst, nachdem die Stütze des Klappenträgers mittels der Hakenstange zur Seite geschoben ist. Auch beim Aufrichten der Klappen leisten die geöffneten kleinen Klappen wichtige Dienste.

²⁴⁾ Veröffentlichung von Boulé über die beim Wehre von Port à l'Anglais angewandte sogenannte Schmetterlingsklappe in den Ann. des ponts et chaussées 1873, II.

Während die Klappen an der oberen Seine sich gut bewährt haben, nachdem sie, wie vorstehend angegeben, verbessert worden, so daß sie dort nur bei den Flutwehren durch Hakennadeln ersetzt sind und bei der Regelung des Stauspiegels von den Wehrwärtern den Nadeln vorgezogen werden, hat man an der Maas in Belgien weniger gute Erfahrungen gemacht. Man klagt darüber, daß die Klappen beim Nieder-

legen heftige Stöße erleiden und daß der Wehrkörper

Abb. 18. Lageplan.

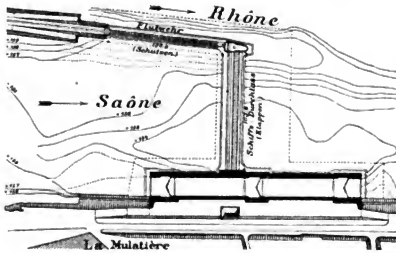


Abb. 19. Schiffsdurchlaß.

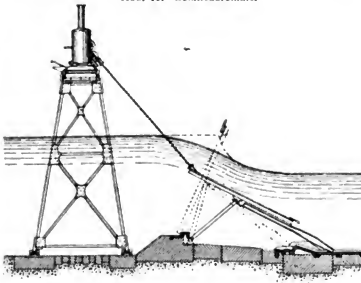


Abb. 20. Fußplatte für die Stützen der Klappenträger.



legen heftige Stöße erleiden und daß der Wehrkörper nebst Sturzbett durch das plötzliche Freimachen einer größeren Öffnung stark angegriffen wird. Die Bewegung der Hakenstange soll durch Eis- oder Sinkstoffablagerung zuweilen gehindert und somit das Niederlegen der Klappen vereitelt werden. Namentlich ist aber das Aufrichten derselben stets mit Schwierigkeiten und selbst mit Gefahren für die Arbeiter verknüpft, auch erst möglich, nachdem das Hochwasser verlaufen ist und der Wasserspiegel sich erheblich gesenkt hat, wodurch leicht empfindliche Zeitverluste für die Schifffahrt entstehen.

An der Marne²⁵⁾ wurden ähnliche ungünstige Erfahrungen gemacht, indem die in den Pfeilern angeordneten Winden zerbrachen, die Hakennadeln nicht bewegt werden konnten, das Aufrichten der Klappen, namentlich der letzten, sehr mühevoll war, auch die aufgerichteten Klappen sich öfters wieder niederlegten, weil sich die Streben

nicht ordentlich gegen die Schuhe stützten; es mußte die Haltung alsdann wieder abgesehen werden.

Beim Saône-Wehre zu La Mulatière oberhalb Lyon²⁶⁾ (Abb. 18 bis 20) wird das 100,9 m weite, mit der Sohle 0,1 m über dem Unterwasser liegende Flutwehr mittels Boulé's Schütztafeln geschlossen; für den 103,6 m weiten, 1,6 m tiefer liegenden

²⁵⁾ Bericht von Malézieux in den Ann. des ponts et chaussées 1868, II. S. 485.

²⁶⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1881.

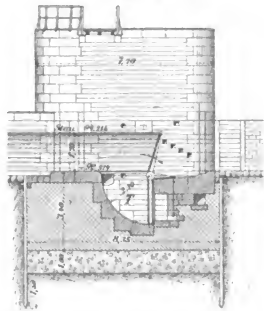
Schiffsdurchlässe sind von Pasqueau eiserne Klappen von 4,35 m Höhe, 1,4 m Breite ohne Hakenstangen zur Verwendung gebracht. Die Klappen werden am unteren Ende mittels Ketten und Winde von einer Poirée'schen Arbeitsbrücke aus angezogen, wobei die hintere Stütze des Bockes von der auf der Fußplatte befindlichen Erhöhung herunterfällt und beim Nachlassen der Kette sich nebst der Klappe langsam auf den Wehr unterlegt. Es sind mithin die mit den Hakenstangen verbundenen, übrigens an der oberen Seile nur selten bemerkten Mifsstände vermieden, gleichzeitig ist aber auch auf ihren Vorzug, die Niederlegung des Wehres in wenigen Minuten, verzichtet. Da die Regelung des Wasserspiegels mittels der Schütztafeln des Flutwehres erfolgt, wird das Niederlegen des Klappenwehres möglichst vermieden. Dieses Niederlegen und das Wiederaufrichten erfordern auch deshalb längere Zeit als bei einem Durchlasse mit gewöhnlichen Chanoine'schen Klappen, weil hier noch die Arbeitsbrücke beseitigt und aufgestellt werden mufs, die dort fehlt. Ferner mufs es Zweifel erregen, ob die Stütze des Bockes unter allen Umständen, auch unter Berücksichtigung von Sinkstoffablagerungen, eine so sichere Stellung auf der Fußplatte findet, dafs nicht zuweilen ein unfreiwilliges, plötzliches Abgleiten einer Klappe zu befürchten ist. Die Konstruktion ist bei sonstigen französischen Wehren, soweit bekannt, nicht zur Einführung gelangt, vielmehr nur bei amerikanischen Wehren, insbesondere am Ohio und am Kanawha oberhalb Cincinnati, dessen Staustufen 1,8 bis 4,5 m Gefälle besitzen (Roloff, Nordamerikanisches Wasserbauwesen.²⁷⁾)

D. Trommelwehre.

Die Flutwehre der älteren französischen Kanalisierungen sind öfters auch mit Trommeln nach Desfontaine's Angabe ausgestattet, deren Klappen nur etwa 1 m Höhe haben, also bewegliche Aufsätze für das Überfallwehrr bilden; sie vermögen bei schnellem Wasserwechsel in kürzester Zeit Vorflut zu schaffen. Trommelwehre, jedoch in gröfserer Höhe und verbesserter Konstruktion, sind auch beim Schiffsdurchlässe zu Charlottenburg und den Flossgerinnen der Main-Kanalisation angewandt. Wegen der tiefen, kostspieligen Fundierung und der hohen Herstellungskosten können die Trommelwehre im allgemeinen den Wettbewerb mit anderen Anordnungen nur schwer aushalten, namentlich eignen sie sich nicht für gröfsere Höhen.

Beispielsweise sei auf die Trommelwehre der Main-Kanalisation hingewiesen. Abb. 21 bringt den Querschnitt eines solchen Wehres für den Fall, dafs der Raum *T* der Trommel mit dem Oberwasser in Verbindung steht.

Abb. 21. Trommelwehr der Main-Kanalisation. M. 1:200.



²⁷⁾ Sonstige Anordnungen von Klappenwehren: Über Kanalisierung mittels der selbsttätigen Klappenwehre von Carro vergl. Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 211; Ann. des travaux publics 1889, S. 203; Ann. Industr. 1888 und Génie civil 1888, S. 277. — Über Klappenwehre mit Belastungstrommeln. Engng. 1888, S. 182. — Klappenwehr von Danckwerts. Zentralbl. d. Bauverw. 1887, S. 56. — Klappenwehr von Czaretkovic's. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 65. — Klappen mit senkrechter Achse. Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 370.

Alsdann überwiegt der die untere Klappe (die Gegenklappe) angreifende Wasserdruck den Druck auf die etwas weniger hohe, mit jener fest verbundene obere Klappe (die Stauklappe). Wenn man dann an der linken Seite der Gegenklappe dem Wasser einen Ausweg nach dem Unterwasser verschafft, während an ihrer rechten Seite langsam Oberwasser einströmt, senkt sich die Stauklappe, die Gegenklappe aber hebt sich und das angestaute Wasser strömt aus. Messungen haben folgende Abstände zwischen dem Spiegel des strömenden Wassers und dem Wehrrücken ergeben:

in 4 m Entfernung von der Mauer	1,45 m
über der linksseitigen Spundwand	1,52 „
über der oberen Kante der Trommel	1,15 „
über der Drehachse	1,12 „
über der rechtsseitigen Spundwand	0,96 „

Die Wassertiefe oberhalb des Abfallbodens war 0,80 m, also etwas weniger als die Hälfte der Stauhöhe (1,70 m). Als die für Balkenflöße genügende Wassertiefe kann man 0,5 m annehmen; es scheint hiernach, daß für ähnliche Ausführungen eine mäßige Verminderung der Höhen der Klappen zulässig sein könnte.

Die Vorgänge beim Wiederherstellen des Staues ergeben sich leicht, wenn man berücksichtigt, daß gleichzeitig mit dem Anfüllen der Trommel vom Oberwasser her das an der rechten Seite der Gegenklappe befindliche Wasser dem Unterwasser zugeleitet wird.

E. Walzenwehre.²⁵⁾

Die Walzenwehre sind den sonstigen Arten der beweglichen Wehre insofern überlegen, als dabei eine Wehröffnung von ansehnlicher Breite ohne Anwendung von Zwischenstützen durch einen einzigen großen Verschlusskörper abgeschlossen wird. Das Wehr besteht im wesentlichen aus einer aus Eisenblechen wasserdicht zusammengenieteten großen Walze, die durch Seile oder Ketten auf seitlichen geneigten Bahnen emporgerollt oder herabgelassen wird. Zur Vermeidung einer Schrägstellung der Walze sind auf deren beiden Enden Zahnkränze aufgezogen, die in Zahnstangen eingreifen, welche neben den geneigten Rollbahnen liegen. Die Walze kann trotz ihrer Größe oder ihres Gewichtes unter dem Überdruck des Stauwassers leicht und sicher aus der Wehröffnung mittels eines Windwerks herausgehoben und wieder in dieselbe eingesetzt werden. Ein derartiges Wehr soll den weiteren Vorteil bieten, daß sich eine größere Stauhöhe als mit den bei Flufskanalisierungen seither vorzugsweise zur Anwendung gebrachten Nadelwehren herstellen läßt und daß es vor dem Eisabgange möglichst lange geschlossen gehalten und dann schnell und sicher geöffnet werden kann.

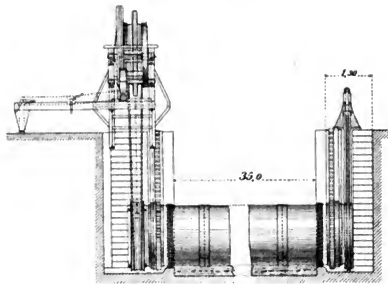
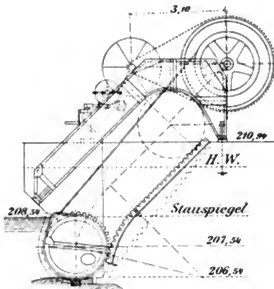
Mit Walzen sind zur Zeit zwei Stauanlagen im Main bei Schweinfurt ausgestattet, von welchen die eine zum Verschluss eines 18 m weiten Grundablasses in einem Seitenarm des Mains, die andere zum Verschluss des 35 m weiten Überfallwehres im Hauptarm des Flusses dient, s. Abb. 22 u. 23. Die zum Heben der Walze erforderliche Zeit ist, besonders wenn Elektrizität als Antriebskraft zur Verfügung steht, nur kurz; sie beträgt beispielsweise beim Schweinfurter Wehr, wo eine 36 m lange Walze von 2 m Durchmesser um 4 m gehoben werden muß, bei Benutzung eines 18 pferdigen Elektromotors etwas weniger als eine Viertelstunde.

²⁵⁾ Carstanjen, Vortrag über Walzenwehre. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 659.

Abb. 22 u. 23. Walzenwehr im Main bei Schweinfurt.

Abb. 22.

Abb. 23.



Weitere derartige Wehre sind in neuester Zeit im Landwehrkanal zu Berlin (Lichtweite 5,56 m), in der Mangfall zu Kolbermoor in Oberbayern (Lichtweite 30,0 m) und in der Brahe zu Brahnau bei Bromberg (Lichtweite 22,0 m) zur Ausführung gekommen.

Die Kosten eines Walzenwehres sind höher als diejenigen eines gleich weiten Nadelwehres, dagegen fallen aber die oben (S. 254) besprochenen Nachteile der Nadelwehre größtenteils weg. Große Vorteile bieten die Walzenwehre namentlich den Trommelwehren gegenüber sowohl hinsichtlich ihrer Anordnung, als auch hinsichtlich der Kosten.

Eine zuverlässige Mitteilung besagt, daß die Schweinfurter Wehre sich beim Betriebe durchaus bewähren, und daß sich an denselben bei hohen und niederen Wasserständen, namentlich auch bei Eisbildung und Eisgang, keinerlei Mißstände gezeigt haben.

Eine andere Ausbildung des rollbaren Verschlusskörpers, die durch dessen verkleinerte Gestaltung eine Verminderung der Kosten der Wehranlage, außerdem aber einen besseren Verschluss bezweckt, ist im Zentralblatt der Bauverwaltung 1905, S. 92 beschrieben. —

Von sonstigen neueren Wehrkonstruktionen sind das bei der Moldau-Kanalisation zur Anwendung gelangte Zylindersegment-Wehr (System Prasil), welches als Abschluß der Flosrinne bei Libschitz dient, sowie das von Döll vorgeschlagene selbsttätige Auftriebwehr²⁹⁾ zu erwähnen.

§ 11. Die Schiffsschleusen. Die Eigentümlichkeiten der Kammerschleusen der Flußkanalisationen erhellen am besten, wenn man sie mit den Schleusen der Schifffahrtskanäle vergleicht.

Bei den Kanalschleusen muß man in der Regel auf sparsamen Wasserverbrauch Bedacht nehmen, bei den Flußschleusen ist dies im allgemeinen nicht der Fall. Hierdurch werden die Querschnitte der Kammern derart beeinflusst, daß bei ersteren lot-

²⁹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 9.

rechte oder nahezu lotrechte seitliche Begrenzungen der Kammern am Platze sind, während man bei den Flussschleusen geböschten Begrenzungen, deren Befestigung vergleichsweise geringe Kosten erfordern, den Vorzug geben darf.

Dieser Umstand bringt es mit sich, daß man die nutzbare Länge der Flussschleusen ohne nennenswerte Vermehrung der Kosten etwas größer machen kann, als diejenige entsprechender Kanalschleusen, was Franzius empfiehlt. Ferner wird man bei einhäuptigen Schleusen, welche Seitenkanäle gegen das Hochwasser schützen, einen etwas größeren Breitenspielraum anordnen, als bei gewöhnlichen Kanalschleusen. Im übrigen dürften aber die bei letzteren üblichen Spielräume bei den Schleusen der Flussschleusen gewöhnlich genügend sein.

Sodann kommen die Wasserstände in Betracht. Bei den Kanalschleusen sind dieselben nur mäßigen Änderungen unterworfen und aus dem normalen Wasserstande des Kanals, aus dem Tiefgange der Schiffe, dem Gefälle und dem Spielraum zwischen Schiff und Schleusenboden ergeben sich die Höhenlagen des Ober- und Unterbodens der Schleusen, sowie der Oberkante ihrer Seitenmauern ohne weiteres. Anders liegt die Sache bei den Flussschleusen. Bei diesen hat man auch mit den Wasserständen zu rechnen, welche eine teilweise Beseitigung der Nadeln verlangen, ohne daß die Freilegung eines Schiffsdurchlasses erforderlich wäre. Diese Wasserstände bringen es mit sich, daß die Tore und die Seitenmauern höher gemacht werden müssen, als bei Kanalschleusen unter sonst gleichen Umständen und die Höhenlagen der Oberkanten richten sich nach dem höchsten Wasserstande, bei dem ein Durchschleusen der Fahrzeuge noch erforderlich werden kann. Je nachdem der Schiffsdurchlaß mehr oder weniger leicht befahrbar ist, wird dieser Wasserstand verschieden sein; er ist aber selbstverständlich stets niedriger, als der höchste schiffbare Wasserstand, der letztere ermöglicht jedoch ihn einzuschätzen.

Sobald ein Schiffsdurchlaß befahrbar ist, wird in der Regel und beispielsweise auf dem kanalisierten Main und der kanalisierten Oder die Benutzung der Schleusen eingestellt, obwohl alsdann die Bergfahrt anfangs recht beschwerlich ist.

Wenn dann bei fortwährendem Steigen des Wassers Hochwasser eintreten, werden die Flussschleusen und ihre Umgebungen nicht selten überflutet. Hierfür sind Vorbereitungen zu treffen, die bei Kanalschleusen nicht in Betracht kommen. Bei älteren Schleusen der Flussschleusen findet sich auch ein hochwasserfreies Oberhaupt. Hiervon und von sonstigen Einzelheiten wird weiter unten eingehender die Rede sein.

Rücksichten auf die Hochwasser fallen weg, wenn sie von längeren Seitenkanälen durch Deiche fern gehalten werden; mit höheren und noch schiffbaren Wasserständen ist aber auch in diesem Falle zu rechnen.

Drittens ist zu erwähnen, daß größere Schiffahrtskanäle stets eigenartig gestaltete End- oder Mündungsschleusen haben, während derartige Schleusen bei den Seitenkanälen der Kanalisierungen nur ausnahmsweise vorkommen. Ein Beispiel wird weiter unten besprochen werden.

Das Nachstehende enthält keine ausführliche Besprechung der Schiffsschleusen, diese ist in dem 8. Bande enthalten; es soll nur eine Übersicht über die bei Flussschleusen zur Anwendung kommenden sonstigen Arten der Schleusen gegeben, ferner sollen Angaben über deren Lage gemacht werden.

Bei den gewöhnlich vorkommenden Schleusen kann man je nach dem Zweck, der Größe und den besonderen Anordnungen folgende Arten unterscheiden:

Einschiffige Schleusen. Dieselben werden auch Einzelschleusen genannt, sie nehmen nur ein Schiff auf und kommen in Flüssen mit mäfsigem Verkehr zur Anwendung. Im wesentlichen bestehen sie aus einer Kammer und zwei Häuptionern mit je einem das Oberwasser kehrenden Tore. Derartige Schleusen finden sich in der Lahn bei Kalkofen (Taf. IX, Abb. 5), in der Oder von Kosel bis zur Neisseemündung (Taf. VIII, Abb. 13) und in der Maas (Taf. IX, Abb. 3 u. 4).

Doppelschleusen. Bei hochentwickeltem Verkehr verwendet man Doppelschleusen, welche aus zwei nebeneinander liegenden, durch eine Mauer getrennten Kammerschleusen bestehen. Sie haben unter anderem den Vorteil, dafs sie die Aufrechterhaltung des Verkehrs ermöglichen, wenn eine der beiden Schleusen der Ausbesserungsarbeiten wegen oder aus sonstigen Gründen gesperrt werden mufs. Als Beispiel bringt Abb. 24 die Hauptlinien eines früheren Entwurfs für die Doppelschleuse des Teltow-Kanals bei Klein-Machnow. Damals waren für die Oberhäupter Klappstore in Aussicht genommen; bei der endgültigen Bearbeitung ist dies und anderes geändert. Als sonstige Beispiele dienen die Schleusenanlagen in der Spree bei Charlottenburg (Abb. 35, § 13) und in der Seine bei Suresnes (Abb. 39, § 14).

Abb. 24. *Doppelschleuse.* M. 1 : 800.



Zugschleusen. In Flüssen mit Schleppschiffahrt genügen die Doppelschleusen nicht, alsdann werden Schleusen mit langen Kammern angelegt, mittels derer Schleppzüge zusammenhängend durchgeschleust werden können; hierdurch wird ein Auflösen und Wiederherstellen des Zuges und somit ein gröfserer Zeitverlust vermieden. Solche Schleusen sind unter anderem erbaut in der Spree am Mühlendamm (§ 13, Abb. 36), in der Maas bei Hun (§ 14, Abb. 41) und in der Seine bei Port à l'Anglais oberhalb Paris (Taf. IX, Abb. 10).

Für einen Vergleich der Zugschleuse mit der Einzelschleuse vergleiche man S. 141.

Durch Vereinigung der Einzelschleuse mit der Zugschleuse erreicht man den Vorteil, aufser Schleppzügen auch einzelne Schiffe ohne unnötig grofsen Wasserverbrauch durchschleusen zu können. Derartige Schleusenanlagen kommen in zwei verschiedenen Anordnungen zur Ausführung; es werden die Einzelschleuse und die Zugschleuse entweder hintereinander angeordnet oder nebeneinander gelegt, so dafs in jeder Schleuse unabhängig von der benachbarten geschleust werden kann. In ersterem Falle, bei welchem man der Zugschleuse meist eine gröfsere Breite als der Einzelschleuse gibt, werden die Achsen beider Kammern gegeneinander verschoben, um ein Ausweichen der Schiffe in der Zugschleuse bei entgegengesetzter Fahrriichtung zu ermöglichen, während die drei Häupter in einer Linie liegen. Die andere Ausführungsart empfiehlt sich überall dort, wo neben der Schleppschiffahrt ein Personendampferverkehr besteht oder dessen

Einführung mit Sicherheit erwartet werden kann. Als Beispiele für den ersten Fall sind zu nennen die Schleusenanlagen in der kanalisiertem Mainstrecke von Offenbach bis zur Mündung (Taf. VIII, Abb. 2), sowie diejenigen in der Moldau bei Klecan, Libschitz (Abb. 25) und Mirowitz, für den zweiten Fall die Moldauschleusen bei Troja (Abb. 26) und Horin, sowie die Schleusen der Elbe-Kanalisation bei Unter-Berkowitz und Wegstädtl.

Abb. 25. Schleuse in der Moldau bei Libschitz.

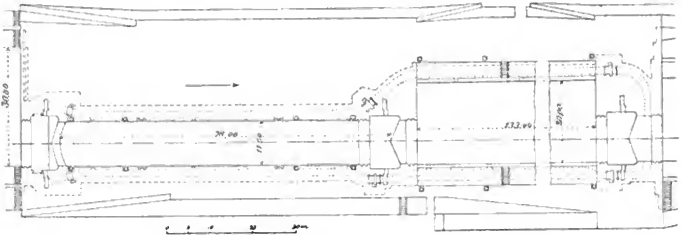
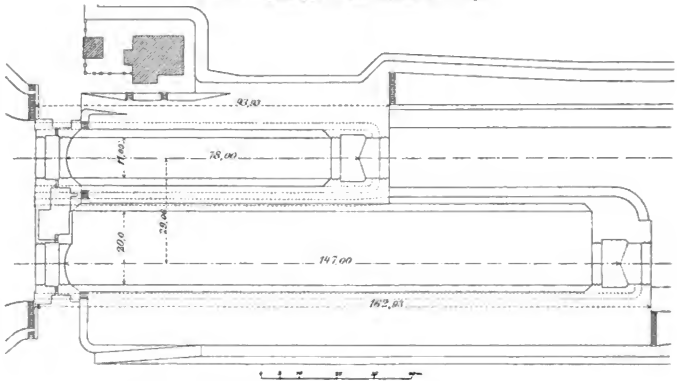


Abb. 26. Schleusen in der Moldau bei Troja.



Ausnahmsweise kommen vor:

Schutzschleusen (Sperrschleusen). Wenn aus einem der in § 12 angegebenen Gründe ein langer Seitenkanal angelegt wird, so muß dieser gegen Strömung des Hochwassers, Eisgang und Versandung gesichert sein. Hierzu dient zunächst eine Schutzschleuse. Eine solche wird meistens unweit der oberen Abzweigungsstelle des Kanals angelegt und besteht dann aus einem hochwasserfrei liegenden Haupt, das mit Stemmtoren und Dammfalzen versehen ist (Taf. IX, Abb. 13). Sie ist gewöhnlich geöffnet und wird

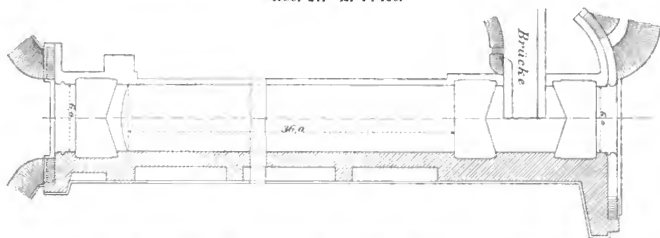
nur zum Schutze des Kanals gegen Hochwasser und bei Vornahme von Ausbesserungsarbeiten im Kanal geschlossen.

Zu den Schutzschleusen kann man auch die Kammer Schleusen der Schiffahrtskanäle rechnen, in deren Nähe ein Kanal sich an einen kanalisierten Fluß schließt. Derartige Schleusen weichen von den übrigen nur insofern ab, als ihr Oberhaupt, oder was für den Betrieb bequemer ist, die ganze Schleuse bis über den Hochwasserspiegel geführt wird. Ein Beispiel ist die Schutzschleuse im Oder-Spree-Kanal bei Grose Tränke (Taf. VIII, Abb. 12).

