

1908 1243
DENKSCHRIFT

ZU DEM

TECHNISCHEN ENTWURF EINER NEUEN

DONAU-MAIN-WASSERSTRASSE

VON

KELHEIM NACH ASCHAFFENBURG,

BEARBEITET VON

EDUARD FABER,

KGL. BAUAMTMANN UND VORSTAND DES TECHNISCHEN AMTES
DES VEREINES FÜR HEBUNG DER FLUSS- UND KANALSCHIFFAHRT IN BAYERN.

MIT 7 KARTENBEILAGEN.

VERLEGT

VON DEM VEREINE FÜR HEBUNG DER FLUSS- UND KANALSCHIFFAHRT IN BAYERN.

1903.

VORWORT.

Der Verein für Hebung der Flufs- und Kanalschiffahrt in Bayern hatte mit Zustimmung seines hohen Protektors, **Seiner Königlichen Hoheit des Prinzen Ludwig von Bayern**, in den 90 er Jahren wiederholt bei den maßgebenden Stellen beantragt, einen Entwurf über eine neue Donau-Main-Wasserstrafse ausarbeiten zu lassen. Es geschah dies in der durch die Erfahrung gewonnenen Überzeugung, daß der zeitgemäße Ausbau der Wasserstraßen eine wirtschaftliche Notwendigkeit geworden sei, in der begründeten Voraussetzung, daß zur Beurteilung dieser Frage für Bayern eine Grundlage durch das beantragte Projekt geschaffen werden müsse.

Von seiten der Kgl. Staatsregierung wurden die Anträge mit Wärme vertreten, dieselben wurden auch von der Kammer der Reichsräte angenommen. Dagegen fanden sie jedesmal Ablehnung durch die Kammer der Abgeordneten, trotzdem noch im Jahre 1897 der Verein einen Zuschuß zu den Projektierungskosten im Betrage von 70 000 Mark angeboten hatte.

Die Bestrebungen zur Hebung der Schiffahrt auf natürlichen und künstlichen Wasserstraßen, welche sich fast in allen Kulturstaaten in zunehmendem Maße und ganz besonders auch in den Bayern benachbarten Staaten geltend machen, blieben trotz des Mißerfolges eine ernste Mahnung, auch in Bayern danach zu trachten, vorwärts zu kommen und zunächst das Rüstzeug zu gewinnen zur Entwaffnung der Gegner der Wasserstraßen. Gleichfalls mit Genehmigung seines hohen Protektors beschloß daher der Verein, auf eigene Kosten die Frage über die Möglichkeit und Zweckmäßigkeit eines zeitgemäßen Ausbaues der Donau-

Main-Wasserstrafse vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus zu prüfen und für die Ausarbeitung eines generellen, technischen Entwurfes ein besonderes Amt in Nürnberg zu errichten.

In der Ausführung dieses Beschlusses fand der Verein wiederum das größte Entgegenkommen von seiten der Kgl. Staatsregierung. Auf seinen Antrag wurden Bauamtmann Hensel und Betriebsingenieur Wöhrl, die sich in dankenswerter Weise bereit erklärt hatten, die technische Projektierung zu übernehmen, aus dem Staatsdienste beurlaubt, so daß das technische Amt mit dem 1. Januar 1899 seine Tätigkeit unter der Leitung Hensel's beginnen konnte. Als weitere Hilfskraft trat Bauamtmann a. D. Vogt am 15. Februar 1899 in den Dienst des Vereins. Nachdem Bauamtmann Hensel zum Vorstand des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus berufen worden war, übernahm Bauamtmann Faber, der gleichfalls auf Antrag des Vereins aus dem Staatsbaudienst beurlaubt wurde, vom 1. Mai 1900 an die Leitung des technischen Amtes. Am 1. März 1901 trat auch Wöhrl wieder in den Staatsdienst zurück, nachdem die Studien über eine neue Donau-Main-Wasserstrafse zum Teil abgeschlossen waren. Aus dem Personal des Bauamtes der Stadt Nürnberg waren dem technischen Amte noch zugeteilt Bauführer Geyer, die Bautechniker von der Linden und Greis.

Die vorliegende Denkschrift gründet sich auf den generellen Entwurf einer neuen Donau-Main-Wasserstrafse, welcher in der Zeit vom 1. Januar 1899 bis zum 15. März 1902 ausgearbeitet wurde. In derselben nimmt einen verhältnismäßig großen Umfang die Abhandlung über die Wasserversorgung

eines neuen Donau–Main–Kanales ein. Es wird ausführlich angegeben, welche Beobachtungen für die Lösung dieser wichtigen Frage herangezogen und in welcher Weise diese Beobachtungen verwendet wurden. Die Schlussfolgerungen des technischen Amtes über die Wasserversorgung können somit leicht auf ihren Wert geprüft werden. Über die Kosten der Wasserstraßen in ihren Teilstrecken sowie im ganzen, ebenso auch über die Kosten der einzelnen Bauarbeiten und ferner noch über den Umfang derselben wird eine gröfsere Anzahl tabellarischer Zusammenstellungen mitgeteilt, durch welche der Gang, den die Untersuchung über diesen Gegenstand genommen hat, in genügender Weise klargelegt wird. Es bestand die Absicht, durch die Denkschrift den Beweis zu liefern, dafs die Untersuchung über den wirtschaftlichen Wert einer neuen Donau–Main–Wasserstrafse auf eine sichere Grundlage gestellt ist.

Der Anteil, den jeder der Beamten des technischen Amtes an der Ausarbeitung des generellen Entwurfes genommen hat, ist aus den Berichten über die Hauptversammlungen des Vereins in den

Jahren 1899 bis 1902 zu entnehmen, auch wird in der Denkschrift selbst davon die Rede sein.

Zum Schluss habe ich noch als Vorsitzender des Vereins die angenehme Pflicht, allen zu danken, die den Verein bei seinem Vorgehen, das technische Amt bei seinen Arbeiten unterstützt haben. Namentlich aber sei ehrerbietigst gedankt der Kgl. Staatsregierung, welche die Arbeiten des technischen Amtes allezeit in der wohlwollendsten Weise gefördert und die einschlägigen Staatsbehörden ermächtigt hat, demselben das zu seinen Studien notwendige amtliche Material zur Verfügung zu stellen. In der nachfolgenden Abhandlung wird im einzelnen auf die Beihilfe hingewiesen werden, die das technische Amt erfahren hat. In der gleichen Weise gilt mein Dank den Vorständen und Beamten unseres technischen Amtes für die grofse Hingebung und Umsicht, mit welcher sie ihre schwierige Aufgabe durchgeführt haben.

Möge diese Denkschrift die auf sie gesetzten Erwartungen in reichem Mafse erfüllen zum Segen unseres engeren und weiteren Vaterlandes!

NÜRNBERG, den 1. Januar 1903.

Der Vorsitzende:

DR. V. SCHUH,

I. Bürgermeister, Geheimer Hofrat.

Inhalts-Verzeichnis des Textes.

I. Der Ludwig-Kanal

von der Donau bei Kelheim über Neumarkt und Nürnberg
bis in den Main bei Bamberg.

	Seite
Oberflächengestalt des Gebietes zwischen Donau und Main und Lage des Kanales	1
Abmessungen und Baukosten	4
Gründe technischer Natur für den vorzeitigen Rückgang des Verkehres	5
Zustand des Kanales gegenüber einer zeitgemäßen Wasser- strafse	6

II. Allgemeine Erläuterungen

zu den vom technischen Amt ausgearbeiteten Entwürfen.

Bezeichnung der Entwürfe	8
Art der Bearbeitung	9
Bestimmung der Gröfse des Normalschiffes und des Kanal- querschnittes	10
Grundsätze für die Gestaltung des Längenschnittes des Kanales	11

III. Der Umbau des Ludwig-Kanales von Kelheim bis Bamberg

für ein Normalschiff mit 600 Tonnen Tragfähigkeit.

Linienführung	15
Längenschnitt	17
Kanal-Querschnitt	18
Kammerschleusen	19
Schiffshebewerke auf geneigten Ebenen	20
Kosten für den Umbau	20

IV. Die Wasserversorgung des projektierten Donau-Main- Kanales von Kelheim über Neumarkt und Nürnberg nach Bamberg.

Geologische Beschaffenheit des Zuflufsgebietes des Kanales mit Bezug auf die Wasserversorgung	21
Beobachtungen über die Niederschläge im Gebiete des Kanales	22
Beobachtungen über die Speisewasser-Zuflüsse zum Ludwig- Kanal	24
Wasserbedarf für Kanal- und Schiffahrtzwecke	33
Wasserbeschaffung für die Speisung des Kanales: Sammelweiher	37
Speisung durch Grundwasser	42
Gewässer, die dem Kanal frei zufließen	44
Nachweis über die Möglichkeit einer genügenden Wasserversorgung der einzelnen Haltungen	46

V. Die Führung des Donau-Main-Kanales

von Stepperg über Graben und Nürnberg nach Bamberg
für ein Normalschiff mit 600 Tonnen Tragfähigkeit.

Linienführung und Längenschnitt	52
Wasserversorgung	54
Kosten samt Vergleich mit der Linie von Kelheim über Neumarkt nach Nürnberg	54

VI. Die projektierte Kanalisierung des Mains von Bamberg bis Aschaffenburg

für ein Normalschiff mit 1000 Tonnen Tragfähigkeit.

	Seite
Wasserbautechnische und hydrographische Verhältnisse des Mains	56
Wasserversorgung eines kanalisierten Mains, hier Wasser- verluste bei den Wehren, Gröfse und Wasserbedarf der Kammerschleusen und Flosrinnen	59
Anzahl der für eine Kanalisierung notwendigen Wehre und Längenschnitt der Wasserstrafse	62
Kosten	63

VII. Die im Maintal projektierte Wasserstrafse von Bamberg bis Aschaffenburg

bei Anwendung des gemischten Bausystems

— Seitenkanäle und kanalisierte Flufsstrecken —

für ein Normalschiff mit 1000 Tonnen Tragfähigkeit.

Wasserstrasse im Tal der Moldau und Elbe als Muster- anlage	64
Linienführung der Mainwasserstrafse	64
Projektierte Wehranlagen im Main	67
Kammerschleusen für die Grossschiffahrt und Länge der Haltungen	67
Fahrinne im kanalisierten Main	68
Querschnitte der Seitenkanäle	68
Wasserbedarf für den Betrieb der Schiffahrt in den Seiten- kanälen	70
Kosten	70
Ausnützung der Wasserkräfte des Mains: an den Wehren des kanalisierten Mains	71
in den Seitenkanälen	72
verwertbare Wasserkraft an den Wehren und in den Seitenkanälen	72

VIII. Die Abkürzungslinien für eine neue Donau-Main- wasserstrafse.

Abkürzungslinien zwischen Schweinfurt und Aschaffenburg	75
Abkürzungslinie von Nürnberg-Fürth nach Marktbreit	76

IX. Vergleich der bayerischen Wasserstrafsen-Projekte mit den österreichischen und preussischen Projekten.

Die österreichischen Projekte nach dem Gesetz vom 11. Juni 1901	79
Die wasserwirtschaftliche Vorlage in Preussen vom Jahre 1899	83

Schlusswort	84
-----------------------	----

Inhalts-Verzeichnis der Tabellen.

Längen und Höhen der Haltungen der projektierten Donau-Main-Wasserstrafse, Längen der Seitenkanäle und der kanalisierten Mainstrecken, sodann Lage, Lichtweite der Wehröffnungen, Stau und Gefälle der im Main oberhalb Aschaffenburg projektierten Wehre, ferner die Lage der Wehre unterhalb Aschaffenburg.

	Seite
1. Donau-Main-Kanal von Kelheim nach Bamberg	89
2. Donau-Main-Kanal von Stepperg nach Bamberg	90
3. Kanalisierung des Mains von Bamberg bis Aschaffenburg	91
4. Seitenkanäle und kanalisierte Mainstrecken oberhalb Aschaffenburg	92
5. Im Main projektierte Wehre oberhalb Aschaffenburg	93
6. Wasserstrafse im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg bei Anwendung des gemischten Bausystems	94
7. Der Main von Aschaffenburg bis zur Mündung in den Rhein	95

Wasserversorgung des projektierten Donau-Main-Kanales von Kelheim über Neumarkt und Nürnberg nach Bamberg.

8. Monats- und Jahressummen der Niederschläge der Station Bayreuth. Ältere Reihe 1814/1834	96
9. Monats- und Jahressummen der Niederschläge der Station Bayreuth. Neuere Reihe 1851/1878	97
10. Monats- und Jahressummen der Niederschläge der Station Nürnberg 1879/1900	98
11. Monats- und Jahressummen der Niederschläge der Station Altenfurth 1868/1883	99
12. Jahressummen der Niederschläge an den Stationen im Gebiete des Ludwig-Kanales 1899/1901	100
13. Wasserführung der Zuflüsse zum Ludwig-Kanal von der 24. bis zur 98. Haltung in den Jahren 1862/1866, 1875 und 1878	101
14. Wasserführung der Zuflüsse zur Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales 1859/1891	102
15. Zufluss aus der Regnitz nach der 91. Haltung des Ludwig-Kanales 1859/1878	103
16. Gesamter Zufluss zum Ludwig-Kanal von der 24. bis zur 98. Haltung 1859/1878	104
17. Mittlere Wasserführung des linkseitigen Woffenbaches nach der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales 1862/1866	105

	Seite
18. Mittlere Wasserführung des Schwarzach-Leitgrabens nach der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales 1862/1866	106
19. Mittlere monatliche und jährliche Abflussmengen in Sekunden Litern aus dem Gebiete der Pilsach, sodann mittlere monatliche und jährliche Niederschlagshöhen in mm der Station Pfeffertshofen 1899/1901	107
20. Monatliche und jährliche Abflussmengen in Mill. cbm aus dem Gebiete der Pilsach, sodann monatliche und jährliche Niederschlagsmengen in Mill. cbm nach den Beobachtungen der Station Pfeffertshofen 1899/1901	108
21. Die wichtigsten Abmessungen der projektierten Sammelweiher, sowie deren Kosten und Wasserlieferung	109
22. Schifffahrtsverkehr durch die Schleuse im Main bei Kostheim 1897/1900	110
23. Schifffahrts-Verkehr der Aktien-Gesellschaft »Mainkette« zwischen Mainz und Frankfurt 1897/1900	111
24. Schifffahrtsverkehr im Jahre 1900 in den Rheinhäfen Ludwigshafen, Mannheim und Köln	112

Kosten und Umfang der Bauarbeiten für die projektierte Donau-Main-Wasserstrafse.

25. Normale Kosten der wichtigsten Bauarbeiten für einen neuen Donau-Main-Kanal	113
26. Kosten einzelner, größerer Bauobjekte für den Umbau des Ludwig-Kanales	114
27. Kosten für den Umbau des Ludwig-Kanales, ohne Hebewerke, Wasserversorgung und Betriebseinrichtungen	115
28. Kosten eines Schifffahrtskanales von Stepperg nach Nürnberg, ohne Hebewerke, Wasserversorgung und Betriebseinrichtungen	116
29. Vergleichende Zusammenstellung der Kosten für die Linien »Kelheim-Nürnberg« und »Stepperg-Nürnberg«	117
30. Vergleichende Zusammenstellung der gesamten Kosten für die Linien »Kelheim-Bamberg« und »Stepperg-Bamberg«	118

Umbau des Ludwig-Kanales.

31. Größe der zu erwerbenden Grundflächen	119
32. Erdmassen und Kosten ihrer Förderung und Bewegung	120
33. Längen der zu dichtenden Kanalstrecken und Kosten der Dichtung	121
34. Verzeichnis der Kunstbauten ohne Hebewerke	122
35. Längenmafse der Verlegungen von Strafsen- und Eisenbahnen, sowie der Flufskorrekturen	123

	Seite		Seite
Kanal von Stepperg nach Nürnberg.			
36. Größe der zu erwerbenden Grundflächen	124	48. Erdmassen und Kosten ihrer Förderung und Bewegung für die kanalisierten Flusstrecken	136
37. Erdmassen und Kosten ihrer Förderung und Bewegung	125	49. Längen der zu dichtenden Kanalstrecken und Kosten der Dichtung	137
38. Längen der zu dichtenden Kanalstrecken und Kosten der Dichtung	126	50. Verzeichnis der Kunstbauten in den Seitenkanälen, ohne Kammerschleusen und Tunnels	138
39. Verzeichnis der Kunstbauten, ohne Hebewerke und Tunnels	127	51. Längenmaße der Verlegungen von Strafsen und Eisenbahnen, sowie der Flussskorrekturen bei den Seitenkanälen	139
40. Längenmaße der Verlegungen von Strafsen und Eisenbahnen, sowie der Flussskorrekturen	128		
Wasserstrasse im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg.		Ausnutzung der Wasserkräfte an den Wehren des kanalisierten Mains, sowie in den Seitenkanälen der projektierten Wasserstrasse.	
41. Normale Kosten der wichtigsten Bauarbeiten	129	52. Mittlere Häufigkeit der Wasserstände des Mains 1879/1888 am Pegel zu Schweinfurt	140
42. Kosten einzelner, größerer Bauobjekte	130	53. Eisgang und Eisstand bei Schweinfurt 1879/1899	141
43. Kosten der Seitenkanäle ohne Anschlusskanäle, Tunnels und Betriebseinrichtungen	131	54. Ausnutzung der Wasserkräfte in den Seitenkanälen	142
44. Kosten der kanalisierten Flusstrecken, ohne Wehranlagen und Betriebseinrichtungen	132	55. Ausnutzung der Wasserkräfte an den Wehren zwischen je zwei kanalisierten Mainstrecken	143
45. Kosten aller Bauarbeiten	133	56. Ausnutzung der Wasserkräfte an den für die Wasserversorgung der Seitenkanäle notwendigen Wehren im Main	144
46. Größe der zu erwerbenden Grundflächen	134		
47. Erdmassen und Kosten ihrer Förderung und Bewegung für die Seitenkanäle	135		

Verzeichnis der Kartenbeilagen.

- | | |
|---|---|
| <p>Blatt I. Lageplan der projektierten Wasserstraßen von der Donau bis zum Rhein.</p> <p>Blatt II. Karte der Wasserstraßen Deutschlands für Schiffe von 100 Tonnen und mehr Tragfähigkeit, sowie der von Österreich geplanten Wasserstraßen von der Elbe, Oder und Weichsel zur Donau.</p> <p>Blatt III. Normalquerschnitte der projektierten Wasserstraßen, sowie des Ludwig-Kanales.</p> <p>Blatt IV. Lageplan der projektierten Wasserstrasse im Maintal von Fahr bis unterhalb Nordheim, Kilometer 67,5—75,0 und Querschnitt durch die Wehranlage im Main unterhalb Nordheim.</p> | <p>Blatt V. Längenschnitte der projektierten Wasserstraßen von der Donau bis zum Rhein.</p> <p>Blatt VI. Längenschnitte der Scheitelhaltungen für einen neuen Donau-Main-Kanal von Kelheim und Stepperg ab.</p> <p>Blatt VII. Vergleichende Darstellung der Längenschnitte der Donau-Main-Wasserstrasse, sowie der österreichischen Kanäle von der Donau nach der Moldau, Elbe und Oder; Querschnitt durch die Fossa Karolina und den projektierten Donau-Main-Kanal in der Wasserscheide zwischen der Altmühl und der Schwäbischen Rezat; Wasserstandsbewegung und Wasserführung des Mains bei Schweinfurt in den 10 Jahren 1879 bis 1888.</p> |
|---|---|

I. Der Ludwig-Kanal

von der Donau bei Kelheim über Neumarkt und Nürnberg
bis in den Main bei Bamberg.

Donau und Main für die Schifffahrt verbunden. Ein Werk, von Karl dem Großen ver- sucht, durch Ludwig I., König von Bayern, neu begonnen und vollendet.

So lautet die Inschrift auf dem Kanaldenkmal bei Erlangen in Übereinstimmung mit der allgemeinen Anerkennung, welche der neue Verkehrsweg von Kelheim nach Bamberg als eine der großartigsten technischen Unternehmungen der damaligen Zeit gefunden hatte. Zahlreiche Kunstbauten, tiefe Einschnitte und hohe Dämme, vielfach wechselnd in rascher Folge, erregen heute noch die Bewunderung, geben Zeugnis von dem kühnen Wagemut und der Tüchtigkeit der damaligen Ingenieure.

Die Wasserstrasse kam nach einem von dem Kgl. Geheimen Oberbaurat Freiherrn von Pechmann ausgearbeiteten Entwurf in den Jahren 1836 bis 1846 zur Ausführung und wurde laut einer am 3. Juli 1836 bekannt gegebenen Königlichen Verfügung »Ludwig-Kanal« genannt.

Die Oberflächengestalt des Gebietes zwischen Donau und Main und die Lage des Kanales. — Lange Jahre war heftiger Streit über die Lage, welche einem Donau-Main-Kanal gegeben werden sollte, hauptsächlich veranlaßt durch die eigentümliche Oberflächengestalt des zwischen den beiden Flüssen gelegenen Gebietes.

Die Wasserscheide zwischen Donau und Main verläuft mit kurzen Unterbrechungen auf dem Schwäbischen und Fränkischen Jura. Dieser Gebirgszug verfolgt vom Rheintal bei Schaffhausen durch Württemberg hindurch bis in die Gegend von Beilngries eine nord-östliche Richtung und wendet sich dann plötzlich in Vereinigung mit dem von Regensburg und Kelheim herkommenden Jura nach Nordwesten bis zu seinem Abschluß bei Coburg.¹⁾

¹⁾ Die Darstellung folgt: Gumbel. Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Bamberg (Nr. XIII) und Neumarkt (Nr. XIV) der geognostischen Karte des Königreiches Bayern. Cassel 1887 und 1888.