Zuweilen gestalten sich aber die Schutzschleusen eigenartig. Es ist z. B. die neue Sperrschleuse zu Hanekenfähr behufs Abschließung der 10 m weiten Toröffnung gegen das Hochwasser der Ems mit einem aus Nadeln gebildeten Notverschlufs ausgestattet, die der anschließenden langen Kanalhaltung selbst in entleertem Zustande Schutz gegen das Hochwasser gewährt und zugleich zur Speisung der Haltung dient. Die Nadeln bestehen aus flufseisernen Röhren von 5,15 m Länge, 10,2 cm äußerem Durchmesser, 2 mm Wandstärke, werden bis 1500 kg qcm beansprucht und legen sich gegen einen schwimmend eingebrachten eisernen Balken.²⁰⁾

Eine ähnliche Einrichtung besitzt die im Verbindungskanal zwischen der Donau und dem Donau-Kanal bei Nufsdorf gelegene Schleuse (Taf. VIII, Abb. 13). Diese, 85 m lang und 15 m breit, hat den Zweck, den Schiffsvorkehr zwischen dem Strom und dem Kanal auch dann zu ermöglichen, wenn die an der oberen Mündung des Donaukanals befindliche, zum Schutze der tiefgelegenen Stadtteile Wiens gegen Hochwasser und Eisgang erbaute Absperrvorrichtung (s. § 14), welche aus einem Sperrschiff und einem Schützenwehr besteht, geschlossen ist. Ihr Oberhaupt ist deshalb hochwasserfrei gelegt, ferner ist zur Sicherung der Schleusentore gegen Eisdruck und um auf diesem in den Donaukanal führenden Wasserwege eine Sicherung durch zwei voneinander vollständig unabhängige Einrichtungen zu erzielen, vor der Schleuse eine Abschließung des Verbindungskanals durch eiserne, in Nuten geführte Einlegebalken vorgesehen, die aber erst dann eingelegt werden, wenn die Schifffahrt infolge Eisganges eingestellt ist. Die Balken sind 15,7 m lange, fischbauchförmige, 1 m hohe Gitterträger, von denen bis Hochwasserhöhe 10 Stück erforderlich sind.²¹⁾

Abb. 27. M. 1 : 400.



Um das Hochwasser von der unteren Kanalöffnung abzuhalten, wird bisweilen die Schutzschleuse mit der dem Flusse zunächst gelegenen Kammer Schleuse vereinigt.

²⁰⁾ Mitteilung von Lieckfeldt im Zentrabl. d. Bauverw. 1896, S. 302.

²¹⁾ Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, No. 14 u. 15.

welche dann ein zum Teil hochwasserfreies Unterhaupt mit zwei Toren erhält. Ein Beispiel ist die Kammer- und Schutzschleuse der Mosel-Kanalisation (Abb. 27). Vergl. Band VIII, Taf. II, Abb. 1 bis 8.

Abb. 28. Kuppelschleuse (Längenschnitt).



Kuppelschleusen. Diese kommen bisweilen zur Anwendung, wenn sich ein großes Gefälle mit einer Kammer- oder Schutzschleuse nicht überwinden läßt. Es werden dann zwei oder mehrere Kammer- oder Schutzschleusen so hintereinander angeordnet, daß das Unterhaupt der ersten zugleich Oberhaupt der zweiten Schleuse bildet u. s. f. (Abb. 28). Eine derartige Anlage vermindert die Baukosten, erfordert aber viel Wasser und verursacht Zeitverlust beim Schleusen der Kähne; sie ist nur selten am Platze. Ein Beispiel kommt im Lahntale bei Weilburg vor. In diesem Falle liegt der Wasserspiegel eines Seitenkanals, der den durch eine große Schleife (Serpentine) der Lahn verursachten Umweg erheblich abkürzt, am unteren Ende dieser Schleife so hoch über dem Spiegel der Lahn, daß es angezeigt war, den Höhenunterschied auf zwei Kammern zu verteilen.

Über die Höhenlage der Hauptteile der Schleusen ist nachstehendes zu bemerken:

Die Höhenlage des Kammerbodens und des Unterdrempels wird durch den maßgebenden Wasserspiegel des Unterwassers so bestimmt, daß über dem Unterdrempel mindestens die normale Fahrtiefe vorhanden ist, z. B. 1,5 m bei den Schleusen der Fulda, 2 m bei der Oder, 2,5 m beim Main und der Moldau, 3,2 m bei der unteren Seine. In Rücksicht auf den künftigen Tiefgang der Fahrzeuge ist es jedoch zu empfehlen, die Kammer nebst Unterdrempel noch etwa 0,5 m tiefer als die neu ausgebagerte, zur Zeit des Baues für genügend erachtete Flußsohle zu legen. Eine aus wirtschaftlichen Gründen später geforderte, größere Fahrtiefe ist nämlich durch Hebung des Stauspiegels schwer zu erreichen, da die Brücken die nötige Lichthöhe (3,5 bis 4,0 m) und die Grundstücke ihre Vortlut verlieren würden. Sie ist durch Ausbaggerung der Flußsohle in der Regel leichter herzustellen, falls nur Schleusen und Durchlässe tief genug angelegt sind. Die größere Tiefe der Kammer ist auch insofern nützlich, als die Bewegungs- widerstände beim Ein- und Ausfahren der Fahrzeuge geringer werden. Man vergleiche Band VIII, § 4, S. 17.

Wenn man die Wehre im Winter in Rücksicht auf bessere Fortführung der Sinkstoffe auch zu Zeiten öffnet, wo die Schifffahrt noch lebhaft betrieben wird, so tritt allerdings eine Senkung des Wasserspiegels unter den maßgebenden Wasserspiegel ein. Die Grenze für den Tiefgang der Fahrzeuge wird aber durch die Höhenlage der Flußsohle gebildet und diese liegt bei der Ausführung der Kanalisation in der Regel höher, als der Unterdrempel und muß erst durch Baggern auf diese Tiefe gebracht und dauernd erhalten werden. Immerhin ist bei solchen Verhältnissen Vorsicht geboten, da die Schiffer künftig eine Vertiefung des Fahrwassers zu fordern geneigt sind.

Besondere Vorsicht ist hinsichtlich der Höhenlage des Unterdrempels für die unterste Schleuse einer kanalisiertem Strecke nötig, die nicht den Vorteil des Rückstaus genießt, bei der aber erhebliche Senkungen des Wasserspiegels durch Beseitigen von

Steinen, Stromschnellen u. s. w., abgesehen von gewöhnlichen Vertiefungen und Regelungen, eintreten können.

Der Oberdremmel muß die normale Fahrtiefe noch bei dem niedrigsten Oberwasserspiegel gewähren, der in der Regel 0,5 bis 1,0 m unter dem normalen Stauspiegel liegt. Er tritt zur Zeit der Anschwellungen ein, wo das Wehr zur Verhütung eines nachteiligen Rückstaus erheblich geöffnet und der Stauspiegel gesenkt werden muß, während der Durchlaß noch nicht befahren werden kann. Es ist jedoch zu erwägen, ob die Schifffahrt auch im Winter bei geöffnetem Wehr und gewöhnlichem Wasser ausgeübt werden wird, da dann das Oberwasser nur wenig höher als das Unterwasser steht; alsdann sind Oberdremmel, Kammer und Unterdremmel gleich hoch zu legen, sofern nicht etwa der Schiffsdurchlaß so tief gelegt ist, daß er benutzt werden wird. Durch die tiefe Lage des Oberdremmels werden verhältnismäßig geringe Mehrkosten hervorgerufen. Das Eintreiben von Sinkstoffen in den Boden des Oberhauptes, wodurch die Bewegung der Tore erschwert werden kann, läßt sich durch Einlegen einiger Balken in den oberen Dammfalz oder durch die Errichtung einer kleinen, die Sinkstoffe zurückhaltenden Fallmauer leicht verhüten. Es ist daher, falls die Verhältnisse betreffs der winterlichen Ausübung des Staus und der Entwicklung der Schifffahrt im voraus schwer zu erkennen sind, vorzuziehen, die geringen Mehrkosten aufzuwenden und den Oberdremmel nicht höher als den Unterdremmel zu legen.

Die Oberkante der Schleusentore ist mindestens 0,5 m über den Stauspiegel zu legen, da dieser erfahrungsgemäß vorübergehend zuweilen 0,25 m höher zu halten ist, um die vollbeladenen Schiffe im oberen Teile der Haltung, falls dort die Baggerungen nicht rechtzeitig auszuführen waren, flott zu erhalten.

Die Seitenwände des Oberhauptes hat man bis in die jüngste Zeit in der Regel hochwasserfrei angeordnet, um die Schleusen gegen Hochwasser und Eisgang zu schützen und Sinkstoffablagerungen in den Kammern vorzubeugen. Neuerdings geht man aber öfters hiervon ab und gibt den Wänden des Oberhauptes die gleiche Höhe mit den Kammerwänden, da, wie die Erfahrung gezeigt hat, Hochwasser und Eis an Schleusen mit niederem Oberhaupt keinen nennenswerten Schaden anrichten, wenn die zur Bewegung der Tore und Schützen vorhandenen Winden, Geländer u. s. w., die über die Schleusenebene hinausragen, vor der Überflutung der Schleuse und vor Beginn des Eisganges abgenommen werden. Dies läßt sich zeitig genug bewerkstelligen, da die Wehrböcke bei Eintritt hoher Wasserstände und bei Eisbildung gelegt werden und die Schiffe dann nicht die Schleuse benutzen, sondern entweder ihren Weg durch den Schiffsdurchlaß der Wehre nehmen oder ihre Fahrt ganz einstellen. Es hat sich auch gezeigt, daß bei Anordnung eines niederen Oberhauptes die Sinkstoffablagerung in den Schleusenkammern nicht größer ist, als bei Schleusen mit hochwasserfreiem Oberhaupt. In beiden Fällen finden nur Ablagerungen von Sand und Schlick statt, während die größeren Geschiebe sich naturgemäß auf der Flußsohle fortbewegen, sich also nicht in höheren Wasserschichten befinden, also auch nicht in die Schleusen gelangen können, vorausgesetzt, daß die Tore und die Schützen in letzteren, sowie die Umläufe geschlossen sind. Ein Vorteil, den die hochwasserfreien Oberhäupter bieten, besteht darin, daß bei plötzlichem Eintritt von Eisbildung, infolge dessen besonders die Nadelwehre sofort niedergelegt werden müssen, einzelne Schiffe, die nicht mehr den nächstgelegenen Sicherheitshafen erreichen können, Zuflucht in den mit derartigen Oberhäuptern ausgestatteten Schleusen finden können.

Von einem hochwasserfreien Oberhaupt gehen Dämme aus, welche sich an der einen Seite an hochliegende Gelände anschließen, an der anderen Seite aber so weit geführt werden, wie es erforderlich ist, um Eisgang und Hochwasserströmung von der Schleuse fern zu halten.

Hinsichtlich der Lage der Schleusen lassen sich drei Anordnungen unterscheiden, von denen die nachstehend unter 1. und 2. besprochenen am häufigsten vorkommen.

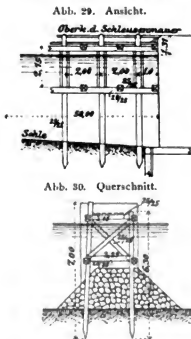
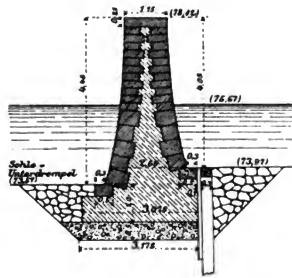
1. Die Schleuse liegt im Flussbett unmittelbar neben dem Wehre, von dem sie durch einen etwa 4 m breiten Pfeiler getrennt ist, und wird bei Hochwasser gleich dem beweglichen Wehre überflutet. Diese Anordnung wird gewählt, falls der Fluss genügende Breite für die Aufnahme beider Bauwerke besitzt. Sie findet sich z. B. an der Fulda (Taf. VIII, Abb. 14), sowie bei vielen Staustufen der belgischen Maas (Taf. IX, Abb. 3) und der Seine (Abb. 1, S. 232 und Taf. IX, Abb. 10). Im letzteren Flusse wird der Pfeiler an der Flussseite, um an Kosten zu sparen, größtenteils durch eine in Mörtel abgeplasterter Böschung mit vorderer Spundwand begrenzt.

2. Die Schleuse wird in einem kurzen Kanale erbaut, der unmittelbar neben dem Flusse angelegt und von ihm nur durch Erdzungen von etwa 20 m Breite getrennt ist. Diese Anordnung ist z. B. am Main (Taf. VIII, Abb. 2) und der Oder (Taf. VIII, Abb. 10) zur Ausführung gekommen. Sie wird gewählt, falls der Fluss keine genügende Breite zur Aufnahme der Schleuse besitzt.

Bei beiden Anordnungen schließt sich das Wehr entweder an das Oberhaupt (Taf. VIII, Abb. 10) oder an das Unterhaupt (Taf. VIII, Abb. 14 und Taf. IX, Abb. 10) oder an den mittleren Teil des Pfeilers bzw. Trennungsdammes. Beim Anschluss an das Oberhaupt wird die Strömung des Wehres leicht gefährlich für die von oberhalb kommenden, in die Schleuse einfahrenden Schiffe; es ist alsdann unerlässlich, ihnen durch abgeplasterte, genügend lange Trennungsdämme Schutz zu bieten. Bei einem zu kurzen Trennungsdamme wird das Hinterende eines einfahrenden Schiffes, dessen Spitze sich schon in der Schleuse oder im ruhigen Wasser befindet, bei höheren Ständen leicht von der Strömung erfasst und gegen das Wehr getrieben.²⁵⁾ An Stelle der Trennungsdämme sind in der Maas auch begehbar, über niedrigen Steinschüttungen oder Sinkstücken aufgeführte hölzerne Leitwerke hergestellt (Abb. 29 u. 30) oder auch massive Wände (Abb. 31). In Flüssen mit geringerem Gefälle, also geringerer Strömung, können auch Leitwerke allein oder eine größere Anzahl von Dükdalben den Trennungsdamm ersetzen.

Beim Anschluss an das Unterhaupt ist die vom Wehr kommende Strömung dem Einfahren der Kähne in die Schleuse hinderlich, so dass ein bis über den mittleren Unterwasserspiegel reichender, abgeplasterter Trennungsdamm auch hier erwünscht ist. Je länger und höher ein solcher Damm ist, um so seltener wird eine Ablagerung von Sinkstoffen eintreten, die bei höheren, den Trennungsdamm überflutenden Ständen der sandführenden Flüsse regelmäßiger im Unterkanal erfolgt. Durch den längeren Trennungsdamm wird auch ein Liegehafen gebildet und die spätere Einbauung eines zweiten Unterhauptes, behufs Bildung einer Schleppzugschleuse, erleichtert. Es ist z. B. am Main ein zweites Unterhaupt in 235 m Entfernung von der Schleuse errichtet, behufs Aufnahme des Schleppdampfers und sechs großer Lastschiffe von 1000 t Tragfähigkeit (Taf. VIII, Abb. 2). Über niedrigen Grundschwellen aufgeführte Leitwerke vermögen

²⁵⁾ Über bezügliche Erfahrungen bei der Fulda-Kanalisation s. „Schiff“ 1896, No. 1.

Abb. 29 u. 30. *Leitwerk am oberen Schleusenkanäle (Maas).*Abb. 31. *Schutzmauer am Unterkanäle zu Grandes Malades (Maas).*

keinen vollen Ersatz für Trennungsdämme zu bieten. Hat die Schleuse eine größere Länge und wird das Wehr an die Mitte derselben geschlossen, so vermag zwar die Wehrströmung weniger nachteilig auf die Fahrzeuge einzuwirken, es sind aber auch bei dieser Anordnung Leitwerke, bezw. Trennungsdämme, für einen sicheren Schiffahrtsbetrieb und die Verminderung von Sinkstoff-Ablagerungen nicht zu entbehren. Der Anschluß des Wehres an die Mitte der Schleuse ist für den Verkehr zwischen dem Ufer und dem Wehre, welcher sich über die Tore des Ober- und Unterhauptes bewegt, weniger bequem, was für die rasche Bedienung der beweglichen Wehre bei plötzlich eintretenden Hochfluten nachteilig ist.

Je länger die Trennungsdämme sind, um so besser für die Schifffahrt, um so größer natürlich auch die Anlagekosten. Lange Schleusenkanäle vermindern das Wehrgefälle, sie umgehen die Versandungen unter dem Wehre, sowie dessen Strömungen, geben gute Liegeplätze und erleichtern die spätere Verlängerung der Schleuse. Bei mehreren deutschen Kanalisierungen, wo die Dämme aus Sparsamkeitsrücksichten anfänglich nur eine geringe Länge erhalten hatten, sind sie in neuerer Zeit verlängert worden.

Der Schleusenkanal erhält in der Sohle etwa die doppelte Breite der Schleusentorweite und wird mit seiner Achse etwas seitlich der Schleusenachse ausgeführt, damit das Ein- und Ausfahren der Schiffe durch die wartenden Fahrzeuge nicht behindert werde. Für einen sicheren Betrieb mit Schleppzügen ist es erwünscht, ober- und unterhalb der Schleuse je eine 150 bis 200 m lange gerade Strecke anzulegen und der Ein- und Ausfahrt schlanke Krümmungen zu geben.

Bei den Staustufen der Oder ist das Schleusenwärtergebäude so weit zurückgerückt, daß später die Errichtung einer Schleppzugschleuse zwischen ihm und der zunächst erbauten, nur 55 m langen, 9,6 m weiten Schleuse möglich ist. Die meisten Schleusen sind am ausbiegenden (konvexen) Ufer erbaut, so daß die Schleusenkanäle eine Begradigung der Fahrstraße herbeiführen; sie werden von der Strömung weniger betroffen, sind aber der Ablagerung von Sinkstoffen leicht ausgesetzt.

3. Falls die Flusstrecke unterhalb des Wehres Stromschnellen oder ein großes Gefälle oder stärkere Krümmungen u. s. w. besitzt, so daß sie den Fahrzeugen erhebliche Schwierigkeiten bereitet, wird ein Schleusenkanal von größerer Länge ausgeführt, der dann den Charakter eines Seitenkanales annimmt (vergl. § 12) und auch nicht immer in nächster Nähe des Flusses zur Ausführung gebracht wird. Da die Anlage und Unterhaltung des Oberkanals weniger kostspielig als die des Unterkanals ist, wird die Schleuse in der Nähe der unteren Ausmündung erbaut, jedoch in solcher Entfernung vom Flusse, daß ruhige Liegeplätze für die Fahrzeuge entstehen. Die Ausmündung des Kanals an einem einbiegenden (konkaven) Ufer hat den Vorteil, daß selbst Ablagerungen von Sinkstoffen vermieden werden.

Das Schleusen- und Wehrmeistergehöft, bestehend aus dem Dienst- und Wohngebäude für den Schleusen- und Wehrmeister und dessen Gehilfen, einem Wirtschaftsgebäude mit daran anstossendem Wirtschaftsgarten, einem Werkstätte- und Magazingebäude, sowie aus einem Schuppen zur Aufbewahrung der Geräte-Reserveteile, Dammbalken u. s. w. ist auf einer hochwasserfreien Fläche seitlich der Schleuse zu errichten (Taf. X, Abb. 12). Das Wohngebäude sollte enthalten: ein Dienstzimmer im unteren Stockwerk, das so zu legen ist, daß eine möglichst große Strecke des Flusslaufes oberhalb und unterhalb der Schleusenanlage übersehen werden kann, sowie die Wohnungen für die beiden vorgenannten Beamten. Es sollten dies Familienwohnungen sein, weil die Schleusen in den meisten Fällen zu weit von Ortschaften entfernt liegen und weil die Beamten nicht an bestimmte Dienststunden gebunden sind, sondern sich ständig sowohl bei Tage wie bei Nacht an der Schleuse aufhalten müssen. Wird das Wehr nicht in unmittelbarem Anschluß an die Schleuse erbaut, so ist ein besonderes Wehrmeistergehöft zu errichten. Das Wirtschaftsgebäude kann enthalten: einen Rindviehstall mit zwei Ständen, eine Schweinebucht und einen Hühnerstall, auch ist die Einrichtung einer Wasch- und Futterküche erwünscht.

Die Werkstätte ist mit den zur Anfertigung von Ersatzteilen und zur Ausführung von Wiederherstellungsarbeiten erforderlichen Werkzeugen und Vorrichtungen auszustatten. An einem in der Nähe des Dienstgebäudes aufgestellten hohen Mast ist weithin sichtbar eine Signalvorrichtung anzubringen, die den Schiffern anzeigt, ob die Einfahrt in die Schleuse frei oder gesperrt ist.

Die Dienstgebäude sämtlicher Haltungen einer kanalisiertem Flusstrecke sind zwecks Ermöglichung eines schnellen und leichten Verkehrs sowohl unter sich wie auch mit dem Dienstzimmer des mit der Aufsicht betrauten Beamten durch eine Telegraphen- oder Telephonleitung zu verbinden. Die Leitung ist zweckmäßig an allen Stellen, wo sie dem Hochwasser ausgesetzt ist, unterirdisch als Kabel zu führen, sonst an Stangen, wenn möglich, an den Stangen vorhandener Telegraphenleitungen.

§ 12. Seitenkanäle. Seitenkanäle treten teils als Zubehör der Flussskanalisierungen, teils als selbständige Anlagen auf. Das Nachstehende erstreckt sich auch auf die letzteren, weil sie bei Besprechung der Schiffahrtskanäle nur beiläufig erwähnt sind.

Bei Kanalisierungen wird in der Regel ein kurzer Schleusenkanal zur Umgehung des Wehres angelegt. Längere Seitenkanäle sind wegen der mit ihnen verbundenen großen Kosten nur aus triftigen Gründen, namentlich in den folgenden Fällen auszuführen:

1. Zur Umgehung einer mit erheblichen Schiffahrtshindernissen behafteten Flusstrecke, insbesondere einer Stromschnelle, und zur Vermeidung scharfer, einen weiten

Umweg bildender Krümmungen. Ein Beispiel liefert die Mosel-Kanalisation zwischen Frouard und Metz (Taf. IX, Abb. 14), bei der von der 58,6 km langen Strecke nur 10,45 km im Flußbett selbst liegen. Auch der westliche, zwischen der Spree bei Gr. Tränke und der Dahme gelegene Teil des sogenannten Oder-Spree-Kanals ist hierher zu rechnen. Taf. VIII, Abb. 12 zeigt den Anschluß des genannten Kanals an die Spree. Ferner kommen in der kanalisierten Strecke der Ems (Taf. X, Abb. 2) verschiedene lange Seitenkanäle vor, welche Serpentinauen abschneiden.

In Fabers Entwurf für einen Großschiffahrtsweg im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg³³⁾ sind neben 78,1 km kanalisiertem Flußlauf 204,4 km Seitenkanäle vorgesehen, von denen einige in Tunneln geführt sind. Diese Kanäle ermöglichen eine Abkürzung der 302,5 km langen Flußstrecke um 20 km, wobei 23 Staustufen gegenüber 55 bei alleiniger Benutzung des Flußlaufes erforderlich werden.

2. Ein Seitenkanal wird ferner angelegt zur Umgehung einer bereits genügend belasteten, zur Aufnahme eines gesteigerten Verkehrs mit großen Fahrzeugen wenig geeigneten Flußstrecke. Beispiele sind der Landwehrkanal bei Berlin und der Großschiffahrtsweg bei Breslau.

Der Landwehrkanal zweigt oberhalb von Berlin aus der Oberspree ab und mündet bei Charlottenburg in die Unterspree, so daß die Berliner Schleusen von dem durchgehenden Verkehr entlastet werden; er ist durch die Ausstattung mit zahlreichen Lössch- und Ladeplätzen und mit zwei Häfen auch von großer Bedeutung für den örtlichen Verkehr geworden, jedoch für größere Fahrzeuge, die auf die Mühlendammshleuse in Berlin angewiesen sind, nicht mehr ausreichend.

Der Großschiffahrtsweg bei Breslau ist 1895 bis 1897 hergestellt, weil die Oder in der Stadt sehr unregelmäßig verläuft, sich in mehrere Arme teilt und mit zwei Staustufen mit kleinen Schleusen und zahlreichen gewerblichen Anlagen versehen ist. Er umzieht die Stadt in einem 6 km langen Bogen, wobei auf der oberen Hälfte ein vorhandener Flutarm, die „Alte Oder“, benutzt, auf der unteren Hälfte ein besonderer Kanal ausgehoben ist. An der oberen Abzweigung ist eine Kammerschleuse, an der Abzweigung aus der Alten Oder, in der ein Nadelwehr errichtet wurde, eine Schutzschleuse erbaut zur Sicherung des Kanals vor der Hochflutströmung der Alten Oder. Endlich hat der Seitenkanal nahe seiner unteren Ausmündung eine Kammerschleuse erhalten.³⁴⁾

3. Es sind Seitenkanäle längs derjenigen Flußstrecken vorzuziehen, denen durch Gebirgsbäche viel Geschiebe zugeführt wird, so daß die Räumung sehr erschwert wird.

4. Sie können in Flußstrecken mit sehr niedrigen Ufern und geringer Niedrigwassermenge, die sich weder für die Kanalisation noch für die Regulierung eignen, den Vorzug verdienen; hierher sind die Seitenkanäle der oberen Havel und die der Moldau zu rechnen.

Bei der Moldau-Kanalisation zweigt oberhalb eines jeden Wehres stets ein längerer oder kürzerer Seitenkanal ab, durch den teils Flußstellen von größerem Gefälle, teils niedrig gelegene Flußstrecken umgangen werden. Kurz vor der Einmündung dieser Seitenkanäle in den natürlichen Flußlauf sind die Schleusen gelegen, deren Gefälle bei Niedrigwasser durchschnittlich 4,13 m beträgt gegenüber 2,55 m bei den Wehren (Taf. X, Abb. 7). So ist es gelungen, die Zahl der Staustufen und damit die der Schiffahrtshinder-

³³⁾ Faber, Denkschrift zu dem techn. Entwurf einer neuen Donau-Main-Wasserstraße von Kelheim nach Aschaffenburg, 1903. — Auch Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 444.

³⁴⁾ Poschek, Der Breslauer Großschiffahrtsweg. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 53. — Auch Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1898.

nisse zu verringern. Wo Moldau und Elbe sich vereinigen, ist das Gelände sehr niedrig und dem Hochwasser sehr ausgesetzt, hier sah man deshalb von der Kanalisierung des Flusses ab und erbaute einen 10 km langen Seitenkanal, der durch eine Schutzschleuse gegen das Eindringen des Hochwassers abgesperrt wird. Dieser Seitenkanal mündet in die Elbe gegenüber Melnik ein, wo bei Horin eine Schleusenanlage von 8,9 m Gefälle zur Ausführung kam.

5. Seitenkanäle sind auch im oberen Laufe eines übrigens kanalisierten oder regulierten Flusses am Platze, wo die Haltungen wegen des großen Gefälles zu kurz werden würden, insbesondere wenn es sich um die Verbindung mit einem anderen Flusse handelt.

6. Endlich sind sie zur Umgehung von Seen oder von sehr breiten Flusstrecken ausgeführt, die bei heftigem Winde wegen der zu hohen Wellen von Binnenschiffen nicht mehr befahren werden können.

Beispiele sind der Seitenkanal zwischen Tancarville und Havre, der den Flussschiffen der Seine den Zugang bis zu den Hafenbecken von Havre gewährt, während sie früher in Rouen umladen mußten⁸⁵⁾ und der Seitenkanal von Oldersum bis Emden, der das unterste Stück des Dortmund-Ems-Kanals bildet. Dieser Kanal mußte erbaut werden, weil in der entsprechenden Strecke der Ems die Wellenbewegung häufig zu gefährlich für Kanalschiffe ist; er hat 9 km Länge erhalten und ist als Niedrigwasserkanal angelegt, so daß er auch für die Vorflut von großem Nutzen ist. Nach dem anfänglichen Entwürfe von 1885 würde er als Hochwasserkanal der Vorflut durch Kreuzung der Binnen-Sieltiefe geschadet haben.

In der Marien-Wasserstrafse in Rußland sind 305 km Seitenkanäle zur Umgehung von Seen angelegt, wegen der heftigen Stürme und weil die Seen sehr lange mit Eis bedeckt bleiben.

Die Länge, Lage und Anordnung der Seitenkanäle ist abhängig von ihrem Zwecke und den örtlichen Verhältnissen. Die Länge ist zuweilen nicht erheblich größer, als bei dem gewöhnlichen Schleusenkanal, kann aber, namentlich wenn es sich um die Umgehung eines vielfach gekrümmten, mangelhaften Flusses handelt, viele Meilen betragen.

Was die Lage des Seitenkanals betrifft, so ist es zur Verminderung des Erd-auslubes vorteilhaft, ihn in das Überschwemmungsgebiet des Flusses zu legen. Auf der oberen Strecke tritt dies gewöhnlich ein, in bebauten Ortschaften wird er wegen Mangels an Raum an der Abzweigung zuweilen in den Flussschlauch gelegt, wie z. B. in Pont à Mousson bei der Mosel-Kanalisierung. Einige hundert Meter unterhalb der Abzweigung des Seitenkanals wird in der Regel ein bewegliches Wehr im Flusse erbaut (Taf. VIII, Abb. 12). Es stellt die erforderliche Fahrtiefe in der oberen Flusstrecke her und ist auch deshalb vorteilhaft, weil die mit dem Flusse in freie Verbindung tretende Kanalhaltung in größerer Höhe, nämlich nach dem Stauspiegel (statt nach dem Niedrigwasserspiegel) auszuheben ist. Wo diese Rücksichten nicht zu nehmen sind, ist das Wehr entbehrlich, insbesondere ist es nicht nötig zur Speisung des Seitenkanals, d. h. zur Zuführung des geringen, für die Füllung der Schleuse u. s. w. erforderlichen Wassers. Das Wehr wird in einiger Entfernung unterhalb der Abzweigung errichtet, damit es in geöffnetem Zustande die Schiffe nicht gefährde, auch einiger

⁸⁵⁾ Schlichting, Wasserstraßen Frankreichs. Zeitschr. f. Bauw. 1880; auch Zentralbl. d. Bauverw. 1883, und Ann. des ponts et chaussées 1892, S. 633.

Raum für die Ablagerung von Sinkstoffen verbleibe. Findet auf der zu umgehenden Flusstrecke ein beschränkter Schiffs- oder ein Flosverkehr statt, so ist neben dem Wehre noch eine Kammer- oder Flossschleuse oder ein Schiffsdurchlaß zu erbauen.

Längere Seitenkanäle müssen vor der Strömung des Hochwassers des Flusses bewahrt werden. Zu diesem Zwecke wird gewöhnlich unweit der Abzweigung eine Schutzschleuse mit hochwasserfreien Toren, seltener eine Kammerschleuse erbaut und durch einen hochwasserfreien Deich mit dem höheren Ufer verbunden. Statt dieser Schleusen können aber auch Deiche längs des Kanals bis zu dem hochwasserfrei anzulegenden Oberhaupte der unteren Kammerschleuse geschüttet werden; das Hochwasser staut dann in den Kanal hinein, ohne dafs jedoch eine Strömung erfolgt. Beispiele für die erste Anordnung sind der Oder-Spree-Kanal (Taf. VIII, Abb. 12), der Grofs-schiffahrtsweg bei Breslau, die bei Hanekenfähr und bei Oldersum aus der kanalisierten Ems abzweigenden Seitenkanäle (Teile des Dortmund-Ems-Kanals) und der Landwehrkanal bei Berlin. Beim Oder-Spree-Kanal ist die Kammerschleuse gewöhnlich geöffnet, das Durchschleusen erfolgt nur bei höheren Wasserständen der Spree, die nicht in den Kanal eindringen dürfen. Ein Beispiel für die letztere Anordnung liefert der zu einem Hafen erweiterte Seitenkanal der Brahe-Mündung (Taf. VIII, Abb. 5 bis 7).

Ob hochwasserfreie Dämme im Anschluß an die untere Kammerschleuse notwendig sind, bedarf eingehender Erwägung; gewöhnlich erhält sie keine Fluttore. Es können dann allerdings unter ungünstigen Umständen (z. B. bei Eisversetzungen im Strome) Überflutungen des landseitigen Kanaldammes, Beschädigungen der Leinpfade und Kanalufer, sowie Ablagerungen von Sand und Geröll im Kanale eintreten. Ein vollständiger Abschluß des Hochwassers durch Fluttore und hochwasserfreie Anschlußdeiche verdient daher, wenn er nicht zu grofse Kosten erfordert, den Vorzug.

Besteht im Flusse zwischen der oberen Abzweigung und der unteren Einmündung des Seitenkanals ein grofser Höhenunterschied, so sind im Kanal noch andere Kammerschleusen, also mehrere Haltungen, anzulegen.

Zuweilen wird der Seitenkanal auch als Umflut, zur Entlastung des Flusses bei Hochwasser, benutzt; Beispiele sind der Landwehr- und der Schleusenkanal (Kupfergraben) zu Berlin. Handelt es sich um geringere Wassermengen, so können die Umläufe der Schleusen hierfür benutzt werden, andernfalls sind neben den Kammerschleusen besondere, durch Schützen zu verschließende Freiarchen anzulegen.²⁶⁾ Wenn ein Seitenkanal bestehende Wege durchschneidet, sind bei ihm, wie bei sonstigen Schiffahrtskanälen Brücken, Durchlässe, Veränderungen der Vorfluteinrichtungen u. s. w. erforderlich.

§ 13. Flußkanalisierungen im Deutschen Reiche. Die älteren unvollständigen Kanalisierungen der Lahn, Ruhr, Unstrut, Saale u. s. w. sind für den heutigen Fernverkehr von geringer Bedeutung.

In der Lahn sind 21 Schleusen grófstenteils im Anschluß an feste Wehre erbaut. Ihre Länge beträgt 32,04 m, die Weite 5,34 m und die Wassertiefe 1,40 m. Um den Klagen der Bergwerke und der Schiffer über die durch die Stromschnellen bei Niedrigwasser entstehenden Verkehrshindernisse einigermaßen abzuhelfen, ist in neuerer Zeit oberhalb Kalkofen ein Wehr nebst Schleuse erbaut (Taf. IX, Abb. 5 bis 8). Das Wehr ist als massives Überfallwehr mit geschweiftem Querschnitt erbaut und er-

²⁶⁾ Im Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 26 ist das Segmentwehr des Kupfergrabens beim Nationaldenkmal veröffentlicht.

hebt sich 1,9 m über Niedrigwasser. Der Stau reicht 4,5 km aufwärts; die Stromschnelle hatte hier ein Gefälle von 1:275 mit nur 0,5 m Fahrtiefe bei Kleinwasser. Erstrebt wird eine Fahrtiefe von 1,5 m. Die Schleuse ist mit hochwasserfreiem Oberhaupte und anschließendem, längs des Schleusenkanals sich hinziehenden hochwasserfreien Deiche hergestellt.³⁷⁾

Im Jahre 1897 wurde von der Firma Havestadt & Contag³⁸⁾ ein Entwurf zur Verbesserung der Lahukanalisierung aufgestellt, der eine SchiffsstraÙe für mittlere Rheinschiffe von 60 m Länge, 8 m Breite und 1,8 m Tiefgang mit einer Ladefähigkeit von 500 bis 600 t vorsieht. Darauf erfolgte im Jahre 1904 seitens des Lahn-Kanalvereins eine Eingabe an die preussische Regierung, die wasserwirtschaftliche Vorlage durch einen Nachtrag zu ergänzen, in dem die Kanalisierung der Lahn von der Mündung bis Gießen für den Verkehr mit Schiffen von 300 t Tragfähigkeit gefordert wurde.³⁹⁾

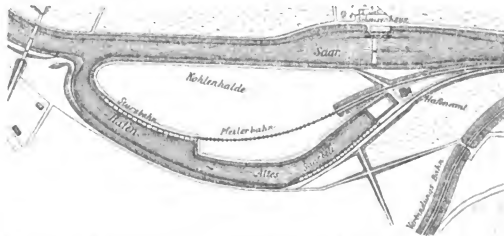
Die Ruhr ist mittels 11 Schleusen von 38,12 bis 39,75 m Nutzlänge, 5,5 m Torweite und 1,0 bis 1,25 m Drempteltiefe für Schiffe von 165 t Tragfähigkeit von Witten ab schiffbar gemacht. Ein Entwurf für die Kanalisierung der 83 km langen Strecke von Wetter bis Ruhrort sieht 21 Nadelwehre, Verbreiterung des Flusses auf 55 m Spiegelbreite und die Erbauung von Schleusen mit 12 m Weite, 120 m Nutzlänge und 2,5 m Fahrtiefe bei Kleinwasser vor.⁴⁰⁾

Die Unstrut ist von ihrer Mündung ab auf 72 km Länge kanalisiert. Es sind 12 Schleusen von 47 m nutzbarer Länge und 5,6 m Weite vorhanden.

Die Saale. Im Anschluß an die Kanalisierung der Unstrut ist die Saale von Naumburg ab bis zur Mündung in die Elbe durch Anlage von 17 Schleusen, deren Länge 47,0 bis 52,7 m bei einer Weite von 5,6 bis 6,5 m beträgt, schiffbar gemacht. Die Schleusenabmessungen gestatten bis Halle einen Verkehr mit Kähnen von 300 t, während von Halle abwärts Fahrzeuge von 375 bis 400 t Tragfähigkeit verkehren können. Eine Schleppschiffahrt findet unterhalb Halle durch Kettendampfer statt.

Als wichtige Ausführungen, die zum Teil in den letzten Jahrzehnten erfolgten, und bei denen man als Stauvorrichtung fast immer Nadelwehre, ausnahmsweise auch Schützenwehre, nämlich an der Spree und der Netze, verwendet hat, sind die Kanalisierungen der nachstehenden Flüsse zu nennen.

Abb. 32. Stauanlage zu Saarbrücken. M. 1:10 000.



A. Saar. Im Anschluß an die französischen Ausführungen sind von 1862 bis 1866 drei Staustufen zu Güdingen, Saarbrücken (Abb. 32) und Louisenthal mit 1,6 m Fahrtiefe für 1,4 m tiefgehende Schiffe angelegt worden.⁴¹⁾ Die Wehre schlossen sich

³⁷⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1883, S. 389. — Wochenschr. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 272. — Mitteilungen des westdeutschen Kanalvereins 1885, S. 22.

³⁸⁾ Holzapfel, Verbesserung der Lahn-Kanalisation. Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1903, S. 285.

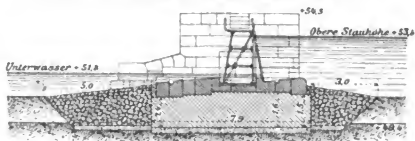
³⁹⁾ Denkschrift der Handelskammer in Gießen über die Schiffbarmachung der Lahn von der Mündung bis Gießen, 1905.

⁴⁰⁾ Denkschrift von J. Greve, Berlin 1887. — Auch Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 425.

⁴¹⁾ Aufsatz von L. Hagen in der Zeitschr. f. Bauw. 1866.

entweder an die Schleusenmauer oder an den Trennungsdamm oberhalb der Schleuse. In den Jahren 1875 bis 1879 ist diese ältere Strecke jedoch bis 2 m vertieft und gleichzeitig sind unterhalb derselben drei Staustufen, zu Wehrden, Bous (Abb. 6, S. 246) und Eusdorf (Abb. 33) errichtet worden, so daß Schiffe mit 255 bzw. 316 t Tragfähigkeit verkehren können. Bei diesen drei Anlagen schliefsen sich die Wehre an den Trennungsdamm oberhalb der Schleuse. Die Länge der sechs Haltungen beträgt 3,86 bis 7,25 km, das Gefälle der drei oberen Schleusen 2,1 bis 2,2 m, der drei unteren 1,7 m; die Oberdrempel liegen 2,1 bzw. 1,5 m höher als die Unterdrempel; die Schleusenweite ist 6,6 m. Die Nadelwehre bestehen aus zwei gleich hohen, aber nur 1,6 m bzw.

Abb. 33. Nadelwehr zu Eusdorf (Saar). M. 1 : 215.



1,9 m unter dem Stauspiegel, 2,4 bzw. 1,8 m über dem Unterdrempel liegenden Teilen; der Verschluss erfolgt durch einfache Nadeln. Die älteren, nur 2 m hohen Wehrböcke sind ohne wagerechte Verriegelung aus + - und Winkeleisen, die neuen, 2,5 m hohen Böcke aus L - und Winkeleisen mit zwei wagerechten Riegeln hergestellt. Die Flufsregulierungen bestanden aus dem Ausbaggern von Kies, sowie Aus Sprengen von Fels aus den zu hohen Stellen der Flufssohle, Erweitern und Befestigen des Leinpfades, Ausgleichen von besonders unregelmäßigen Leinpfads-Böschungen, Abpflasterung der Krone und Böschungen des Leinpfades in Strecken, die dem Angriffe des Wassers besonders ausgesetzt sind. Sichern des Uferfufses durch Buhnen, Stein- oder Schlackendeckwerke und aus Weidenpflanzungen.⁴⁷⁾

Die Saar führt bei Niedrigwasser 7,7 bis 9,2, bei mittlerem Sommerwasser 18,5, bei Hochwasser 310 bis 340 cbm; die Weite der Nadelwehre ist so bestimmt, daß bei bordvollem Flufs kein merkbarer Aufstau erfolgt. Bei Saarbrücken ist das abgeschnittene Flufsbett für einen Kohlenhafen eingerichtet. Man begann mit dem Bau der Schleusen und ihrer Kanäle, führte nach dem Frühjahrs-Hochwasser zunächst die Landpfeiler und sodann nach und nach die mit Fangedämmen abgeschlossenen Teile des Nadelwehres aus.

Die unterhalb Eusdorf anschließende rund 70 km lange freie Flufsstrecke wurde bereits in den Jahren 1840 bis 1850 geregelt, dessenungeachtet ist jedoch die Saar nur bei mittleren und höheren Wasserständen für die Schifffahrt benutzbar. Es wäre daher, um das bedeutende Industriegebiet der Saar an den Vorteilen der geplanten Moselkanalisierung teilnehmen zu lassen, die Fortsetzung der Kanalisierung dieser Strecke bis zur Mündung in die Mosel bei Conz erforderlich.⁴⁸⁾

B. Mosel (Taf. IX, Abb. 14). Die Kanalisierung der Mosel zwischen Frouard und Metz ist 1867 begonnen und 1872 bis 1874 nach den französischen Plänen vollendet; die 58,6 km lange Flufsstrecke liegt nur im unteren Drittel auf deutschem Gebiet. Größtenteils wurden Seitenkanäle hergestellt, die Mosel ist nur auf 10,45 m Länge benutzt worden. Die Nadelwehre bestehen, wie bei der Saar, aus zwei Ab-

⁴⁷⁾ Mitteilung von Schönbrod in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1887, S. 159.

⁴⁸⁾ Helmrath, Die technische Seite der Mosel- und Saarkanal-Projekte. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 483.

teilungen gleicher Bauart. Die Schleusen sind am unteren Ende des Seitenkanals angelegt, haben 39,95 m Nutzlänge, 6 m Breite, 2,15 m Wassertiefe über dem Drempl und 2,0 m Tiefe in den mit 12 bis 15 m Sohlenbreite, 1 1/2fachen Böschungen angelegten Kanälen, so daß Schiffe mit 1,8 m Tiefgang und bis 300 t Tragkraft verkehren. Am oberen Ende der Seinekanäle sind Schutzschleusen gegen das Hochwasser errichtet.⁴⁵⁾

Im Jahre 1883 wurde von Friedel⁴⁶⁾ ein Entwurf zur Kanalisierung der 301 km langen Strecke von Metz bis Coblenz aufgestellt, dann arbeitete Schönbrod⁴⁷⁾ 1889 ein neues Projekt aus, das 1893 von demselben umgearbeitet wurde. Nach letzterem soll das 102,3 m betragende Gefälle dieser Strecke mittels 42 Schleusen von 85 m Länge, 10,5 m Breite und 3 m Drempltiefe überwunden werden. Durch Beifügung eines dritten Tores würden Zugschleusen von 180 m Länge entstehen. Die Abmessungen der Schleusen und die Breite der Fahrrinne von 50 bis 60 m lassen einen Verkehr mit Schiffen von 600 bis 1000 t Tragfähigkeit zu. Zur Anstauung des Wassers sind Nadelwehre in Aussicht genommen, deren Höhe so bemessen wurde, daß bei Niedrigwasser eine Tiefe von 2 m vorhanden ist; dabei wurde vorgesehen, daß durch Baggerungen später eine Tiefe von 2,50 m geschaffen werden kann. Um eine größere Stauhöhe herstellen zu können, als sie die Nadelwehre zulassen, ist auch eine andere Wehrkonstruktion bearbeitet; für die Einzelheiten sei auf die in den Anm. 45 u. 46 bezeichneten Abhandlungen verwiesen.

Über die wirtschaftliche Bedeutung der Mosel- und Saar-Kanalisierung vergl. die Vorträge von Neill und Rágóczy.⁴⁷⁾

C. Unter-Brahe (Taf. VIII, Abb. 5 bis 7). Die Unter-Brahe, d. i. die 12 km lange Strecke der Brahe zwischen Bromberg und der Weichsel, ist 1876 bis 1879 nach einem von Garbe aufgestellten Entwürfe mittels zweier Nadelwehre kanalisiert worden. Diese haben zwei durch einen 3,6 m starken Mittelpfeiler getrennte Öffnungen von 10 und 15,9 m Weite. Die 10 m weite Öffnung liegt 0,7 m über mittlerem Sommerwasser, 1,8 m unter Stauspiegel und ist mit gewöhnlichen Poirée'schen Böcken und Nadeln ausgestattet, die 15,9 m weite Öffnung liegt 0,7 m unter Sommerwasser oder 3,2 m unter Stauspiegel und besitzt Böcke nach dem Muster der Maas-Wehre mit drehbarer Schiene und Kummer'scher Auslösung. Das obere Wehr ist nebst der anliegenden Schleuse etwa 6 km unterhalb Bromberg bei Karlsdorf erbaut; der Stau erhebt sich 2,5 m über das frühere Sommerwasser und 2,0 m über den Rückstauspiegel des unteren Wehres, das nahe der Mündung in einem Durchstiche im Trockenem gebaut werden konnte. Oberhalb dieses Wehres zweigt die 3 km lange Hafenstrasse ab, ein Seitenkanal, der erst in größerer Entfernung unterhalb der Brahemündung in die Weichsel tritt und zu einem 6 qkm großen Sicherheits- und Flosshafen erweitert ist zum Schutze der Schiffe und Flöße gegen Hochwasser und Eingang der Weichsel. Die Hafensfläche liegt 0,9 m unter dem Stauspiegel des unteren Wehres, vergl. Abb. 7, Taf. VIII. Alle Fahrzeuge und Flöße müssen durch den Hafen fahren, in dessen Querdeich sich die zwischen dem Tore 9 m, in der Kammer 18,2 m weite, 60 m lange Schleuse befindet. Die Sohle derselben ist nur durch Steinpflaster auf Faschinenunterlage befestigt, hat sich aber trotz des nicht unbedeutlichen Gefälles (bis 3,87 m bei Kleinwasser der Weichsel) und trotz des feinsandigen Bodens, sowie des lebhaften Verkehrs tadellos gehalten. Seitenkanal und Hafen sind durch einen Längsdeich und den Querdeich vor

⁴⁵⁾ Mitteilung von Schlichting. Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 147.

⁴⁶⁾ Friedel, Das Projekt der Kanalisierung der Mosel von Metz bis Coblenz. Trier 1885. — Deutsche Bauz. 1886, S. 178 u. 278. — Wochenbl. f. Bauk. 1886, S. 109.

⁴⁷⁾ Deutsche Bauz. 1890, S. 394.

⁴⁸⁾ Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 492 bezw. 1903, S. 420.

der Durchströmung geschützt; das Weichselhochwasser staut aber sowohl vom Brahe-, als vom Weichsel-Tale aus in den Hafen. Die Anlage ist von einer Aktiengesellschaft errichtet und nach Amortisierung des Kapitals (es durften nur 5% Dividende gezahlt werden) im Jahre 1899 kostenlos in den Besitz des Staates übergegangen.⁴⁶⁾

D. Netze. Die obere Netze vom Goplo-See bis zum Bromberger Kanale ist nach einem von Garbe aufgestellten Entwurfe 1879 bis 1882 auf 89,4 km Länge kanalisiert, von denen 58,6 km der Netze selbst, 14,8 km Seestrecken und der Rest einem 9 km langen Seitenkanale und dem für die Schifffahrt erweiterten Speisekanale des Bromberger Kanales angehören. Durch den Seitenkanal und den erweiterten Speisekanal werden Seestrecken und Flusstrecken mit starken Krümmungen umgangen. Es sind Schützenwehre, sowie 8 Schleusen von 5 m Weite, 42 m nutzbarer Länge, 1,5 m Tiefe unter Niedrigwasser erbaut, die denen des Bromberger Kanales entsprechen und für sogenannte finowkanalmäßige Kähne bestimmt sind. Den Kanälen ist zunächst nur 11,2 m Sohlenbreite, 1,2 m Tiefe unter Niedrigwasser und 16,0 m Wasserspiegelsbreite gegeben.⁴⁷⁾

Auch an der unteren Netze bis zur Warthe sind von 1891 bis 1896 vier Schützenwehre nebst Kammerschleusen erbaut worden, durch die den Nachteilen vorgebeugt werden soll, welche aus den zahlreichen, der Schifffahrt wegen ausgeführten Begradigungen für die Wiesen des breiten Tales befürchtet wurden. Durch die Wehre wird der gesenkte Wasserspiegel zeitweise wieder gehoben, namentlich die Überflutung des Wiesentales in den Wintermonaten ermöglicht; unter Umständen kann die Hebung des Wasserspiegels aber auch der Schifffahrt von Nutzen sein.

E. Main (Taf. VIII, Abb. 1 bis 4). Die 36 km lange Strecke zwischen Frankfurt und dem Rhein besafs bei 10,4 m Gefälle nur 0,9 m mittlere Fahrtiefe. Diese ist durch fünf, in den Jahren 1883 bis 1886 erbaute Wehre zunächst auf 2,0 m und nach weiterer Vertiefung der Flußsohle vor einigen Jahren auf 2,5 m gebracht worden, so dafs 1000 t-Schiffe vom Rhein bis Frankfurt in einem Tage gelangen können. Die Wehre liegen in den Flutgerinnen 2,5 m, in den Schiffsdurehlässen 3,1 m unter dem normalen Stauwasserspiegel. Ihre Weite beträgt je nach der Breite des Flusses 108,4 bis 163,8 m und ist auf 2 bis 4 Öffnungen von 26,6 bis 59 m Weite verteilt; eine Öffnung von 47 bis 59 m Weite dient als Schiffsdurchlaf. Am rechten Ufer befindet sich ein 12 m weites, durch ein Trommelwehr geschlossenes Flosgerinne mit etwa 1:200 Neigung. Die Schleusen, welche 2,5 m Dreupeltiefe, 10,5 m Weite und 80 m nutzbare Länge haben, sind durch längere Erdzungen vom Wehre getrennt.