Nach Süden zu wird der Jura an vier Stellen, welche für die Anlage der Scheitelhaltung eines Kanales ins Auge gefaßt werden konnten, von Flußläufen tief durchschnitten, und zwar von der Wörnitz, sodann von der Altmühl und ihren beiden Zuflüssen, der hinteren Schwarzach und der Sulz. Die Wörnitz findet ihren Weg von der Fränkischen Keuperlandschaft zur Donau durch das Ries bei Nördlingen, ein großes, den ganzen Jura durchquerendes Senkungsfeld. Während die anstossenden Höhen bis nahezu auf 700 m Höhe ü. d. M. ansteigen, liegt dieser Ort nur auf einer Höhe von 432 m. Die drei anderen Durchbrüche des Jura verdanken ihre Entstehung der erodierenden Tätigkeit des Wassers.

Hierüber schreibt Oberbergdirektor von Gumbel in seinen Erläuterungen zu dem Blatte Neumarkt der geognostischen Karte des Königreiches Bayern wie folgt:¹⁾

Mit der Umbiegung des Juragebirges bei Beilngries hängt eine höchst merkwürdige Erscheinung zusammen, welche sich in der Verteilung und der Abflußrichtung der Gewässer bemerkbar macht. In dem Sammelgebiete der Rezat, dann der Rednitz und endlich der Regnitz fließen im großen ganzen die Gewässer von den höheren und aus jüngeren Gebirgsschichten aufgebauten Gebieten der in den tieferen und älteren Gesteinen ausgefurchten Hauptrinne zu. Anders verhält es sich bei der Altmühl. Ihre Quellen liegen in dem älteren Keupergebiete, sie senkt sich von diesem herab und durchbricht schon von Gunzenhausen an die jüngeren Gebirgsschichten in breiter Talung, um in der auffälligsten Weise von Treuchtlingen und Dietfurt an in einer engen, tiefen, stark gekrümmten Furche mitten durch die Malmschichten des Jura sich Bahn zu brechen. Sie fließt in das jüngere Gebirge hinein und gewinnt erst von Dollnstein abwärts, von wo aus ein früherer Einbruch der Donau in das untere Altmühltal

¹⁾ a. a. O. Erläuterungen zum Blatte Neumarkt S. 3 und 4.

stattgefunden hat, eine verhältnismäßig breite Talöffnung. Ähnlich verhält es sich auch mit ihren Nebenflüssen, der Anlauter, der hinteren Schwarzach, der Sulz und Laber, welche teils im Lias, teils im Malm-Gebiete entspringen und nach und nach tiefer in immer jüngere Gesteinsschichten einschneiden. Daher kommt es, daß die Wasserscheide zwischen Regnitz- und Altmühl-Gebiet sich meist auf gleicher Höhe begegnen und die Quellen der Schwäbischen Rezat bei Weisenburg nur 8 m höher als die Talsohle der nur 2000 m entfernten Altmühl liegen. Es ist dies jene denkwürdige Stelle, wo mit bewunderungswürdigem Scharfblick Karl der Große eine Kanalverbindung zwischen Donau und Rhein herzustellen begonnen hatte, deren grabenartiger Einschnitt (Fossa Karolina) auch jetzt noch bei dem Dorfe Graben sichtbar ist.

Ähnlich liegen die Quellenpunkte der Zuflüsse zur Altmühl und Rezat auf der Heide bei Frickefelden auf fast gleicher Höhe (435 m) und die vordere, der Rednitz zufließende Schwarzach nimmt in demselben Moos zunächst südlich bei Neumarkt ihren Anfang, aus dem auch die Sulz ihre Zuflüsse erhält. (420 m).

Die wenig verschieden hohe Lage der Durchbrüche des Jura erschwerte die Wahl über die Lage des Kanals. Doch gaben die nachbezeichneten Verhältnisse noch mehr Anlaß zu langem Streit.

Der Fränkische Jura zwischen Wörnitz und Altmühl fällt nach Süden steil in das Tal der Donau ab und erstreckt sich vielfach bis zu diesem Strome. Dagegen ist dem Gebirge nach Norden zu eine plateauartig gestaltete, dem Keuper und Muschelkalk angehörige und bis über das Maintal sich erstreckende Landschaft vorgelagert. Dieselbe ist nach allen Richtungen von meist tief eingeschnittenen Tälern durchzogen und von Süden nach Norden durch die Frankenhöhe und den Steigerwald durchquert. Dieses für die Anlage eines Kanals in Betracht kommende Gebiet ist vom Main her durch zwei größere Flußtäler begrenzt und zwar im Westen von Wertheim aus durch das Tal der Tauber und im Osten von Bamberg aus durch das Tal der Regnitz. Zwischen den Mündungen dieser Seitentäler zieht sich das Maintal mit weit ausholenden Windungen dahin. In dem somit abgegrenzten Landstrich gibt es kein größeres Tal, das im Anfang des vorigen Jahrhunderts nicht als geeignet für eine Donau-Main-Wasserstrafse befunden worden wäre, keinen größeren Ort, der nicht nach einem der vielen Vorschläge an eine solche Wasserstrafse zu liegen gekommen wäre.¹⁾

Schon frühzeitig wurde die Notwendigkeit betont, zwischen Donau und Rhein eine möglichst kurze Verbindung zu schaffen. Vor allem wollte man vermeiden, den Windungen des Mains bis nach Bamberg hinauf folgen zu müssen. Auf den ersten Blick erschien denn auch manchen als die empfehlenswerteste Verbindung eine solche von Wertheim aus das Tal der Tauber hinauf, sodann über das Ries bei Nörd-

lingen und durch das Tal der Wörnitz zur Donau, also eine Verbindung nahezu längs der Grenze zwischen den Staaten einerseits Bayern, andererseits Baden und Württemberg. Da man jedoch in Bayern danach trachten mußte, die Wasserstrafse mehr in das Innere des Landes zu verlegen, so wurde fernerhin vorgeschlagen, den Kanal von der Tauber aus statt nach der Wörnitz nach der Altmühl zu führen.

Ein anderer Vorschlag war der, vom Main aus oberhalb der Taubermündung auf das an das Maintal anstoßende Plateau aufzufahren und entweder über Ansbach nach dem Tal der Altmühl, oder über Neustadt a. A. in das Tal der Regnitz zu gehen. Dagegen schlug Oberbaurat von Pechmann vor, Bamberg als nördlichen Ausgangspunkt eines Kanals zur Donau hin zu wählen, und zwar hauptsächlich deshalb, weil er von dort aus die Möglichkeit einer guten Verbindung mit den norddeutschen Wasserstraßen voraussah. Es war anzunehmen, daß durch eine solche Verbindung dem Donau-Main-Kanal reichlicher Verkehr zugeführt, und daß damit der Nachteil, welchen eine den starken Mainkrümmungen folgende Wasserstrafse besitzt, aufgehoben werden würde.

Pechmann gibt darüber folgendes an¹⁾:

Unter allen Richtungen, welche für einen Kanal zur Verbindung der Donau mit dem Rhein vorgeschlagen worden sind, ist die des Ludwig-Kanals in den Tälern der Altmühl und Regnitz von Kelheim nach Bamberg unstreitig die zweckmäßigste; denn von Bamberg aus ist die Verbindung mit den Handelsstädten des nördlichen Deutschlands, mit der Elbe und Weser und mit den an selben liegenden Handelsstädten und ihren Seehäfen, mit Bremen und Hamburg, keiner erheblichen Schwierigkeit unterworfen. Bereits sind die Eisenbahnen, welche unsern Kanal mit allen diesen wichtigen Punkten verbinden sollen, in der Ausführung begriffen oder der Ausführung nahe; aber das wichtigste Verbindungsmittel ist ein Kanal, um den Main mit der Weser zu verbinden. Er scheint von Bamberg aus in dem Tale der Itz, an Coburg vorüber, bis in das Tal der Werra ziemlich leicht ausführbar, denn ich glaube kaum, daß die Übersteigung der Hügelreihe, welche nördlich von Coburg die Wasserscheide zwischen den Gebieten der Itz und der Werra bildet, mit einem Kanale zu großen Schwierigkeiten unterworfen sein wird. Viele werden der Meinung sein, daß diese Kanalverbindung durch die Eisenbahnen vollkommen entbehrlich geworden ist: allein auch sie werden zur Überzeugung gelangen, daß durch diese, so unschätzbar sie in vieler Hinsicht auch sind, ein Kanal ebensowenig entbehrlich gemacht werden könne, als es die Frachtwägen durch die Eilwägen geworden sind.

Eine Kanalverbindung zwischen der Weser und Elbe ist schon längst und oft zur Sprache gekommen. Aus darüber gemachten Untersuchungen hat sich ergeben, daß der Ausführung dieses Kanals keine erheblichen Schwierigkeiten entgegenstehen. Werden einst alle diese Verbindungen vollkommen hergestellt sein, so ist der Ludwig-Kanal mit den deutschen Seehäfen an der Nordsee in Verbindung, und diese dürfte dann für ganz Deutschland ebenso wichtig und nützlich sein, als die mit dem Rhein und Holland. Für Bayern insbesondere ist diese Richtung des Ludwig-Kanals jeder andern vorzuziehen, denn nur in dieser Richtung wurde es möglich, ihn ganz innerhalb der Grenzen des Königreiches zu erbauen. Er ist außerdem durch seinen Anfang bei Kelheim jenen Gegenden nahe, welche die wichtigsten Erzeugnisse Bayerns, die auf dem Kanale ausgeführt werden können, hervorbringen, nämlich: Getreide und Holz. Die Ebenen von Niederbayern, vorzüglich um

¹⁾ Ausführliches darüber findet sich in der Schrift von Dr. Schanz. Der Donau-Main-Kanal und seine Schicksale. Bamberg 1894.

¹⁾ von Pechmann. Der Ludwig-Kanal. Eine kurze Beschreibung dieses Kanals und die Ausführung desselben. München 1846. S. 19/20.

Regensburg und Straubing, und die südwärts angrenzenden Nebentäler, wie die von der Vils und Rott durchflossenen, gehören zu den fruchtbarsten Getreidegegenden Bayerns, und die Wälder längs der böhmischen Grenze enthalten eine unermeßliche Menge des schönsten Bau- und Brennholzes. Die Ausfuhr dieser kostbaren Gegenstände würde ungleich beschränkter sein, wenn der Kanal weiter oben, z. B. bei Donauwörth, wie ehemals auch vorgeschlagen wurde, von der Donau ausginge.

Bemerkenswert ist auch, in welcher Weise sich Pechmann weiterhin über die Wahl seiner Kanallinie ausspricht, wenn auch diese für seine Wahl maßgebenden Gründe, wie sich später ergeben wird, nach heutiger Beurteilung ohne Bedeutung sind. Pechmann schreibt:¹⁾

Ich will hier unter den verschiedenen Linien, in welchen dieser Übergang möglich gewesen wäre, nur die merkwürdigste derselben, den Kanal Karl des Großen oder die Fossa Karolina etwas umständlicher berühren, weil sie am meisten und durch Männer von ausgezeichnetem Rufe für diese Verbindung zur Sprache gebracht worden ist.

Zur Zeit Karl des Großen, als die Kammerschleusen noch nicht erfunden waren, konnte eine Verbindung von zwei Flüssen nur an Stellen derselben hergestellt werden, die in gleicher Höhe liegen, und es daher nur eines hinlänglich breiten und tiefen Grabens von einem Flusse zum andern bedurfte. Eine solche Stelle fand sich hier zwischen der Altmühl und Rezat und sonst nirgends. Es war nur ein ungefähr 6000 Fufs (1750 m) langer Graben nötig von nicht größeren Mafsen, als der Ludwig-Kanal erhalten hat, wie die noch gut erhaltenen Reste der Fossa Karolina zeigen. Dieser Kanal war also in Hinsicht auf Mühe und Anstrengung, welche er erforderte, ein ziemlich unbedeutendes Unternehmen, und nur sein Urheber und sein Zweck konnten ihm Ruhm erteilen. Diesem vorzüglich verdankt er die Aufmerksamkeit, welche ihm von seiten der Männer zuteil wurde, die einen Kanal in dieser Richtung führen wollten. Auch der Hydrotekt, der am Ende der Regierung des Königs Maximilian Vorschläge für den nun ausgeführten Kanal zu machen hatte, wollte ihn dahin führen und war von seiner Ansicht nicht abzubringen. Ich konnte nie dieser Meinung huldigen. Die Gründe, die man dagegen anführen kann, sind einleuchtend und nicht zu widerlegen. Man werfe einen aufmerksamen Blick auf die Karte von Bayern, und man wird bald wahrnehmen, dafs das Dorf Graben und die daran liegende Fossa Karolina ebenso weit von Nürnberg, wohin der Kanal in jedem Falle hätte geführt werden müssen, entfernt sind als die Stadt Beilngries, in deren Nähe sich jetzt der Ludwig-Kanal von dem Altmühltale entfernt. Es hätte folglich der Kanal von Beilngries bis Graben nicht weniger als acht deutsche Meilen weit in dem Tale der Altmühl fortgesetzt werden müssen, ohne dadurch seinem Ziele näher zu kommen; er wäre daher um ebenso viele Meilen unnötigerweise verlängert worden. Dieses lehrt schon der bloße Anblick der Karte. Untersucht man aber die Gegend selbst, so wird man bald die ungemainen Schwierigkeiten entdecken, die man gefunden haben würde, wenn man den Kanal durch dieses, hie und da sehr enge Flusstal hinauf hätte fortführen wollen, und sie würden in den die beiden Flußufer bedeckenden Städten Eichstädt und Pappenheim beinahe unüberwindlich geworden sein.²⁾ Ich übergehe andere, unausführbare Vorschläge, welche noch gemacht worden sind, und erwähne nur noch des von Wiebeking bekannt gemachten, weil er in dessen großem Werke über den Wasser-

bau enthalten ist. Er wollte den Kanal von Beilngries aus, im Tale der Altmühl, eine Meile weiter aufwärts bis zum Markt Flecken Kunding und von dort im Tale der hinteren Schwarzach bis zum ehemaligen Kloster Seligenporten führen, wo er die schicklichste Stellung für die Teilungshaltung gefunden zu haben glaubte, die aus den bei Seligenporten befindlichen Teichen gefüllt werden sollte; allein er hatte diese Gegend nur nach anhaltendem Regenwetter besucht; bei sehr trockener Witterung fließt nur sehr wenig oder wohl auch gar kein Wasser aus jenen Teichen ab, und eine weiter unten an der Schwarzach befindliche Mühle mit nur einem Gange kann, obwohl dieser Bach außer dem bei Seligenporten abfließenden Wasser bis dahin noch einige Zuflüsse erhält, bei trockenem Wetter nur während des Tages einige Stunden dadurch im Gange erhalten werden, dafs man sie bei der Nacht stillstehen läßt, um das zufließende Wasser für den folgenden Tag zu sammeln. Der Kanal würde also hier während der heißen Sommermonate wegen des Wassermangels unfahrbar geworden sein. Bei der Stadt Neumarkt, welche auf der Linie der Wasserscheide zwischen dem Main und der Donau liegt, ist, wie man schon auf jeder etwas genauen Karte von Bayern sehen kann, Wasser genug vorhanden. Ich gelangte nach auch nur oberflächlicher Untersuchung dieser Gegend bald zur Überzeugung, dafs nur hierher der Kanal mit Sicherheit geführt werden könne.

Die folgende Beschreibung der Lage des Ludwig-Kanales beginnt bei dessen Mündung in die Donau bei Kelheim, da die kilometrische Einteilung des Kanales ihren Nullpunkt an dieser Stelle hat.

Von Kelheim, das 35 km oberhalb Regensburg gelegen ist, benutzt der Kanal bis Dietfurt hinauf auf einer Länge von 32 km die Altmühl, welche zu diesem Zweck mit 12 Wehranlagen kanalisiert ist, und folgt sodann dem Ottmaringer Tal bis nach Beilngries, einem nach Westen zu gerichteten, dem Tal der Altmühl parallel verlaufenden Durchbruch des Juragebirges. Von Beilngries ab zieht sich der Kanal das Sulztal hinauf, sodann über die Wasserscheide vor Neumarkt in das Tal der vorderen Schwarzach, ohne jedoch in dasselbe hinabzugehen. Bei Unterölsbach verläßt er in westlicher Richtung das Tal der vorderen Schwarzach, überschreitet einige Seitenflüßchen derselben und dann sie selbst mit einer stattlichen, gewölbten Brücke nächst unterhalb Gsteinach, nachdem er vorher bei Rübleinshof unweit der Kreuzung mit der Eisenbahn Regensburg-Nürnberg aus dem Gebiet des Jura in das des Keupers eingetreten ist.

Auf der der Scheitelhaltung noch zugehörigen Kanalstrecke über die Seitentäler der vorderen Schwarzach finden sich die schon eingangs erwähnten bedeutenden Erdarbeiten. So erreicht der Einschnitt bei Unterölsbach eine Tiefe von 21 m und der Damm über das Tal des Tiefenbachs eine Höhe von 22 m.

Über die Notwendigkeit, das Tal der vorderen Schwarzach zu vermeiden, spricht sich Pechmann aus, wie folgt:¹⁾

Wer die Gegend, durch welche die Scheitelhaltung geführt ist, aufmerksam betrachtet, wird sich bald zu der Frage veranlaßt finden, warum man hier den Kanal, statt ihn so weit durch eine sehr schwierige Gegend wagrecht in der Nähe des Tales der vorderen Schwarzach fortzusetzen, nicht in dieses Tal hinabgeführt und in demselben fortgesetzt hat. Man würde dadurch die vielen tiefen Einschnitte und hohen Dämme, welche in der jetzigen Teilungshaltung ununterbrochen aufeinanderfolgen, vermieden haben. Wenn aber der Fragende dieses Tal selbst in der ganzen Länge

¹⁾ a. a. O. S. 20/22.

²⁾ Pechmann nahm wohl mit Rücksicht auf die damaligen Flußverhältnisse der Donau oberhalb Kelheim an, dafs ein Kanal, welcher die Wasserscheide bei Graben überquert, auf dem Wege durch das Tal der Altmühl an die Donau bei Kelheim angeschlossen werden müßte. Er übersieht den gangbareren, damals schon vorgeschlagenen Weg vom Tal der Altmühl bei Dollnstein ab in südlicher Richtung zur Donau bei Stepperg.

¹⁾ a. a. O. S. 22/23.

bis dahin, wo der Kanal darüber geführt ist, sorgfältig untersucht, so wird er bald imstande sein, diese Frage sich selbst zu beantworten. Er wird nämlich bald die großen Schwierigkeiten wahrnehmen, welche die Ausführung des Kanales in diesem hie und da sehr engen Tale gefunden haben würde, vorzüglich durch die Gießbäche, die sich in die Schwarzach ergießen, vielen Sand und Geschieb herbeiführen und nur sehr schwer unter dem Kanale hätten durchgeleitet werden können. Doch diese Schwierigkeiten hätten überwunden werden können; aber keineswegs jene, welche ungefähr eine halbe Meile oberhalb dem jetzigen Übergangspunkte des Kanales über das Tal der Schwarzach sich zeigt. Hier tritt dieser Bach in eine enge und tiefe, von senkrechten Felsen begrenzte Schlucht, durch welche den Kanal zu führen durchaus unmöglich gewesen wäre. Ich war also gezwungen, den Kanal oberhalb dieses Tales hinwegzuführen, so groß auch die Schwierigkeit und der Aufwand war, welchen diese Arbeit hier erforderte.

Bei Wendelstein verläßt der Kanal das Tal der vorderen Schwarzach, indem er allmählich seine Richtung wieder nach Norden nimmt und durchschneidet nun auf seinem Wege bis zum Main meist quartären Boden. Zunächst überquert er die Sandebene bei Nürnberg und gelangt bei Fürth, nachdem er die Pegnitz überschritten, in das Tal der Regnitz. Von Fürth aus nähert sich der Kanal wieder mehr dem Fränkischen Jura und zieht dann von Forchheim bis Bamberg an der Grenze zwischen Jura und Keuper dahin. Beim Bughof nächst oberhalb Bamberg tritt der Kanal in die kanalisierte Regnitz ein und verfolgt hierin seinen Weg bis zum Main.

Die Abmessungen und die Baukosten. — Die Länge des Ludwig-Kanales von Kelheim bis zur Mündung in den Main beträgt 177,645 km.

Die Höhe des niedrigsten Wasserstandes der Donau an der Mündung des Ludwig-Kanales in Kelheim liegt annähernd auf 338,5 m + N. N., die Höhe des normalen Wasserstandes in der Scheitelhaltung auf . . . 417,7 m + N. N. und die Höhe des Wasserspiegels an der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg auf 230,9 m + N. N.

Bei Bischberg ist der Main durch ein in den Jahren 1890/92 auf Kosten des Staates erbautes Nadelwehr mit Flossgasse und Schleuse gestaut, dessen Oberwasser auf der vorbezeichneten Höhe gelegen ist. Diese Anlage, ebenso die Anlage der nächsten, oberhalb des Wehres in der Regnitz gelegenen Schleuse waren notwendig geworden, um die Folgen der Flußbettvertiefung des Mains bei der Mündung der Regnitz und also auch bei der Mündung des Kanals zu beheben.

Der Aufstieg von der Donau zur Scheitelhaltung berechnet sich nach den angegebenen Mafsen zu:

79,2 m Höhe mit 32 Kammerschleusen
und der Abstieg von der Scheitelhaltung nach dem Main zu:

186,8 m Höhe mit 69 Kammerschleusen
zusammen 266,0 m Höhe mit 101 Kammerschleusen.

Rechnet man das Gefälle der kanalisierten Altmühl mit 2,80 m und das Gefälle der kanali-

sierten Regnitz mit 0,64 m ab, dann berechnet sich das Gefälle einer Kammerschleuse im Mittel zu 2,60 m.

Das größte Gefälle einer Kammerschleuse beträgt 3,75 m
das kleinste dagegen und zwar in der Schleuse Nr. 3 im Tal der Altmühl bei normalem Wasserstand nur 0,50 m.

Entsprechend dem Gefälle der einzelnen Kammerschleusen weist auch die Länge der Kanalhaltungen in der Regel nur ein geringes Maß auf. Im Mittel berechnet sich dieselbe zu 1,690 km, wenn man die Länge einer Kammerschleuse mit 70 m in Anschlag bringt und ebenso die Entfernung der ersten Schleuse von der Donau mit 132 m.

Weitaus am längsten ist die Scheitelhaltung mit 24,079 km zwischen den Kammerschleusen Nr. 32 und 33. 42 Haltungen erreichen nicht eine Länge von 500 m, das kleinste Längenmaß beträgt 282 m.

Die Ausmaße, welche die Kammerschleusen und der freie Kanalquerschnitt besitzen, waren für die Zeit, in der die Wasserstraße zur Ausführung gebracht wurde, reichlich bemessen.

Die Kammerschleusen haben eine kleinste lichte Weite von 4,64 m,
eine Entfernung von Dremelspitze zu Dremelspitze von 34,00 m
und dabei eine nutzbare Länge von . . 32,10 m.

Die Wassertiefe beträgt bei normalem Wasserstand in den Kammerschleusen wie auch im freien Kanal 1,46 m,
die Wasserspiegelsbreite im freien Kanal 15,80 m.

Da die Anlage der Böschungen eine zweimalige ist, so berechnet sich der nasse Querschnitt des Kanals zu 18,80 qm.

Etwas größere Ausmaße erhielt die Scheitelhaltung, damit dieselbe als Wasserreservoir dienen kann.

Sie hat eine normale Wassertiefe von 2,04 m und dabei eine Wasserspiegelsbreite von 16,30 m.

Wie bei den Kanalbrücken, so besitzt der Kanal auch an den Stellen, an denen eine Brücke über ihn geführt ist, einen rechteckigen, gemauerten Querschnitt.

Die kleinste Breite des Wasserquerschnittes beträgt in Höhe des normalen Wasserstandes bei den Kanalbrücken 5,25 m,
bei den Straßensüberbrückungen . . 5,84 m.

Die den Kammerschleusen und dem freien Kanal gegebenen Ausmaße begründet Pechmann wie folgt¹⁾:

Die an zweckmäßig gebauten Kanälen gemachte Erfahrung hat längst gezeigt, daß, wenn der Querschnitt des Kanals viermal so groß ist als der unter die Oberfläche des Kanals eingesenkte Querschnitt des Schiffes, ein Pferd imstande ist, ein mit 2000 Zentnern beladenes Schiff, wenn nicht heftiger Wind entgegenströmt, mit der Geschwindigkeit zu ziehen, mit der ein Frachtwagen gezogen wird, d. i. eine deutsche Meile in höchstens zwei Stunden. Ein Schiff, das mit Bequemlichkeit durch die 16 Fuß (4,67 m)²⁾ weite Schleusenkammer geführt wird, hat die obere Weite von

¹⁾ a. a. O. S. 25/26.

²⁾ Infolge von kleineren Schiebungen, welche die Schleusenmauern durch den Erddruck erfahren haben, beträgt die für die Schifffahrt maßgebende kleinste lichte Weite 4,64 m, wie oben angegeben.

15 Fufs (4,38 m) und die untere Weite von 14 Fufs (4,09 m). Wenn es vollbeladen ist, beträgt sein Tiefgang 4 Fufs (1,17 m). Sein ins Wasser getauchter Querschnitt 58 Quadratfufs (4,94 qm). Er weicht daher nur wenig von dem vierten Teile des Querschnittes des Kanals ab. Die Mafse des Schiffes, welche es fähig machen, die Last von 2000 Zentnern aufzunehmen, ist auch darum sehr zweckmäfsig, weil es noch von einem Pferde gezogen werden kann.

Die zur Zeit auf dem Kanal verkehrenden Schiffe haben eine gröfste Länge von 31,95 m, eine gröfste Breite von 4,47 m und eine gröfste Tragfähigkeit von 120 Tonnen.

Voll beladen, erfordert ein solches Schiff bei normalem Wasserstand auf der kanalisierten Altmühl 3 Pferde zum Zug, bei höheren Wasserständen 4 bis 6 Pferde. Die von Pechmann gemachten Angaben über die Leistungsfähigkeit eines Pferdes gelten daher nur mit Bezug auf den Kanal selbst.

Die Wasserversorgung des Ludwig-Kanales wird im Zusammenhang mit den Untersuchungen über die Wasserversorgung eines neuen Donau-Main-Kanales besprochen werden. Nur sei hier bemerkt, dafs fast die Hälfte des Kanales in einem sandigen Boden gelegen ist, vielfach auch schieferiges oder sonst stark wasser-durchlassendes Gebirge durchzieht. Dabei geschah den damaligen Erfahrungen entsprechend die Dichtung des Kanalbettes einzig und allein durch Einschlämmen von Ton, wodurch auf lange Jahre hinaus nach Eröffnung des Betriebs bedeutende Wasserverluste verursacht wurden.

Der gesamte Aufwand für den Bau des Ludwig-Kanales betrug vom Jahre 1836 bis zum Etatsjahr 1858/59, womit die Baurechnung geschlossen wurde,

16 294 642 fl,

welche durch die gesetzliche Dotation von

16 145 613 fl

und den Erlös wiederveräufterter Grundstücke, Werkzeuge u. s. w. gedeckt wurden, so dafs die letztere Summe die Gesamtkosten für den Bau des Ludwig-Kanales darstellt¹⁾, das sind 27 678 424 Mk.

Da zu dieser Zeit nur 100 Kammerschleusen bestanden haben und die Länge des Kanals daher nur mit 174 km anzusetzen ist, so berechnen sich die Baukosten für jeden Kilometer durchschnittlich zu 159 071 Mk.

Gründe technischer Natur für den vorzeitigen Rückgang des Verkehrs. — An die Donau-Main-Wasserstrafse knüpften sich grofse Erwartungen. Bayern sollte aus seiner Isolierung herausgerissen, nach allen Richtungen hin mit dem Weltverkehr in Berührung gebracht werden.²⁾ Voll Begeisterung schreibt der Erbauer des Kanals, Freiherr von Pechmann: »König Ludwig hat sich durch dieses Unternehmen den gerechtesten Anspruch auf die Dankbarkeit nicht nur seines Landes, sondern ganz Deutschlands, ja des gröfsten Teils von Europa erworben«, und noch im Jahre 1854 lebte Pechmann der festen Überzeugung, dafs der Kanal bestimmt sei, »einst vielleicht der wichtigste in unserem Weltteil zu werden.« Die all-

gemeine Bewunderung, welche die neue Wasserstrafse gefunden hatte, gaben Pechmann wohl das Recht, so, wie er es getan hat, von seinem Werk zu schreiben und zu hoffen.

Wie ganz anders ist es geworden. Nach einem kurzen, vielversprechenden Aufblühen hat der Schiffahrtsverkehr seit langer Zeit nur eine lokale Bedeutung und wird fast ausschliesslich von der Bautätigkeit der Stadt Nürnberg beherrscht. Das Schlimmste jedoch an der Sache ist, dafs der Ludwig-Kanal vielfach zum Beweis angerufen wird, dafs Bayern kein Land für Schiffahrtskanäle sei, dafs es ein gewagtes Unternehmen wäre, einen Grofschiffahrtsweg zwischen Donau und Main herzustellen.

Prüft man jedoch die Leistungsfähigkeit der einzelnen Teile der Donau-Main-Wasserstrafse, dann ergibt sich ohne Zweifel, dafs der Donau-Main-Kanal als Beweis in diesem Sinne nicht herangezogen werden kann. Zunächst wird von der Gegnerschaft stets übersehen, dafs im Jahre 1846 nur die Wasserstrafse zwischen den beiden Flüssen Donau und Main vollendet wurde, nicht aber auch ihre beiden Zugänge. Noch heute ist weder auf der Donau, noch auf dem Main das erreicht, was zu erreichen Pechmann gehofft hatte, nämlich eine Fahrtiefe von nahezu 1,5 m, wie sie im Kanal besteht.

Erst vor wenigen Jahren sind die letzten Mühlwehre aus dem Mainbett verschwunden und zur Zeit ist die Regulierung der Niederwasserrinne im Obermain immer noch im Gange, aber nur mit dem Erfolg, dafs eine Fahrtiefe von 60 bis 70 cm bei Niederwasser geschaffen wird, und dafs im allgemeinen während der Schiffahrtsperiode nur an wenigen Tagen eine Wassertiefe gleich der im Ludwig-Kanal vorhanden ist. Da jedoch die Absicht besteht, nach erfolgter Regulierung die Kettenschiffahrt bis nach Bamberg einzurichten, wozu die verbesserte Fahrinne geeignet wäre, so könnte zunächst doch wenigstens die Kleinschiffahrt regelmäfsig betrieben werden.

Der verhängnisvolle Irrtum, welcher bei der Beurteilung der Flufsverhältnisse des Mains unterlaufen ist, läfst sich wohl verstehen und entschuldigen, da in der Zeit, in welcher der Entwurf für den Donau-Main-Kanal aufgestellt und das Werk zur Durchführung gebracht wurde, noch keine abgeschlossenen Erfahrungen über den Flufsbau vorlagen. In den 30er und 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts standen die grofsen Flufsbau-Unternehmungen am Oberrhein, an der Donau und seinen gröfseren Zuflüssen in flottem Betrieb. Infolge der zahlreich ausgeführten Durchstiche besserten sich die Flufsverhältnisse vielerorts in überraschendem Mafse, und nach einer Zeit gröfster Hilflosigkeit den starkverwilderten Gewässern gegenüber fühlte man sich als Herr und Meister über sie und versprach mehr, als sich nach der Natur des jeweiligen Flusses erreichen liefs.

Fast noch schlimmer als am Main liegen die Verhältnisse an der Donau. Hier kann an einen regelmäfsigen Schiffahrtsverkehr donauaufwärts bis zur Mündung des Kanals bei Kelheim nicht gedacht werden, solange nicht der Weg bei Regensburg geöffnet ist. Wie bekannt, wird durch die Brücke zwischen Regensburg und Stadtamhof, welche seit fast 800 Jahren

¹⁾ Neunte Nachweisung über den Betrieb der Kgl. Bayerischen Verkehrsanstalten für das Etatsjahr 1859/60. München 1861. S. 49.

²⁾ Vergl. Dr. Schanz a. a. O. S. 55 u. ff.

dem Hochwasser und Eis getrotzt und wie durch ein Wunder auf unsere Zeit gekommen ist, die Fahrinne in der Donau fast vollständig gesperrt.¹⁾ Mächtige Steinschüttungen, auf denen die enggestellten Pfeiler fundiert sind, stauen die Donau gerade bei den für die Schifffahrt günstigen Wasserständen bis auf nahezu 70 cm. Dazu fehlt bei höheren Wasserständen die nötige Lichthöhe, und die Öffnungen sind so schmal, daß die größeren Schiffe, welche donauaufwärts bis Regensburg fahren, nicht über die Brücke hinaus gelangen können. Auch für die kleineren Schiffe ist wegen der Wechselströmungen in den engen Durchfahrtsöffnungen die Talfahrt sehr gefährlich und erfordert eine mit den besonderen Verhältnissen wohl vertraute Führung. Für die Bergfahrt aber bildet das starke Gefälle unter der Brücke ein Haupthindernis, welches selbst Dampfschiffe nur unter Verwendung von Pferdevorspann überwinden können.

Doch trotz Main und Donau hätte die Wasserstrasse wohl eine längere Blütezeit erleben können, wenn man sich einige Jahrzehnte weniger lang um ihre Bauausführung gestritten hätte. Als endlich damit begonnen wurde, war die Ludwigs-Bahn »Nürnberg—Fürth« bereits ein Jahr dem Verkehr übergeben. Dem Bau dieser ersten Eisenbahn in Deutschland folgte rasch die Zeit, in der die Wasserstraßen als eine veraltete, von der Eisenbahn überholte Verkehrseinrichtung angesehen wurden, eine Zeit, in der man sich nicht mehr entschließen konnte, den mit dem Bau des Ludwig-Kanales begonnenen Verkehrsweg zu vollenden. Es war daher ganz natürlich, daß der Verkehr auf der unfertigen Wasserstrasse dem wachsenden Wettbewerb der Eisenbahnen sobald unterlegen ist. Auch der Kanal selbst trat allmählich mit allen seinen Einrichtungen so weit hinter der Leistungsfähigkeit der neueren Verkehrswege zurück, daß er seine ursprüngliche Bedeutung verlieren mußte.

Der größte Nachteil, der sich hiebei geltend macht, beruht in dem Vorhandensein der kurzen Haltungen, in der Notwendigkeit, auf dem Wege zwischen Donau und Main 101 Schleusen durchfahren zu müssen, die Schleuse beim Bischberger Wehr nicht mitgerechnet. Eine Kanalstrecke von 1,690 km, welche nach obiger Angabe der mittleren Länge einer Kanalhaltung entspricht, legt ein voll beladenes, von einem Pferd gezogenes Schiff in etwa 35 Minuten zurück, dann folgt jedesmal bei einer Schleuse ein Aufenthalt von 10 bis 12 Minuten. Kaum also, daß dem Schiffe Zeit verbleibt, sich in einen guten Gang zu setzen.

Ein voll beladenes Schiff braucht von Kelheim bis Bamberg im Hochsommer 6½—7 Tage, im Spätherbst 12—14 Tage, leer zurück 3—3½ Tage. Dabei wird das Zugpferd in der Regel an jeder Schleuse gefüttert, und nur in der obersten Haltung werden ausnahmsweise kürzere Ruhepausen genommen. Die Geschwindigkeit, mit der ein voll beladenes Schiff den Ludwig-Kanal durchfährt, kann zu durchschnittlich 1,5 km in der Stunde angenommen werden. Zum Durchfahren der Schleusentreppe von der Scheitel-

haltung aus bis in die Haltung 63—64 auf eine Länge von 12,622 km, wobei 31 Kammerschleusen zu passieren sind, ist ein Zeitaufwand von 10 Stunden erforderlich, dies ergibt eine mittlere Geschwindigkeit von nur 1,26 km in der Stunde.

Der Zustand des Kanales gegenüber einer zeitgemäßen Wasserstrasse. — Die rastlose Tätigkeit, welche sich mit dem Bau von Eisenbahnen in einer bis dahin ungeahnten Ausdehnung auf allen Gebieten der Technik einstellte, die großartigen Fortschritte, welche dementsprechend auch alle Zweige der Technik, namentlich in den letzten 15—20 Jahren, genommen haben, sind selbstverständlich nicht ohne günstigen Einfluß auf den Bau und auf die Betriebseinrichtungen der natürlichen und künstlichen Wasserstraßen geblieben.

Die Einführung der Dampfschifffahrt anfangs der 40er Jahre belebte zunächst wieder den Verkehr auf den größeren natürlichen Wasserstraßen, und nachdem sich in den letzten Jahrzehnten eine Baumethode ausgebildet hat, bei deren Anwendung sich auch in geschiebeführenden Flüssen eine regelmäßige Fahrinne ausbilden läßt, so werden der Schifffahrt stets weitere Strecken der natürlichen Wasserstraßen zugänglich gemacht.

Was die künstlichen Wasserstraßen betrifft, so nahm die Kanalisierung der Flüsse mit der Erfindung der beweglichen Wehre in den 30er Jahren einen neuen Aufschwung. Was damit erreicht werden kann, beweist am besten der kanalisierte Main von Offenbach abwärts nach dem Rhein.

Am bedeutendsten sind die Fortschritte im Kanalbau. Mit Hilfe maschineller Einrichtungen ist die Möglichkeit gegeben, in kurzer Zeit und mit billigen Kosten große Erdmassen zu bewältigen, tiefe Gebirge zu durchbrechen, so daß jetzt eine weit größere Freiheit in der Wahl der Linienführung, in der Wahl des Kanalquerschnittes besteht. Die modernen Binnenkanäle in Norddeutschland haben eine Tiefe und Breite, nahezu doppelt so groß wie die des Ludwig-Kanals.

Zur Verminderung der Wasserverluste durch Versickerung werden die Kanäle bei durchlässigem Boden in sorgfältiger Weise, meist unter Verwendung eines Lehmschlages, gedichtet, so daß fast überall da, wo sich die Anlage von Sammelweihern ermöglichen läßt, die Speisung eines Kanals mit verhältnismäßigen Kosten in genügender Weise sicher zu stellen ist. Auch kann zu diesem Zweck der elektrische Betrieb von Pumpwerken mit Vorteil in Anwendung gebracht werden.

Die Schiffe, welche auf den neuen Kanälen in Norddeutschland verkehren, haben eine Ladefähigkeit bis zu etwa 600 Tonnen, fünfmal größer, als sie die größten Schiffe auf dem heutigen Donau—Main—Kanal besitzen.

Dementsprechend haben auch die Kammerschleusen eine etwa doppelt so große nutzbare Länge und Weite, wie die des Ludwig-Kanales. Ebenso rechnet man hinsichtlich der Gefälle mit weit größeren Mäßen wie früher. Nicht selten werden Schleusen mit 6—8 m Gefälle ausgeführt, bei einer Schleuse im St. Denis-Kanal bei Paris ist man bis zu 10 m gegangen. Auch in ihrer Ausstattung zeigen die Kammerschleusen gegen

¹⁾ Schildhauer. Die Schifffahrtshindernisse bei der alten Brücke in Regensburg und die Mittel zur Beseitigung dieser Mifsstände. Bericht über die X. Hauptversammlung des Bayer. Kanal-Vereins 1900. S. 23/31.

früher ein wesentlich anderes Bild. Elektrische oder andere sinnreiche Einrichtungen ermöglichen es, die früher von Hand zu leistenden Bewegungen mit großer Raschheit auszuführen. Das zu schleusende Schiff wird auf diese Weise ein- und ausgeholt, die Tore öffnen und schließen sich selbsttätig, die Füllung und Entleerung der Schleusen wird nicht mehr durch Schützen an den Toren vermittelt, wie dies noch bei den Kammerschleusen des Ludwig-Kanales der Fall ist, sondern es geschieht dies in wesentlich kürzerer Zeit durch Kanäle, welche in den beiden Seitenwänden der Schleusen untergebracht sind.

Zur Ersparung von Wasser beim Schleusen der Schiffe wendet man in neuerer Zeit sog. Sparbecken an, das sind seitlich der Schleuse gelegene Becken, welche einen Teil des aus der Kammer abfließenden Wassers aufnehmen, um es beim Füllen der Kammer wieder dahin abzugeben. Bei Anlage von zwei verschiedenen hoch gelegenen Sparbecken, wie sie am Dortmund-Ems-Kanal zur Ausführung gekommen sind, können bei jeder Füllung 50 % an Wasser gespart werden. Der Wasserbedarf zur Füllung einer Kammerschleuse, die Zeit, welche zur Füllung und Entleerung erforderlich ist, werden es voraussichtlich nicht zulassen — abgesehen von Bedenken in konstruktiver Hinsicht — den Kammerschleusen ein Gefälle zu geben, das wesentlich über 10 m Höhe hinausgeht. Sollte durch Schleusen eine größere Höhe überwunden werden, dann müßte dies mittels einer Schleusentreppe geschehen.

Um den Zeitaufwand zu verringern, welcher mit dem Durchfahren mehrerer, kurz aufeinander folgender Schleusen verbunden ist, hat die moderne Technik gleichfalls ein Mittel gefunden. Auf mechanischem Wege können Schiffe in einem Troge schwimmend gehoben und gesenkt werden, bei wesentlich größerem Gefälle, als es den Kammerschleusen gegeben werden kann, und noch dazu fast ohne Wasserbedarf. Das großartigste, bis jetzt ausgeführte, senkrechte Hebewerk für Schiffe bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit, ein Triumph deutscher Ingenieurkunst, ist das vielgenannte Werk bei Henrichsburg am Dortmund-Ems-Kanal mit einer Hubhöhe von 14,5 m. Auch darüber hinaus versucht man in neuerer Zeit zu gehen und Höhen von 50 und 100 m in einem Zuge mittelst Hebewerke auf geneigter Bahn zu durchfahren.

Ein weiteres Mittel zur Ersparung von Zeit und Kosten bietet die Verwendung der Dampfkraft und ebenso die Verwendung elektrischer Energie zur Bewegung der Schiffe. Während bei Anwendung des Pferdezeuges auf freier Strecke 2,5—3,0 km in der Stunde zurückgelegt werden, ist auf den neueren, 600 Tonnen-Kanälen für die Normalschiffe bei voller Ladung eine Geschwindigkeit von 5 km in der Stunde zulässig.

In seinem Werke »Wasserstraßen und Binnenschifffahrt« schreibt Suppán¹⁾:

Erst in neuerer Zeit macht sich in den Betriebsmitteln der Binnenschifffahrt ein größerer technischer Fortschritt bemerkbar. Durch eine technische Vervollkommnung derselben und deren Anpassung an die vorhandenen Abmessungen der Fahrbahn kann aber der Betrieb um vieles wirtschaftlicher gestaltet werden.

Von welchem Einflusse zeitgemäß gebaute Fahrmittel auf die Betriebskosten sind, wird schlagend durch die Erfahrungen der Donauschifffahrt nachgewiesen. Man kann annehmen, daß sich in den letzten zehn Jahren die Zugskosten derselben durch Erbauung neuer, mit allen betriebstechnischen Behelfen ausgerüsteter Zugdampfer und eiserner Schleppe mit großem Tragvermögen bei verhältnismäßig geringem Eigengewichte und geringem Widerstande gegen den Zug um ein Drittel gegen früher verringert haben. Dabei ist die unterste Grenze der Zugskosten noch nicht erreicht. Durch Einführung entsprechender mechanischer Steuerungsvorrichtungen auf den Schleppen, durch Ausscheidung der noch vorhandenen kleineren Schlepptypen und aller Holzschiffe, durch Auflassung älterer Maschinenanlagen und endlich durch Ausgestaltung der Propeller können die Zugskosten noch weiter herabgemindert werden.