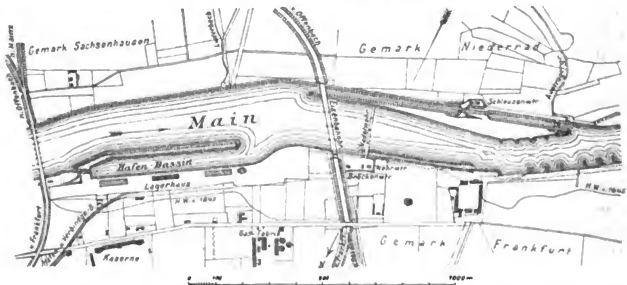
Vor einigen Jahren ist 255 m unterhalb jeder Schleuse ein neues, 12 m weites Unterhaupt hinzugefügt; hierdurch ist eine zur Aufnahme von sechs großen Rheinschiffen und dem Schlepper genügende Zugschleuse geschaffen, während man früher fünf Füllungen für einen Zug bedurfte. Der bisherige, 1½ fach geböschte, in der Sohle 20 m breite Unterkanal ist innerhalb der neugebildeten Schleuse, abgesehen von den untersten 1,5 m, mit 1:1 abgeböschet, in Mörtel abgeplästert und mit Treppen versehen. Die Achse der Schleusenkanäle ist zur Erleichterung des Ein- und Ausziehens der Fahrzeuge seitlich der Schleusenachse gelegt; zur raschen Füllung ist ein besonderer Um-

⁴⁶⁾ H. Garbe, Der Weichselhafen Brahemünde und die Kanalisierung der Unter-Brahe. Zeitschr. f. Bauw. 1888.

⁴⁷⁾ Vortrag von Garbe in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 188. — Lieckfeldt. Zentrabl. d. Bauverw. 1885, S. 392.

laufkanal vom Main in die Schleppzugschleuse angelegt worden. Auf der untersten Strecke, zwischen der Schleuse Kostheim und dem Rheine, wird die Offenhaltung der ausgebaggerten Fahrrinne durch ein langes Leitwerk erreicht, das den Main bis auf 105 m einengt. Für den Floßverkehr ist ein besonderer Liege- und Handelshafen zwischen Kostheim und Kastel angelegt. Da durch die Kette aus der Flussole öfters Steine aufgekantet wurden, ist die Sohle des Mains überall mindestens bis $2,5 + 0,3 = 2,8$ m unter dem Stauspiegel vertieft, die gewöhnliche Breite der Fahrrinne $b = 36$ m ist in Krümmungen auf $b + \frac{1600}{K}$ verbreitert, auch der Trennungsdamm nach oberhalb verlängert. Die Schleusen und die 3,5 m starken Wehrpfeiler liegen etwa 0,9 m über dem Stauspiegel, 3,2 m unter Hochwasser, nur die Oberhäupter der Schleusen sind hochwasserfrei erbaut, ausgenommen die Schleuse bei Flörsheim, bei der eine Beschränkung des Querschnittes nicht statthaft war. Die Schleusen befinden sich sämtlich am linken Ufer, das sich etwa 3,5 m über den ungestauten Wasserspiegel erhebt und deshalb durch die Anstauung nicht gelitten hat. Seitens der Stadt Frankfurt ist ein Hafen von 560 m Länge, 70 m Breite und 2,5 m Tiefe bei niedergelegtem Wehr nebst Kai- und Gleisanlagen, Lagerhäusern, Getreidesilos und Ladeplätzen ausgeführt, ferner sind ausgedehnte Umschlag-einrichtungen hauptsächlich für Kohle auf dem linken Ufer errichtet (Abb. 34).

Abb. 34. Stauanlage bei Frankfurt a. M.



In den Jahren 1898 bis 1901 wurde seitens der hessischen Regierung behufs Fortführung der Mainkanalisierung bis Offenbach kurz unterhalb dieser Stadt eine Stauanlage erbaut, die hinsichtlich der Gesamtanordnung den übrigen unterhalb gelegenen Stauanlagen entspricht; die lichte Weite der einschiffigen Kammerschleuse beträgt hier jedoch 12 m, nicht 10,5 m, wie bei den unterhalb gelegenen Schleusen. Diese Anordnung wurde getroffen, um den bis zu 10 m breiten Rheinschiffen das Einfahren in die Schleuse zu erleichtern. Auch ist das Oberhaupt der Kammerschleuse nicht hochwasserfrei, sondern in Höhe der Schleusenwände gelegt.

Die Stadt Offenbach hat 1,2 km oberhalb dieser Stauanlage am linken Mainufer einen großen Handels- und Sicherheitshafen erbaut, der im Jahre 1902 dem Verkehr übergeben wurde.

In den nachstehenden Tabellen ist die Höhenlage der Dampel sämtlicher Schleusen, sowie Angaben über die Länge der Schleusenkanäle, das Gefälle und die Gesamtweite der Wehre enthalten.

	Höhenlage über N. N. des		
	Stauspiegels m	Oberdrehpels m	Unterdrehpels m
Offenbach	+ 94,20	89,60	89,60
Frankfurt	+ 91,97	88,97	86,77
Höchst	+ 89,32	86,42	85,02
Okriftel	+ 87,48	83,18	83,18
Flörheim	+ 85,69	82,79	81,39
Kostheim	+ 83,86	80,96	78,96

	Länge des oberen unteren Schleusenkanals		Gefälle des Wehres m	Weite m
	m	m		
Offenbach	150	100	2,10	118
Frankfurt	570	100	2,70	160,4
Höchst	220	123	1,80	118
Okriftel	220	100	1,80	108,4
Flörheim	220	144	1,80	163,8
Kostheim	220	900	2,30 i. M.	118

Nach Übereinkunft zwischen Preußen, Bayern und Hessen wird demnächst die Kanalisierung von Offenbach bis Aschaffenburg fortgeführt werden. Die Fortführung soll in der Weise erfolgen, daß das Fahrwasser entsprechend der unteren Strecke eine Mindesttiefe von 2,5 m erhält und daß die neue Strecke auch im übrigen der unteren Strecke in Bezug auf die zulässige Schiffsgröße nicht nachsteht. Die geplanten fünf Schleusen erhalten eine nutzbare Länge von 300 m mit einem mittleren Haupt zum Abschluß einer für sich allein zu benutzenden kleinen Kammer von 100 m Länge, ferner 12 m Tor- und Sohlenbreite. Die Kammerwände sollen im Verhältnis von 1:1 geböschet und mit möglichst glattm Pflaster versehen werden. Die Oberhäupter der Schleusen werden nicht hochwasserfrei gelegt, sondern gelangen nur bis auf 0,90 m über Oberwasser zur Ausführung, ebenso hoch sind die Kammerwände. Die Wehranordnungen sind dieselben wie die auf der unteren Strecke.

Anschließend an diese Erweiterung hat Faber einen Entwurf für einen neuzeitlich eingerichteten Donau-Main-Kanal aufgestellt, in welchem besonders die Art und Weise der Führung des Wasserweges im Maintal vom Bamberg bis Aschaffenburg beachtenswert ist.⁵⁰⁾

Auf dem kanalisiertem Main hat der Verkehr zwischen Mainz und Frankfurt a. M. einen gewaltigen Aufschwung genommen; er betrug 1881/82 nur 312000 tkm, dagegen 1896 bereits 53,9 Millionen, 1900 64,07, 1903 sogar 76,98 und 1904 62,19 Millionen Tonnenkilometer. Die Abnahme des Verkehrs im Jahre 1904 ist zurückzuführen einerseits auf die im Anfang dieses Jahres wegen baulicher Herstellungen erfolgte längere Sperrung der Schleusen, andernteils darauf, daß im Jahre 1903 vor der Gründung der Rheinischen Kohlenhandels-Gesellschaft (Kohlenkontor) in den Häfen Kohlenvorräte über Bedarf aufgespeichert waren, so daß eine Zufuhr in dem Maße wie in den Vorjahren nicht erforderlich war.

⁵⁰⁾ Faber, Denkschrift über den technischen Entwurf einer neuen Donau-Main-Wasserstraße von Kelheim nach Aschaffenburg. — Auch Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 444 und Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1903, S. 427.

Da die Strecke Mainz-Frankfurt 32,63 km lang ist, folgt aus den obigen Angaben, dafs daselbst im Jahre 1903 der kilometrische Verkehr 2350000 t, im Jahre 1904 aber 1900000 t war. Näheres über das letztgenannte Jahr s. Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 463.

F. Oberspree (Taf. VIII, Abb. 12). Die Kanalisierung der Oberspree ist ein Teil des 87 km langen sogenannten Oder-Spree-Kanals (1887—1891). Es ist ein 24 km langer Seitenkanal von der Dahme und dem Seddiner See bis zur Spree bei Grofse Tränke ausgeführt; am unteren Ende befindet sich die Wernsdorfer Schleuse mit 4,9 m Gefälle, am oberen die Gr. Tränker Schleuse. Die Spree, deren Wasserspiegel in Gr. Tränke durch ein Schützenwehr gehoben ist, steht mit diesem Seitenkanal gewöhnlich in freier Verbindung, nur bei höheren Spreeständen, die in den Kanal nicht eindringen dürfen, tritt die Kammerschleuse in Tätigkeit. Die Spree wird dann von Gr. Tränke über Fürstenwalde, wo sich ein Mühlenstau von 0,9 m grösstem Gefälle (Schützenwehr nebst Schleusen) befindet, auf 20 km Länge bis Kersdorf verfolgt, wobei die Durchstiche mit 16 m Sohlenbreite, 2fachen Böschungen, 2 m Tiefe unter NW. ausgeführt sind und die Sohle übrigens in 20 m Breite auf 2 m Tiefe unter Niedrigwasser ausgebaggert wurde. Die Spreesohle ist mit einem Längengefälle 1:100000, die Kanalsohle mit 1:150000 angelegt worden. Man vergleiche die unten vermerkten Mitteilungen über den Oder-Spree-Kanal.²¹⁾

G. Unterspree. Die Kanalisierung der Unterspree bei Berlin nach dem von A. Wiebe²²⁾ aufgestellten Entwurf verfolgt drei Zwecke, nämlich:

1. Die Verbesserung der Wasserstrafse zwischen Berlin und der Havel durch Vergrößerung der Fahrtiefe und Beseitigung zu scharfer Krümmungen.
2. Herstellung einer für die Grofschiffahrt geeigneten Wasserstrafse am Mühlen-damm, wo eine grofse Schleuse erbaut wurde, und
3. die Verbesserung der Vorflut in Berlin, insbesondere die Senkung des Hochwasserspiegels am Mühlendamm durch die Errichtung des dortigen Wehres in genügender Weite und Tiefe, sowie durch Vertiefung der Flufsohle. Die Arbeiten 2. und 3. erforderten 6,4 Millionen Mark und sind gemeinschaftlich vom Staate und der Stadt ausgeführt.

Bei Charlottenburg²³⁾ ist 1883 bis 1885 ein Schützenwehr mit vier Öffnungen von je 10 m Weite und ein 10 m weiter Schiffsdurchlaf (Trommelwehr) erbaut (Abb. 35). Letzterer wird jedoch nur wenig benutzt; im Jahre 1898 haben stromab von 10281 leeren Frachtschiffen nur 1370, von 4149 Dampfschiffen nur 2, von 309 Plätzen Flofs-holz nur 123 den Durchlaf, die übrigen die Schleusen befahren; stromauf ist der gesamte Verkehr durch die beiden neben dem Wehre erbauten Schleusen (Drempel = + 27,2) gegangen, deren Schleusenkanal 35,4 m Sohlenbreite besitzt. Durch das Charlottenburger Wehr wird der Wasserspiegel der Spree mindestens in der Höhe des früheren Mittelwassers = + 30,4 NN, gehalten, während das Mühlendammwehr den Wasserspiegel dauernd auf + 32,28 NN. halten soll. Selbst bei Hochwasser (160 cbm), wo durch besondere Freiarehen im Landwehrkanal 15 cbm und im Spreekanal 25 cbm abgeführt werden, so dafs im Hauptarm 120 cbm verbleiben, soll der Stand von + 32,28 m nicht überschritten werden.

²¹⁾ Mohr, Der Oder-Spree-Kanal, Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 369. — Génie civil 1888, S. 466. — Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 6. — Deutsche Bauz. 1888, S. 11.

²²⁾ Denkschrift von A. Wiebe im Zentralbl. d. Bauverw. 1881 u. 1882, ferner 1888, 1894 u. 1896.

²³⁾ Mitteilung von Mohr in der Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 207.

Abb. 35. Stauanlage bei Charlottenburg.

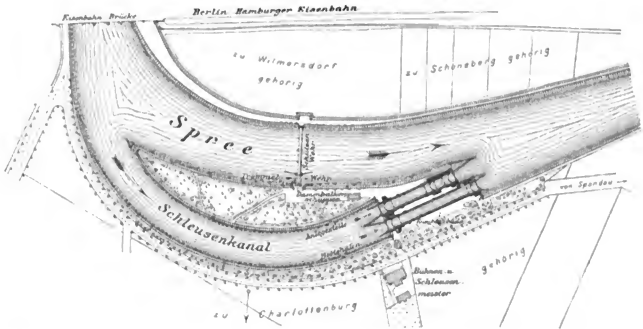
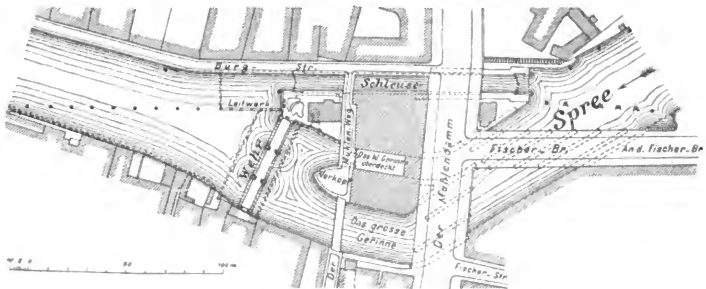


Abb. 36. Stauanlage am Mühlendamm zu Berlin.



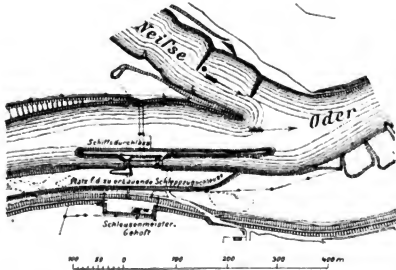
Das Mühlendammwehr (Abb. 36) besitzt in drei Öffnungen insgesamt 40 m Weite und zeichnet sich durch umlegbare Schütztafeln aus, die mittels Rollen auf Schienen derart geführt werden, daß die hochgezogenen Schützen behufs eines freieren Durchblicks eine wagerechte Lage erhalten. Die Kammerschleuse hat 110 m nutzbare Länge, 9,6 m Weite, die Drempel liegen 2,5 m unter Mittelwasser; Tore, Umläufe und Spille werden durch Wasserdruck bewegt. Sie ist wie die größere Schleuse zu Charlottenburg für Schiffe bis 1,75 m Tiefgang bestimmt⁵¹⁾ und nimmt zur Zeit schon etwa zwei Drittel des Verkehrs (abgesehen vom Landwehrkanale) auf, nur ein Drittel kommt auf die Stadtschleuse (am Nationaldenkmale). Da die Ein- und Ausfuhr in Berlin im Jahre 1898 schon 5,63 Millionen Tonnen betrug, so erschien eine Entlastung der Berliner Wasserstrasse vom durchgehenden Verkehre, der im Jahre

⁵¹⁾ Verbesserung des Spreelaufes innerhalb Berlins von Germelmann und Offermann. Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 45.

1898 0,86 Millionen Tonnen betrug, längst erwünscht. Hieraus erklären sich die älteren, einen Großschiffahrtsweg durch Berlin betreffenden Vorschläge, welche man die Vorläufer des Teltow-Kanals nennen kann.⁵⁵⁾

H. Oder (Taf. VIII, Abb. 8 bis 11 und Abb. 37). Die Kanalisierung der Oder von Kosel, wo ein Liege- und Umschlaghafen mit Eisenbahnanschlüssen und zahlreichen Kohlenkippern angelegt wurde, bis zur Neissemündung ist 1891—1896 zur Ausführung gebracht. Es sind 12 Nadelwehre nebst Kammersehleusen, sowie auch größere Schleusen neben den alten Mühlwehren zu Brieg und Ohlau neu erbaut, ferner ist der Großschiffahrtsweg bei Breslau (§ 12) hergestellt. Die Flusstrecke Kosel-Neissemündung besitzt 82 km Länge und 1:3150 Gefälle. Die Wehre haben 1,75 bis 2,6 m Gefälle,

Abb. 37. Staustufe Neissemündung.



77,8 bis 125 m Weite; es wurden eine oder zwei Flutöffnungen, sowie ein Schiffsdurchlass von 25 m Weite ausgeführt. Das Durchflußprofil des Wehres entspricht dem vollbordigen Flußprofil. Der Rücken der Flutgerinne liegt 0,4 bis 0,8 m, durchschnittlich etwa 0,7 m unter dem hydrostatischen Rückstau und etwa 0,2 m unter bisherigem Niedrigwasser, 1,2 m unter bisherigem Mittelwasser, die Schiffsdurchlässe liegen 0,5 m tiefer als

die Flutwehre. Der Rückstau erhebt sich nur etwa 0,5 m über Niedrigwasser, 1,0 m über Flußsohle, so daß Baggerungen zur Herstellung von mindestens 1,5 m Tiefe vorgenommen werden mußten. Die Nadeln haben im Durchlaß gewöhnlich 12 cm, im Flutwehr 9 cm Stärke, sind nach den Enden bis auf 7 beziehungsweise 6 cm Stärke zugespitzt und mit Haken versehen; ihre Länge beträgt, da sie noch 0,2 m über die Arbeitsbrücke, etwa 0,7 m über Stauspiegel reichen, in den Flutwehren durchschnittlich etwa 3,8, in den Durchlässen etwa 4,3 m bis 4,56 m.⁵⁶⁾ Die Schleusen haben 55 m Nutzlänge, 9,6 m Weite, der Unterdrempel liegt 2,0 m unter dem hydrostatischen Rückstau. Sie genügen für ein 450 t-Schiff oder für zwei Finowkanalkähne, doch ist zwischen ihnen und dem Wehrgehöft Raum für eine 130 m lange Schleppzugschleuse vorgesehen. Sie sind meist am ausbiegenden (konvexen) Ufer und bei drei Stufen nebst den Wehren in Durchstichen erbaut, liegen mit den Kammerwänden gleich den Wehrpfeilern, 0,6 m über Stauspiegel, jedoch im Oberhaupt hochwasserfrei. Die den Schiffsdurchlaß begrenzenden Pfeiler reichen bis über den höchsten schiffbaren Wasserstand, d. h. bis etwa 1 m über Stauspiegel.⁵⁷⁾ Auf der nicht kanalisierten Oder

⁵⁵⁾ Dietrich, Kanalisierung der Spree. Zentralbl. d. Bauverw. 1881, S. 261. — Deutsche Bauz. 1890. — Schumann, Der Großschiffahrtsweg durch Berlin. Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 249; Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1900, S. 224.

⁵⁶⁾ Mitteilung von Roloff im Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 209. — Verhandlungen des Brüsseler Schiffahrts-Kongresses 1898.

⁵⁷⁾ Aufsatz von Mohr in der Zeitschr. f. Bauw. 1896. Ferner: Mitteilung im Zentralbl. d. Bauverw. 1894 und Deutsche Bauz. 1895, S. 47. — Schleusen zu Brieg und Ohlau. Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 53. — Alg. Bauz. 1898 und Zeitschr. f. Binnenschiffahrt 1895/96, S. 110.

sind bisher nach zehnjährigem Durchschnitt während 54 Tagen Tiefen unter 1 m, während 122 Tagen Tiefen von 1 bis 1,6 m durch die Regulierung erzielt.

Da der Wasserabfluß sich in dem oberen Stromgebiet sehr ungleichmäßig vollzieht und die Mindestwassertiefe auf der Strecke von der Neisse-Ämündung bis Breslau zur Zeit nur 0,80 bis 0,90 m beträgt, kann die auf der kanalisierten Strecke vorhandene Wassertiefe von 1,50 m nicht ausgenutzt werden, indem die Schiffe oft längere Zeit nicht mit voller Ladung fahren können. Auch unterhalb Breslau ist bisher nur eine Mindestfahrwassertiefe von 1 m vorhanden. Zur Verbesserung dieser Zustände ist in der preussischen Wasserstraßenvorlage von 1904 die Kanalisierung der Oder von der Neisse-Ämündung bis Breslau und für die untere Strecke zunächst die Ausführung einer versuchsweisen Nachregulierung mit Zuführung von Zuschußwasser aus Staubecken in Aussicht genommen, wodurch überall eine geringste Fahrwassertiefe von 1,40 m geschaffen werden soll. Die zu kanalisierende Strecke soll durch den Bau von 8 Staustufen von 1,4 bis 2,1 m Gefälle für 400 bis 500 t Schiffe fuhrbar gemacht werden. Die neuen Schleusen sollen als Schleppzugschleusen eine Länge von 180 m erhalten und so einen aus einem Schlepper und 5 großen Kähen bestehenden Schleppzug in zwei Schleusungen durchlassen. Durch Herstellung von Durchstichen sollen die für die Schifffahrt gefährlichen Flußkrümmungen umgangen und bei der auf dieser Strecke bereits vorhandenen Staustufe bei Ohlau soll ein beweglicher Aufsatz von 52 cm Höhe auf dem festen Oberfallwehr angebracht werden.⁸⁶⁾

J. Fulda (Taf. VIII, Abb. 14 u. 15). Behufs Ausdehnung der Weserschifffahrt und Hebung der gewerblichen Tätigkeit der Stadt Kassel ist die Fulda auf der 28 km langen Strecke mit 17 m Gefälle von Kassel bis zur Weser in den Jahren 1893 bis 1895 kanalisiert. Es wurde das Mühlenwehr bei Münden benutzt, außerdem sind sechs Nadelwehre erbaut, deren zwei Öffnungen gewöhnlich 30,2 und 26,6 m weit sind, getrennt durch einen 6,2 m starken Pfeiler mit Fischpafs; die ungleiche Weite ist durch Vorflutrücksichten während des Baues veranlaßt. Sie liegen mit dem Rücken in Höhe der bisherigen Stromstrich-Flußsohle, werden mit Hakennadeln gleich den Oder-Wehren geschlossen und haben ein Gefälle von 2,0, 2,0, 2,46, 2,46, 2,81 und 3,2 m. Die Schleusen liegen im Flusse unmittelbar neben dem Wehre, das sich an das Unterhaupt schließt; sie besitzen 8,6 m Weite, 63,85 m Länge von Drempeel zu Drempeel, liegen mit dem Unterdrempeel 1,5 m unter dem hydrostatischen Rückstau und mit den Wänden 1 m über dem Stauspiegel. Da auch das Oberhaupt in Kammerhöhe liegt und das Hochwasser sich bis etwa 7 m über Niedrigwasser erhebt, werden Wehr und Schleuse alsdann in größerer Höhe überflutet. Nachträglich sind 40 bis 50 m lange obere Trennungswerke hinzugefügt zum Schutze der Schiffe vor der Wehrströmung, insbesondere bei heftigem Winde.

Die Fulda hatte auf der kanalisierten Strecke durchschnittlich 1:1600, an 20 Stellen mehr als 1:600, sogar 1:128 Gefälle, führt bei Kleinwasser nur 3,5 cbm und wurde zunächst im Stromstrich in 20 m Breite und mit Krümmungshalbmessern von mindestens 300 m bis 1 m unter Niedrigwasser ausgebaggert. Es ist jedoch eine weitere Vertiefung bis 1,5 m unter diejenigen Wasserstände in Aussicht genommen, bei denen diese Tiefe sich auch auf der Oberweser vorfindet, die gewöhnlich 1 m, bei Niedrigwasser nur 0,8 m Tiefe besitzt. Das mindestens 20 m breite Fahrwasser ist durch rote (rechts) und weiße (links), 5 m lange, an gußeisernen Platten befestigte Stangen in Abständen von 75 m bezeichnet.⁸⁷⁾

K. Ems. Die neue, im Jahre 1899 eröffnete Wasserstraße von Dortmund nach Emden (der sogenannte Dortmund-Ems-Kanal) ist von Dortmund bis zur Ems unweit Lingen als neuer Kanal angelegt worden. Unterhalb Lingen wird eine kurze Strecke

⁸⁶⁾ Drucksachen des preuss. Abgeordnetenhauses 1904 und Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 181.

⁸⁷⁾ Mitteilung von Schattauer im Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 172. — Schiff 1896, No. 1. — Ausführliche Beschreibung in der Zeitschr. f. Bauw. 1899, S. 401.

der Ems, dann bis Meppen der 18 km lange, im Jahre 1824 vollendete, neuerdings verbreiterte und vertiefte Seitenkanal von Hanekenfähr benutzt. Von Meppen bis Herbrum ist die Ems unter Beseitigung aller scharfen Krümmungen auf 48 km Länge kanalisiert. Einen Höhenplan bringt Taf. X, Abb. 1, einen Lageplan Abb. 2 daselbst. Die Anstauung des Wasserspiegels erfolgt durch vier Nadelwehre und ein Schützenwehr (Taf. X, Abb. 3 bis 5 und S. 253) mit zusammen 8 m Gefälle, deren Schleusen in Durchstichen erbaut sind. Die Schleusen sind für Schleppzüge eingerichtet und haben 10 m Weite, 165 m Kammerlänge. Von Herbrum bis Oldersum wird die freie Ems befahren, bei letztgenanntem Orte beginnt der in § 12 besprochene Seitenkanal Oldersum-Emden.⁶⁰⁾

L. Lippe. Die Lippe ist gegenwärtig von ihrer Kreuzung mit dem Dortmund-Ems-Kanal bis Lippstadt kanalisiert, und zwar auf der Strecke von der Kanalkreuzung bis Hamm durch 7 Schleusen mit einer Länge von je 38,29 m und einer Breite von je 6,43 m, von Hamm bis Lippstadt durch 5 Schleusen von je 27,86 m Länge und je 4,71 m Breite. Für die Schifffahrt ist diese Strecke aber wegen der geringen Wassertiefe bei Niedrigwasser kaum benutzbar.

Ein Entwurf zur Kanalisierung der 142 m langen Strecke von der Mündung bei Wesel bis Lippstadt⁶¹⁾ sieht 19 Stauanlagen von durchschnittlich 2,9 m Stauhöhe vor, die aber in einzelnen Fällen noch bedeutend überschritten werden. Als Wehrkonstruktion hat Henrich Rolljalousiewehre empfohlen. Die Schleusen sollen 67 m Länge, 8,6 m lichte Weite und 3 m Drempeltiefe erhalten. Die Schleusenkanäle werden eine Sohlenbreite von 18 m und eine Wassertiefe von 2,5 m haben. Die geringste Wassertiefe in der Fahrrinne auf der Strecke von Wesel bis Hamm würde 2,5 m, auf der Strecke von Hamm bis Lippstadt dagegen 2 m betragen. Durch Herstellung von Durchstichen soll die 182 km lange Flusstrecke auf 142 km abgekürzt werden.

Wie die Kanalisierung der Lippe sich endgültig gestalten wird, ist noch unentschieden, es steht jedoch fest, daß der bei anderer Gelegenheit bereits erwähnte Lippe-Seitenkanal zwischen Hamm und Datteln im Anschluß an den Dortmund-Ems-Kanal erbaut werden wird. Durch das preussische Gesetz betr. Herstellung und Ausbau von Wasserstraßen vom Jahre 1905 ist ferner „Kanalisierung der Lippe oder die Anlage von Lippe-Seitenkanälen von Wesel bis zum Dortmund-Ems-Kanal bei Datteln und von Hamm bis Lippstadt“ gesichert.

Die nachstehend genannten geplanten Kanalisierungen sollen nicht unerwähnt bleiben.

Die Kanalisierung der **Emscher** war statt eines Dortmund-Rhein-Kanals geplant. Derselbe sollte von Herne mittels zweier Schlenzen von 6 und 5 m Gefälle in das Tal der Emscher abfallen, dann an deren linken Ufer mittels dreier Haltungen bis Oberhausen geführt und von hier bis zum Rhein sollte die Emscher selbst, in der zwei Staustufen vorgesehen waren, verfolgt werden. Die sieben Schleusen hätten zusammen 33,5 m Gefälle, der Kanal 18 m Sohlen- und 30 m Wasserspiegelbreite und 2,5 m Tiefe erhalten.⁶²⁾

Weser. Die Kanalisierung der Weser von Minden bis Bremen auf Kosten des Bremischen Staates war in Verbindung mit einem Rhein-Elbe-Kanal geplant, auch für die Strecke Minden-Hamel, die nur 0,8 m Tiefe bei Niedrigwasser besitzt, war ein Entwurf bearbeitet. Durch die Kanalisierung

⁶⁰⁾ Der Dortmund-Ems-Kanal. Zentrabl. d. Bauverw. 1893, S. 389. — Schiff 1892, S. 525. — Zeitschr. f. Bauw. 1901.

⁶¹⁾ Henrich, Mitteilungen über das Projekt der Kanalisierung des Lippe-Flusses. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1900, S. 153. Vergl. auch Prüssmann, Kanalisierung der Lippe. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1896/97, S. 288.

⁶²⁾ Drucksachen des preuss. Abgeordnetenhauses, sowie Auszüge daraus im Zentrabl. d. Bauverw., der Deutschen Bauz. u. s. w. von 1899.

sollte den Nachteilen vorgebeugt werden, die der Landeskultur und der Schifffahrt durch Entziehung von Speisewasser bei Rinteln bei niedrigen Wasserständen drohten, indem die Weser bei Kleinwasser nur 25,4 cbm führt, von denen man 7,1 bis 10 cbm behufs Speisung des Rhein-Elbe-Kanals entnehmen wollte. Ferner sollte eine Verbesserung der Weserschifffahrt erzielt und eine leistungsfähige Verbindung zwischen dem genannten Kanal und der Unterweser geschaffen werden.⁶³⁾

Es wären Nadelwehre nach Art der Oderwehre vorgesehen. Das Gefälle der Weser beträgt unterhalb Hameln durchschnittlich 2,4 m. Die 51 Schleusen von 12 m Weite und 3,0 m Drempteltiefe sollten oberhalb Minden 67 m, unterhalb Minden 200 m Länge erhalten und in längeren Schlenzenkanälen mit hochwasserfreiem Oberhaupt erbaut werden. Durch diese Kanäle wäre der Flußlauf von 236 auf 210 km abgekürzt.

Nachdem der preussische Landtag im Jahre 1905 eine Wasserstraßenvorlage angenommen hat, in der von einer Kanalisierung der Weser Abstand genommen und die Verbesserung des Fahrwassers dieses Flusses mittels Zuführung von Zuschußwasser aus Staubecken in Aussicht genommen ist, sind diese Pläne einstweilen hinfallig geworden.

§ 14. Kanalisierungen in Österreich, Frankreich, Belgien und Amerika.

A. Österreich. Kanalisierung des Donaukanals. Ein Wien durchschneidender Arm der Donau, den man den Donaukanal zu nennen pflegt, ist kanalisiert und wird nunmehr auch als Handels- und Winterhafen benutzt. Das Sperrschiff an der Abzweigung des Kanals bei Nufsdorf, das für die Regelung des Wasserzuflusses und die Zurückhaltung des Hochwassers nicht ausreicht, bleibt zwar bestehen, um den Andrang der Eismassen aufzunehmen; es ist aber etwa 100 m unterhalb des Sperrschiffes zu seiner Unterstützung ein Schützenwehr mit eisernen drehbaren Pfosten, sowie unweit des Wehres in einem besonderen Kanale eine Kammerschleuse errichtet worden (vergl. § 11, S. 267 und Taf. VIII, Abb. 13). Ferner sind 5 bzw. 8 km unterhalb Nufsdorf sowie 1 km oberhalb der Ausmündung des Donaukanals noch drei andere Wehre nebst Schleusen im Donaukanale hergestellt, durch die zu allen Zeiten mindestens 2 m Tiefe bei Kleinwasser, geschaffen werden soll. Um den Kanal auch bei Eisversetzungen in strengen Wintern sicher speisen zu können, ist ein sehr tief liegender, überwölbter Speisekanal ausgeführt. Das Nufsdorfer Wehr soll gewöhnlich geöffnet sein und nur bei Wasserständen, die sich über den mittleren Stand erheben, zum Teil geschlossen werden. Wegen des sehr durchlässigen groben Kieses erfolgte die Gründung mittels Prefsluft. Auch der tiefliegende lange Speisekanal wurde pneumatisch fundiert, ein ähnlicher Kanal ist auch neben der Schleuse ausgeführt.⁶⁴⁾

Die im Jahre 1897 begonnene Kanalisierung der Moldau und Elbe von Prag bis Aussig⁶⁵⁾ bezweckt den Elbkähnen von 900 t Tragfähigkeit eine Mindestwassertiefe von 2,10 m zu sichern. Das absolute Gefälle der Moldau in der 51 km langen Strecke von Prag bis Melnik beträgt 25,16 m, das der Elbe von Melnik bis

⁶³⁾ Schiff, Dez. 1897 (Vortrag von Schelten). — Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1899. — Deutsche Bauz. 1899. — Voraussichtlicher Verkehr: Sympher, Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten, Anlage 9. Vergl. auch Verkehrsgebiet der Weser. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 345 und Das neue Kanalprojekt Bremens. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1902, S. 262.

⁶⁴⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, No. 14 u. 15. — Aufsatz von Brennecke im Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 41, 54, 78. — Allg. Bauz. 1892, S. 1. — Wochenschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 312.

⁶⁵⁾ Mrasick, Kanalisierung der Moldau und Elbe. Allg. Bauz. 1897, S. 127, ferner Deutsche Bauz. 1897, S. 284 u. 289. — Vorschlag zur Kanalisierung der Moldau bei Prag. Allg. Bauz. 1896, S. 61, sowie Techn. Blätter 1891.

Viktor Mayer, Stand der Arbeiten. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1898, Jan. — Fahrt des Elbe-Vereins in Aussig von Prag bis Melnik. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1901, S. 372. — Lühning, Österr. Wasserstraßen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 143.

Aussig bei 70 km Länge 21,44 m. zusammen also 46,60 m. Zur Überwindung dieses Höhenunterschiedes sind 5 Staustufen in der Moldau und 6 in der Elbe vorgesehen. Das Wehrgefälle beträgt bei den einzelnen Staustufen 2,10 bis 3,90 m, das Schleusen-gefälle 2,50 bis 5,40 bzw. 8,9 m (Schleuse bei Horin) und die Länge der Haltungen 5,4 bis 19,0 km, s. Taf. X, Abb. 6. Von diesen Stauanlagen sind diejenigen in der Moldau fertiggestellt und die beiden obersten in der Elbe zur Zeit im Bau begriffen. Die Schleusen liegen in längeren oder kürzeren Seitenkanälen (Taf. X, Abb. 7), welche Flusstellen von größerem Gefälle oder stark dem Hochwasser ausgesetzte Flusstrecken umgehen. Es kommen sowohl Einzel- wie Schleppzugschleusen zur Anwendung, die entweder hintereinander oder nebeneinander angeordnet sind (Abb. 25 u. 26, S. 266). Eine seither noch nicht zur Anwendung gelangte Absperrvorrichtung der Umlaufkanäle in den Schleusenhauptern bilden die von Mayer konstruierten horizontalen und vertikalen Rollschützen.⁶⁶⁾ Die Länge der Einzelschleusen beträgt 78 m, ihre Breite 11 m, die Länge der Schleppzugschleusen 225 m bei 20 m Sohlenbreite. Die Drempeltiefe ist 2,50 m. Als Stauvorrichtung kommen sowohl Nadelwehre wie Schützenwehre zur Anwendung. Bei dem Wehr zu Libschitz (Taf. X, Abb. 11) sind die Wehrböcke, zwischen denen sich die Schütztafeln bewegen, mit abnehmbaren Nadellehnen, ähnlich wie bei Nadelwehren, versehen, um nötigenfalls eine Vereinigung beider Bauarten zu ermöglichen. Die unterste Reihe der Schütztafeln wurde zu diesem Zwecke an ihrer oberen Kante entsprechend armiert, um als unterer Anschlag für die Hakennadeln zu dienen. Bei der Staustufe zu Mirowitz bot sich Gelegenheit, das Stauwehr mit der an dieser Stelle neu erbauten Strafenbrücke über die Moldau zu verbinden (Taf. X, Abb. 8 bis 10). Die Mittelöffnung von 56 m lichter Weite dient als Schiffsdurchlaß; da der Stan 3,9 m beträgt, gelangte hier ein Schützenwehr zur Anwendung. Die den Schütztafeln als Widerlager dienenden Losständer sind an dem Untergurt des einen Hauptträgers der Brücke drehbar aufgehängt. Die Schütztafeln werden mittels einer auf der Brücke befindlichen, elektrisch angetriebenen Winde hochgezogen, worauf die Losständer ebenfalls mit einer Winde über den höchsten Wasserstand unter die Brücke angehoben werden. Flossschleusen von 12 m Breite zum Teil mit Segmentwehrverschlufs, sowie Fischpässe sind bei allen Staustufen vorhanden.

In Aussicht genommen ist die Kanalisierung der Moldau von Budweis bis Prag, der Elbe von Königgrätz bis Melnik und der Weichsel von der Einmündung des Skawinka-Baches bis Niepolomice nebst Hafenanlagen in Krakau.

B. Frankreich. Die französischen Flüsse sind seit der Erfindung der neuen beweglichen Wehre in größerer Zahl kanalisiert worden⁶⁷⁾, an erster Stelle steht die Seine.

Obere Seine. Auf der 98 km langen Strecke der oberen Seine zwischen den Einmündungen der Yonne bei Montereau und der Marne bei Paris (20 m Gefälle, 27 cbm Kleinwassermenge, 45 cbm gewöhnliche Niederwassermenge und 1200 cbm Hochwassermenge, 100 bis 150 m Breite) sind in den Jahren 1860 bis 1868 12 Staustufen errichtet worden. Hierdurch wurde eine Fahrtiefe von 1,6 m erzielt, während früher in den Sommermonaten nur 0,5 m vorhanden war, so daß nur eine intermittierende Schifffahrt mittels Flutwellen ausgeübt werden konnte. Durch die in den Jahren 1879 bis 1882 ausgeführten Arbeiten ist die Fahrtiefe von 1,6 auf 2,0 m

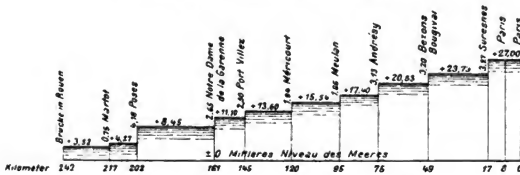
⁶⁶⁾ Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903, S. 687. — Klir, Kanalisierung des Moldau- und Elbe-Flusses in Böhmen. Prag 1902.

⁶⁷⁾ Lagrené, Cours de navigation. Paris 1873.

gebracht worden⁶⁹⁾; zu diesem Zwecke wurde in den oberen beiden Haltungen eine Vertiefung der Sohle, in den 10 unteren Haltungen eine Hebung der Stauspiegel vorgenommen. Die Wehre haben bis 3 m Gefälle.

Die wichtigste der zwölf Stautufen ist die von Port à l'Anglais unmittelbar oberhalb Paris (Taf. IX, Abb. 9 bis 12). Die linke, 54,7 m weite Öffnung diente anfänglich als Schiffsdurchlaß, später ist die rechte Öffnung mit der Sohle 0,7 m unter dem hydrostatischen Rückstau als Schiffs- und Grundablaß (*pertuis*) ausgeführt. Als Flutwehr dient die mittlere 37,9 m weite, 1 m über dem Rückstau gelegene Öffnung. Das Wehr schließt sich an das Unterhaupt der mit 12 m Tor- und 16 m Kammerweite errichteten Schleuse. Die Klappen der linken Öffnung waren 3 m hoch, 1,2 m breit, der mittleren 2 m hoch, 1,3 m breit, der rechten 3,7 m hoch, 1 m breit. Für die letztere sind später nach der Angabe Boulé's auch Schütztäfel vor Nadelwehrböcken zum Verschluss verwendet worden.

Abb. 38. Untere Seine von Paris bis Rouen.



Untere Seine. Die Kanalisierung der unteren Seine ist von besonderer Bedeutung, weil bei ihr die früher gemachten Erfahrungen benutzt und verschiedenartige, zum Teil neue Konstruktionen zur Ausführung gebracht sind. Der 235 km lange, vielfach gekrümmte Lauf der Seine zwischen Paris und Rouen besitzt 25 m Gefälle, hat oberhalb der Oise-Mündung 150 bis 200 m, unterhalb derselben 200 bis 300 m Breite, fährt bei Niedrigwasser 60 bezw. 80 cbm, bei Hochwasser 1600 bezw. 2200 cbm und hatte bis 1840 nur 0,7 m Wassertiefe im Sommer. Er ist von 1838 bis 1853 durch fünf Nadelwehre auf 1,6 m Tiefe kanalisiert worden. Später sind nach und nach vier Wehre hinzugefügt, die älteren Wehre zum Teil umgebaut, die Stauspiegel erhöht und ausgedehnte Baggerungen ausgeführt, wodurch das Fahrwasser allmählich von 1,6 auf 2,0 und schließlich auf 3,2 m zu dem Zweck vertieft wurde, die kleineren, für den Verkehr an der Küste und nach England bestimmten Seeschiffe mit 3 m Tiefgang bis Paris zu führen; Abb. 38 bringt einen Höhenplan. Das größte Gefälle, 4,18 m, besitzt das Wehr zu Poses, sodann kommen Suresnes, Bérons und Andrésey mit Gefällen von 3,27 bezw. 3,20 und 2,84 m, bei denen teils Roll-, teils Schütztäfel von Boulé verwendet werden. Die Rolltäfel legen sich beim Wehr zu Poses gegen bewegliche, am Untergurt der Brücke aufgehängte Drehpfosten. Solche Drehpfosten und Rolläden finden sich auch bei den Wehren von Meulan (Gefälle 1,76 m), Méricourt (Gefälle 2,50 m) und La Garenne (Gefälle 2,63 m). Die übrigen Wehre haben meist Nadelwehrböcke. Beim Wehr von Suresnes unmittelbar unterhalb Paris (Abb. 39 u. 40) mit 3 Öffnungen von 72,5 bezw. 62,5 und 62,5 m Weite, deren Rücken 2,21 bezw. 0,44 und 1,7 m unter dem hydrostatischen

⁶⁹⁾ Diese Arbeiten sind von Lavollée in den Ann. des ponts et chaussées 1883, I. S. 622 und 1884, II. S. 272 beschrieben.

Rückstau liegen, haben die Böcke bis 6,06 m Höhe und wiegen bis 1800 kg. Der Verschluss wird hier teils durch Rolläden, teils durch Schützen bewirkt; in dem 72,5 m

Abb. 39. Stauanlage zu Suresnes.

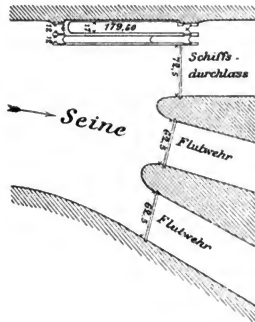
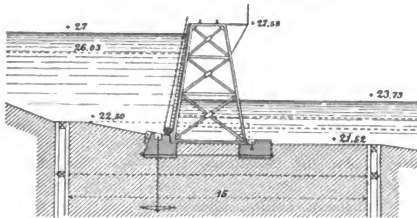


Abb. 40. Schiffsdurchlaufs zu Suresnes.



10 Tage im Jahre unterbrochen. Die Fracht von Rouen bis Paris ist von 16 bis 20 auf 4 $\frac{1}{2}$ Franks für die Tonne zurückgegangen.⁶⁰⁾

Ferner ist die Maas von Verdun bis zur belgischen Grenze durch Nadelwehre, deren Rücken 1,8 m unter dem Stauspiegel liegt, auf 2,0 m Tiefe kanalisiert worden. Das Gefälle von 99,6 m wird durch 41 Schleusen von 5,7 m Weite und 45,3 m nutzbarer Länge überwunden.

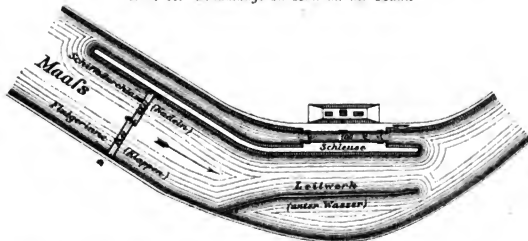
C. Belgien. Die Kanalisierung der Maas (Taf. IX, Abb. 1 bis 4) für 2,1 m Fahrtiefe erfolgte zunächst auf der Strecke unterhalb Namur durch Nadelwehre, denen ein 150 m langes, in der Flufsrichtung und mit dem Rücken in Höhe des Oberwassers liegendes Überfallwehr zugefügt war. Vor etwa 10 Jahren ist bei einzelnen Staustufen

⁶⁰⁾ Wehr bei Suresnes. Ann. des ponts et chaussées 1889, S. 49. — Wehr zu Poses. Nouv. ann. de la constr. 1889, S. 18. — Deutsche Bauz. 1881, S. 497. — Génie civil 1889. — Schlichting, Die Wasserstraßen Frankreichs. Zeitschr. f. Bauw. 1880. — Travaux publics de Belgique 1880. — Zentralbl. d. Bauverw. 1883. — Schiff 1891, S. 313. — Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 231.

die im Flusse erbaute Schleuse aus Vorflutrücksichten nach dem Ufer verlegt worden.⁷⁰⁾ Ferner ist zu Grandes Malades (Taf. IX, Abb. 4) ein neues Nadelwehr von 30 m Weite errichtet, da das ältere Nadelwehr mit zwei Öffnungen von je 35 m Weite nicht genügte. Statt der beseitigten älteren Schleuse von 56,75 m Länge, 9 m Breite, die sich neben dem Überfallwehr befand, ist eine Schleuse von 100 m Länge und 12 m Weite erbaut.

Auf der Flusstrecke oberhalb Namur (Taf. IX, Abb. 1 bis 3) wurde 1866 mit dem Bau von drei Klappenwehren nach Art der Wehre der oberen Seine begonnen, später aber wurde das Wehr wegen der mit den Klappen gemachten ungünstigen Erfahrungen (vergl. § 10) in den Schiffsdurchlässen mit Nadeln ausgestattet, deren obere Stangen Kummer'sche Auslösung besitzen. Diese Konstruktion ist auch für die übrigen sechs Wehre gewählt, deren Weite nach der Flussform so bestimmt wurde, daß kein merkbarer Stau bei Hochwasser entsteht. Die Schiffsdurchlässe haben 41 bis 45,8 m Weite und liegen mindestens 0,6 m unter Niedrigwasser, ferner 3,1 m unter dem Oberwasser, die Flutwehre besitzen unterhalb der Einmündung des Flusses Lesse 54,6 m Weite und liegen auf Niedrigwasserhöhe. Die Wehre sind stets am oberen, die Schleusen am unteren Punkte einer Stromschnelle erbaut, auch sind bei einzelnen Staustufen längere Schleusenkanäle behufs Umgehung von schwierigen Flusstrecken ausgeführt, wie bei der Anlage zu Hun (Abb. 41). Die Schleusen haben durchschnittlich 2,3 m Gefälle, liegen mit dem Unterdrempel 2,1 m unter dem hydrostatischen Rückstauspiegel, besitzen 12 m Weite und 50 m Nutzlänge und werden bei Hochwasser überflutet.⁷¹⁾

Abb. 41. Stauanlage zu Hun an der Maas.



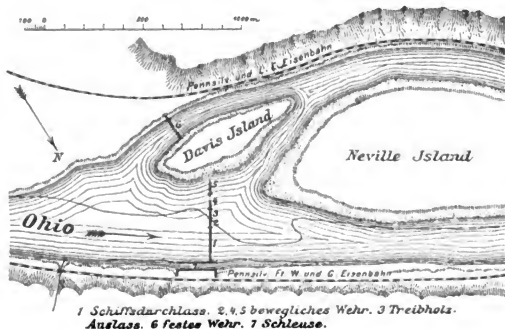
D. Nordamerika. In den Vereinigten Staaten betrug im Jahre 1889 die Betriebslänge der kanalisiert Flüsse 1725 km mit 89 Schleusen, einem Verkehr von 6,9 Millionen Tonnen und Tiefen von in der Regel 1,2 bis 2,1 m. Von noch größerer Bedeutung sind jedoch die zur Umgehung von Stromschnellen in den Vereinigten Staaten und in Kanada ausgeführten Seitenkanäle. Die sieben Seitenkanäle des St. Lorenzstromes haben 27 Schleusen und werden bis auf 4,2 m vertieft. Der Seitenkanal von Sault-Sainte-Marie ist im Jahre 1855 mit zwei hintereinander geschalteten Schleusen von 106 m Länge, 21 m Breite und je 2,75 m Gefälle hergestellt worden. 1881 wurde er auf 4,88 m vertieft, ferner wurde eine Schleuse von 5,5 m Gefälle, 24,4 m Breite,

⁷⁰⁾ Deutsche Bauz. 1891, S. 247.

⁷¹⁾ Hans, Canalisation de la Meuse entre Namur et la frontière française. Brüssel 1880. — Führer zum Schiffs-Kongress in Brüssel 1898. — Gründung eines Maas-Wehrs mittels Druckluft. Nouv. ann. de la constr. 1893.

157 m Länge hergestellt. In den Jahren 1889 bis 1895 hat dieser Wasserweg 6,1 m Tiefe, 90 m Spiegelbreite erhalten und es ist eine 270 m lange, 20 m breite, 6,2 m tiefe Schleuse erbaut, die am Oberhaupte 2 Torpaare und 2 Abfallböden, am Unterhaupte 3 Torpaare besitzt; sie läßt sich mittels 6 Umläufen in 8 Minuten füllen.⁷²⁾

Abb. 42. Stauanlage bei Davis Island.



Sehr bemerkenswert sind auch das Klappenwehr am St. Mary's Fall-Schiffskanal⁷³⁾, das Klappenwehr nebst Schleuse zu Davis-Island im Ohioflusse (Abb. 42)⁷⁴⁾ und die sogenannten Bärenfallenwehre im Mississippi bei Minneapolis und in dem Großschiffahrtsweg Chicago-St. Louis bei Chicago⁷⁵⁾ und bei Lockport.⁷⁶⁾ Der Welland-Kanal zur Umgehung des Niagarafalles⁷⁷⁾ ist ein Seitenkanal mit 25 Schleusen, 4,27 m Wassertiefe und für Schiffe bis 1500 t fahrbar.