Schon nach diesen kurzen Andeutungen über die Fortschritte auf dem Gebiete der Kanalbau- und Schiffsbautechnik wird man die Berechtigung anerkennen müssen, zu sagen, daß sich ein moderner Kanal hinsichtlich seiner Größe und seines Betriebes von dem Ludwig-Kanal wie eine Eisenbahn von einer Landstraße unterscheidet. Der Vorsprung, der die Eisenbahn schon bei ihrer erstmaligen Anlage über die damals vorhandenen Wasserstraßen auszeichnete, besteht heute nicht mehr, und der Kampf über Wert und Bedeutung der beiden Verkehrseinrichtungen ist nun dahin entschieden, daß jede derselben ihre besondere Aufgabe im Verkehrsleben zu erfüllen hat. Es besteht keinerlei Berechtigung, nach den Erfahrungen mit dem Ludwig-Kanal die Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit einer neuen, größeren Wasserstraße zu leugnen, vielmehr zwingen die gewaltigen Fortschritte in der Kanalbautechnik, die neueren Erfahrungen im Verkehrswesen dazu, diese Frage eingehend zu prüfen.

¹⁾ Kapitän C. V. Suppán, Vorstand der Schiffsabteilung der Ersten K. K. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft. Abschnitt 12. Wirtschaftliche Fahrmittel. S. 374. Berlin 1902.

II. Allgemeine Erläuterungen

zu den vom technischen Amt ausgearbeiteten Entwürfen.

Das technische Amt des Vereines für Hebung der Flufs- und Kanalschiffahrt in Bayern hatte die Aufgabe, zu untersuchen, ob es möglich sei, zwischen Donau und Main eine Wasserstrafse herzustellen, welche den neueren Anforderungen der Schiffahrt entspricht, zu bestimmen, in welcher Weise dies geschehen kann und zu berechnen, was die Ausführung einer solchen Wasserstrafse kostet.

Die Bezeichnung der Entwürfe. — Eine Donau-Main-Wasserstrafse gliedert sich in drei Teile. Den Hauptteil bildet der Schiffahrtskanal, welcher die beiden Flüsse zu verbinden hat. An seine Endpunkte schliessen sich sodann diejenigen Teile der Wasserstrafse an, welche sich nach den der Grofschiffahrt bereits zugänglichen Flufsstrecken der Donau und des Mains erstrecken.

Ausgearbeitet sind die Entwürfe über einen neuen Donau-Main-Kanal und über einen Grofschiffahrtsweg im Maintal, welche in dieser Denkschrift behandelt werden sollen. Dagegen sind die Untersuchungen über die Donau-Wasserstrafse von Ulm abwärts bis nach Passau, welche auf Betreiben der Handelskammer Ulm im Mai 1902 begonnen wurden, noch nicht abgeschlossen.

Das technische Amt befaßte sich zuerst mit Studien über einen Schiffahrtskanal zwischen Donau und Main. Die Frage, welcher Richtung ein solcher Kanal zu folgen hat, ist heutzutage wesentlich leichter zu beantworten, als dies vor der Erbauung des Ludwig-Kanales der Fall gewesen ist. Nunmehr besteht mitten in Bayern ein fester Punkt. Die Stadt Nürnberg, der Sitz einer weltberühmten Industrie, in ihrer Entwicklung fast allen süddeutschen Städten weit vorausgehend, kann nicht mehr umgangen werden, wie dies vor dem Bau des heutigen Kanales wiederholt vorgeschlagen wurde. Dagegen ist es zweifelhaft, welche Wege von Nürnberg aus zum Main und zur Donau hin eingeschlagen werden sollen, da nach beiden Richtungen je zwei Wege in Betracht kommen.

Zur Donau in erster Linie der Weg, den der jetzige Kanal nimmt, über die Wasserscheide bei

Neumarkt nach Kelheim, sodann ein zweiter Weg über die Wasserscheide bei Graben zwischen der Schwäbischen Rezat und der Altmühl, vorüber an der Stelle, an der Karl der Große eine schiffbare Verbindung zwischen Donau und Main schaffen wollte, und von da aus nach Stepperger, 70 km donauaufwärts von Kelheim.

Der Anschluß zum Main von Nürnberg aus könnte einmal wiederum längs des Ludwig-Kanales im Tal der Regnitz nach Bamberg zu geschehen, sodann zur Abkürzung des Weges nach dem Rhein über die Fränkische Höhe hinüber, wobei am häufigsten als Anschlußpunkt die Stadt Marktbreit, 115 km unterhalb Bamberg, seither genannt wurde.

Was sodann die Main-Wasserstrafse anlangt, so ist bekannt, daß die Staatsregierungen von Bayern und Preußen einen Entwurf über die Weiterführung der Kanalisierung des Mains von Offenbach bis nach Aschaffenburg haben ausarbeiten lassen. Zur Zeit schweben die Verhandlungen über die Ausführung der geplanten Bauarbeiten. Sonach verblieb dem technischen Amt die Aufgabe, zu untersuchen, in welcher Weise ein neuer Donau-Main-Kanal mit dem Endpunkte der zur Kanalisierung in Aussicht genommenen Mainstrecke bei Aschaffenburg durch eine leistungsfähige Wasserstrafse in Verbindung gebracht werden könnte.

Wie bei einem Donau-Main-Kanal, so ist auch bei dieser Wasserstrafse die Möglichkeit gegeben, eine Abkürzung derselben in Betracht zu ziehen, sodafs neben einer Grofswasserstrafse im Maintal die technische Untersuchung noch folgende Linien umfaßt:

1. eine Linie von Heidenfeld unterhalb Schweinfurt über Arnstein nach Himmelstadt, oberhalb Karlstadt,
2. eine Linie von Würzburg über Hettstadt nach Homburg und
3. eine Linie von Lohr über den Spessart nach Aschaffenburg.

Die Art der Bearbeitung. — Der Entwurf über eine Wasserstrasse von Kelheim nach Bamberg und von hier im Maintal nach Aschaffenburg, sodann derjenige über eine Wasserstrasse von der Donau bei Stepperg über Graben nach Nürnberg gründen sich auf Terrainaufnahmen, welche derart vorgenommen wurden, daß mit genügender Genauigkeit die Höhengichten in Steuerblättern mit einem Maßstab von 1:5000, teilweise auch 1:2500 für einzelne Strecken der Wasserstrasse im Maintal, zum Eintrag gebracht werden konnten. Eine große Erleichterung bei diesen Aufnahmen boten die bereits vorhandenen Längenschnitte und Querschnitte von Straßen, Eisenbahnen und Flüssen, welche, soweit sie nicht schon im Druck vorlagen, von den betreffenden Staatsbehörden in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt waren. Doch sei zur Beurteilung des Umfanges der vom technischen Amt geleisteten Arbeit angegeben, daß das Gelände im Gebiete der projektierten Wasserstraßen auf nahezu 600 km Länge und auf durchschnittlich 1 km Breite kotiert werden mußte.

Aus den Schichtenplänen wurden Längenschnitte und Querschnitte gebildet und somit die Bewegung der Erdmassen bestimmt. In besonders schwierigen Fällen wurden auch Querschnitte unmittelbar nach Aufnahmen im Gelände hergestellt. Selbstverständlich verblieb keine Zeit, den Ausgleich der zu bewegenden Erdmassen bis zu einem der Gestalt des Bodens vollkommen entsprechenden Maße zu bestimmen, so daß die Erdbewegung in Wirklichkeit auf Grund des endgültigen Entwurfs kleiner sein wird, als sie sich jetzt ergeben hat.

Zur Beurteilung der Beschaffenheit des Bodens dienten die geologischen Karten von Gumbel, sodann Aufnahmen des Kgl. Kanalamts Nürnberg, sowie solche der Kgl. Straßen- und Flußbauämter Nürnberg, Bamberg, Schweinfurt, Würzburg und Aschaffenburg. Sofern dieses Material neben den vorgenommenen Ortsbesichtigungen nicht ausreichte, eine zuverlässige Bestimmung vorzunehmen, geschahen Bohrungen im Gelände, so namentlich auf der Strecke von Stepperg über Graben nach Nürnberg.

Ferner sei noch erwähnt, daß zur Bearbeitung der Mainstrasse der von dem früheren Vorstand des Kgl. Straßen- und Flußbauamts Aschaffenburg, dem Kgl. Regierungs- und Kreisbaurat Fleischmann, im Jahre 1899 ausgearbeitete Entwurf über eine Kanalisierung des Mains von Aschaffenburg bis zur Landesgrenze bei Kahl wertvolle Anhaltspunkte gegeben hat. Die Einsichtnahme dieses Entwurfs hat die Kgl. Oberste Baubehörde bereitwilligst genehmigt und ebenso aus dem endgültigen Entwurf, welcher in den Jahren 1900 bis 1902 unter Leitung des Kgl. Regierungs- und Kreisbaurats Boeshenfs ausgearbeitet worden ist, die kilometrische Lage der einzelnen Stauanlagen im Main, sowie die Höhenlage der Haltungen dem technischen Amt gütigst mitgeteilt.

Für alle Bauarbeiten, die in gleicher Konstruktion wiederkehren, sind Normalien aufgestellt, für einzelne, größere Bauobjekte besondere Kostenanschläge angefertigt. Soweit diese Arbeiten den Donau–Main–Kanal betreffen, dienten hierzu die Pläne der am Dortmund–Ems–Kanal und Elbe–Trave–Kanal ausgeführten Bauarbeiten, welche das technische Amt von

der Kgl. Kanalverwaltung in Münster, bezw. von der Baubehörde Lübeck geschenkt erhielt. Auch eine Reihe von Fragen, welche sich auf die Ausführung der beiden Wasserstraßen bezogen, sind von den vorgenannten Behörden eingehend beantwortet worden, wofür das technische Amt besonderen Dank schuldet.

Die Sicherung der Dichtigkeit des projektierten Donau–Main–Kanals ist in der gleichen Weise vorgesehen, wie dies am Dortmund–Ems–Kanal geschehen ist.¹⁾ Ebenso ist die Sicherung der Kanalböschungen gegen Wellenschlag mittelst Pflasterung nachgeahmt. Da zudem auf allen projektierten Kanalstrecken meist auch Steine, Geröll oder Kies gefördert werden, so können die nicht zu pflasternden Teile der Kanalböschungen durch diese Materialien genügend gesichert werden.

Mit gutem Erfolg und billigen Kosten wurde beim Elbe–Trave–Kanal die Sicherung der Kanalböschungen durch die Anpflanzung eines Schilfrohrs (Rheth genannt) erreicht. Wie weit sich dieses Schutzmittel aus betriebstechnischen Gründen in Zukunft bei stärkerem Verkehr auf dem Kanal bewährt, mag die Erfahrung lehren. Es ist anzunehmen, daß die von einem in Bewegung befindlichen Schiffe zurücklaufenden Wellen durch das am Ufer stehende Schilfrohr Hemmungen erfahren, welche den Widerstand des bewegten Schiffes zu sehr vergrößern, und daß aus diesem Grunde eine frei von Pflanzenwuchs befindliche Böschung vorzuziehen ist. Auch ist zu befürchten, daß bewachsene Böschungen in dem Falle, in dem der Einlauf von sandigem und schlammigem Wasser in den Kanal nicht zu verhüten ist, allzu rasch auflanden. Jedenfalls gebietet die Vorsicht, in dem generellen Entwurf das teurere Schutzmittel, also Pflasterung, vorzusehen.

Für die projektierten Wehranlagen im Main dienten als Muster die auf der kanalisierten Mainstrecke zur Ausführung gebrachten Bauten. Bei den Studien über diese Bauanlagen fand das technische Amt die bereitwilligste Unterstützung durch die Kgl. Preussische Wasserbauinspektion in Frankfurt a. M. und ebenso durch das Großh. Hessische Wasserbauamt in Mainz. Die Ermittlung der Kosten für die Wehre stützt sich auf die jüngst in Oberrad hergestellte Anlage, deren Pläne und Kostenberechnung das Großh. Hessische Baubureau für die Mainkanalisierung in dankenswerter Weise dem Technischen Amte übergeben hat.

Ferner wurden zur Bearbeitung des Entwurfs über eine Wasserstrasse im Maintal die seit 1897 alljährlich erscheinenden Veröffentlichungen der Kommission für die Kanalisierung des Moldau- und Elbeflusses in Böhmen, sowie die Veröffentlichungen einzelner Mitglieder dieser Kommission benutzt, worüber im Abschnitt VII nähere Angaben gemacht sind.

Sehr eingehend und, wie dies in der Natur der Sache gelegen ist, mit einem großen Aufwand an Zeit wurden die über die atmosphärischen Niederschläge und den Wasserabfluß im Gebiete der projektierten Wasserstraßen gesammelten Beobachtungen verarbeitet, auch

¹⁾ Nach den vom Regierungs- und Baurat Mathies in Dortmund angegebenen »Mittel zur Sicherung der Dichtigkeit eines Kanals im Auftrag und Abtrag«. VII. internationaler Schifffahrts-Kongress. Brüssel 1898.

Messungen in einzelnen Flusgerinnen mit Unterstützung durch das Kgl. Kanalamt Nürnberg vorgenommen.

In einfacherer Weise als bei den im voraus genannten Linien, »Kelheim–Bamberg–Aschaffenburg« und »Stepperg–Nürnberg« mußte mit Rücksicht auf Kosten und Zeit bei denjenigen Kanalstrecken verfahren werden, deren Ausführung zur Abkürzung der Wasserstrasse zwischen Donau und Main dienen würde. Besondere Aufnahmen im Gelände geschahen hier nicht; aufer einer Ortsbesichtigung waren es topographische und geologische Karten, bereits vorhandene Nivellements von Strafen und Eisenbahnen, mit deren Hilfe die Höhenlage der Haltungen bestimmt und die Bauarbeiten geschätzt wurden. Ein sicheres Urteil über die Bauwürdigkeit der einzelnen Abkürzungslinien konnte dadurch gewonnen werden, daß sich die Wasserstraßen, die einer eingehenderen Untersuchung unterstellt wurden, über verschiedenartiges Gelände hin erstrecken und sonach zum Vergleich herangezogen werden konnten.

Bestimmung der Größe des Normalschiffes und des Kanalquerschnittes. — Die Beantwortung der Frage, welchen wirtschaftlichen Anforderungen ein Schiffahrtskanal zu entsprechen hat, ist von Bellingrath schon im Jahre 1879 in seinen »Studien über Bau und Betriebsweise eines deutschen Kanalnetzes« gegeben worden. Er schreibt in diesem Werk:¹⁾

Ein Kanalnetz, dessen Glieder einander ergänzen und Verkehr zuführen können, ist nur möglich unter der Bedingung, daß ein den wirtschaftlichen Anforderungen genügendes Normalschiff jeden Teil des Netzes befahren kann. Für jeden Kanal, ob von größerer oder geringerer Bedeutung, sofern er überhaupt als bauwürdig erkannt werden muß, hat sich ergeben, daß der Verkehr möglichst großer Schiffe am ehesten eine Verzinsung sichert.

In letzter Zeit wurde nun wiederholt nachzuweisen versucht, daß es wirtschaftlicher wäre, sich mit Schiffen bis zu etwa 400 Tonnen Tragfähigkeit zu begnügen. Dagegen mahnt die Entwicklung, welche der Verkehr auf dem Dortmund–Ems–Kanal genommen hat, dringend zur Vorsicht. Diesen 2,5 m tiefen Kanal hat man für Schiffe bis zu 1,75 m Tiefgang eingerichtet und eine größte Fahrgeschwindigkeit von 5 km in der Stunde noch für zulässig erachtet. Gegen diese Bestimmungen wurde geltend gemacht, daß es für die Kanalschiffahrt von Bedeutung sei, einen größeren Tiefgang bis zu 2,0 m zuzulassen und die Ladefähigkeit von 600 auf annähernd 950 Tonnen zu erhöhen.

Da ungenügend bekannt war, in welchem Maße die Fahrt von Schiffen der angegebenen Größe bei verschiedenem Tiefgang und verschiedener Geschwindigkeit ihre Wirkung auf Wandung und Sohle des Kanals ausübt, ebenso in welchem Maße Tiefgang und Geschwindigkeit die Lenkbarkeit des Schiffes beeinflussen, so hat das preussische Ministerium der öffentlichen Arbeiten diese Fragen in der einzig richtigen Weise durch Vornahme von Versuchsfahrten im Dortmund–Ems–Kanal geprüft. Nach diesen Versuchen, welche

im Jahre 1898 auf der Kanalstrecke bei Lingen durch den Kgl. Baurat Haack in sorgfältiger Art ausgeführt wurden, läßt man nun die gewünschte Tauchtiefe bis zu 2,0 m zu, gestattet jedoch hierbei nur eine größte Geschwindigkeit von 4 km in der Stunde.¹⁾

So ist aus dem Normalschiff von 600 Tonnen ein solches von fast 1000 Tonnen geworden, und mit Rücksicht auf die Verkehrsbeschränkung, welcher diese großen Schiffe unterliegen, wurden schon nach zwei-jährigem Betriebe Bedenken laut, ob man den Kanal nicht für zu kleine Schiffe bemessen habe.²⁾ Die Erfahrung muß lehren, wie weit es vorteilhaft ist, 2,0 m tief tauchende Fahrzeuge zum Schaden der Schnelligkeit und Beweglichkeit beizubehalten. Wie dieser Versuch auch ausfallen möge, er bestätigt die Tatsache, daß sich bei den Interessenten, wo nur immer möglich, das Bestreben nach Vergrößerung der Schiffsfähigkeit zur Steigerung der Konkurrenzfähigkeit einer Wasserstrasse geltend macht.³⁾

Die Entscheidung darüber, wie groß das Normalschiff, bezw. der Kanalquerschnitt zu bestimmen sei, ist noch von einem Gesichtspunkte abhängig, an den die oben angeführten Worte von Bellingrath erinnern. Die neue Wasserstrasse soll zwei Ströme verbinden, auf denen ein lebhafter, stets zunehmender Schiffahrtsverkehr besteht, und von denen der eine weitaus den stärksten Verkehr auf allen deutschen Wasserstraßen aufweist. Es liegt sonach auf der Hand, daß die Wirtschaftlichkeit dieser neuen Strasse davon abhängt, wie viele der die Donau und den Rhein befahrenden Schiffe auf dem Donau–Main–Kanal verkehren können.

Für den Verkehr vom Rhein her ist die obere Grenze hinsichtlich der Größe und Tragfähigkeit der Schiffe durch die Bauten des von Kostheim bis Offenbach kanalisierten Mains bestimmt. Als Normalschiff dieser Strecke kann das 1000 Tonnen-Schiff angesehen werden, wenn auch einzelne Schiffe bis zu 1500 Tonnen Tragfähigkeit verkehren.

Was die Donau betrifft, so ist hier zu berücksichtigen, daß dieselbe noch lange nicht bis zu dem Grade schiffbar gemacht ist, bis zu dem es nach ihrem Wasserreichtum möglich wäre. Jedoch ist nach den erfolgreichen Bemühungen der österreichischen Regierung, das Fahrwasser der Donau zu verbessern, sicher anzunehmen, daß auch für die Donau oberhalb der Stadt Wien in absehbarer Zeit das 1000 Tonnen Schiff mehr als heute das Normalschiff wird geworden sein.⁴⁾

Beim Beginn der Studien über einen neuen Donau–Main–Kanal konnte mit Rücksicht auf die Kosten, besonders aber mit Rücksicht auf eine genügende

¹⁾ Haack. Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb nach Versuchen auf dem Dortmund–Ems–Kanal. Berlin 1900. Vergl. auch Hermann. Schiffsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund–Ems–Kanal. Zeitschrift für Binnenschiffahrt. Berlin 1900. S. 401/405.

²⁾ Die Größe der Schiffsfähigkeit auf unseren Wasserstraßen. Zeitschr. für Binnenschiffahrt. Berlin 1900. S. 291.

³⁾ Suppán. Wasserstraßen und Binnenschiffahrt. Berlin 1902. Eisenschiffbau und Zunahme der Tonnengehalte. S. 238/239.

⁴⁾ Herbst. Fortschritte in der Ausbildung der Fahrinne in der Österreichischen Donau. Verbandsschrift Nr. VIII des Deutsch–Österreichisch–Ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt. Berlin 1901.

Wasserversorgung nicht daran gedacht werden, daß es mit verhältnismäßigen Kosten möglich wäre, einen Schifffahrtskanal zwischen Donau und Main für den Verkehr von 1000 Tonnen-Schiffen zu erbauen, wie dies die Untersuchungen nachträglich ergeben haben. Andererseits jedoch lag es nahe, bei der Aufstellung eines Bauentwurfs für einen Kanal, dessen vollständige Ausführung im günstigen Falle erst nach mehreren Jahrzehnten zu erhoffen ist, mit den Ausmaßen nicht zu kargen und für Bayern mindestens diejenige Leistungsfähigkeit für seine Wasserstraßen anzustreben, die anderwärts als notwendig für ihre Wirtschaftlichkeit anerkannt wird.

So ist Österreich an der Arbeit, die Donau mit der Elbe und Oder und durch beide Wasserstraßen mit der Nordsee und Ostsee zu verbinden und die Kanalstrecken zwischen den genannten Flüssen für den Verkehr von Schiffen bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit herzurichten. Dazu kommt ferner, daß auch Preußen für seinen Mittelland-Kanal als Normalschiff ein solches mit 600 Tonnen Tragfähigkeit vorgesehen hat und also beabsichtigt, diesem Kanal die gleiche Leistungsfähigkeit zu geben, wie sie der Dortmund-Ems-Kanal und der Elbe-Trave-Kanal besitzen, welche im Jahre 1899 bezw. 1900 dem Verkehr übergeben wurden.

Noch einem Bedenken wäre entgegenzutreten. Sollte eine längere Erfahrung über den Schifffahrtsverkehr auf den großen Kanälen, wie sie zur Zeit gebaut werden, oder eine andere Betriebsweise auf den Wasserstraßen, etwa infolge der Verwendung elektrischer Energie, dazu führen, einen kleineren Schiffstyp als Norm zu wählen, so wird man trotzdem schwerlich dazu kommen, die Kanäle mit kleineren Ausmaßen zu bauen. Im Gegenteil ist anzunehmen, daß die gesteigerten Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Schifffahrt, die wachsende Konkurrenz dazu drängen werden, die Bequemlichkeit, Sicherheit und Schnelligkeit im Schifffahrtsbetrieb durch einen großen Kanalquerschnitt möglichst zu steigern.

In keinem Falle wäre es sonach zu billigen gewesen, mit Rücksicht auf die Kosten kleinere Ausmaße zu wählen, als sie zur Zeit in Preußen und Österreich für eine leistungsfähige Binnenwasserstraße angenommen sind. Diese Betrachtungen führten dazu, dem Entwurf über einen neuen Donau-Main-Kanal das 600 Tonnen-Schiff zu Grunde zu legen und den Dortmund-Ems-Kanal sowie den Elbe-Trave-Kanal als mustergültige Bauwerke nachzubilden.

Die Grundsätze für die Gestaltung des Längenschnittes des Kanales. — Nach den von Bellingrath weiterhin aufgestellten Grundsätzen über den Bau von Schifffahrtskanälen nimmt die Konkurrenzfähigkeit eines Kanales nicht allein mit der Größe der Schiffe zu, welche den Kanal durchfahren, sondern ebenso auch mit der Länge der Haltungen. Die Aufgabe der Kanalbautechnik besteht sonach darin, das Gefälle von Haltung zu Haltung nach Möglichkeit zu konzentrieren.

Sehr beachtenswert für die vorliegende Aufgabe ist die Behandlung dieser Frage in Österreich, das in orographischer Hinsicht für den Bau seiner Kanäle ähnliche, teilweise sogar wesentlich schwierigere Ver-

hältnisse als Bayern aufweist. In der Begründung zu der Vorlage der österreichischen Regierung über den Bau von Wasserstraßen, welche im Jahre 1901 den beiden Häusern des Reichsrates übergeben wurde, finden sich folgende Ausführungen:¹⁾

Wenn die Regierung sich dazu entschlossen hat, durch Einbringung der Vorlage die Initiative zur Lösung der Wasserstraßenfrage in Österreich zu ergreifen, so hat sie sich dabei sagen müssen, daß es sicherlich kein Zufall sei, daß diese Frage bei uns verhältnismäßig erst spät auf die Tagesordnung gelangt ist, und daß auch heute noch in ernstesten und sachkundigen Kreisen die Kanäle in Österreich — man kann vielleicht weniger sagen einer Gegnerschaft als einem ziemlich weitgehenden Skeptizismus begegnen. Die Berechtigung hiezu kann gewiß nicht daraus abgeleitet werden, daß es etwa nicht wünschenswert wäre, eine Verbilligung der Fracht für Massenartikel, die — mangels einer anderen Gelegenheit — bisher dem Bahnverkehre zugefallen waren, oder für jene (sogenannten armen und ärmsten) Artikel herbeizuführen, die wohlfeilsten Transportbedingungen bedürfen, um überhaupt erst mobil werden zu können. Beachtung verdient aber der vielfach geäußerte Zweifel, ob nach den von der Natur gegebenen Voraussetzungen in Österreich eine finanzielle Rentabilität der Kanäle, vor allem aber, ob deren wirtschaftlicher Erfolg für das gemeine Wohl als gesichert angesehen werden kann.

In diesen Beziehungen hat die Regierung sich sagen müssen, daß allerdings die Überwindung der Wasserscheiden bei uns der Lösung der Aufgabe technische Schwierigkeiten bietet, wie sie noch bei keinem der auf der Welt bestehenden Kanäle zu lösen gewesen sind. Die Regierung hat erkennen müssen, daß hiedurch der finanzielle Kalkül der Wasserstraßen wesentlich beeinflusst und der ökonomische Effekt der beiden, des technischen und finanziellen Momentes, die Wirtschaftlichkeit der Befahrung und Benützung der teuer zu erbauenden und teuer zu betreibenden Strecken, in Frage gestellt wird.

Andererseits aber darf man an die Sache nicht mit Kleinmut herantreten. So wahr es ist, daß technisch-finanzielle Probleme in aller Regel durch Enthusiasmus nicht zu lösen sind, so wahr ist es auch, daß die in ihren Wegen und Zielen oft unsichere und unklare Bewegung, die gegenüber dem großen ganzen Komplex der Wasserstraßenfrage in Österreich, zum Teil als skeptische Negation, weit überwiegend aber als überschäumende Begeisterung sich geäußert hat, alsbald in ernste und eifervolle Arbeit überführt sein wird, wenn an Stelle einer das Problem auf alles oder nichts stellenden, bloß in Allgemeinheiten sich ergehenden Diskussion konkrete Aufgaben gestellt sind, auf die der Preis der Ausführung gesetzt ist. Diese Überleitung hat denn auch vielfach bereits begonnen. Die Voraussetzungen eines Werkes werden immer nur dann völlig ausreifen, wenn es feststeht, daß man das Werk will. Der vorliegende Gesetzentwurf soll diese Sicherheit schaffen.

Weiterhin wird in der österreichischen Vorlage ausgeführt:²⁾

Es ist bereits im allgemeinen Teile dieser Begründung von dem Zusammenhange unserer schwierigen orographischen Konfiguration mit dem technischen Problem bei Überwindung der Niveaudifferenzen die Rede gewesen, und sei nun gleich an dieser Stelle gestattet, das dort nur gestreifte Thema eingehender, wenngleich nicht annähernd erschöpfend zu besprechen.

Bei Anwendung der Kammerschleuse als Hebemittel, welche verhältnismäßig nur bescheidene (keinesfalls über 10 m hinausgehende) Höhenunterschiede überwinden läßt, ergeben sich für unsere Kanäle zahlreiche Stufen, die für die Schifffahrt ebenso viele Aufenthalte und damit eine Verteuerung des Betriebes bedingen. Auch erfordert das Kammerschleusensystem bedeutende Wasserquantitäten, deren

¹⁾ 792 der Beilagen zu den stenogr. Protokollen des Abgeordnetenhauses. XVII. Session 1901. S. 6/7.

²⁾ a. a. O. S. 8/9.

Beschaffung um so schwieriger und kostspieliger wird, je höher die Scheitelhaltung liegt. Diesen Nachteilen steht dagegen der Vorteil gegenüber, daß das System seit langem in Gebrauch steht und wegen seiner Einfachheit eine große Sicherheit des Betriebes verbürgt.

Der Gedanke, die besprochenen Nachteile des Schleusensystems auf ein Minimum herabzusetzen, führte dazu, neue Wege in der Hydrotechnik zu gehen, welche dahin zielen, die Höhendifferenzen an einzelnen Punkten der Trace zu konzentrieren, sie dort durch maschinelle Anlagen (senkrechte oder auf geneigten Ebenen sich bewegende Hebewerke) zu überwinden und solcher Art mit der erreichbar geringsten Zahl von Kanalstufen die gesamte Strecke anzulegen.

Mit der Zahl der Gefällsbrüche vermindert sich die Zahl der Kanalhaltungen bei gleichzeitiger Verlängerung derselben, was unter sonst gleichen Verhältnissen eine sehr erhebliche Abkürzung der Fahrtdauer im Gefolge hat. Auch ist der Bedarf an Betriebswasser bei Anwendung von maschinellen Hebewerken bedeutend geringer als jener für Kammerschleusen.

Diesen bedeutenden Vorteilen stehen als Nachteile gegenüber, daß die verschiedenen Systeme von maschinellen Schiffshebeeinrichtungen an dem Orte der Herstellung eine gewisse Gestaltung und Gattung des Bodens voraussetzen, weil sonst deren Baukosten sehr steigen, unter Umständen auch ihre Betriebssicherheit davon abhängt; ferner daß ihre praktische Verwendung bis heutigen Tages für größere Schiffe auf wenige vereinzelte Fälle beschränkt geblieben ist.

Ausgeführt sind:

bei Les Fontinettes	ein senkrechtes Hebewerk mit 13,1 m Hub für 300	Tonnen-Schiffe
bei La Louvière	ein senkrechtes Hebewerk > 15,4 > >	360 >
bei Henrichenburg	ein senkrechtes Hebewerk > 14,0 > >	600 >

Projektiert ist bei Liepe des Berlin-Stettiner Kanales ein maschinelles Hebewerk auf quer geneigter Ebene mit 33,85 bis 35,45 m Hub für 600 Tonnen-Schiffe.

Hiezu wird bemerkt, daß das Hebewerk bei Les Fontinettes mehrere Jahre ausgezeichnet funktionierte, plötzlich aber einer der beiden Preßzylinder schadhafte und das Hebewerk durch lange Zeit dienstunfähig wurde. Glücklicherweise befand sich daneben noch die frühere Schleusentreppe, welche sofort wieder in Funktion trat.

Das Hebewerk bei La Louvière ist zwar seit vielen Jahren im Probetrieb und soll ausgezeichnet funktionieren, doch ist der Schifffahrtskanal selbst, für dessen Verkehr es bestimmt ist, noch nicht fertiggestellt; es entbehrt daher der eigentlichen praktischen Betätigung.

Das Hebewerk bei Henrichenburg ist seit zirka einem Jahre im Betriebe¹⁾ und soll sich ausgezeichnet bewähren. Die preussische Regierung findet es jedoch geboten, in ihrer letzten Kanalvorlage für dieses Hebewerk als Ergänzung eine Reserveanlage, bestehend aus drei Kammerschleusen zu je 4,67 m Gefälle, vorzusehen, die es ermöglicht, auch bei etwaigen Betriebsstörungen desselben die Verbindung aufrecht zu erhalten.

Für die projektmäßig in Aussicht genommene Herstellung einer geneigten Ebene bei Liepe des Berlin-Stettiner Kanales wird neben ihr eine Schleusentreppe, bestehend aus fünf Kammerschleusen zu je 7,14 m Gefälle, vorgesehen.

Sonstige noch bestehende Hebewerke kommen wegen der geringen Ansprüche, welche an sie gestellt werden (30 bis 120 Tonnen-Schiffe) bei Beurteilung der vorliegenden Frage nicht in Betracht.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, daß die Unterlagen für die richtige Wahl des Hebemittels bei jenen österreichischen Schifffahrtskanälen, welche große Höhen überschreiten, derzeit noch nicht zureichend sind, um ohne Gefahr einer schweren Enttäuschung sich sofort nach der einen oder anderen Richtung zu entscheiden; denn eine

nachträgliche Ergänzung, wie zum Beispiel in Henrichenburg, oder die projektmäßige Inaussichtnahme beider Arten von Anlagen, wie zum Beispiel beim Berlin-Stettiner Kanal, ist bei den in Betracht kommenden österreichischen Kanälen ausgeschlossen, indem die verschiedenen Hebemittel verschiedene Tracenveranlagungen bedingen.

Bei der entscheidenden Tragweite dieser Frage für den Kanalbau in Österreich wird die Regierung kein Mittel unversucht lassen, um zu einer vollen Sicherheit für ihren Entschluß zu gelangen. Unter diesen Umständen wird man den Bau und die probeweise Inbetriebsetzung eines Hebewerkes unter den Anforderungen, die unsere speziellen Verhältnisse daran stellen, endgültig in Aussicht nehmen müssen.

Trotz aller von seiten der österreichischen Staatsregierung zugestandenen Schwierigkeiten haben die beiden Häuser des österreichischen Reichsrates im Vertrauen auf die Tüchtigkeit der Ingenieure, im Vertrauen auf die Leistungsfähigkeit der Maschinenbau-technik die Vorlage der Regierung angenommen.

Der K. K. Hofrat Hillinger, der Vorstand des hydrotechnischen Bureaus des K. K. Handelsministeriums in Wien, machte in einer gelegentlich des IX. internationalen Schifffahrts-Kongresses in Düsseldorf im Jahre 1902 erschienenen Schrift über »die österreichischen Wasserstraßen« Mitteilungen, welche als maßgebend für die Bearbeitung des Entwurfs einer neuen Donau-Main-Wasserstraße angenommen werden können. Auf Seite 7 mit 9 dieser Schrift schreibt Hillinger wörtlich:

Nachdem im Jahre 1895 die Vorstudien über die Linienführung der vier Schifffahrts-Kanalgruppen sowohl im Hinblick auf die eventuelle Anwendung von mechanischen Hebewerken auf längsgeneigter Bahn, als auf jene von Kammerschleusen durch Verfassung genereller Entwürfe im hydrotechnischen Bureau so weit fortgeschritten waren, daß diese Studien durch Vornahme von ausgedehnteren Terrainaufnahmen weiter ausgestaltet werden konnten, mußte Stellung genommen werden, ob bei den zu verfassenden Einzelentwürfen das mechanische Hebewerk oder die Kammerschleuse als Hebemittel Anwendung finden sollte.

Im Hinblick darauf, daß die angestellten Untersuchungen die Beschaffung des benötigten Speisewassers für den Donau-Oder-, den Donau-Moldau-Kanal und die Verbindung der erstgenannten Wasserstraße mit den Stromgebieten der Weichsel und des Dniesters bei Anwendung von Kammerschleusen mit 5,0 m Gefälle als erreichbar ergaben, entschied sich das hydrotechnische Bureau für die Anwendung von Kammerschleusen.

Für die Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Elbe gestaltete sich die Wasserversorgungsfrage der Scheitelhaltung bei Triebitz minder günstig und bedingte Schleusen mit kleineren Gefällen.

Gegen mechanische Hebewerksysteme für die Überwindung von 20 m übersteigenden Höhenunterschieden in einem Zuge sprachen:

1. die Ungewißheit, ob die Hebewerke auf längsgeneigten Ebenen mit schwimmendem Schiffskörper eine ähnliche Betriebssicherheit bieten wie Kammerschleusen;
2. die Ungewißheit über ihre wirkliche Leistungsfähigkeit; endlich

¹⁾ Zur Zeit der Niederschrift der Begründung im Jahre 1900.

3. die Unkenntnis über die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten solcher mechanischer Hebewerke.

Die Summe dieser Erwägungen liefs die wesentlichsten Gründe, welche zu Gunsten der Anwendung mechanischer Hebewerke ins Feld geführt werden: gleichartige Betriebssicherheit und wirtschaftliche Überlegenheit, als noch nicht befriedigend beantwortet erscheinen.

Entscheidend wirkte auch der Umstand, dafs bei den österreichischen Kanälen es sich nicht wie in Les Fontinettes oder Henrichenburg um eine vereinzelte Anwendung handelt, wo die dauernde Betriebsfähigkeit der Kanalstrecke entweder durch die daneben befindliche Schleusentreppe (Les Fontinettes) ohnehin gesichert ist, oder durch Herstellung von nur wenigen Schleusen (Henrichenburg) ohne allzu grofsen Kostenaufwand und ohne wesentliche Schwierigkeiten baulicher Natur erreicht werden kann.

Bei den österreichischen Kanälen hat die Anwendung der mechanischen Hebewerke eine wesentlich gröfsere Bedeutung.

Bei Annahme von Hebewerken auf längs- oder auf quergeneigten Ebenen (je nach Eignung der Terraingestaltung) sind geplant:

- für den Donau-Oder-Kanal 7 mit zusammen 195 m Höhenunterschied;
- für die Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Elbe 11 mit zusammen 340 m Höhenunterschied;
- für den Donau-Moldau-Kanal 4 bzw. 11 Hebewerke mit zusammen 451 m bzw. 874 m Höhenunterschied¹⁾;
- für die Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Weichsel 4 Hebewerke mit zusammen 93 m Höhenunterschied;
- für die Abzweigung in das Gebiet des Dniester bzw. jene nach Lemberg in der Richtung gegen Brody 5 Hebewerke mit zusammen 172 m Höhenunterschied.

Diese Verhältnisse machen jedem Fachmanne sofort klar, dafs Tracelagen, welche für beide Gattungen von Hebeeinrichtungen (Schleusen oder mechanische Hebewerke) verwendbar sind, nicht gefunden werden können.

Die durchgeführten Studien haben dies auch bestätigt.

Für die in Frage kommenden Strecken, z. B. des Donau-Oder-Kanales zwischen Göding und Mähr. Ostrau, würde eine beiden Gattungen von Hebeeinrichtungen gemeinschaftliche Tracelage sich auf verhältnismäfsig kurze Längen beschränken, und selbst diese hätten für einen auf Schleusen basirten Tracenzug wenig natürliche Entwicklung.

Von durchschlagender Wirkung ist aber die Kostenfrage.

Der Bau der österreichischen Kanäle verlangt infolge der dem Kanalbaue im allgemeinen wenig günstigen Terraingestaltung und der bedeutenden Höhenunterschiede, welche zu überwinden sind, ohnehin sehr bedeutende Summen, ob dieses oder jenes Hebesystem zur Anwendung kommt.

Die gleichzeitige Anwendung von mechanischen Hebewerken und Schleusen würde für die Herstellung der österreichischen Kanäle jedoch so grofse Kosten verursachen, dafs eine solche Kombination wohl nicht anwendbar erscheint.

Jedenfalls würde das Gebiet des Abenteuerlichen betreten werden, wenn irgend eines der verschiedenen mechanischen Hebewerkssysteme beim Baue der österreichischen Kanäle in Verwendung gebracht würde, ohne die allergründlichste Überzeugung von seiner Betriebssicherheit, seiner Leistungsfähigkeit und seiner wirtschaftlichen Überlegenheit über die gewöhnliche Kammerschleuse.

Die in den Jahren 1895—1897 vom Donau-Moldau-Elbe-Kanal-Komitee (einer Vereinigung von Delegierten zahlreicher Korporationen mit dem Ziele, das Erforderliche für das Zustandekommen einer die Donau oberhalb Wien mit der Moldau bzw. der Elbe verbindenden Grofsschiffahrtsstrafse zu veranlassen) ausgeschriebene Preisbewerbung für ein mechanisches Hebewerk (auf geneigter Ebene oder mit senkrechter Hebung), womit ein 600-Tonnen-Schiff auf 100 m Höhe gehoben werden kann, förderte einige sehr gute Projekte zutage, welche in Fachkreisen als sehr schätzens- und beachtenswerte Erweiterung des Gebietes der Verwendbarkeit mechanischer Hebewerke für Schiffahrtskanäle betrachtet wurden.

So hoher Wert diesem Vorgehen des genannten Komitees auch beizumessen ist, als befriedigend oder definitiv gelöst konnte die Frage der Eignung mechanischer Hebewerke bei mehrfacher Verwendung im Zuge eines Kanales nicht angesehen werden.

Auch konnte dadurch der vom hydrotechnischen Bureau des K. K. Handelsministeriums in dieser Frage eingenommene Standpunkt eine Änderung nicht erfahren.

Die für Anwendung von Kammerschleusen in Ausarbeitung begriffenen generellen und Detailprojekte nahmen daher auf dieser Basis ihren weiteren Fortgang.

Den Bedenken, welche zur Zeit noch gegen die Anwendung der einen und der andern Konstruktion zur Überwindung einer Staustufe bestehen, hat der generelle Entwurf über eine Donau-Main-Wasserstrafse derart Rechnung zu tragen, dafs sein Wert nicht von dem Urteil einer späteren Zeit über die Verwendbarkeit der einzelnen Hebemittel abhängt. Am besten wäre es, wenn eine solche Trace für den Schiffahrtskanal gefunden werden könnte, bei der die Ausführung eines reinen Schleusenkanals möglich, bei der aber auch anderseits eine starke Konzentration des Gefälles ohne wesentliche Änderung der Trace zulässig wäre. Je nachdem könnten dann neben den mechanischen Hebewerken Schleusentreppe zur Reserve hergestellt

¹⁾ Je nachdem die Abzweigung aus der Donau bei Koruburg oberhalb Wien oder bei Untermühl oberhalb Linz ins Auge gefafst wird.

werden, oder man könnte die Ausführung so vorsehen, daß zuerst die Schleusentreppen und späterhin bei stärkerem Verkehr nach Maßgabe der gewonnenen Erfahrung die mechanischen Hebewerke daneben erbaut werden. Dieser letztere Ausweg wird bei dem Projekte für die Wasserstraßen in Bayern mit Rücksicht auf die hohen Kosten gewählt werden müssen. Wie sich später zeigen wird, ist es möglich, eine Trace zu finden, die den oben gestellten Anforderungen entspricht, was gegenüber den Verhältnissen in Österreich einen wesentlichen Vorzug bedeutet.

Lagepläne und Längenschnitte des generellen Entwurfs sind in der Weise dargestellt, als kämen bei solchen Gefällen, die von einer einzigen Kammer- schleuse nicht mehr überwunden werden können, mechanische Hebewerke zur Ausführung. Dementsprechend wurde auch die Berechnung der Kosten des Kanal- bettes für die Linie mit konzentrierten Gefällen durch- geführt. Der Vorteil bei diesem Verfahren beruht darin, daß damit die Kosten für das Kanalbett in keinem Falle zu billig veranschlagt sind, wie auch das Gefälle einer Staustufe überwunden werden soll. Denn bei Anwendung von Schleusentreppen könnte der Kanal dem Gelände günstiger angepaßt und damit billiger hergestellt werden.

Was die Kosten für die Staustufen selbst betrifft, so sind dieselben so berechnet, als kämen überall da Kammerschleusen, bezw. Schleusentreppen zur Aus- führung, wo dies mit Rücksicht auf die Wasserversor- gung geschehen könnte. Doch sei im voraus bemerkt, daß nach dem Ergebnis dieser Berechnung sich bei den für einen neuen Donau-Main-Kanal in Be- tracht kommenden, immerhin mäßig hohen Gefälls- stufen die Kosten einer Schleusentreppe nicht wesent- lich höher stellen, als die Kosten für die Hebewerke auf geneigter Ebene. Da auch hier der späteren Ent- scheidung, wie hoch das Gefälle der Kammerschleusen mit Rücksicht auf Kosten, Wasser und Zeit jeweils zu nehmen ist, nicht vorgegriffen werden sollte, so wurde zur Vermeidung einer Überschätzung das Ge- fälle der einzelnen Schleusen je nach dem Zweck der

Berechnung verschieden angenommen. Bei der Be- rechnung der Kosten für die Ausführung der Kammer- schleusen kommen im allgemeinen niedrigere, bei der Berechnung des Bedarfs an Wasser höhere Gefälle in Ansatz.

Das Vorausgehende läßt erkennen, daß die in den vier Jahren 1899 mit 1892 geschehene Aus- arbeitung des Bauentwurfs über eine neue Donau- Main-Wasserstraße den Grundsätzen entspricht, welche in dem Beschlufs des IX. internationalen Schiffahrts-Kongresses in Düsseldorf im Jahre 1902 zur Frage I »Überwindung größerer Höhen« zum Ausdruck gekommen sind.