Über sonstige Flussskanalisierungen des Auslandes vergleiche man die untenstehenden Quellen.⁷⁸⁾

§ 15. Bedienung und Unterhaltung der Kanalisierungen. Um einen gesicherten Betrieb der Stauanlagen zu ermöglichen, muß der Dienst des bedienenden Personals nach bestimmten Vorschriften geregelt werden. Wie stark das Personal sein muß, hängt von der Größe des Verkehrs, der Anzahl und Größe der Schleusen und der Art und Größe des Wehres ab. Bei kleinen Anlagen mit schwachem Betrieb genügen ein Wärter und zwei bis drei Mann. Bei Flüssen mit starkem Verkehr

⁷²⁾ Ann. des ponts et chaussées 1891, S. 564.

⁷³⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 478.

⁷⁴⁾ Roloff, Nordamerikanisches Wasserbauwesen. Berlin 1895.

⁷⁵⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 398.

⁷⁶⁾ Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1905, S. 11.

⁷⁷⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1881, S. 361.

⁷⁸⁾ Kanalisation der Moskwa nach Janicki von Klett. Zeitschr. f. Bauk. 1881, S. 410. — v. Weber, Die Wasserstraßen Nord-Europas. Leipzig 1881. — Kanalisierung des Stromtals von Ulefos nach Strenga in Norwegen. Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 276. — Regulierung und Kanalisierung der Tjonger in Friesland. Tijdschr. van het koninkl. inst. van ing. 1890/91, S. 201. — Eger, Die Binnenschifffahrt in Europa und Nordamerika. Berlin 1899.

und größeren Anlagen sind außer dem Schleusen- und Wehrmeister und dessen Gehilfen noch etwa vier bis fünf Mann nötig; vorteilhaft ist es, wenn von den letzteren einer als Schmied oder Schlosser und einer als Zimmermann ausgebildet ist, damit die vorkommenden, hauptsächlich diese beiden Handwerke berührenden Arbeiten schnell und sachgemäß ausgeführt werden können. Als Beispiel sei angeführt, daß bei den Stauanlagen im kanalisierten Main zu deren Bedienung ein Wehr- und Schleusenmeister, ein Wärter und fünf Arbeiter ständig anwesend sind. In der Regel ist der Verkehr auf kanalisierten Flüssen nur auf die Tagesstunden beschränkt; sobald er aber eine derartige Ausdehnung annimmt, daß auch bei Nacht geschleust werden muß, wird für diese Zeit die Einstellung mindestens eines weiteren Arbeiters erforderlich. Um die hierdurch entstehenden Kosten zu decken, ist bei manchen Stauanlagen die Entrichtung besonderer Gebühren für Nachtschleusungen vorgeschrieben. Der betreffende Schiffer muß die von ihm für die Nacht beabsichtigte Durchfahrt durch die Schleuse dem Schleusenmeister rechtzeitig vorher anzeigen, damit die nötigen Vorkehrungen getroffen werden können.

Bei Schleusungen ist darauf zu achten, daß der Raum der Schleuse ausgenutzt wird. Man sollte aber mit dem Durchschleusen nicht warten, bis die Schleusenammer ganz gefüllt ist, es sind vielmehr auch kleinere Fahrzeuge nach Bedarf einzeln zu schleusen, überhaupt sollte man auf eine rasche Beförderung der Fahrzeuge möglichst Rücksicht nehmen.

Den die Schleuse bedienenden Arbeitern hat der Schleusenmeister die nötigen Anweisungen zu geben und darüber zu wachen, daß überall mit Vorsicht und Sorgfalt zu Werke gegangen wird. Er muß daher während des Schleusens stets zugegen sein. Sofern eine Hilfeleistung der Schiffer bei diesen Arbeiten zugelassen wird, bleibt der Schleusenmeister für die ordnungsmäßige Handhabung aller Vorrichtungen verantwortlich.

Beim Füllen und Entleeren der Schleuse ist darauf zu achten, daß die Verschlussvorrichtungen der Umläufe und Torschützen nicht plötzlich, sondern nur allmählich geöffnet werden, damit besonders beim Füllen der Kammer die darin befindlichen Schiffe keine zu starken Schwankungen erleiden.

Die Bedienung der Wehranlage erfordert besondere Sorgfalt. Bei der Regelung des Stauens ist es wichtig, daß die Öffnungen in der Stauwand beim Einsetzen oder Herausnehmen einzelner Teile des Verschlusses über die ganze Länge des Wehres gleichmäßig verteilt werden, damit auch die Strömung des Wassers so weit tunlich auf das ganze Bauwerk verteilt wird. Bei Nadelwehren sind daher nicht sämtliche Nadeln zwischen zwei nebeneinander stehenden Wehrböcken auszuschwenken, es ist aber zweckmäßig, wenn man in der Mitte der Felder drei bis vier nebeneinander stehende Nadeln entfernt, damit antreibendes Gerölle, Schilf, Weidenäste u. s. w. nicht vor der Wand hängen bleiben, was das Wiedereinsetzen der Nadeln erschweren würde. Ist eine baldige Niederlegung des Wehres zu erwarten, so sind die Stein- und Kiesmassen, welche während des Stauens sich auf dem Wehrrücken zwischen den Wehrböcken mitunter ansammeln, sorgfältig zu beseitigen, damit das Niederlegen der Böcke jederzeit anstandslos erfolgen kann. Bei den Nadelwehren im Main ist es öfters vorgekommen, daß sich einzelne größere Steine hinter dem Absatz des Wehrrückens unmittelbar neben dem vorderen Lager eines Wehrbockes abgelagert hatten, auf die sich dann beim Umlegen das untere Ende der Vorderstange des Wehrbockes auflegte, so daß der ganze Bock frei im Wasser schwebte und die Vorderstange an ihrem unteren Ende brach. Sobald

sich im Winter Grundeis bildet und ein längeres Anhalten des Frostes in Aussicht steht, sind insbesondere die Nadelwehre möglichst rasch niederzulegen, da die Nadeln leicht zusammenfrieren und dann nicht mehr entfernt werden können. Dabei soll das Umlegen der Wehrböcke im allgemeinen mittels einer Winde erfolgen; nur wenn Gefahr vorhanden ist, können die Böcke einfach umgeworfen werden.

Während des Niederlegens und Aufbausens der Wehre sind Sicherheitsmaßregeln gegen Unglücksfälle zu treffen, wie Bereithalten eines Rettungsnachens, Bestreuen des Wehrsteges mit Sand oder Asche, Anbringen eines Geländerseils über die ganze Wehröffnung u. s. w.

Von der beabsichtigten Niederlegung der Wehre oder einer größeren Senkung des Stauspiegels sind sämtliche auf der betreffenden Haltung befindlichen Schiffer, die Verwaltungsbehörden, vorkommendenfalls auch die Hafenaufseher, Badeanstaltbesitzer u. s. w. in Kenntnis zu setzen.

Der Schleusen- und Wehrmeister ist zweckmäßigerweise außer mit der Führung der Liste über die die Haltung befahrenden Schiffe und Flöße und dem Aufzeichnen aller den Schiffahrtsbetrieb betreffenden Erscheinungen, wie Wasserstände, Witterungsverhältnisse, Eisbildung u. s. w., auch mit der Erhebung von Schleusengebühren zu betrauen, sofern dies nicht durch andere Beamte geschieht.

Bezüglich der Unterhaltung der Schleusen ist zu bemerken, daß alle beweglichen Teile der Schleuse, insbesondere die Tore, stets leicht gangbar erhalten werden müssen. Die mit dem Wasser in Berührung kommenden Eisenteile sind am besten mit Steinkohlenteer zu streichen, während sich zum Anstrich der Holzteile Holzteer eignet. Holztore sind zu diesem Zweck jährlich mindestens zweimal nach trockenem Wetter, soweit es der Wasserstand zuläßt, mit diesem Teer zu streichen, nachdem vorher die Holzflächen von der anhaftenden Schmutzkruste gründlich gereinigt sind. Es empfiehlt sich jährlich einmal den Wasserstand niedrig zu stellen, um eine Untersuchung des Bauzustandes der Schleuse vornehmen und nötigenfalls größere Ausbesserungsarbeiten auszuführen. Die geeignetste Zeit ist die der niedrigen Wasserstände Ende August oder im September. Die Dauer der hierdurch bedingten Schiffahrtssperre muß auf das geringste Maß, bis 14 Tage etwa, bemessen werden und es soll die Sperre auf den verschiedenen Strecken einer großen Schiffahrtsstrasse möglichst zu gleicher Zeit stattfinden. Während der Winterzeit, in der die Wehre bei anhaltendem Frost niedergelegt sind und die Schiffahrt eingestellt ist, Ausbesserungsarbeiten vorzunehmen, empfiehlt sich nicht, da die Witterung eine sorgfältige Ausführung der Arbeiten, insbesondere derjenigen an dem Mauerwerk, erheblich beeinträchtigt. Bei Frostwetter beschränken sich die Arbeiten auf die Freihaltung der Schleusentore von Eis, damit diese durch den Eisdruck nicht notleiden, ferner auf die in der Werkstatt vorzunehmenden Ausbesserungen, Anfertigung von Ersatzstücken u. s. w. Steht der Eintritt von Tauwetter bevor, womit gewöhnlich ein stärkeres Wachsen des Wassers verbunden ist, so sind, im Falle die Schleuse nicht hochwasserfrei liegt und eine Überströmung zu befürchten ist, alle abnehmbaren Teile, wie Geländer, Schützen- und Toraufzugsvorrichtungen, ferner sonstige über die Schleusenebene ragende Teile abzuschrauben und zu entfernen, nachdem sie vorher derart bezeichnet sind, daß sie beim späteren Wiederanbringen nicht verwechselt werden können.

Neben der Unterhaltung der Schleuse erfordert auch diejenige der Wehre jährlich nicht unerhebliche Kosten. Insbesondere ist dies bei Nadelwehren der Fall, indem hier jährlich eine größere Anzahl Nadeln, deren Dauer durchschnittlich zu 5 bis 6 Jahren

angenommen werden kann, entweder durch Abtreiben oder durch Bruch verloren gehen. Beispielsweise beträgt dieser Verlust bei den einzelnen Stauanlagen im Main jährlich rund 16% der Nadeln im Schiffsdurchlaß und rund 8% derjenigen in den Flutöffnungen der Wehre. Über die Dauer der Wehrböcke können zur Zeit keine bestimmten Angaben gemacht werden. Von den im Jahre 1886 im Main eingesetzten Nadelwehrböcken ist der größte Teil noch in den Wehren vorhanden. Es dürfte aber die Annahme gerechtfertigt erscheinen, daß Nadelwehrböcke, welche für Hakennadeln eingerichtet sind, eine längere Dauer besitzen als solche mit der Kummer'schen Auslösung, da die letztere leicht Beschädigungen durch Stöße erleidet.

Größere Beschädigungen der Wehre ereignen sich bisweilen durch Antreiben von Schiffen, Flößen u. s. w., die bei wachsendem Wasser von einer stärkeren Strömung erfaßt und gegen das Wehr getrieben werden, wenn, um eine Überflutung des Wehres zu verhindern, weite Öffnungen in der Stauwand geschaffen werden müssen. Hier gilt es dann, die Wiederherstellung des Wehres so zu bewirken, daß womöglich eine Sperrung der Schifffahrt nicht notwendig wird. Als Beispiel sei ein Fall erwähnt, wo sich in der Fulda ein zum Schutze der Schiffe und zur Erleichterung der Einfahrt in die Speier Schleuse oberhalb derselben verankertes schwimmendes Leitwerk bei rasch wachsendem Wasser infolge der starken Strömung losriß, gegen das Nadelwehr trieb und auf eine Länge von rund 9 m die an dieser Stelle noch stehenden Nadeln nebst sieben Wehrböcken zerstörte. Durch eine sinnreiche Vorrichtung konnte das Wehr in kurzer Zeit wieder hergestellt werden, ohne daß eine nennenswerte Störung der Schifffahrt eintrat. Näheres s. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 209.

Neben den Kunstbauten erfordert die Unterhaltung der durch Hochwasser angegriffenen Ufer und in stark geschiebeführenden Flüssen die Beseitigung der Verlandungen durch Baggerungen jährlich nicht unerhebliche Beträge.

Schließlich sei bemerkt, daß von den Freunden des in § 18 des II. Kapitels besprochenen Schleppmonopols empfohlen wird, dasselbe auch auf geeignete kanalisierte Flüsse auszudehnen. Von den betreffenden Besprechungen ist namentlich 'beachtenswert: Viktor Kurs, Die Gestaltung des Schleppzuges auf kanalisierten Flüssen und Kanälen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1904, S. 363.

§ 16. Kanalisierungskosten. Die Kosten der Kanalisierung eines Flusses hängen naturgemäß von den örtlichen Verhältnissen ab. Sie wachsen im allgemeinen mit dem Gefälle des Flusses, von dem die Anzahl der Staustufen abhängt, ferner mit der Breite und Hochwasserränge des Flusses, die bestimmend für die Abmessungen der Wehre sind, ferner mit der Größe und dem Tiefgange der Fahrzeuge, von denen die Größe der Schleuse, die Breite und Tiefe der Schleusenkanäle und die Arbeiten für das Fahrwasser abhängen. Von großem Einfluß auf die Kosten ist ferner der Zustand des Flusses. Ist derselbe wenig geregelt, oder soll ein kleiner Fluß mit einem viel verschlungenen Laufe zu einer Wasserstraße ersten Ranges ausgebildet werden, so entstehen weit erheblichere Kosten, als bei einem größeren Flusse (Main oder Moel), dessen Fahrwasser im wesentlichen beibehalten werden kann und nur streckenweise zu vertiefen ist. Denn es sind bedeutende Kosten für Durchstiche, sonstige Begrädnungen und Vertiefungen, Regelung, Sicherung und Einfriedigung der Ufer nebst Leinpfaden, sowie für Brücken, Häfen und den Grunderwerb aufzuwenden; bei einem älteren Entwurfe der Lippe-Kanalisierung entfallen auf solche Kosten (einschließlich der Speisung) von 31,5 Mill. 17 Mill. M. Endlich kommen die Hochwasser-, Vorflut- und Kultur-

verhältnisse in Betracht; wenn die Schleusen und Schleusenkanäle neben dem Flusse angelegt oder umfangreiche Entwässerungsanlagen ausgeführt werden müssen, so werden sie einschliesslich des Grunderwerbs erhebliche Kosten beanspruchen, namentlich bei wertvollen Geländen.

Beispielsweise betragen die Kosten der in den Jahren 1883 bis 1886 ausgeführten Kanalisierung der rund 33 km langen Mainstrecke von Frankfurt bis zur Mündung einschliesslich der Kosten der später ausgeführten Ergänzungsbauten:

1. Grunderwerb	303305 M.
2. Schleusenanlagen	2738540 "
3. Wehre mit Flosrinnen und Fischpässen	1836504 "
4. Schleusenkanäle und Fahrrinne	2341119 "
5. Wärtergehöfte	114292 "
6. Telegraphenanlage	17452 "
7. Insgemein	634945 "
	<hr/>
zusammen	7986157 M.
oder auf 1 km Fluslänge	242000 "

Die Kosten betragen, bzw. sind veranschlagt bei der

	MILL. M.	auf 1 km Länge
Mosel von Frouard bis Pont à Mousson	2,172	113242
Mosel von Pont à Mousson bis Arnaville	1,988	145752
Yonne von Auxerre bis Montereau	—	124300
Obere Seine, Tiefe 1,6 m	11,8	120000
" " " 2,0 m	16,6	169000
Untere Seine, " 2,0 m	18,4	80000
" " " 3,2 m	70,4	300000
Saar	2,54	145356
Maas in Belgien	—	135000
Obere Netze	4,5	50000
Brahe	1,8	150000
Fulda	3,1	117000
Moldau von Prag bis Aussig (Entwurf)	22,1	182600
Moldau von Budweis bis Prag (Entwurf)	95,3	537100
Untere Saar (Entwurf)	12	171400
Untere Mosel (Entwurf)	62	206000
Weser unterhalb Minden (Entwurf)	42,63	285000
Weser von Hameln bis Minden (Entwurf)	19,75	323000
Main von Aschaffenburg bis Bamberg (Entw.)	95	314000
Elbe von Königgrätz bis Melnik (Entwurf)	86,7	445700

Einige Angaben über die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungs- und Bedienungskosten kanalisierter Flüsse sind am Schlusse des II. Kapitels gemacht. Hier sei bemerkt, dass die genannten Kosten für die Weser von Hameln bis Minden auf 4500 M. km geschätzt sind.

Sachregister.

Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.

Abfallmauer. 43.
Ablafschleuse. 197.
Achterwiderstand. 87.
Aichordnung f. Binnenschiffe. 36.
Aichplatte. 37.
Aichraum der Schiffe. 36.
Aichschein. 37.
Aichschichten. 36.
Aichskalen. 36.
Alsterdampfboote. 57.
Anhang. 54, 69.
Archen. 233.
Anflockerung der Erdmassen, bleibende. 166.
Außenhaut der Eisenschiffe. 32.
Backbord. 32.
Balkenflöße. 22.
Bänke der Holzschiffe. 33.
Bärenfallwehre. 292.
Baxter-Boot. 55.
Benzinmotor m. Zwillingsschraube. 74.
Beplankung. 32.
Bergfahrt. 8, 9.
Bernen. 171.
Berne, Unterwasser. 174.
Betriebslänge eines Kanals. 140.
Bewässerungskanäle, schiffbare. 121, 122.
Binger Loch. 5.
Binnenschifffahrt. 31, 121.
—, Aichordnung für die —. 36.
Binnenschifffahrtskanäle (s. auch Kanäle und Schiffahrtskanäle). 121.
—, Geschichtliches. 124.
—, technische Voruntersuchungen. 142.
—, wirtschaftliche Voruntersuchungen. 134.
Binnenschiffe, internationale Aichung der —. 36.

Bober. 82.
Bodenträger der Holzschiffe. 33.
Boote. 4, 31.
— mit Sauggas-Maschinen. 74.
Borde. 32.
Bordkanten, Höhenlage der —. 33.
Bordplanken. 33.
Bremswerke zum Anhalten der Schiffe. 53.
Bretterflöße. 23, 24.
Brücken, fliegende. 82.
Brückenkanäle. 207.
Brücken über Kanäle. 205.
Bug. 32.
Bugwelle. 63.
Busenkanäle. 124.
Ciménograph. 95.
Consort-System. 55.
Dambalkenschuppen. 180.
Dampfer, verschiedene Arten. 54.
Dampfkatzen. 55.
Dampfschifffahrt. 9, 53.
—, Beziehungen zwischen — und Bauwerken. 60.
—, Einführung der —. 9.
—, Einzelheiten der —. 57.
Dampfschiffe, Fahrgeschwindigkeit der —. 59.
—, freifahrende. 53.
—, Hauptabmessungen der —. 57.
Dampfschwalben. 57.
Deichschleusen. 6.
Displacement. 37.
Doppelschleusen. 61, 177, 265.
Dragger. 52.
Drahtseilfahren. 81.
Drahtseilschiff. 73.
Dreirad, elektrisches. 77.
Duchten. 33.
Düker. 205, 208.

Düker, gemauerte. 209.
— mit Entlastungsüberlauf. 198.
—, Querschnittsform der —. 208.
—, Rohr. 209.
—, Spülung der —. 209.
— unter Kanälen. 205, 208.
Durchlässe in Kanaldämmen. 207.
Durchschleusen, Zeit für das —. 139.
Eigenwiderstand der Schiffe. 106.
Einlässe. 195.
Einschienenbahn. 78.
Einsenkung d. Wasserspiegels. 62, 87.
Einsenkungsquerschnitt. 64.
—, mittlerer. 64.
Einzelschleuse. 265.
—, Vereinigung der — mit der Zugschleuse. 265.
Eisbrecher. 57.
Eisenschiff. 9.
—, Vorteile des —s. 33.
Eisprahn. 81.
Elektrisches Pferd. 77.
Endschleusen. 264.
Entleerungsvorrichtung. 200.
Entwässerungskanäle, schiffbare. 121.
Esel (Flößersreianlage). 29.
Fährboot. 81.
Fährbucht. 81.
Fähre. 80.
—, fliegende. 81, 82.
—, freifahrende. 81.
—, geführte. 81.
—, Gieren der —. 81, 82.
—, Landungsbrücken für —n. 82.
—, Landungsvorrichtungen. 82.
Fahrprahn. 81.
Fahrzeuge, verlorene. 2, 3.
Fallwasser. 63.

Fangrechen. 28.
 Fieren. 52.
 Fleet. 123.
 Flösdurchlässe. 2, 4, 25.
 — mit Trommelwehren. 27.
 —, Verschlußvorrichtungen. 27.
 Flöse, Beförderung mittels Dampfkraft. 24.
 —, Geschwindigkeit im Flusse treibender —. 24.
 —, steife. 22.
 Flösen. 22.
 —, Vorsichtsmaßregeln beim —. 24.
 Flößerrei. 1, 22.
 — auf Schwellungen. 2.
 — Genossenschaften. 2.
 — mit gebundenen Flößen. 1, 22.
 —, wilde. 22.
 Flößeranlagen. 22, 25.
 Flößfahrten, regelmäßige. 2.
 Flößgassen. 25, 27.
 Flößhäfen. 30.
 Flößkanalbrücke. 30.
 Flößkanäle. 26.
 Flößdampfer, größter, Europas. 58.
 Flößkanalisierung (s. auch Kanalisierung). 8, 241.
 —, Geschichtliches. 232.
 — in Amerika. 291.
 — in Belgien. 290.
 — in Deutschem Reich. 275.
 — in Frankreich. 288.
 — in Österreich. 287.
 Flößregulierung. 241.
 Flößschiffahrt. 2.
 —, deutsche. 2.
 Flößschiffe. 31.
 Flößschleusen. 263.
 —, hochwasserfreies Oberhaupt der —. 264.
 Flößstrecken, kanalisierte. 8.
 —, schiffbare. 8.
 Flöte (Kahn). 95.
 Flößrinne. 231, 251.
 Flößflutung. 231.
 Flößwehr. 251.
 Frachtdampfer. 54, 55, 58.
 —, Geschwindigkeit der —. 60.
 Frachtkosten auf Eisenbahnen. 137.
 — — Wasserstraßen. 137.
 —, idelle. 144.
 —, reelle. 144.
 Frachtschiffe. 31.

Gangborde. 52.
 Gefällswehrstand. 87.
 Gestör. 22.
 Gieren. 81, 82.
 Gierkette. 82.
 Gliederschiffe. 59.
 Göpel. 68.
 Grachten. 123.
 Grieshohn. 253.
 Griesländer. 253.
 Großschiffahrtsweg bei Breslau. — Berlin-Stettin. 151, 160, 273.
 Gartwiden. 23.
 Hafenbauhof. 217.
 Hafengebühren. 40.
 Huff-Fahrzeuge. 36.
 Hakennadel. 255.
 Haltefähle. 52, 53.
 — mit Streichhölzern. 53.
 Haltungen. 7.
 —, Querschnitt der —. 160.
 Harener Pünten. 50.
 Hauptfänge. 28, 29.
 Hauptflöße. 23.
 Haupttrecken. 29.
 Hauptpant. 32.
 Hauptpantquerschnitt. 107.
 Hauptpreisgräben. 193.
 Hebetor. 27.
 Hebewerke, Betriebskosten der Schiff—. 145.
 —, Herstellungskosten der Schiff—. 145.
 —, Unterhaltungskosten d. Schiff—. 145.
 —, Zeitersparnis bei — u. 139.
 Heck. 32.
 Heckraddampfer. 54.
 Heckwelle. 60.
 Hinterrad Dampfer. 24, 53.
 Hochwasser-Meldediust. 250.
 Holzfänge. 28.
 Holzflößerei, überseeische. 24.
 Holzschiff. 9.
 Holzschiffe, Übelstände der —. 33.
 Internatierende Schiffahrt. 3, 4.
 Inwieken. 124.
 Jagden. 4.
 Joehrechen. 28.
 Kähne. 5, 31.
 —, Anforderungen an die Steuerfähigkeit der —. 35.