Der fragliche Beschlufs lautet:

1. Die Kammerschleusen bleiben die ein- fachsten und dauerhaftesten Einrichtungen zur Über- windung des Gefälles der Kanäle. Die Sparbecken ermöglichen eine beträchtliche Verminderung des Betriebswassers, ohne dabei die Schleusungsdauer übermäßig zu verlängern. Die Bestrebungen zur weiteren Verminderung des Betriebswassers sind zu fördern.

2. Bei aufsergewöhnlichen, auf kurzer Länge zu überwindenden Höhenunterschieden bilden dop- pelte Schleusentreppen ein geeignetes Mittel zur Bewältigung eines großen Verkehrs, sobald reich- liche Wassermengen zur Verfügung stehen. Bei Wassermangel bilden lotrechte Hebewerke eine durch die Erfahrung bewährte Einrichtung.

3. Geneigte Ebenen wurden bis jetzt nur für kleine Schiffe angewendet; es sind aber äußerst sinnreiche Vorschläge für geneigte Ebenen zur Be- förderung großer Schiffe gemacht worden. Der Kongress empfiehlt, eine derartige geneigte Ebene sobald als möglich auszuführen und in Betrieb zu setzen.

Nach diesen allgemeinen Ausführungen wird zur Beschreibung der Entwürfe über die einzelnen Teile einer neuen Donau-Main-Wasserstraße über- gegangen.

III. Der Umbau des Ludwig-Kanales

von der Donau bei Kelheim über Neumarkt und Nürnberg

bis in den Main bei Bamberg.

Die Linienführung. — Nach dem Entwurf über den Umbau des Ludwig-Kanales, dem zum Teil die Arbeiten von Hensel, Vogt und Wöhrl zu Grunde gelegt sind, soll die neue Wasserstrasse von Kelheim bis Bamberg der Hauptsache nach die gleiche Richtung nehmen wie der jetzige Kanal. Nur in der Absicht, das Gefälle von Haltung zu Haltung nach Möglichkeit zu konzentrieren, wurde die bestehende Trace auf längere Strecken verlassen. Außerdem geschahen noch kleinere Richtungsänderungen zur Verbesserung der Wegkrümmungen, sodann in den Fällen, in denen ein schon vorhandener tiefer Einschnitt benutzt werden sollte, um die eine Seite der Böschung unberührt belassen zu können. (Lageplan auf Blatt I.)

Auch sei im voraus bemerkt, daß die Höhe des normalen Wasserstandes in der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales mit 417,7 m + N. N. bei seinem Umbau beibehalten werden soll. Die späteren Arbeiten für ein Detailprojekt haben zu entscheiden, ob es zulässig ist, den Wasserspiegel tiefer zu legen.

Die neue Scheitelhaltung wird gegen den Main von der Kammerschleuse Nr. 33, das ist vom Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales, auf 3,720 km Länge in nordöstlicher Richtung an den Gehängen des Mühlbachtals nach dem Tal der vorderen Schwarzach hingeführt. Die steil zu diesem Flüschen abfallende Höhe in der Nähe der Ortschaft Ochenbruck ermöglicht die Anlage einer Querbahn von 59,7 m Gefälle.

Nach der Donau zu kann die Scheitelhaltung mit entsprechenden Kosten wesentlich mehr verlängert werden, als dies nach dem Main zu möglich ist, und zwar von der Schleuse Nr. 32 aus am Fufse des Steilrandes des Juragebirges bis nächst oberhalb Beilngries auf eine Länge von 20,680 km. Die gesamte Länge der neuen Scheitelhaltung würde somit betragen 48,4 km.

Unmöglich wäre es nicht, den Kanal in der Höhe der Scheitelhaltung bis nach Kelheim weiter zu führen und mit einer Stufe auf den 79 m tiefer gelegenen Wasserspiegel der Donau abzufahren. Jedoch würde man sich von Beilngries weg bald an steilen Gehängen des Weissen Jura bewegen müssen. Die Einschnitte würden in reinem Fels zu geschehen haben und so nach die Dämme mit Felstrümmern aufzubauen sein.

Es ist daher zweifelhaft, ob bei dem Ausbau dieser, jedenfalls sehr teuren Linie ein wirtschaftlicher Nutzen zu erhoffen wäre. Mit Rücksicht auf die zur Verfügung stehende Zeit mußte darauf verzichtet werden, den genaueren Wert dieser Linie festzustellen.

Der Abstieg von der Scheitelhaltung zur Donau kann von Beilngries aus auf verschiedenen Wegen geschehen. Zunächst deshalb, weil die beiden, in der Nähe dieses Städtchens den Jura durchbrechenden Täler zur Anlage einer Wasserstrasse geeignet wären. Das südlicher gelegene Tal durchfließt die Altmühl, nachdem sie etwa 800 m unterhalb Beilngries die Sulz aufgenommen hat. Das nördlichere und höher gelegene Ottmaringer Tal zweigt nächst oberhalb Beilngries von dem Tal der Sulz ab und vereinigt sich nach einer Wegstrecke von etwa 8 km Länge beim Einfluß der Laber in der Nähe von Dietfurt mit dem Tal der Altmühl. Wie bereits bei der Beschreibung des Ludwig-Kanales angegeben wurde, nimmt derselbe seinen Weg durch das Ottmaringer Tal und benutzt von Dietfurt ab die kanalisierte Altmühl. Wollte man den neuen Kanal gleichfalls durch dieses Tal führen, so würde man von der Scheitelhaltung aus bis auf den Wasserspiegel der jetzigen Haltung, Kammerschleuse Nr. 22—23, welche auf einer Höhe von 389,07 + N. N. gelegen ist, im ganzen um 28,63 m abzustiegen haben. Verfolgt man dagegen schon von Beilngries ab den Weg durch das Tal der Altmühl, dann könnte nächst oberhalb Beilngries bis auf eine Höhe von 368,0 m, also um 49,7 m mittelst einer Querbahn in das Tal der Sulz abgefahren werden. Der letztere Abstieg wurde der Bearbeitung zu Grunde gelegt.

Erst an Hand einer Detailuntersuchung, sodann auf Grund weiterer Erfahrungen über die verschiedenen Hebemittel läßt sich feststellen, ob es zweckmäßiger wäre, das Ottmaringer Tal zu benutzen. Wahrscheinlich wird dies dann der Fall sein, wenn man aus irgend einem Grunde dauernd davon absehen wollte, die Gefällsstufe bei Beilngries mit 49,7 m Höhe in einem Zuge zu durchfahren.

Mit der Umgehung des Ottmaringer Tales waren für die Aufstellung des generellen Entwurfs nicht alle Zweifel gelöst. Die nächste Frage war, ob es möglich wäre, wenigstens von Beilngries aus mit einer einzigen Haltung die Donau zu er-

reichen. Was mit Bezug auf die Weiterführung der Scheitelhaltung bis zur Donau gesagt wurde, gilt zum Teil auch in diesem Falle. Längs der Altmühl von der Einmündung des Mühlbaches, 3 km unterhalb Dietfurt, bis nach Kelheim steigen beiderseits die felsigen, vielfach zerklüfteten Wände des Weissen Jura auf längeren Strecken schroff über die Talsohle an. So namentlich bei Gundelfing, sodann, von Burgen hoch überragt, bei Riedenburg und Neuessing. Von der Talenge nächst unterhalb Altessing bis nahezu nach Kelheim würde der Kanal die steilen Gehänge nicht mehr verlassen können. Mit Rücksicht auf diese Schwierigkeiten wurde daher auch der Gedanke, mit einer einzigen Haltung von Beilngries aus die Donau zu erreichen, nicht weiter verfolgt.

Dagegen wurde in Untersuchung gezogen, mit einem mehrfach abgestuften Seitenkanal längs der Altmühl oder tiefer noch im Tal mit teilweiser Benutzung des Flusses zur Donau zu gelangen. Der letztere Weg erschien anfänglich der gangbarere zu sein und wurde deshalb zunächst vom technischen Amt bearbeitet. In diesem Falle würde der neue Kanal von Beilngries aus bis in die Nähe von Dietfurt auf das linke Ufer der Altmühl gelegt und sodann bis nach Altessing, 5,5 km oberhalb Kelheim, die Wasserstrasse teils durch Kanalisierung der Altmühl, teils durch Seitenkanäle hergestellt werden. Die Länge der neu zu kanalisierenden Flussstrecken beträgt nach den angestellten Untersuchungen 15,8 und die Länge der Seitenkanäle 10,3 km. Von Altessing ab würde der Kanal die Altmühl ganz verlassen und auf dem linken Ufer derselben der Stelle zugeführt werden, an welcher der Fluß in die Donau mündet, d. i. bei dem Donau-Kilometer 177,0 und 3,6 km unterhalb der Mündung des Ludwig-Kanales. Die Mündung der Altmühl könnte durch einen kurzen Durchstich nach Kilometer 175,0 verlegt werden.

Mit Benutzung der Altmühl erhält die Wasserstrasse keinen günstigen Längenschnitt. Auf der 46,320 km langen Strecke von Beilngries bis zur Donau sind bei einem Höhenunterschied von 31 m acht Staustufen erforderlich.

Die Notwendigkeit, einen anderen Weg durch das Altmühltal zu nehmen, ergab sich denn auch in zwingender Weise, nachdem der Entwurf über die ganze Wasserstrasse ausgearbeitet war und die einzelnen Strecken dieser Wasserstrasse unter sich verglichen werden konnten. Fast überall sind höhere Gefälle zu gewinnen als auf der fraglichen Strecke, so daß durch eine Kanalisierung der Altmühl der Wert der ganzen Wasserstrasse herabgemindert würde. Auch konnte bei der Aufstellung des betreffenden Entwurfs nicht entgehen, daß es ein großer Nachteil wäre, die Wasserstrasse der Einwirkung des Hochwassers der Altmühl preiszugeben. Sodann müßten die Ortschaften Oberau und Gronsdorf durchschnitten und ebenso in Gmund gegenüber Kelheim teure Grunderwerbungen vorgenommen werden.

Die weiter über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen ergaben die Möglichkeit, den Kanal von Beilngries aus mit Talübergang nächst oberhalb Töging auf der rechten Talseite der Altmühl mit einer einzigen Haltung bis nach Riedenburg zu führen, hier in das Tal abzusteigen und sodann stets am recht-

seitigen, flach abfallenden Talgehänge mit noch weiteren zwei Staustufen zur Donau zu gelangen und zwar mit Benutzung der Mündungsstelle des Ludwig-Kanales. Wählt man diesen von der Altmühl stets getrennten Weg, dann ergeben sich nur drei Staustufen, fünf weniger wie vorher. Auch ist der Kanal längs der Altmühl von Beilngries ab um 5 km kürzer, als wenn mit teilweiser Benutzung der Altmühl der Kanal unterhalb Kelheim geführt wird.

Was die Beibehaltung der jetzigen Mündungsstelle betrifft, so bietet die Verbreiterung des bestehenden Kanals auf das normale Maß an dieser Stelle hinsichtlich der Grunderwerbung keine Schwierigkeiten, da ärarialischer Boden in genügender Ausdehnung hier zur Verfügung steht. Ein weiterer günstiger Umstand bei der Anlage eines Seitenkanals in höherem Gelände rechts der Altmühl gegenüber der tieferen Lage im Tal mit seinen wertvollen Wiesengründen findet sich darin, daß dieser Seitenkanal am Fusse der steilen Talwände auf minderwertigen Boden zu liegen käme und daß seine Herstellung nur an einzelnen Stellen ertragfähige Wiesen in Anspruch nehmen würde.

Gegenüber den Vorteilen, welche ein Kanal längs der Altmühl hätte, tritt der Nachteil, daß bei seiner Mündung in die Donau das Gelände zur Herstellung eines geräumigen, hochwasserfreien Hafens weniger günstig ist als unterhalb Kelheim, in den Hintergrund. Immerhin ist freies Gelände soweit vorhanden, um den Bedürfnissen nach einer Hafenanlage bei der Ausmündung des Kanales auf lange Zeit hinaus entsprechen zu können.

Noch wäre zu erwähnen, daß, wenn der Kanal dem Ottmaringer Tal folgen und die Altmühl nicht benutzen sollte, derselbe noch oberhalb Riedenburg in der Nähe der Ortschaft Eggersberg von der linken auf die rechte Seite des Altmühltals übergeführt werden müßte.

Für den Abstieg zum Maintal von der Scheitelhaltung aus ist mit der Forderung, den neuen Kanal durch die Stadt Nürnberg hindurchzuführen, die Lage desselben bis gegen Erlangen hin unzweifelhaft gegeben. Von der Querbahn bei Ochenbruck, welche, wie bereits angegeben, von der Scheitelhaltung abgeht, wird der neue Kanal in nördlicher Richtung bis 2,0 km vom Ludwig-Kanal entfernt gelegt und erreicht erst bei Worzeldorf die bestehende Linie wieder. Hier bietet sich Gelegenheit zur Anlage einer Längsbahn von 28 m Gesamthöhe. Von da ab durch Nürnberg hindurch bis nächst unterhalb der Stadt Fürth folgt der neue Kanal am besten der Richtung des Ludwig-Kanales über eine weite, flach abfallende Ebene, welche mittelst Kammer-schleusen durchfahren werden muß. Auf diesem Wege begegnet der Kanal verhältnismäßig geringen Schwierigkeiten, weil sich hier alle mit dem alten Kanal in Berührung gekommenen Eisenbahnen, Straßen, Entwässerungskanäle, Gas- und Wasserleitungen mit demselben haben abfinden müssen. Auch ist die Höhenlage aller Neubauten für den im Umbau begriffenen Bahnhof Nürnberg derart festgelegt, daß einem Ausbau des Ludwig-Kanales von dieser Seite her kein Hindernis im Wege steht. Ebenso ist die Stadtverwaltung bestrebt, der zukünftigen Grofwasserstrasse nach Möglichkeit Rechnung zu tragen.

Zur Anlage eines Hafens bei Nürnberg ist in der Nähe von Gibitzenhof, an der südlichen Grenze des Stadtbezirkes freies Gelände, das an den neuen Güterbahnhof leicht angeschlossen werden kann, in genügender Ausdehnung vorhanden. Im Innern der Stadt ließen sich je nach Bedarf Aus- und Einladeplätze schaffen, am besten bei den einzelnen Kammerschleusen. Entfernter gelegene Stadtteile und Fabrikanlagen könnten durch Stichkanäle an die Hauptwasserstrafse angeschlossen werden.

Ebenso günstig liegen die Verhältnisse bei der Stadt Fürth. Auch hier steht freies Gelände für die dem Umschlagsverkehr notwendigen Anlagen zur Verfügung.

Von Cronach nächst unterhalb Fürth zieht sich der neue Kanal ostwärts der bestehenden Trace nach dem höher gelegenen Gelände hin. Kurz vor Erlangen erreicht derselbe wieder den Ludwig-Kanal und folgt ihm sodann mit geringen Abweichungen über Forchheim hinaus bis nächst unterhalb Altendorf. Von hier aus verläßt die neue Wasserstrafse den Ludwig-Kanal vollständig, um den rechtseitigen Talabhang der Regnitz aufzusuchen, umgeht sodann Bamberg im Osten und Norden, überschreitet bei Hallstadt den Main mittelst einer Brücke und endigt beim Beginn der Grofwasserstrafse im Maintal gegenüber der Mündung der Regnitz bei Bischberg.

Die Länge des neuen Donau-Main-Kanales beträgt, wenn man als Mündungsstelle in die Donau diejenige des Ludwig-Kanales in Kelheim beibehält 177,5 km, sonach nahezu die gleiche Länge, wie sie der Ludwig-Kanal von der Donau bis zur Mündung der Regnitz in den Main besitzt.

Besondere Schwierigkeiten und Zweifel an der Zweckmäßigkeit der vorgeschlagenen Linie finden sich nur bei Erlangen und Bamberg. Der jetzige Kanal führt bei der Windmühle in Erlangen in der Nähe des Kanaldenkmal durch eine große Enge. Nach dem ausgearbeiteten Entwurf soll die neben dem Kanal gelegene Staatsstrafse mit der vorhandenen Stützmauer unberührt bleiben und der nötige Raum gegen die Regnitz hin durch den Umbau der dortigen Fabrik- und Mühlenwesen geschaffen werden, jedoch ohne Schädigung der Wasserkraft. Auch wurden, um Raum zu ersparen, Stützmauern an Stelle der Kanalböschungen vorgesehen. Die Lage des alten Kanales soll hauptsächlich auch deshalb beibehalten werden, weil auf diese Weise die Schwabach wie seither unter dem Kanal in die Regnitz abgeleitet werden kann. Inwieweit eine bessere Lösung durch eine tiefere Lage des Kanales, verbunden mit einer Verlegung der Regnitz, sich erreichen ließe, inwieweit es vorteilhaft wäre, Erlangen östlich zu umgehen, muß weiteren Studien vorbehalten bleiben.

Die zweite Schwierigkeit besteht bei Bamberg. Dort ist es unmöglich, dem jetzigen Kanal nachzufahren, da dieser stellenweise so eng und so winklig ist, daß dessen Zurichtung für einen Grofschiffahrtsweg ungeheure Kosten erfordern würde. Der nächstliegende Ausweg wäre nun, den rechtseitigen Regnitzarm, der in den 80er Jahren als Flutkanal ausgebaut wurde, zu kanalisieren. Eine zutreffende Lösung dieser Frage ist jedoch mit so viel Aufwand an Zeit und Geld verbunden, daß sie gleichfalls nur Gegenstand eines Detailentwurfes sein kann.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch erwähnt, daß bei dem starken Gefälle der Regnitz, nahezu 1,0 m auf 1000 m Länge, abgesehen von den Hochwassern dieses Flusses, durch eine Kanalisierung derselben etwa von Fürth oder Erlangen ab eine brauchbare Wasserstrafse nicht geschaffen werden könnte.

Ähnlich wie in Nürnberg hätte auch in Bamberg die Lage einer Grofwasserstrafse mitten in der Stadt erhebliche Vorteile. Jedoch ist bei einem Vergleich beider Städte nicht außer acht zu lassen, daß ihre örtlichen Verhältnisse wesentliche Verschiedenheit zeigen. Zunächst hätte die neue Wasserstrafse durch Nürnberg hindurch ebenso wenig wie der Ludwig-Kanal zugleich als Flutkanal zu dienen. Sodann aber wäre in Bamberg, wo längs des Flutkanales das ebene Gelände in der Ausdehnung nicht besteht wie in Nürnberg, die Anlage von Stichkanälen zum Anschluß entfernt gelegener Orte nur mit hohen Kosten zur Ausführung zu bringen. Ein Bamberg mitten durchziehender Kanal könnte sonach dem Handel und der Industrie weitaus nicht in dem Maße dienstbar gemacht werden, wie dies in Nürnberg möglich wäre.

Es lag daher nahe, den Kanal außerhalb des engen Stadtgebietes auf das östlich und nördlich der Stadt gelegene, der Anlage einer Wasserstrafse und eines Hafens, sowie der Anlage von Fabriken günstige Gelände zu verlegen. Auch könnte, wie dies in der nachfolgenden Abhandlung über eine Grofwasserstrafse im Maintal näher ausgeführt ist, der Main oberhalb des Bischberger Wehres der Grofschiffahrt zugänglich gemacht und damit das nordwestlich der Stadt Bamberg zwischen Regnitz und Main gelegene Gelände dem vom Main herkommenden Verkehr unmittelbar erschlossen werden, ehe noch der neue Donau-Main-Kanal im Norden und Osten der Stadt besteht.

Die vom technischen Amt bei Bamberg und Erlangen gewählte Lage des Kanales geben Anlaß, besonders hervorzuheben, daß bei der Wahl der Linienführung nicht die Zeit zur Verfügung gestanden hat, in jedem Falle die lokalen, oft sehr verschiedenartigen Wünsche und Bedürfnisse in vollkommen erschöpfender Weise zu prüfen und diesen Wünschen und Bedürfnissen durch die Lage des Kanales nach Möglichkeit Rechnung zu tragen. Ortskundige mögen vielleicht an der gewählten Linie Anstoß nehmen. Doch wolle nicht übersehen werden, daß erst durch ein Detailprojekt und auch erst dann, wenn die örtlichen Verhältnisse, wie sie sich bis zur Zeit der Bauausführung entwickelt haben, in Rechnung gezogen werden können, eine gerechte Abwägung aller Einsprüche und Bedenken möglich ist. Ohne Zweifel wird sich späterhin bei eingehenderen Untersuchungen an manchen Orten die Notwendigkeit oder Zweckmäßigkeit ergeben, an der angenommenen Trace zu ändern, doch nicht in dem Maße, daß dadurch der Zweck des generellen Entwurfes, den Nachweis über die Möglichkeit und die Kosten der Bauausführung zu erbringen, in Frage gestellt werden wird.

Die Abmessungen des Längenschnittes des neuen Donau-Main-Kanales von Kelheim bis Bamberg enthält die Tabelle 1 im Anhang. Die wichtigsten Maße seien hier mitgeteilt.

Die Höhe des normalen Wasserspiegels der neuen Scheitelhaltung soll, wie schon angegeben, auf der gleichen Höhe wie diejenige des Ludwig-Kanales liegen, also auf . 417,7 m + N. N., ebenso wird die Höhe des Niederwassers der Donau bei Kelheim mit . . . 338,5 m + N. N. beibehalten und die Höhe des normalen Wasserspiegels der letzten im Maintal unterhalb Bamberg gelegenen Haltung gleich der Höhe des Oberwassers beim Bischberger Wehre gesetzt, das ist 230,9 m + N. N.

Sonach beträgt wie beim Ludwig-Kanal die Höhe des Abstieges von der Scheitelhaltung bis auf den Niederwasserstand der Donau bei Kelheim 79,2 m, der Abstieg in das Maintal bei Bamberg 186,8 m und die gesamte Höhe beider Abstiege zusammen 266,0 m.