Kähne, Banart, Benennungen und Baustoffe der —. 32.
 —, Beziehungen zwischen — u. Bauwerken. 41.
 —, Formen der —. 35.
 —, Höhe der —. 35.
 —, Länge über alles der —. 35.
 —, Lüffelform der —. 35.
 —, Schielen der —. 59.
 —, Spielraum der —. 113.
 —, Vorteile großer —. 41.
 —, Widerstands-Koeffizient eiserner —. 108.
 Kammerschleusen. 6, 7, 43, 176, 231.
 —, Gefälle der —. 43.
 —, Wasserverbrauch der —. 181.
 Kanalbau, Anfänge des —. 124.
 —, Earlarbeiten. 165.
 — im 19. Jahrhundert. 126.
 —, techn. Voruntersuchungen. 142.
 —, wirtschaftliche Voruntersuchungen. 134.
 Kanalbett, Dichtung der Seiten durch Mauern. 168.
 —, — mit Beton. 167.
 —, — — durchlässigem Boden. 168.
 —, — — fettem Boden. 167, 168.
 —, — — Kalkmilch. 168.
 —, — — Mörtelplasterung. 167, 168.
 —, — — Sand. 169.
 —, — — schlaumigem Wasser. 169.
 —, — — Ton- oder Lehm Schlag. 168, 169.
 —, Selbstdichtung. 169.
 —, Wahl zwischen den verschiedenen Dichtungsarten. 169.
 Kanalbrücken. 205, 207.
 —, Dichtung der —. 170.
 —, hölzerne. 207.
 Kanalräume in Moorboden. 166.
 Kanal, Bridgewater —. 125.
 —, chinesischer Kaiser —. 129.
 —, Dortmund-Ems —. 130, 131, 149, 285.
 — du Centre. 127.
 — du Midi. 125.
 —, Elbe-Trave —. 132.
 —, Elbing-Oberländischer. 139.
 —, Ems-Jade —. 129.
 —, Erie —. 128.
 —, Finow —. 126.
 —, Franzens —. 126.
 —, Grand-Trunk —. 125.

- Kanal, Hunte-Ems. —. [129](#).
 —, Kaiser Wilhelm. —. [126](#).
 —, König Wilhelm. —. [129](#).
 —, Landwehr. —. [129](#), [279](#).
 —, Main-Donau. —. [129](#).
 —, masurischer. [46](#), [152](#).
 —, Merwede. —. [127](#).
 —, Mühlroser. [126](#).
 —, Oder-Spree. —. [130](#).
 —, Ost. — (französischer). [126](#).
 —, Plauenscher. [126](#).
 —, Rhein-Marne. —. [126](#).
 —, Rhein-Rhone. —. [126](#).
 —, Rhein-Weser. —. [148](#).
 —, Saar-Kohlen. —. [126](#).
 —, Steckenitz. —. [126](#).
 —, Teltow. —. [132](#), [160](#).
 —, Trent-Mersey. —. [125](#).
 — von Briare. [125](#).
 — — Burgund. [125](#).
 — — Nivernais. [72](#), [126](#).
 — — St. Quentin. [72](#), [125](#).
- Kanäle, Betriebslänge. [140](#).
 —, Entwicklung d. Verkehrs auf den neuen deutschen — n. [138](#).
 —, geplante. [148](#), [155](#).
 —, —: Großschiffahrtsweg Berlin-Stettin. [151](#).
 —, —: in Österreich. [153](#).
 —, —: Rhein-Weser-Elbe-Kanal. [148](#).
 — in Niederungen. [123](#).
 —, Strömung des Wassers in — n. [49](#).
 —, verschiedene Klassen. [124](#).
- Kanal-Leinpfade, Breite der —. [50](#).
 Kanalhäfen. [211](#), [212](#).
 —, Ausrüstung der —. [212](#).
 —, Formen der —. [212](#).
 —, Größe der —. [212](#).
 —, Lage der —. [211](#).
 —, zweischiffige. [213](#).
- Kanalisation der Flüsse. [10](#), [231](#).
 — — —, allgemeine Anordnung. [234](#).
 — — —, Aufgabe u. Zweck. [231](#).
 — — —, Bedienung und Unterhaltung. [232](#).
 — — —, Kosten der —. [235](#).
 — — —, Unterhaltungs- und Bedienungskosten. [236](#).
 — — —, Vorteile u. Nachteile. [235](#).
- Kanalisationen in Belgien. [230](#).
 — — Deutschland. [275](#).
 — — —, Ems. [285](#).
- Kanalisationen in Deutschland. Fulda. [285](#).
 — — —, Lahn. [275](#).
 — — —, Lippe. [286](#).
 — — —, Main. [279](#), [281](#).
 — — —, Mosel. [277](#).
 — — —, Netze. [279](#).
 — — —, Oberspree. [282](#).
 — — —, Oder. [284](#).
 — — —, Ruhr. [276](#).
 — — —, Saale. [276](#).
 — — —, Saar. [276](#).
 — — —, Unstrut. [276](#).
 — — —, Unter-Brahe. [278](#).
 — — —, Unterspree. [282](#).
 — — —, geplante. [286](#).
 — — —, —, Emscher. [286](#).
 — — —, —, Weser. [286](#).
 — — —, Frankreich. [288](#).
 — — —, Maas. [290](#).
 — — —, Obere Seine. [288](#).
 — — —, Untere Seine. [289](#).
 — — —, Nordamerika. [291](#).
 — — —, Österreich. [287](#).
 — — —, Donaukanal. [287](#).
 — — —, Moldau und Elbe. [287](#).
- Kanalmittellinie, Ermittlung d. —. [157](#).
- Kanalmündungen. [213](#).
 Kanalordnungen. [218](#).
 Kanalquerschnitt bei geringer Schiffsgeschwindigkeit. [171](#).
 — — —, neueren Kanälen u. Dampf betrieb. [174](#).
- Kanalschiffe. [31](#).
 —, Zugwiderstand der —. [87](#).
- Kanalschleusen. [176](#), [293](#).
 —, verschiedene Arten der —. [176](#).
- Kanal-Speisegräben. [193](#).
 — Speiseschleusen. [195](#).
- Kanalsperren. [215](#), [254](#).
 Kanaltunnel. [210](#), [211](#).
 —, Querschnitt eines — s. [211](#).
- Kanaltzille. [19](#).
 Kasernenschiff. [57](#).
 Keilwinkel, ideeller, am Heck. [88](#).
 Kesselschleusen. [177](#).
 Kettenföhren. [81](#).
 Kettenrolle. [74](#).
 Kettenscheibe mit magnetischer Haftung. [73](#).
 Kettenschiffahrt. [9](#), [68](#).
 — mit elektrischer Kraftübertragung. [72](#).
 —, Vergleich der — mit anderen Betriebsarten. [70](#).
- Kettenschlepper. [9](#), [68](#), [69](#).
 Kettenschlösser. [70](#).
 Keuter. [26](#), [31](#).
 Kiel. [32](#).
 Kielwasser. [64](#).
 Klappenwehre. [233](#), [259](#), [292](#).
 —, Fußplatten für die Stützen der Klappenträger. [260](#).
 —, ungünstige Erfahrungen mit — n. [260](#).
 Klausen. [26](#), [27](#).
 Klausenhof. [26](#), [31](#).
 Knieeffüße. [23](#).
 Kuppelschleusen. [177](#), [268](#).
- Ladekoeffizient der Schiffe. [39](#).
 Ladungen, sperrige. [46](#).
 Landpegel. [62](#).
 Landungsbrücken. [53](#).
 Länge über alles. [33](#).
 Lastschiff. [34](#).
 —, Verwandlung des — s in ein Motorboot. [74](#).
 Lautertannen. [2](#).
 Leerebenen. [36](#).
 Leerlinien. [36](#).
 Leertiefgang. [34](#).
 Lehnung. [32](#).
 Leinenzug. [48](#).
 —, Geschwindigkeit beim —. [49](#).
 —, Relais beim —. [49](#).
 Leinpfade (s. auch Treidelweg). [50](#), [164](#), [247](#).
 —, ausgebaute. [51](#).
 —, Breite der —. [164](#).
 — mit Schienensträngen. [78](#).
 — — —, Verkannelung. [164](#).
 —, Querneigung der —. [164](#).
 —, Unterhaltung der —. [247](#).
- Leinpfadbrücke. [50](#).
 Leinpfeder, Umschlagen der —. [247](#).
- Leitlinie. [156](#).
 Leitreehen. [28](#).
 Leitrollen. [51](#).
 —, Abmessungen der —. [51](#).
 Leitwalzen. [205](#).
 Löffelkahn. [35](#).
 Lokomotive, elektrische, v. Küttgen. [79](#).
- Mirgotat (Kahn). [25](#).
 Marien-Wasserstraße. [126](#).
 Marktschiffe. [5](#).
 Masseln. [22](#).

Maste. 32.
 Mastenkrane. 32.
 Masurischer Kanal. 46, 152.
 Mittelland-Haltung. 150.
 Mittelland-Kanal. 149.
 Moorkanäle. 122.
 —, Herstellung der —. 186.
 Motorboote. 73.
 Mündungen der Schifffahrtskanäle.
 — — — — — 213.
 — des Franzens-Kanals. 215.

Nachen. 31.
 Nadelwehre. 254.
 —, Auslösung der Nadeln nach
 Kummer. 255.
 — der Ems. 286.
 — — Fulda. 285.
 — — Maas. 290, 291.
 — — Mosel. 277.
 — — Oder. 284.
 — — Saar. 277.
 — — Unter-Brahe. 278.
 —, Dichtung der —. 255.
 —, Laufbrücke der —. 254.
 —, Mängel der —. 254.
 —, Unterhaltung der —. 294.
 —, Vorzüge der —. 254.
 Nadelwehr von Poirée. 233.
 — zu Eusdorf. 277.
 — — Grandes Malades. 291.
 Nullspant. 32.

Oblast. 1.
 Oberfläche, benetzte, des Schiffsmantels. 105.
 Oberhaupt der Kammerschleusen.
 — — — — — 43.

Péniche (Kahn). 95.
 Pferd, elektrisches. 77.
 Pferdezug. 49.
 —, Geschwindigkeit des — s. 49.
 Planken. 33.
 Polder. 125.
 Poller. 52.
 Postschiff. 4.
 Prahme. 31.
 Profil-Koeffizient. 89, 102, 114.
 —, ältere Beobachtungen und Berechnung. 117.
 —, neuere Berechnung. 117.

Querschnitt der Kähne, ideeller.
 — — — — — 105.

Raddampfer. 53, 54.
 Rechenbrust. 29.
 Rechenhof. 29.
 Rechen spindle. 28.
 Regulierung oder Kanalisierung
 der Flüsse. 241.
 Reiten der Deiche. 165.
 Rheinkanal, Anschluß des — s an
 den Dortmund-Ems-Kanal. 150.
 Rhein-Seedampfer. 56.
 Riemen. 52.
 Riesen. 26.
 Ricoln. 248.
 Rohrdüker. 209.
 Rollenleiter. 253.
 Rolltafeln von Caméré. 257.
 Rücklauf der Dampfschiffe. 65.
 Rückstau. 244, 245.
 Rückströmungen d. Kanäle. 60, 63.
 Rückströmungs-Geschwindigkeit.
 — — — — — 65.
 —, Berechnung der —. 65, 66.
 Ruder. 52.
 Ruderdruck. 35.
 Ruderspindel. 35.

Sackmafs. 166.
 Salondampfer. 57.
 Sauggas-Maschine. 74.
 Scheibenwalzen. 165.
 Scheitelkanäle. 7, 123.
 —, Höhenplan der —. 123.
 Scheitholzöföfen. 1.
 Scheuerleisten. 34.
 Schifffahrt, ältere Arten der —. 47.
 — auf Binnenseen. 8.
 — auf Schwellungen. 3, 4.
 —, intermittierende. 3.
 —, Kosten für Laden und Entladen. 40.
 —, Liegekosten. 39.
 —, Ruhekosten. 39.
 —, Versicherung der Ladung. 40.
 —, Zahl der jährlichen Betriebstage. 39.
 Schifffahrtbetrieb, Verstaatlichung
 des — s. 225.
 Schifffahrtskanäle (s. auch Kanal
 und Binnenschifffahrtskanal). 7.
 — — — — — 8, 121.
 —, Anfangsverkehr. 137.
 —, anzuwendende Krümmungshalbmesser. 158.
 —, Arbeitsbericht, bildlicher. 160.
 —, ausführliche Vorarbeiten. 155.
 —, Bauhöfe. 217.



Schifffahrtskanäle, Baukosten der
 — — — — — 143, 227.
 —, Bedarf an Speisewasser. 186.
 —, Bedeutung der — in Kriegen.
 — — — — — 122.
 —, Berechnung des voraussichtlichen
 Verkehrs. 135.
 —, Beschaffung des Speisewassers.
 — — — — — 142, 187.
 —, — — — — aus Grundwasser.
 — — — — — 188.
 —, — — — — aus natürlichen
 Wasserläufen. 188.
 —, — — — — aus Seen u. Speise-
 becken. 191.
 —, — — — — mit Pumpwerken.
 — — — — — 188, 189.
 —, Betrieb. 218.
 —, — mit Dampfkähnen. 230.
 —, Betriebsarten. 219.
 —, Betriebstechnik. 215, 218.
 —, Betriebsunterbrechungen. 215.
 —, Bodenuntersuchungen. 159.
 —, Brücken. 205, 248.
 —, elektrischer Betrieb. 226.
 —, endgültige Linienführung. 155.
 —, Entlastungsanlagen. 196.
 —, Erdarbeiten. 265.
 —, Erweiterungen. 217.
 —, Fahrgeschwindigkeit, zulässige.
 — — — — — 219, 221.
 —, Fernsprechanlagen. 215.
 —, Form und Abmessungen des
 Querschnitts. 164.
 —, Frachtkosten, reelle. 144.
 —, —, ideelle. 144.
 —, Hauptkostenanschläge. 158.
 —, Hochbauten bei — n. 180.
 —, Höhenverhältnisse d. Geländes.
 — — — — — 123.
 —, Kosten der Herstellung einer
 größeren Wassertiefe. 229.
 —, — künstlichen Speisung.
 — — — — — 192.
 —, Krümmungshalbmesser der —.
 — — — — — 158.
 —, Mündungen. 213.
 —, Querschnitte der —. 159.
 —, Schutz der Böschungen. 247.
 —, Sohlenbreite. 161, 163.
 —, Sohlengefälle. 158.
 —, Sohlenvertiefungen. 67.
 —, Speiseanlagen. 187.
 —, Speisegräben. 193.
 —, Speiseschleusen. 195.
 —, Strömungen in — n. 60.
 —, Uferbefestigung der —. 171.

- Schiffahrtskanäle, Unterhaltungsarbeiten. 216, 227, 229.
- , —, Bauhöfe für —. 217.
- , Untersuchung d. Grundwasser-Verhältnisse. 159.
- , Wasserbedarf neuer deutscher —. 185.
- , Wassertiefen. 169.
- , Wasserverbrauch. 180, 181.
- , Wasserverluste. 180, 183.
- , — an den Schleusen. 185.
- , — durch Verdunstung. 184.
- , — — Versickerung. 184.
- , — in Speisegräben. 186.
- , Werkstattschiff. 217.
- , Zuleitung des Speisewassers. 191.
- Schiffahrtsabgaben. 20.
- Schiffahrtskongresse, internationale. 11.
- Schiffahrtskosten. 31, 39.
- , eigentliche. 135.
- , gesamte. 135.
- , Hafenkosten. 140.
- , Liegekosten. 140.
- , Streckenkosten. 240.
- Schiffahrtszeit, Dauer der —. 18.
- Schiffe, Abmessungen der —. 34.
- , Aichung der —. 36.
- , Anhalten der —. 52.
- , Bauart der —. 32.
- , Baustoffe der —. 32.
- , Benennungen. 32.
- , Bestand der deutschen Flufs-, Kanal-, Haff- und Küstenschiffe. 11.
- , Flufs- und Kanal-. 31.
- , Durchbiegungen der —. 33.
- , eiserne. 33.
- , Festlegen der —. 52.
- , Ladefähigkeit der —. 37.
- , scharf gebaute. 35.
- , Schieben der — mit Stangen. 51.
- , Tragfähigkeit der —. 37.
- , Treiben der — in Stromstrich. 47.
- , Vermessung der —. 36.
- , Wasserverdrängung d. —. 37.
- , Ziehen der —. 48.
- Schiffsboden, Spielraum zwischen — und Sohle. 34.
- Schiffsdurchlässe. 4, 6, 231, 250.
- , Weite der —. 250.
- Schiffshalter. 52.
- Schiffspegel. 62.
- Schiffsschleusen. 139, 263.
- Schiffswiderstand. 37, 38, 83.
- am Heck. 88.
- bei mittleren Tauchtiefen. 110, 113.
- , Berechnung des —s. 114.
- , Beziehungen zwischen Tauchtiefe und Widerstand. 107.
- der Schiffszüge. 118, 120.
- durch Luft. 82.
- — Strömung. 82.
- , Einfluß d. Wassertiefen. 102, 113.
- , Ergebnisse d. Untersuchungen. 105.
- in eng begrenztem Wasser. 93, 109.
- — weitem Wasser. 91, 105.
- , Vergleich mit den Widerständen der Eisenbahn-Güterzüge. 38.
- , Versuche am Dortmund-Ems-Kanal. 103.
- , — auf der Donau. 97, 98.
- , — im großen. 94, 100.
- , — im Kanal d. eisernen Tores. 99.
- , — von Block. 120.
- , — — Caméré. 119.
- , — — De Mas. 84, 100, 118.
- , — — Engels. 92, 118.
- , — — Fink. 91.
- , — — Froude. 91.
- , — — Sweet. 101.
- Schiffszüge. 54.
- , elektrische. 75.
- , gegliederte. 59.
- Schlagtore. 26, 27.
- Schleppdampfer. 54, 58.
- Schlepper, freifahrende. 9.
- Schleppkähne. 32.
- , Tragfähigkeit der —. 41.
- Schlepplokomotive. 226.
- Schleppmonopol. 19, 80, 149, 225.
- Schleppmotorboote. 75.
- Schleppschiffahrt, gewöhnliche Art der —. 56.
- Schlepptrosse. 120.
- Schleppersuche am Dortmund-Ems-Kanal. 61.
- Schleppzüge, Abstand der Kähne in —n. 58.
- , Geschwindigkeit der —. 59.
- Schleppzugsschleusen. 61.
- Schleusen (s. auch Schiffschleusen), Einfahren der Schiffe. 179.
- , einschiffige. 265.
- Schleusen, freie Plätze neben den —. 179.
- , Gefälle. 43, 147.
- , Höhenlage d. Hauptteile. 268, 269.
- , Kosten neuerer —. 180.
- , Lage der —. 177, 178, 270.
- , nutzbare Länge der —. 44.
- und ihre Umgebungen. 176.
- mit Anlagen zur Speisung und Entlastung. 199.
- , Unterhaltung der —. 293.
- , Vorhöfen der —. 178.
- , Wegebücheln in der Nähe der —. 179.
- Schleusenkanäle. 270.
- , Leitwerke an —n. 270.
- , Trennungsdämme an —n. 270.
- Schleusenknachts-Bude. 179.
- Schleusenmeistergehöft. 179, 272.
- Schleusentreppen. 123.
- Schotte. 33.
- Schraubendampfer. 53, 54.
- Schrauben-Schleppdampfer. 58.
- Schraubensteuer. 75.
- Schrückpfahl. 23, 52.
- Schurbaum. 52.
- Schüttungen, einfache. 165.
- , gestampfte. 165, 166.
- mit ausgewählten Bodenarten. 165.
- Schutzschleusen (s. auch Sperrschleusen). 266.
- Schützenwehr. 251.
- bei Herbrum. 253.
- mit drehbaren Pfosten. 251, 253.
- , Vorzüge der —c. 252.
- Schütztafeln vor Nadelchrübücken. 233.
- Schwebefähren. 81.
- Schweifsgräben. 165.
- Schwellungen, Schifffahrt auf —. 3, 4.
- Schwerter. 81.
- Schwimmlage eines Schiffes. 36.
- Seekanäle (Seeschiffahrtskanäle). 121.
- Seeleichter. 34, 44, 56.
- Seeschleppkähne. 56.
- Segeln. 48.
- Seilfähren. 81.
- Seilschiff. 73.
- Seilschiffahrt. 9, 68.
- Seilschlepper. 68, 69.
- Seiltrommel. 73.

- Seitenkanäle. 7, 123, 272, 273.
 —, Länge, Lage und Anordnung der —. 274.
 Seitenkanäle, Längenprofil der —. 123.
 —, längere. 275, 291.
 Seitenraddampfer. 33.
 Selbstkosten der Eisenbahn- und Wassertransporte. 135.
 Sicherheitstor mit Vorrichtung zur Entlastung. 209.
 —, neues, des Dortmund-Ems-Kanals. 204.
 Sicherheitstore. 201.
 Slip der Dampfschiffe. 68.
 Sog. 65.
 Spanten. 32, 33.
 Sparbecken. 183.
 Sparschleusen. 177.
 Speisebehälter. 192.
 Speisegräben. 157, 167, 193.
 —, Wasserverluste in —. 186.
 — zweiter Klasse. 194.
 Speisekanäle. 180.
 Speiseschleusen. 195.
 Speisung d. Schifffahrtskanäle. 187.
 Sperrschleusen. 266.
 — mit Notverschluß aus Nadeln. 267.
 — — Stauwerk. 196.
 Sperrtore. 201.
 Spille. 139.
 Spindelbaum. 28.
 Sprengen der Leinpfede. 50.
 Spretnaste. 32.
 Stauanlage am Mühlendamm zu Berlin. 283.
 — bei Charlottenburg. 283.
 — — Frankfurt a. M. 280.
 — zu Saarbrücken. 276.
 Stau, hydraulischer. 244.
 —, hydrostatischer. 244.
 Stauschleusen. 6.
 —, schiffbare. 4.
 Stauspiegel. 243.
 —, Gefälle, Berechnung des —. 244.
 Staufufen. 231, 232.
 —, Bestimmung des Stauspiegels. 242.
 —, Lage der —. 242, 246.
 —, Nutzung d. Wasserkraft. 237.
 Staufufe Neißemündung. 284.
 — von Port à l'Anglais. 289.
 — zu Hun. 291.
 — — Mirowitz. 288.
 Stauwelle. 63.
 Stauwerke, Gefälle der —. 245.
 Stauwirkung. 244.
 Steckenitzfahrt. 3.
 Steuerbord. 32.
 Steven. 22.
 Stichhafen. 213.
 Stichtkanäle. 124.
 Streckbäume. 29.
 Streichhölzer. 53.
 Streichruder. 24, 52.
 Strömungen, negative. 63.
T
 Talfahrt. 8.
 Tarif-Kilometer. 50, 140.
 Tarif-Tonnen-Kilometer. 140.
 Tauchraum. 37.
 Tauchung. 33.
 Tauerer. 68.
 Tauererbetrieb, Nachteile des —. 70.
 Tauschoner. 205.
 Tiefen-Koeffizient. 115.
 Tiefgang. 33, 34.
 —, gewöhnlicher (normaler). 34.
 —, ideeller. 40.
 Torkammer. 43.
 Totwassergeschwindigkeit. 97.
 Toue (Kahn). 106.
 Traften. 3.
 Trajektanstalten. 80.
 Trajektschiffe. 81.
 Treckschnitte. 4.
 Treiben der Schiffe. 47.
 Treibseil-Treideln. 75.
 Treidelbaum. 163.
 Treideln. 48.
 —, elektrisches. 75, 77.
 —, —, Kosten. 80.
 —, —, Schattenseiten. 80, 219.
 —, —, Verkehrsgeschwindigkeit. 80.
 —, —, Versuche. 79.
 —, —, Fahrgeschwindigkeit. 224.
 —, mechanisches. 75.
 —, Treibseil- (Wanderseil-) —. 75.
 Treidelseil. 76.
 Treidelwege. 50, 73.
 Trennungsdamm der Schleusenkanäle. 270.
 Triebwerkskanal. 153.
 Triften. 1, 22.
 —, Wassertiefe für das —. 25.
 Triftrechen. 28.
 Triftsteg. 28.
 Triftzeit. 22.
 Trommelwehre. 261.
 — von Desfontaines. 233, 261.
 Turbinenpfeiler. 240.
 Turbinen-Propeller. 70.
Ü
 Überfallwehre bei Flußkanalisierung. 249.
 Uferschlagen der Leinpfede. 50.
 Uferbefestigung bei Kanälen. 171.
 — — französischen Kanälen. 172.
 — beim Dortmund-Ems-Kanal. 175.
 — durch bepflanzte Bermen. 171.
 — — Flechtzäune. 172.
 — — Holzwände. 173.
 — — Packwerke. 172.
 — — Pfähle u. Holzwände. 173.
 — — Pflaster. 175.
 — — Platten. 175.
 — — Zementplatten. 175.
 — — — mit Eiseneinlagen. 166.
 —, nachträglich herzustellende. 172, 173.
 — — — bei neueren Kanälen. 174.
 Umflut. 275.
 Umlauf. 14.
 Unterhaupt der Kammerschleusen. 43.
 Unterwasser-Berme. 174.
V
 Venkanäle. 122.
 Verbindungskanäle. 123.
 Verbobern. 82.
 Verkommung. 164.
 Verlorene Fahrzeuge. 2, 3.
 Verschiebungsprofile. 157.
 Volligkeitsgrad d. obersten Wasserlinie. 37.
 — — Wasserverdrängung. 37.
 — des Hauptspants. 37.
 Vorarbeiten, wasserwirtschaftliche. 135.
 Voreilen treibender Schiffe. 47.
 Vorhöfen der Schleusen. 178.
 — — —, Breite und Länge. 178.
W
 Walzenwehre. 262.
 — im Main bei Schweinfurt. 263.
 Wanderseil-Treideln. 75, 76.
 Wasserkraft, Ausnützung der — einer Kanalisierung. 238.
 Wasserlinie, Konstruktions- —. 32.
 —, oberste. 32.
 Wasserlösen. 197.
 Wassermenge, durch das fahrende Schiff verdrängte —. 65.