Zur Überwindung dieser Höhe sind im Bauentwurf angenommen und zwar von der Scheitelhaltung aus nach der Donau 4 Stufen nach dem Main 14 » im ganzen sonach 18 Stufen einschliesslich einer Kammerschleuse bei der Mündung in die Donau mit 1,6 m Gefälle bei niedrigem Stand der Donau.

Die mittlere Höhe einer Stufe berechnet sich sonach zu 15,33 m.

Zwölf Stufen mit einem mittleren Gefälle von 6,05 m sind durch Kammerschleusen zu überwinden. Bei den sechs übrigen Stufen mit je 15,0, 20,0, 21,0, 28,0, 49,7 und 59,7 m Gefälle könnten mechanische Hebewerke zur Ausführung kommen.

Lässt man die Länge des Kanals von der Donau bis zur ersten Staustufe in Kelheim mit 200 m und ebenso von der 18. Staustufe bei Hallstadt am Main bis zum Beginn der Mainwasserstrasse mit 2 km aufser Betracht und nimmt man die Länge eines jeden Hebewerks nach der Richtung des Kanales, desgleichen die Länge einer jeden Kammerschleuse zu rund 100 m an, dann berechnet sich die mittlere Länge einer Haltung zu 10,2 km.

Die grösste Länge besitzt die Scheitelhaltung mit 48,4 km.

Das Mafs der mittleren Haltungslänge würde sich noch günstiger stellen, wenn auf der Kanalstrecke von der Längsbahn bei Worzeldorf bis in die Nähe von Fürth weniger Stufen vorhanden wären. Auf diesem fast gleichmäfsig abfallenden Gelände sind bei einer Länge des Kanales von 11,210 km sieben Kammerschleusen mit Gefällen von 3,0 bis zu 6,2 m vorgesehen.

Die Stufen Nr. 8 und Nr. 9 bei Maiach mit zusammen 12,2 m Gefälle liefsen sich wohl in eine einzige Stufe zusammenlegen. Im Entwurf geschah dies nicht, weil ein solches Gefälle für ein mechanisches Hebewerk zu niedrig erschien. An dieser Stelle ist so reichlich Wasser vorhanden, dafs die Kammerschleusen in der Regel ohne Verwendung der Sparbecken benutzbar sind. Was die übrigen fünf Kammerschleusen betrifft, so wird man im Stadtbezirk Nürnberg bestrebt sein müssen, den Kanal dem Gelände möglichst anzuschliefsen, so

nach hohe Dämme und tiefe Einschnitte zu vermeiden. Möglicherweise gelingt es einem Detailentwurf, die Anzahl der Stufen von Worzeldorf ab zu vermindern. Dafs gerade durch Nürnberg hindurch eine gröfsere Anzahl kürzerer Haltungen aufeinanderfolgt, dürfte deshalb weniger von Schaden sein, da doch in dieser Stadt die Mehrzahl der Schiffe Aufenthalt nehmen wird.

Fafst man das Ergebnis der voraus gemachten Angaben zusammen, so kann mit vollem Recht gesagt werden, dafs sich der Längenschnitt des neuen Donau-Main-Kanales günstig gestalten läfst. Selbst dann, wenn man mit Rücksicht auf die mit den mechanischen Hebewerken gewonnenen Erfahrungen veranlafst sein sollte, den Donau-Main-Kanal als reinen Schleusenkanal mit Schleusen bis zu etwa 10 m Gefälle auszubauen, wären nicht mehr als 33 Kammerschleusen erforderlich, also nicht ganz der dritte Teil der Anzahl derjenigen des Ludwig-Kanales. In diesem Falle würde die mittlere Länge der Haltungen immer noch 5,4 km betragen.

Kanal-Querschnitt. — Wie bereits hervorgehoben, dienten die Bauten der neuen Kanäle Norddeutschlands als Muster für die Ausarbeitung eines Entwurfes über einen neuen Donau-Main-Kanal. Dementsprechend wurde, wie am Dortmund-Ems-Kanal angenommen: die Wassertiefe des Kanales zu 2,5 m, die Breite der Sohle des Kanales zu . . . 18,0 m.

Bei einer zweimaligen Böschungsanlage berechnet sich sonach der nasse Querschnitt zu 57,5 qm 3,1 mal gröfser als derjenige des Ludwig-Kanales.

Unter dem Wasserspiegel und zwar in einer Tiefe von 80 cm ist beiderseits eine Berme von je 1 m Breite. Die Profilerweiterung durch die beiden Bermen wurde bei der Berechnung des nassen Querschnittes nicht berücksichtigt, da in der Regel die Bermen bewachsen und aufgelandet sind. Mit Einrechnung der Profilerweiterung beträgt die Breite des Wasserspiegels 30,0 m

Das Normalschiff mit 600 Tonnen Tragfähigkeit, also fünfmal gröfser als dasjenige des Ludwig-Kanales, hat eine Länge von 67 m, eine Breite, gemessen über die Schutzfelgen, von 8,2 m, so dafs zwei Schiffe bequem aneinander vorüberfahren können, sodann einen Tiefgang bei voller Ladung von 1,75 m und einen Querschnitt unter der Höhe des Wasserspiegels von 14,35 m.

Das Verhältnis zwischendem Schiffsquerschnitt und dem nassen Querschnitt des Kanales beträgt sonach wie 1:4 — ein Verhältnis, das schon Pechmann für den Ludwig-Kanal bestimmt hatte.

Der Kanalquerschnitt, wie er durch die obigen Zahlen bestimmt ist, soll aufserhalb der Hebewerke nur in zwei Fällen verschmälert werden. Der eine Fall besteht dort, wo der Kanal mittelst einer Brücke über ein Gewässer, über eine Strasse oder Eisenbahn geführt werden soll. Doch werden auch diese Kanalbrücken zweischiffig hergestellt.

Der rechteckige Querschnitt erhält eine Breite von 18,0 m, und eine Wassertiefe von 3,0 m,

wenn nicht ganz besondere Schwierigkeiten die Vergrößerung der normalen Wassertiefe im Kanal um 50 cm verhindern sollte. Eine grössere Tiefe in dem angenommenen Querschnitt wird im allgemeinen deshalb gewählt, damit der Schiffswiderstand nicht zu wesentlich über demjenigen im normalen Querschnitt ansteigt; sodann auch deshalb, damit einer Vertiefung des Kanales, wenn sie sich späterhin als wünschenswert erweisen sollte, die teureren Kunstbauten kein Hindernis bieten.

Eine Verschmälerung des Kanalquerschnittes tritt auch da ein, wo ein Sicherheitstor eingebaut wird.

Dasselbe erhält zwei Durchfahrtsöffnungen mit einer Breite von je 8,6 m und einer Wassertiefe von 3,0 m, so daß der Verkehr der Schiffe nur geringe Störung durch Verminderung der Fahrgeschwindigkeit beim Durchfahren eines Tores erleidet.

Alle Brücken über den Kanal sind projektiert mit einer lichten Weite zwischen den Widerlagern von 37,2 m und mit einer kleinsten Lichthöhe der Unterkante der Brücke über dem normalen Wasserstand, d. i. bei 2,5 m Wassertiefe im freien Kanal von 4,0 m. Durch eine einmalige Anlage der Kanalböschungen über den Bermen wird es möglich, beiderseits die Ziehwege noch mit 3 m Breite durchzuführen, ohne die obengenannte Gröfse des Normalquerschnittes zu verkleinern.

Über die Gestaltung des Kanalquerschnittes im einzelnen gibt die Darstellung auf Blatt III Aufschluß.

Die **Kammerschleusen** sind in ihren Ausmaßen so bestimmt, daß das Normalschiff von 67 m Länge und 8,2 m Breite bequem darin Platz finden kann.

Die Breite in den Toren und in den Kammern mißt 8,6 m, die Entfernung vom Klapptor im Oberhaupt bis zur Anschlagsschwelle des zweiflügeligen Tores im Unterhaupt 74,0 m, die Länge der Kammer 67,0 m, die Tiefe bei normalem Wasserstand 3,0 m.

Die Seitenmauern beim Unterhaupt sind so berechnet, daß noch eine Strafsenbrücke von 11 m lichter Weite darüber geführt werden könnte. Die dadurch verursachte Mehrlänge beträgt 9,0 m und die ganze Länge der Kammerschleuse 98,3 m.

Der Berechnung der Wassermenge für die Füllung der Kammern wurde eine mittlere Länge von 74,5 m zu Grunde gelegt, woraus sich der horizontale Querschnitt der mit Wasser gefüllten Kammer bestimmt zu 641 qm.

Die vorstehend angegebenen Abmessungen gehen hinsichtlich der kleinsten Wassertiefe im Kanal und hinsichtlich der Durchfahrtshöhe unter den Brücken über den im Jahre 1898 in Nürnberg gefaßten Beschlufs der III. Tagung des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt, welcher sich auf die Normalabmessungen der Kanäle und Kanalschiffe bezieht, hinaus, stimmen jedoch hinsichtlich der lichten Weite der Schleusen, sowie der nutz-

baren Kammerlänge damit überein. Der genannte Beschlufs lautet:

Der III. Verbandstag des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt beschließt: In Erwägung, daß die verschiedenartigen Wasserverhältnisse der Donau einerseits, der Oder, Elbe und des Mains andererseits, ferner die mannigfaltigen wirtschaftlichen Bedürfnisse Schiffskörper von verschiedenen Gröfsenverhältnissen bedingen, von der Feststellung eines Normal-Schiffstyps für die deutsch-österreichisch-ungarischen Wasserstraßen Abstand zu nehmen. Dagegen ist es im Interesse eines ungehinderten Verkehrs auf den Wasserstraßen der Verbandsländer notwendig, daß die geplanten, die Donau mit Oder, Elbe und Main verbindenden Kanäle

1. eine kleinste Wassertiefe von 2,0 m
2. eine geringste Durchfahrtshöhe unter den Brücken bei höchstem angespannten Kanalwasserstande von 3,75 m erhalten.

Um den Verkehr mit Schiffen von etwa 600 Tonnen Tragfähigkeit zu ermöglichen, sind den Schleusen folgende Abmessungen zu geben:

- a) kleinste Wassertiefe 2,5 m,
- b) lichte Weite der Schleusen 8,6 m,
- c) nutzbare Kammerlänge der Schleusen 67,0 m.

Diesem Beschlusse gegenüber, der wohl nicht mehr zu bedeuten hat, als die Bedürfnisse der heutigen Binnenschifffahrt im allgemeinen zu kennzeichnen, sei hervorgehoben, daß vor der endgültigen Ausarbeitung der Baupläne zu entscheiden sein wird, wie weit die im vorliegenden Entwurf angenommenen Ausmaße der Kammerschleusen der Gröfse der bis dahin vorhandenen Schiffsgefäße entsprechen. Dieselben werden so zu bestimmen sein, daß statt eines Normalschiffes auch mehrere kleinere Schiffe geschleust werden können. Die oben angegebene Gröfse der Kammerschleusen würde zur gleichzeitigen Aufnahme von zwei der größten Schiffe, wie sie zur Zeit den Ludwig-Kanal befahren, genügen. Wollte man die gleichzeitige Aufnahme von 4 solchen Schiffen ermöglichen, dann müßte die Kammer der Schleuse um 70 cm, also auf 9,30 m verbreitert werden, die Länge dagegen würde genügen. Möglicherweise wird man auch bei einer etwas größeren Länge und Breite der Kammer dazu kommen, ein drittes Tor zur Ersparung von Zeit und Wasser beim Durchschleusen einzelner kleinerer Schiffe vorzusehen.

Da bei allen Kammerschleusen die Kosten der Seitenmauern des Unterhauptes für eine Strafsenüberführung von 11 m Breite in Rechnung gestellt sind, das Bedürfnis zur Aufstellung einer Brücke und namentlich einer so breiten Brücke jedoch nur bei einzelnen Schleusen gegeben ist, so würden kleinere Änderungen in den für Lichtweite und nutzbare Länge angegebenen Maßen keine Erhöhung der berechneten Kosten verursachen. Was den Bedarf an Wasser zur Durchschleusung der Schiffe anlangt, so geht aus der nachfolgenden Abhandlung über die Wasserversorgung des Kanales hervor, daß dasselbe in genügender Menge zu beschaffen wäre, auch wenn die Schleusenkammern etwa um das oben angegebene Maß verbreitert werden würden.

Aus der Abhandlung über die Wasserversorgung ergibt sich ferner, daß es bei einem stärkeren Verkehr von etwa über 1 Mill. Tonnen Güter im Jahr mit Rücksicht auf die Kosten der Wasserversorgung am zweckmäßigsten wäre, die Gefällsstufen bei Beilngries, Ochenbruck und Worzeldorf mittels mechanischer Hebewerke zu überwinden. Bei den vorhandenen

Gefällen könnten nur solche auf geneigten Ebenen in Betracht kommen.

Die wichtigsten Abmessungen der **Schiffshebewerke auf geneigten Ebenen mit Gegengewichtsausgleichung**, deren Projektierung hauptsächlich durch den Direktions-Assessor Wöhrl geschehen ist, sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.¹⁾

Schiffshebewerk bei	Richtung der Ebene des Schiffshebewerks zur Richtung der Wasserstrasse	km der Wasserstrasse	Hubhöhe in m	Horizontale Länge der schiefen Ebenen in m	Neigung der schiefen Ebene in %	Im Untergrund zu erwarten
Beilngries	Querbahn	41,320	49,7	346	14,38	Untere Jura- und obere Doggerschichten.
Ochenbruck	Querbahn	89,720	59,7	317	18,80	Oberste Keuperschichten, Letten- und Burgsandstein.
Worzeldorf	Längsbahn	103,563 bis 104,030	28,0	467	6,00	Mittlere Keuperschichten, Blasensandstein.

Die Kosten für den Umbau des Ludwig-Kanales sind in den Tabellen 25, 26, 27 und 30 für die einzelnen Teilstrecken enthalten. Mit der Besprechung der Kosten an dieser Stelle wird dem Kapitel über die Wasserversorgung vorgegriffen, jedoch erschien es einfacher, diese Besprechung hier anzureihen.

Die Kosten betragen im ganzen für den Kanal von Kelheim bis Bamberg auf eine Länge von 177,5 km 130 Mill. Mk.

56,8% der gesamten Kosten entfallen auf die Herstellung des Kanales selbst samt seinen Durchlässen, Brücken, Einläufen, Ausläufen und Sicherheitstoren, ferner auf die Herstellung aller zur Anlage des Kanals nötigen Korrekturen an Flüssen, Strafsen und Eisenbahnen; es sind dies im ganzen

73 803 000 Mk.

Ferner sind im einzelnen erforderlich für die:

Kammerschleusen 11 602 000 »

drei Schiffshebewerke auf geneigter Ebene 14 640 000 »

Wasserversorgung, welche im nachfolgenden Kapitel behandelt werden wird 17 400 000 »

Einrichtungen für den Betrieb 1 001 000 »

Ausarbeitung des Detailentwurfes, Bauleitung und Bauführung, Unterhaltung der Bauanlagen während der Bauzeit, sodann Reserve für Unvorhergesehenes, nahezu 10% der Kosten der Bauarbeiten mit 118 446 000 Mk. 11 554 000 »

zusammen wie oben 130 000 000 Mk.

Das sind für jeden Kilometer Kanal 732 394 Mk.

In welchem bedeutendem Maße mit diesen Kosten die Leistungsfähigkeit der neuen Wasserstrasse gegenüber dem Ludwig-Kanal gesteigert werden kann, das kommt am besten durch den Vergleich der mittleren kilometrischen Kosten der beiden Wasserstrassen zum Ausdruck. Wie bereits angegeben, betragen dieselben

für den Ludwig-Kanal 159 071 Mk., das sind nur 21,6% der Kosten des neuen Kanales. Die gleichfalls hieher gehörigen Tabellen 31—35 geben eingehenden Aufschluß über den Umfang und die Kosten der wichtigsten Bauarbeiten. Im Zusammenhang mit den vorbezeichneten Tabellen läßt sich damit die Art der Kostenberechnung und die Zuverlässigkeit der Kostenangaben in sicherer Weise bestimmen.

Der im Besitz des Kgl. Ärars befindliche Grund und Boden des Ludwig-Kanales kann bei einem Umbau desselben zum großen Teil nicht benutzt werden. Mit Ausnahme des Besitzes im Altmühltal ist der nicht unmittelbar zu verwendende Grundbesitz im Kostenanschlag ohne Berücksichtigung geblieben. Der Ludwig-Kanal fällt mit seinen 177,645 km nur auf etwa 65 km mit der Trace des neuen Kanals zusammen. Rechnet man hiezu noch die Länge der kanalisierten Altmühl und Regnitz mit etwa 40 km, dann ergeben sich im ganzen 105 km, so daß als Rest noch 72,645 km verbleiben. Nimmt man die durchschnittliche Breite der im Eigentum des Kgl. Ärars befindlichen Grundflächen des Kanales mit 26 m an, so berechnet sich hiernach ein verwertbarer Besitz von 189 ha. Der Wert dieser Grundstücke kann als eine ausgiebige Baureserve betrachtet werden.

Schließlich sei noch bemerkt, daß auf Ansuchen des technischen Amtes das Eisenwerk (vorm. Nagel und Kaemp) A.-G. in Hamburg Pläne und Kostenanschlag über die elektrisch betriebene, maschinelle Betriebseinrichtung einer Kammerschleuse geliefert hat. Ebenso lieferten Pläne und Kostenanschläge über Schiffshebewerke auf geneigter Ebene die Maschinenfabrik Haniel und Lueg in Düsseldorf, sodann die Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals Breitfeld, Daněk & Comp. in Prag-Karolinenthal. Auch für diese wertvollen Arbeiten sei hier nochmals Dank gesagt.

¹⁾ Wöhrl. Studien, betreffend das Donau-Main-Kanalprojekt. Berlin 1900. Nr. LVIII der Verbandschriften des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt. Schiffshebewerke auf geneigter Bahn. Vortrag im Fränkisch-Oberpfälzischen Bezirksverein deutscher Ingenieure in Nürnberg am 22. März 1900.

IV. Die Wasserversorgung des projektierten

Donau-Main-Kanales

von Kelheim über Neumarkt und Nürnberg nach Bamberg.

Die geologische Beschaffenheit des Zuflusgebietes des Kanales mit Bezug auf die Wasserversorgung. — Das Gebiet, welches der Ludwig-Kanal von der Donau bei Kelheim bis zum Main bei Bamberg durchzieht und aus dem er sein Speisewasser erhält, gehört zum größten Teil dem Fränkischen Jura an, das kleinere Gebiet fällt der mittelfränkischen Keuperlandschaft zu.¹⁾ Der Fränkische Jura ist mit den drei Hauptgliedern, dem Weissen Jura, dem Dogger und Lias vertreten.

Eine besondere Eigentümlichkeit des Juragebirges besteht zunächst darin, daß sich oben auf den Bergplatten trichterartig vertiefte Erdlöcher, sog. Jühlen, meist nicht von beträchtlichem Umfange, in erstaunlicher Menge vorfinden, in denen das auf der Oberfläche zusammenlaufende Regenwasser sich sammelt und rasch auf die durchziehenden Gesteinsklüfte in die Tiefe versitzt. Die starke Zerklüftung der Gesteinschichten in Verbindung mit den zahlreich vorkommenden Taleinschnitten bewirken eine empfindliche Armut der Höhen an Wasser.

Eine weitere Eigentümlichkeit des Fränkischen Jura ist ferner das Vorkommen von ganz bestimmten Horizonten, auf denen sich die Gewässer ansammeln und als Quelle da und dort zum Vorschein kommen. Sieht man von den nur stellenweise im Innern des Kalkgebirges selbst entwickelten Quellenhorizonten ab, so findet sich der oberste regelmässig durchgehende Wasserhorizont an der Basis des mit unzähligen Rissen, Spalten und Klüften durchzogenen Weissen Jura, der 50—100 m Höhe mauerartig ansteigt. Über der wasserhaltenden Lage des grünlich-grauen Ornatentons tritt das Wasser in einzelnen, starken, in ihrer Ergiebig-

keit sehr gleichmäßigen, oft jedoch in zahlreichen, schwachen Quellen zutage und tränkt den mergeligen Boden der vorliegenden Terrassen der Doggerschichten. Dieselbe, dicht berast, ist wegen des Wasserreichtums unkultiviert, meist als Gänseweide benutzt. Dieser oberste und ergiebigste Wasserhorizont in der jurassischen Formation liegt etwa 100 m über dem Wasserspiegel der Scheitelhaltung des Kanales. Tief im Gebirge, wo der Wasserhorizont noch unter der Talsohle liegt und das Wasser unaufhaltsam versitzt, leiden nicht allein die Höhen, sondern meist auch die Täler an großer Wasserarmut. Nur da und dort, wo sich das Wasser in Klüften sammelt und zurückstaut, sprudelt dasselbe oft als starke Quelle zutage.

Ein zweiter Wasserhorizont liegt da, wo die Steilwand des gelben Eisensandsteins auf einem schwarzen, zähen Ton und Mergel aufruht, der sich durch Verwitterung in einen schweren, lettigen Boden zersetzt. Es ist dies der Opalinuston, der einen breiten, 30 bis 50 m mächtigen und sanft ansteigenden Gürtel um das höhere Gebirge schlingt. Da der Eisensandstein die atmosphärischen Niederschläge fast ungehindert durch sich hindurchläßt, so sammelt sich das Wasser auf dem unter ihm liegenden undurchlässigen Opalinuston und tritt hier in vielen, doch weniger starken Quellen zutage, welche sich in zahlreichen tiefen Gräben und Wasserrissen die Gehänge herabziehen, zum Teil auch nur durch Versumpfung des Geländes sich bemerkbar machen. Auch dieser mittlere Wasserhorizont ist noch über der Scheitelhaltung gelegen.

Der dritte Wasserhorizont, bereits unter der Höhe der Scheitelhaltung, findet sich an der Basis des Gebirges, da, wo der Lias auf der mit einer tonigen Decke überzogenen, obersten Sandsteinbank des Keupers aufruht. Doch sind die Quellen über diesem Horizont nicht häufig und nicht wasserreich.