- Wasserspiegel, durch Kähne verursachte Einsenkungen des —. 62, 87.
- Wasser, Stofs des unbegrenzten —s. 85.
- Wasserstraßen, Ausdehnung und Verkehr. 12.
- , Betrieb und Verwaltung. 18.
- , die — im allgemeinen. 1.
- , Eigentums- und finanzielle Verhältnisse der —. 19.
- , Einfluß der Dampfschiffahrt auf die —. 9, 10.
- , Entwicklung d. deutschen —. 9.
- , — — künstlichen —. 5.
- , — — natürlichen —. 1, 9.
- , GröÙe des Verkehrs. 14.
- , Karte der deutschen —. 13.
- , — des Verkehrs auf den deutschen —. 14.
- , kilometrischer Verkehr auf den —. 10, 14.
- , Länge d. schiffbaren Strecken. 13.
- Wasserstraßen, Monopol-Betrieb auf —. 19.
- , Schattenseiten der —. 18.
- , Unterschied zwischen — und Eisenbahnen. 18.
- , Verkehr auf den deutschen —. 10, 12.
- , Verkehrskarte. 13, 15.
- Wasserstuben. 26.
- Wasser, unbegrenztes. 105.
- Watt-Fahrzeuge. 36.
- Wehranlagen. 248.
- , Bedienung der —. 223.
- Wehrbock, bewegl. v. Poirée. 8.
- Wehre, bewegliche. 249, 251.
- , Boulé'sche —. 256.
- , —, Mängel der —. 256.
- der unteren Seine. 289.
- , feste, ohne Grundablässe. 249.
- , gebrochene. 238.
- , Länge der festen —. 249.
- mit Rolltafeln vor Nadelwehrböcken. 237.
- mit Schütztafeln vor Nadelwehrböcken. 256.
- Wehre, neuere bewegliche —. 253.
- , Unterhaltung der —. 294.
- Wehrmeistergehöft. 272.
- Wellental. 63.
- Wendeplätze für Kanalschiffe. 212.
- Werkstattschiff. 217.
- Wieden. 23.
- Wiede, Verbindung in der verbohrt —. 23.
- Wicken. 124.
- Wippen. 27.
- Zapfelstage. 3.
- Zenkel. 22.
- Zenkelstange. 22.
- Zentralverein f. Hebung d. deutschen Binnenschiffahrt. 12.
- Ziehen der Schiffe. 48.
- Zillen. 3.
- Zubringer. 193.
- Zugdampfer, freifahrende. 71.
- Zugschleusen. 61, 177, 265.
- , Vergleich der — mit Einzelschleusen. 265.
- Zweigkanäle. 124.



—  Druck von Rud. Bechtold & Comp., Wiesbaden  —

Atlas

zum

Handbuch des Wasserbaues.

Fünfter Band:

Binnenschifffahrt. Schifffahrtskanäle. Flufskanalisation.

Vierte vermehrte Auflage.

Inhalt.

Tafel I bis III: **Wasserstraßen und Wasserverkehr. Fluß- und Kanalschiffe.**

- „ I. Karten eines Teiles der deutschen Wasserstraßen und ihres Verkehrs im Jahre 1885.
- „ II. Ältere Kanal- und Flußkähne. — Kettenschlepper. — Entwürfe zu Lastschiffen.
- „ III. Schlepversuche am Dortmund-Ems-Kanal. (Versuchskähne, Einsenkungen des Wasserspiegels, Schiffswiderstände.)

Tafel IV bis VII. **Binnenschiffahrtskanäle.**

- „ IV. Lagepläne, Höhenpläne und Querschnitte (Saar-Kohlen-Kanal, Rhein-Marne-Kanal, Merwede-Kanal u. a.).
- „ V. Neue deutsche Schiffahrtskanäle: Oder-Spree-Kanal. — Dortmund-Ems-Kanal. — Ems-Jade-Kanal.
- „ VI. Teil des deutschen Gesamt-Güterverkehrs i. J. 1899. — Die Wasserstraßen Preussens und der angrenzenden Länder. — Elbe-Trave-Kanal (Höhenplan und Teil des Lageplans). — Teltow-Kanal (Höhenplan und Querschnitte).
- „ VII. Speiseanlagen (Einlaufschleuse, Speisegräben, Pumpwerk). — Entlastungsanlagen. — Sicherheitstore. — Kanalhäfen.

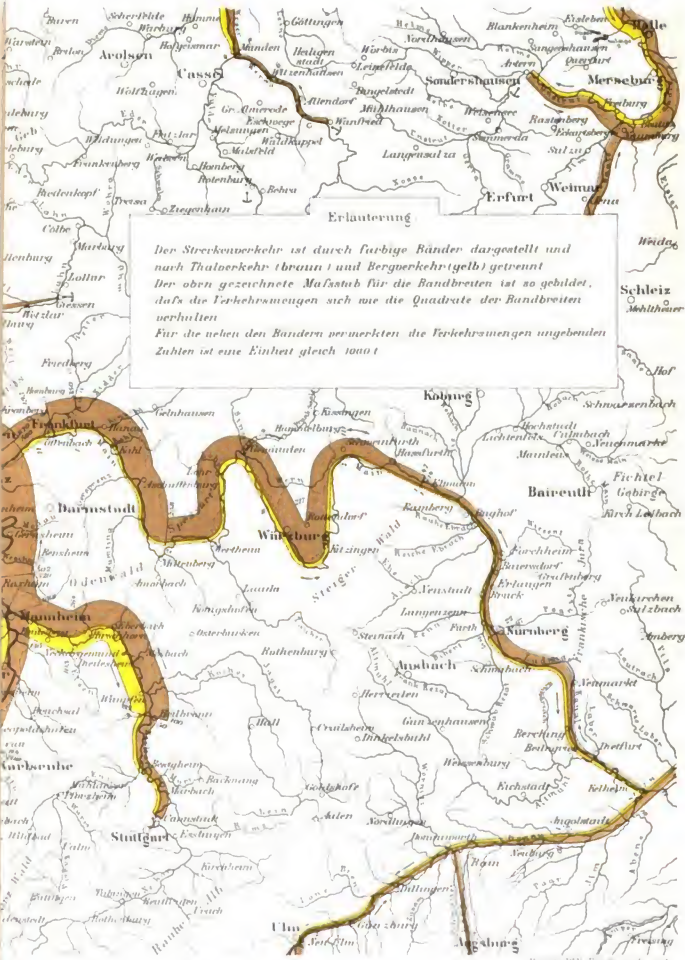
Tafel VIII bis X. **Kanalisation der Flüsse.**

- „ VIII. Der Main zwischen Frankfurt und dem Rhein. — Die Unter-Brahe. — Die Oder von Cosel bis zur Neisse-Mündung. — Wehr des Oder-Spree-Kanals bei Grofse Tränke. — Wehr und Schleusenanlage bei Nufsdorf. — Die Fulda (Staustufe bei Kragenhof).
- „ IX. Die Maas in Belgien. — Die Lahn bei Kalkofen. — Klappenwehr bei Port à l'Anglais oberhalb Paris. — Schutzschleuse für einen Seitenkanal. — Die Mosel unterhalb Frouard.
- „ X. Höhen- und Lageplan der kanalisierten Ems. — Schützenwehr bei Herbrum. — Höhenplan der kanalisierten Moldau und Elbe in Böhmen. — Staustufe in der Moldau bei Troja. — Moldau-Wehre bei Mirowitz und Libschitz. — Schleusen- und Wehrmeister-Gehöft bei Offenbach.

auf einem Teile der deutschen Wasserstraßen im Jahre 1885



Einheit 1000 t

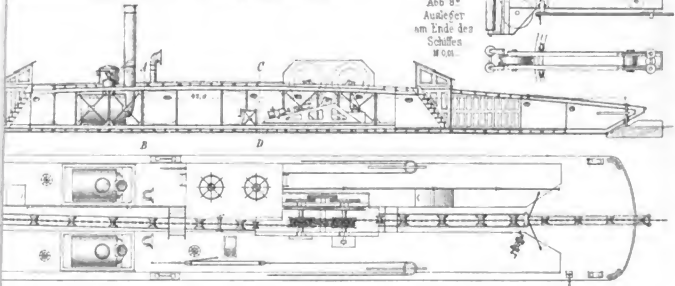


Erläuterung

Der Streckenverkehr ist durch farbige Bänder dargestellt und nach Thaleskehr (braun) und Bergverkehr (gelb) getrennt. Der oben gezeichnete Maßstab für die Bandbreiten ist so gebildet, daß die Verkehrs mengen sich wie die Quadrate der Bandbreiten verhalten. Für die neben den Bändern vermerkten die Verkehrsmengen ungebundenen Zahlen ist eine Einheit gleich 1000 t

Kettenschlepper für den Neckar . M. 0,00 $\frac{1}{2}$.

Abb 8^a
Auslieferung
am Ende des
Schiffes
M. 0.01.



Oder-Spree-Kanal und die Spree innerhalb Berlins.

Abb. 11^{a-11^c} Entwurf von Klepsch (Mittelschiff und Vorderteil)

Abb 11^a, Aufriss

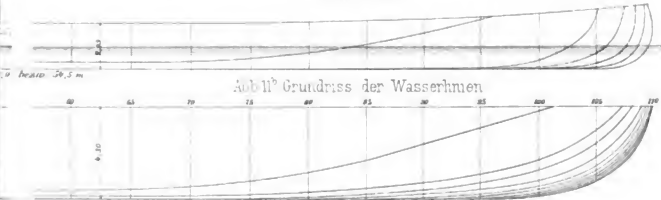


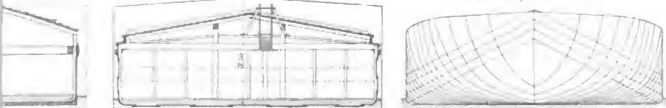
Abb 11^b Grundriss der Wasserhölmer

Abb 11^c Längenschnitt



Ausschnitt des Laderaums M 1 150.

Abb 11^d Spanteißriss



Entwurf von Blumcke

Abb 12^b Längenschnitt (halb) M. 1 150

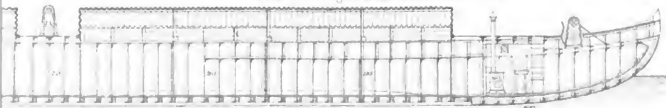
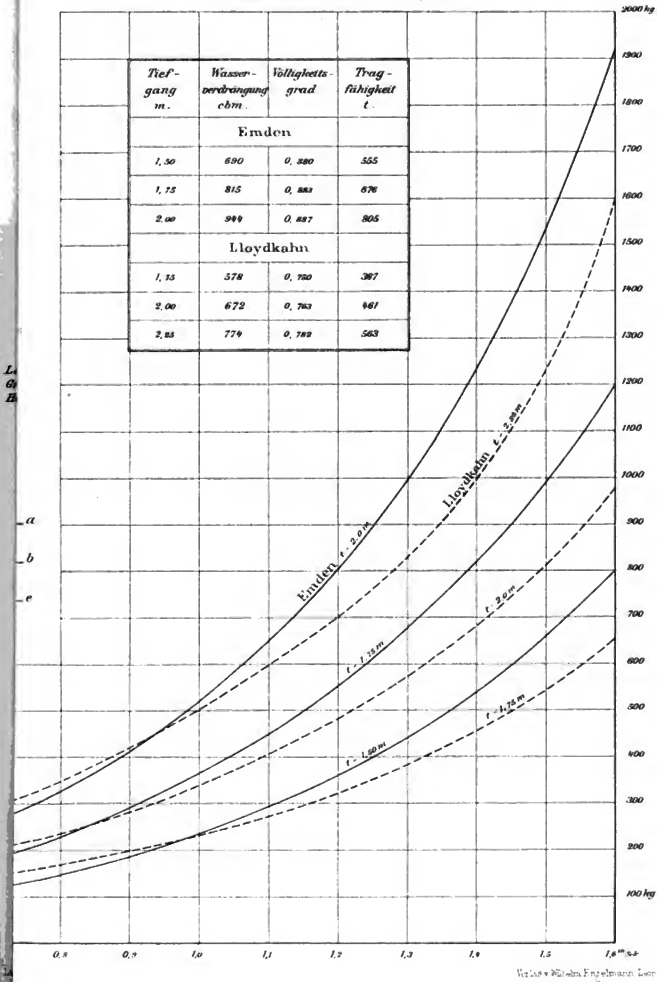


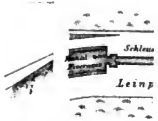
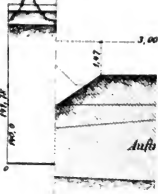
Abb. 7. Zugkraftkurven (Schiffswiderstände) der Kähne Emden und Lloydkahn.



Verlag v. Müller, Engelmann, Leipzig

Handbuch

See mit
Hochwasser



a. Maßstab - 0,004.

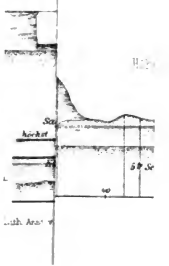


Abb 2^a bis 2^c. Dortmund-Ems-Kanal

Abb 2^a Höhenplan

(Vorentwurf).

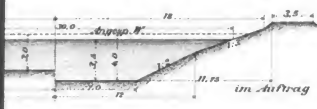
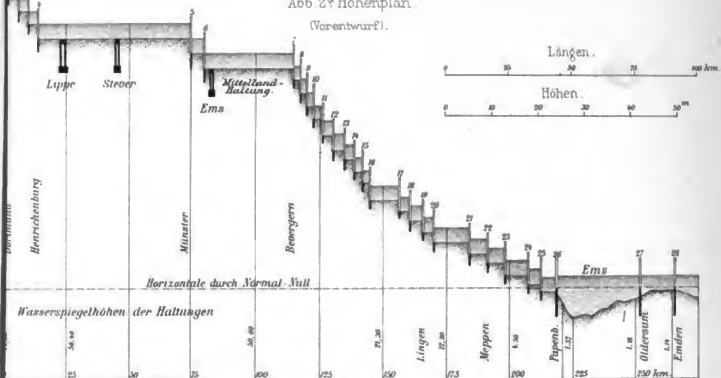


Abb 2^b Lagenplan

(Vorentwurf)



Abb 2^c Querschnitt M 1:333 1/3 = 0.003

(Vorentwurf)

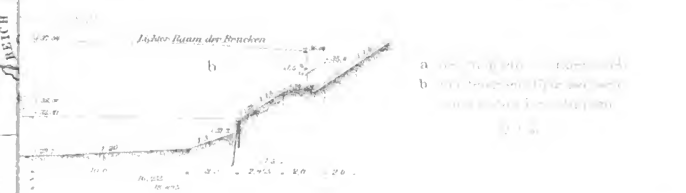
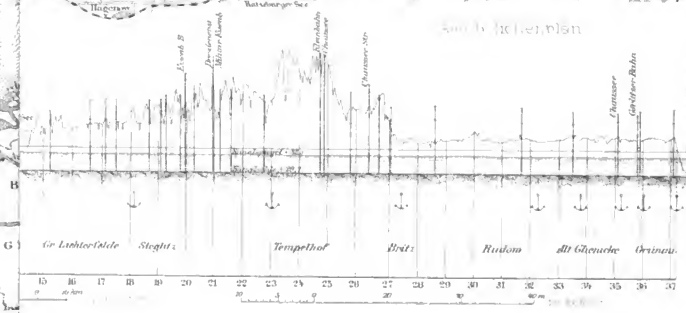
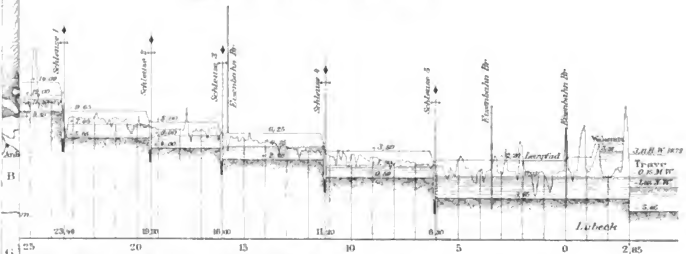


Abb 3^a Querschnitt der Haltung Upschört-Wilhelmshaven



Vorf. v. Wilhelm Engelmann, Leipzig

Abb. 5. Höhenplan
Lübeck, 1:25,000. H. von 1:50,000



a) ...
b) ...

Abb 7^c Lageplan des Pumpwerks.

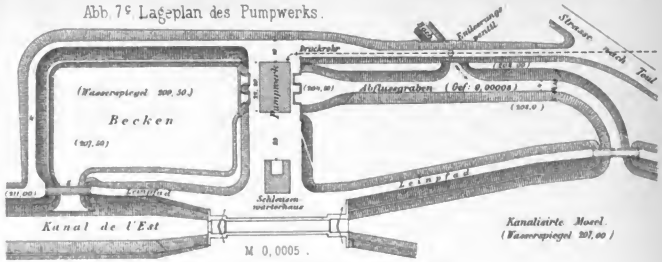


Abb 8^{a u b} Durchlass mit Entleerungsschleuse M. 0,005.

Abb 8^a Schnitt OH.

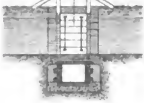


Abb 8^b Längenschnitt.

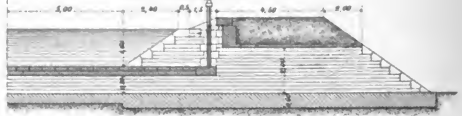


Abb 7^d Querprofil EF. (s Abb 7^c.)



Abb 9^a Schnitt JK M. 0,0005.

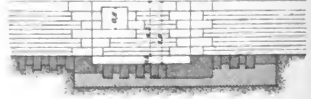


Abb 7^{e-f} Anschluss des Druckrohrs an den Speisegraben

Abb 9^b Ansicht.

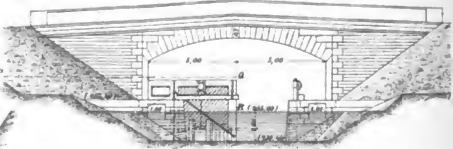


Abb 7^g Querprofil CD



Abb 7^h Längenschnitt



Abb 7ⁱ Grundriss

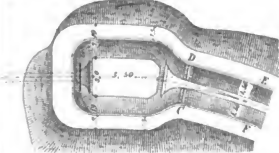
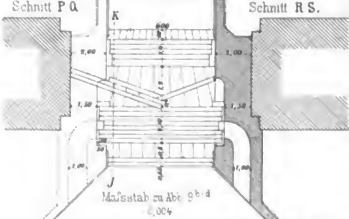


Abb 9^{a d} Sicherheitsthor (Rhein-Marne Kanal)

Abb 9^c Schnitt P Q

Grundriss

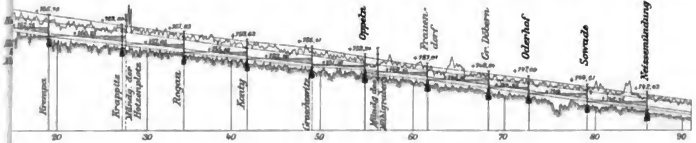
Abb 9^d Schnitt R S.



M zu Art 7^f u 7^g 2025.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig

8. Höhenplan der Oder Kanalisierung. Längen: 1 km - 0,002 m Höhen: 1m-0,7mm



Schnitt abcd durch die Wehranlage, s. Abb. 10) M 1:1000.

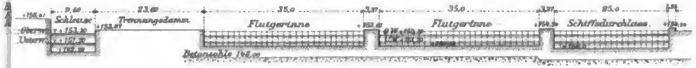
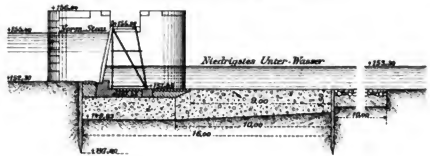


Abb. 8-11. Kanalisierung der Oder von Cosel bis Neisse-Mündung

Abb 11 Wehr bei Konty mit dem Mittelpfeiler am Schiffsdurchlass M.1 300.

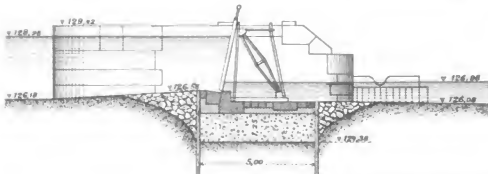
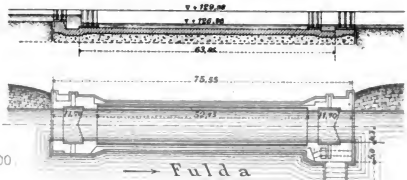


e Tränke. M.1:75000.

Abb 14 Längenschnitt der Schleuse und Grundriss M 1:1250

Abb. 14 u. 15.
Kanalisierung der Fulda.
Staustufe bei Kragenhof.

Abb 15 Querschnitt durch das Wehr M 1:200



benwei

b 9 Sc

pl. reau.

1855

K. 11

Abb

S

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

18

Denkmal zu Port à l'Anglais oberhalb Paris.

Abb. 9 Schnitt ABCDEF M 0,002 (1:500)

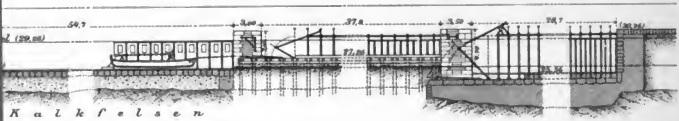


Abb 10 Grundriss M 0,002

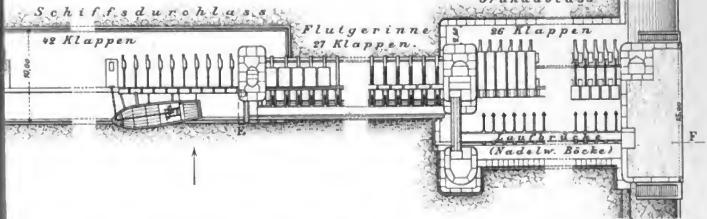
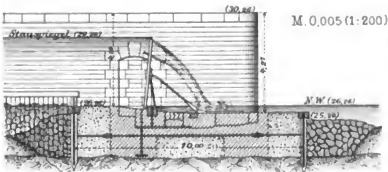


Abb 11 Schnitt durch Schiffsdurchlass

Abb 12 Schnitt durch Flutgerinne



M 0,005 (1:200)

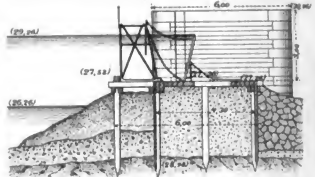
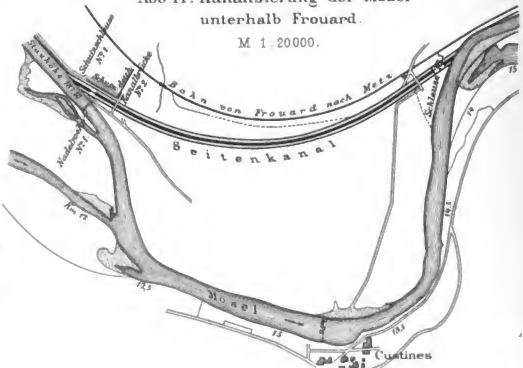
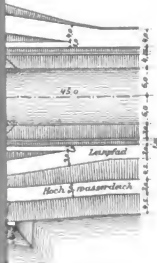


Abb 14. Kanalisierung der Mosel unterhalb Frouard.

M 1:20000.

nal. M 1 1000



Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig

6 Höhenplan der kanalisiertierten Moldau und Elbe in Böhmen

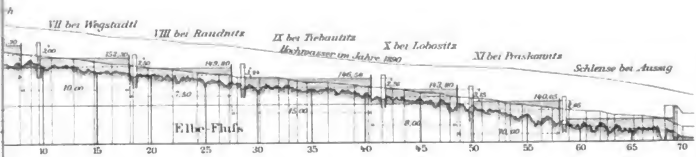


Abb 8-10 Brückenwehr in der Moldau bei Mirowitz .

Abb 8 Querschnitt

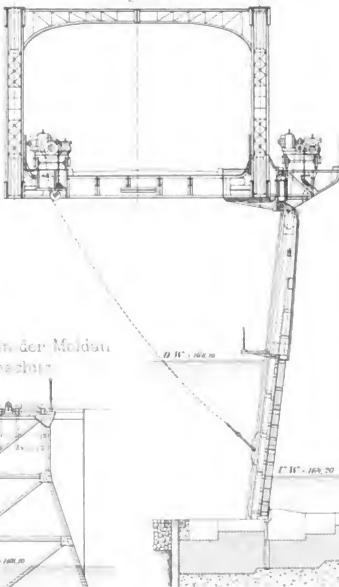


Abb 9 Grundriss

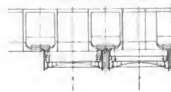


Abb 10 Seitenansicht

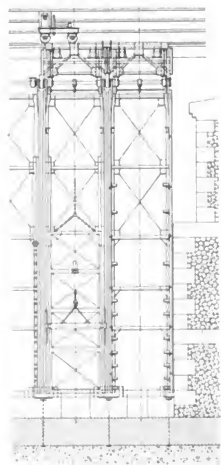
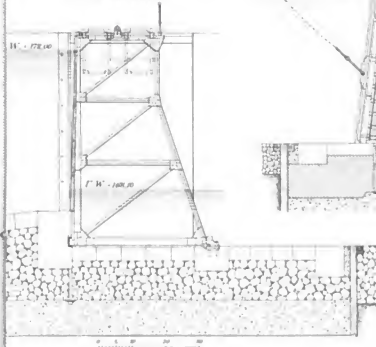


Abb 11 Wehr in der Moldau bei Libschitz



89090523242



b89090523242a



89090523242



B89090523242A