Für die Wasserversorgung gleichfalls von Bedeutung sind, wie sich später ergeben wird, die weit ausgedehnten, verschiedenartig entstandenen Sandablagerungen im Gebiete des Kanales. In seinen Erläuterungen zu dem Blatte Neumarkt der geognostischen

¹⁾ Zur Darstellung der geologischen Verhältnisse sind benutzt:

Gümbel. Geognostischer Bericht über die Wasserversorgung von Nürnberg. Manuskript d. d. München, den 19. Mai 1873, welches das Stadtbauamt Nürnberg zur Benutzung gütigst überlassen hatte.

Gümbels Erläuterungen zu den Blättern der geognostischen Karte des Königreichs Bayern. Bamberg und Neumarkt, Blatt Nr. XIII und XIV. Cassel 1887 und 1888.

Dr. Seidel. Das Regnitztal von Fürth bis Bamberg. Erlangen 1901.

Karte des Königreichs Bayern spricht sich der Kgl. Oberbergdirektor Dr. von Gumbel in folgender Weise aus:¹⁾

Aus dem Hineinfließen der zum Teil aus der Fränkischen Keuperlandschaft kommenden Altmühlgewässer in das jüngere, höhere Gebirge und aus dem Durchbrechen desselben erklärt sich, daß vor den spaltenartigen Eintrittspunkten der Täler größere, stark verebnete und mit jüngsten Anschwemmungen angefüllte Buchten sich ausbreiten, welche zum Teil ganz den Charakter abgelassener und ausgetrockneter Seen an sich tragen. Am deutlichsten zeigt sich dies in der großen Verebnung zwischen Treuchtlingen und Weilsenburg. In ähnlicher Weise dehnt sich von Berching nordwärts bis etwa 6 km über Neumarkt hinaus eine große Sandbucht aus, in welcher der Buchberg den Charakter einer Insel, der Sulzbürg und Staufenberg den einer Halbinsel an sich tragen.

Zwei Kilometer südlich von Neumarkt quert die Wasserscheide zwischen Donau und Rhein diese Sandbucht, welche die Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales von Süden nach Norden durchzieht.

Aber auch sonst im Gebiete des Kanals finden sich weit ausgedehnte Sandablagerungen.²⁾ So in den Tälern der Regnitz und ihrer zahlreichen Zuflüsse, weit in das Keuper- wie in das Juragebiet hineinreichend. Diese Ablagerungen sind verursacht durch Gewässer, welche zur Diluvialzeit meist noch auf höherem Niveau, also in noch nicht bis zur jetzigen Tiefe eingeschnittenen Talfurchen abgeflossen sind. Sie bilden auch meist über Hochflut liegende Talterrassen und sind keine Absätze eines großen zusammenhängenden Wasserbeckens.

Solche Sandablagerungen finden sich hauptsächlich bei Bamberg im Hauptmoor, bei Erlangen und in ganz besonders weiter Ausdehnung bei Fürth und Nürnberg, in oft dünenähnlichen, welligen Hügeln, oder als weite, ebene Flächen hoch angehäuft. Bei den beiden letztgenannten Orten reichen sie einerseits bis Schwabach, Wendelstein und Feucht, andererseits in das Tal der Pegnitz bis gegen Lauf und in das Tal des Röttenbaches gegen Altdorf, abgesehen von zahlreichen kleineren Ausläufen in den einzelnen Talfurchen.

Dieser lockere, unfruchtbare Sand verschuldet eine große Dürftigkeit der Vegetation. Die ebenen, meist nur kümmerlich bewaldeten Bezirke heben sich grell ab gegen die benachbarten Hügel und Bergländer des Keupers und Frankenjura.

Die Beobachtungen über die Niederschläge im Gebiete des Kanales. — Die oft wüstenartige Trockenheit in den ausgedehnten Sandablagerungen längs des Kanales, die Wasserarmut auf den Hochflächen und in den Tälern des Juragebirges führten zu der Annahme, daß im ganzen Gebiet des Kanales auch das Maß der meteorischen Niederschläge ein außerordentlich geringes sei. Der Glaube an eine Niederschlagsarmut wurde zudem bestärkt durch die Ergebnisse der in Nähe des Kanales seit einer längeren Reihe von Jahren

bestehenden meteorologischen Stationen. Es erhielt sich daher auch hartnäckig die Meinung, daß ein moderner Schiffahrtskanal noch weniger wie der Ludwig-Kanal mit Wasser genügend versorgt werden könnte, trotzdem von berufener Seite oft dagegen gesprochen wurde, wie dies auch Professor Dr. S. Günther auf der ersten Tagung des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt getan hat.¹⁾

Bei der Neuorganisation des meteorologischen Dienstes im Königreich Bayern im Jahre 1879 wurden von seiten der Zentralbehörde in München drei Stationen längs des Kanales eingerichtet und zwar in Nürnberg, Erlangen und Bamberg 315, bzw. 281 und 288 m + N. N. gelegen. Also nur Stationen im Tal, auf der Höhe des Fränkischen Jura wurden keine Beobachtungen angestellt. Im Jahre 1897 hat die Zentralstation München drei weitere Stationen im Gebiet des Ludwig-Kanales errichtet und zwar in Berneck (465 m) im oberen Tale der hier mitten im Jura fließenden Pegnitz, sodann in Ursprung (375 m) und in Krämersweiher (355 m) beide im südlichen, bereits dem Keuper angehörigen Gebiete der Pegnitz.

Eine größere Anzahl Stationen zur Beobachtung der Niederschläge in den bayerischen Flußgebieten hat sodann das im Oktober 1898 neu gegründete Kgl. Hydrotechnische Bureau in München eingerichtet, von denen zur Beurteilung der Niederschlagsverhältnisse im Gebiet des Kanales die nachstehend verzeichneten Stationen die wichtigsten sind: Königsfeld (448 m) und Gölsweinstein (495 m), im Gebiet der Wiesent, sodann Pfeffertshofen (553 m) im Gebiet der Donau, jedoch zunächst der Donau-Main-Wasserscheide und Dafswang (521 m) im Gebiet der Deininger Laber.

Vor dem Jahre 1879 wurden in Bayern nur an wenigen Orten regelmäßige, meteorologische Beobachtungen angestellt und zwar teils von Privaten, teils von einzelnen Staatsbehörden zur Verfolgung besonderer wissenschaftlicher Aufgaben. So hatte die Kgl. forstliche Versuchsstation auf Anregung des Professors Dr. Ebermeyer eine größere Anzahl Stationen in Bayern eingerichtet, von denen eine in der Nähe des Ludwig-Kanales bei Altenfurth (325 m) im Nürnberger Reichswald gelegen war und von 1868—1883 beobachtet wurde. Die Niederschlagsbeobachtungen dieser Station enthält die Tabelle 11 im Anhang nach gütiger Mitteilung der Kgl. forstlichen Versuchsstation München. Ferner wurden bei Neumarkt nächst der Scheitelhaltung auf einer Höhe von etwa 420 m über dem Meere von dem Kgl. Kanal-Ingenieur Vestner die Höhe der Niederschläge in den 7 Jahren 1868 mit 1874 gemessen.

Alle übrigen, vor dem Jahre 1879 beobachteten Stationen liegen zu weit ab, als daß ihre Beobachtungen zur Bestimmung der Niederschlagshöhen im Gebiete des Kanales verwertet werden könnten. Nur für allgemeine Betrachtungen über den Witterungscharakter dieser Gegend können die Beobachtungen der Station Bayreuth herangezogen werden, welche sich mit einigen wenigen Lücken auf die 21 Jahre 1814—1834, sodann auf die 28 Jahre 1851—1878 beziehen, und welche nach einer Veröffentlichung in dem Jahrbuch 1879 der meteorologischen Zentralstation München in den Tabellen 8 und 9 wiedergegeben sind.

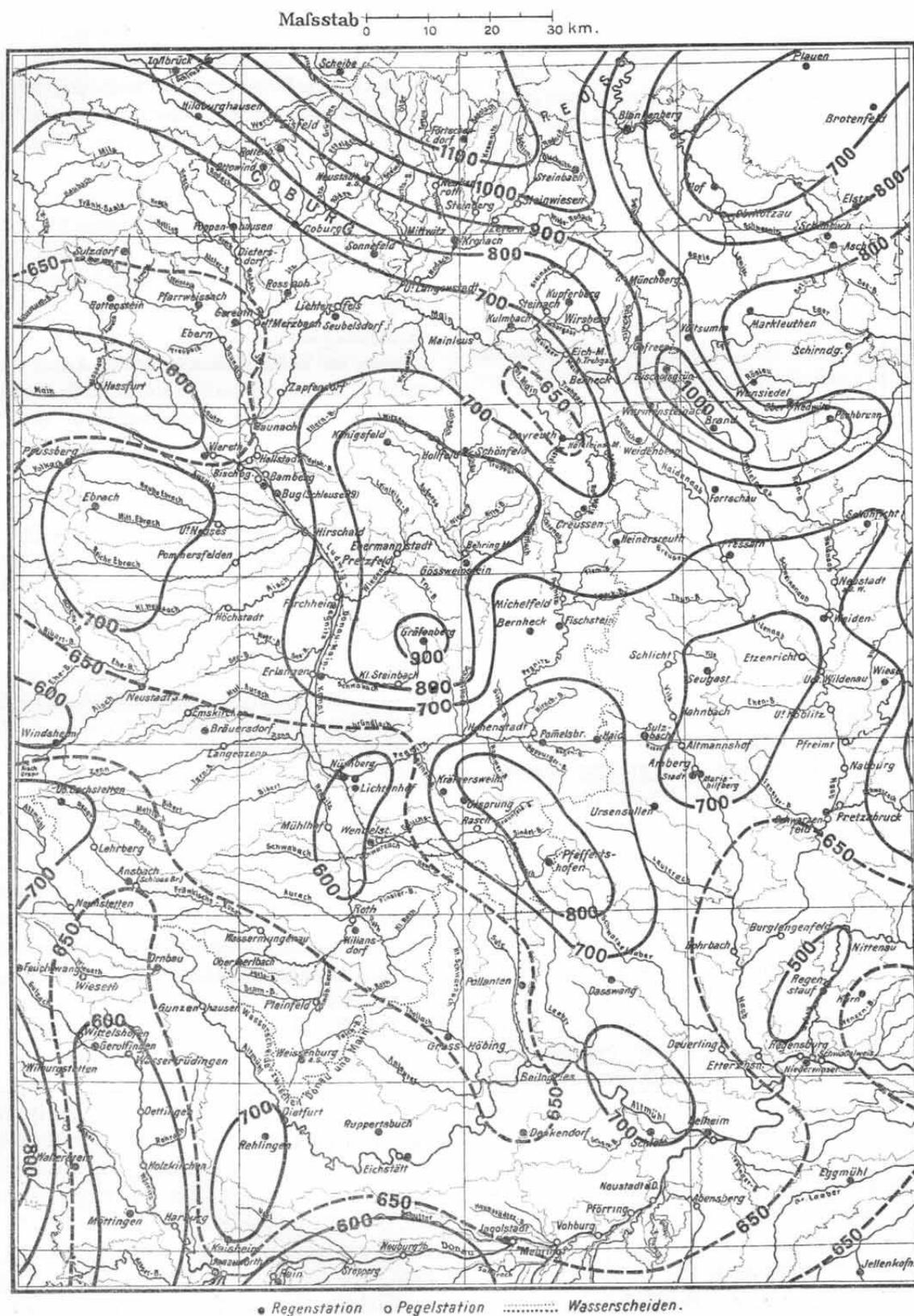
¹⁾ Erläuterungen zum Blatte Neumarkt 1888. S. 3 u. 4.

²⁾ Gumbel. Erläuterungen zum Blatte Bamberg der geognostischen Karte des Königreiches Bayern. 1887. S. 39 u. 40.

¹⁾ Das Donau-Main-Kanalprojekt. Geognostische Gesichtspunkte. Verbandsschrift Nr. III. Berlin 1897. S. 7—17.

Mittlere jährliche Verteilung der Niederschläge im Gebiete des Ludwig-Kanales nach den Beobachtungen in den drei Jahren 1899 mit 1901.

Die Verteilung der Niederschläge ist dargestellt durch Kurven gleicher Höhe in Millimetern nach einer Veröffentlichung im Jahrbuche 1901 des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus in München.



Die Monats- und Jahressummen der Niederschläge, wie sie an der meteorologischen Station im allgemeinen städtischen Krankenhause in Nürnberg in den 22 Jahren 1879/1900 gemessen wurden, enthält die Tabelle 10 im Anhang. Danach berechnet sich der mittlere jährliche Niederschlag für Nürnberg zu 606,1 mm Höhe und verbleibt damit 50—60 mm unter dem für das ganze Maingebiet seither angenommenen Mittelwert, der annähernd auch der mittleren jährlichen Regenhöhe für ganz Deutschland entspricht.

Größere Niederschläge als in Nürnberg wurden in Altenfurth und in Neumarkt gemessen, wie nachfolgende, vergleichende Zusammenstellung der Jahressummen der Niederschläge bei diesen Stationen angibt.

Jahr der Beobachtung	Jahressummen der Niederschlagshöhen in mm an den Stationen		
	Nürnberg 315 m + N.N.	Altenfurth 325 m + N.N.	Neumarkt 420 m + N.N.
1868	—	669,8	1065
69	—	692,7	1058
70	—	725,7	1105
71	—	624,3	995
72	—	703,9	900
73	—	642,3	1025
74	—	611,1	725
75	—	762,6	—
76	—	646,5	—
77	—	759,3	—
78	—	750,2	—
79	686,7	612,7	—
1880	664,6	768,5	—
81	646,7	654,5	—
82	790,9	863,3	—
83	509,5	636,2	—
Mittel 1868/74	—	667,1	981,8
Mittel 1879/83	659,7	707,0	—

Allerdings bleibt es fraglich, ob die Niederschläge bei Neumarkt wirklich um so viel größer gewesen sind als an den beiden anderen Orten, da die Art der Messung in Neumarkt nicht bekannt ist. Doch können nach neueren Beobachtungen an diesem Ort wesentlich höhere Niederschläge als für Nürnberg und Altenfurth angenommen werden.

Ein richtiges Bild über die Verteilung der Niederschläge im Gebiete des Kanales konnte erst mit Hilfe der vom Kgl. Hydrotechnischen Bureau in München eingerichteten Stationen gewonnen werden. Die in der Tabelle 12 im Anhang angegebenen Summen der jährlichen Niederschläge an den hier maßgebenden Stationen für die 3 Jahre 1899, 1900 und 1901 zeigen, wie wenig zutreffend die Niederschlagsverhältnisse allein nach den Beobachtungen der Stationen Nürnberg, Fürth und Bamberg früher zu beurteilen waren. Ebenso ergibt sich dies aus der Darstellung auf Seite 23, welche dem Jahrbuch 1901 des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus entnommen ist.

Im allgemeinen ergeben die Beobachtungen, daß Pollanten, Berneck, Nürnberg und Bamberg, gelegen in Tälern oder Talebenen, deren Richtung der Hauptsache nach von Norden nach Süden verläuft, wesent-

lich geringere Niederschläge aufweisen als die Stationen auf den Höhen des Fränkischen Jura. Ferner zeigen die Beobachtungen der Nürnberg benachbarten Stationen Krämersweiher und Ursprung, daß sich das Gebiet, in dem die jährlichen Jahressummen der Niederschläge unter 500 mm herabgehen, keine große Ausdehnung besitzt, eine Tatsache, die sich schon aus den Beobachtungen bei Altenfurth erkennen liefs.

Diese Erscheinungen sind bedingt durch die herrschende Windrichtung und durch die Bodengestalt des Maingebietes. Über die verhältnismäßig niedrige Wasserscheide im Südwesten des Gebietes finden die Regenwinde fast ungehinderten Eingang, stoßen dann zunächst auf die Frankenhöhe und den Steigerwald, in deren Regenschatten Nürnberg und Bamberg gelegen sind, und im weiteren Lauf auf den über dem Fränkischen Becken verhältnismäßig schroff ansteigenden Jura, wo die Regenwolken durch abermaliges Ansteigen zu reichlicher Abgabe ihres Wassergehaltes gezwungen werden.

Die Beziehung zwischen der Menge der Niederschläge und der Oberflächengestalt eines Landes erscheint besonders auffallend in dem seit alters her gefürchteten Wetterwinkel auf der rechten Talseite der Regnitz von der Wiesent bis zum Bamberger Talbecken. Während der Höhenzug des linken, die Regnitz begleitenden Talrandes, als letzter Ausläufer des Steigerwaldes flach verläuft, stellt sich den aus Westen niedrig ziehenden Gewitterwolken nach dem Überschreiten des Regnitztales die Steilmauer des Jura besonders schroff entgegen, 250—300 m über die Talsohle emporragend. Die in diese Mauer eingegrabenen Talschluchten bilden die Wolkenfänger für die aus Westen kommenden Gewitter und veranlassen eine oft plötzliche Entleerung der gestauten Wolkenmassen.

Geringer sind wieder die Niederschläge in dem Maintal zwischen einerseits dem Fränkischen Jura, andererseits dem Thüringer Wald, dem Frankenwald und dem Fichtelgebirge, ein zweites niederschlagsarmes Gebiet im Regenschatten des Jura. Erst an den Gehängen der Randgebirge des Maingebietes nehmen die Niederschläge wieder in starkem Maße zu.

Nach den in den letzten Jahren vorgenommenen Beobachtungen steht fest, daß die für die Wasserversorgung des Kanales wichtige Fränkische Alp einen jährlichen Niederschlag aufweist, der zum Teil wesentlich über 700 mm Höhe hinausgeht, also über ein Maß hinaus, welches von der mittleren Regenhöhe im übrigen Maingebiet und auch von derjenigen Deutschlands nicht erreicht wird. Das Flufsgebiet, das der Ludwig-Kanal durchzieht, kann sonach durchaus nicht zu den niederschlagsarmen Gegenden gerechnet werden.

Die Beobachtungen über die Speisewasserzuflüsse zum Ludwig-Kanal. — An den größeren Zuflüssen, welche in den Ludwig-Kanal von Berching bis in die Nähe von Bamberg, das ist von der 24. bis in die 98. Haltung, eingeleitet sind, hat das Kgl. Kanalamt Nürnberg eine Reihe von Jahren hindurch die Wassertiefe bei bestimmten Stellen in sorgfältiger Weise beobachten lassen. Von diesen Beobachtungen wurde für jeden Zufluß allwöchentlich das mittlere Maß der Tiefe aufgeschrieben. Die Namen der beobachteten Zuflüsse sind in der Tabelle 13 angegeben.

Die vorliegenden Aufzeichnungen, welche das Kgl. Kanalamt Nürnberg dem technischen Amt für seine Studien zur Verfügung gestellt hat, beginnen mit dem 1. Januar 1857 und wurden mit einigen kürzeren Unterbrechungen bis zum 21. April 1879 fortgesetzt. Nach dieser Zeit fehlen die Aufzeichnungen über die Zuflüsse von der Scheitelhaltung ab nach Bamberg zu. Die der übrigen Zuflüsse sind in den Jahren 1879 bis zum Januar 1884 vielfach lückenhaft, und vom Januar 1884 bis zum 20. Februar 1892 wurden nur noch die drei in die Scheitelhaltung einmündenden Leitgräben — der Schwarzach-Leitgraben, der Hausheimer und Kettenbacher Leitgräben — beobachtet und ebenso der gegenüber Neumarkt auf der Westseite der Scheitelhaltung einmündende »linkseitige« Woffenbach.¹⁾

Zur Bestimmung des Verhaltens der in obengenannter Tabelle angegebenen Speisewasser-Zuflüsse stehen die Beobachtungen von 17 Jahren vollständig zur Verfügung, dagegen für den linkseitigen Woffenbach, sowie für die voraus bezeichneten drei Leitgräben sogar von 26 Jahren. Mit Sicherheit läßt sich sonach annehmen, daß die Dauer der Beobachtung zur Bestimmung des Verhaltens der Speisewasserzuflüsse ausreichend groß ist.

Die Bestimmung der Wassermenge in den regelmäßig geformten Rinnen geschah nach der jeweils gemessenen Wassertiefe mit Zuhilfenahme bestimmter Formeln. Für die drei Leitgräben zur obersten Haltung dienten die bekannten Formeln

$$v = c \sqrt{\frac{F}{u} \cdot \frac{h}{e}} \text{ und } Q = v \cdot F,$$

wobei, wie bekannt:

v die mittlere Wassergeschwindigkeit im Querschnitt F ,

u der benetzte Umfang,

h das Gefälle des Wasserspiegels auf die Länge e ,

c ein Erfahrungswert und

Q die sekundlich abfließende Wassermenge.

Bis zum 1. Juli 1872 geschahen die Aufzeichnungen nach dem bayerischen Fußmafs. Dabei hatte der Koeffizient c nach dem Vorgang von Eitelwein für jeden Querschnitt und für jedes Gefälle den gleichen Wert 97,717 und für Metermafs umgerechnet den Wert 52,8.

¹⁾ Bestimmt nach der Richtung Kelheim-Bamberg.

Vom 1. Juli 1872 ab, mit der Einführung des Metermafses, bestimmte man den Wert des Koeffizienten aus der Gleichung $c = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}}$, wobei g die Beschleunigung der Schwere bedeutet, und γ einen Erfahrungswert, der mit der Tiefe des Querschnittes, also mit wachsendem Profilradius $R = \frac{F}{u}$, abnimmt, und sich zwischen den Grenzen 0,009 und 0,008 bewegt. Die Grenzwerte für c berechnen sich hieraus zu 46,7 und 49,5.

Die Aufzeichnungen vor dem 1. Juli 1872 geben sonach die sekundlichen Wassermengen in den drei Leitgräben der Scheitelhaltung bei gleicher Wassertiefe durchwegs größer an, als die Aufzeichnungen nach dem genannten Zeitpunkt und zwar bei der kleinsten vorkommenden Wassertiefe um etwa 12%, bei der größten noch um etwa 7%. Die vom 1. Juli 1872 ab angewendete Formel schließt sich mehr den Ergebnissen der neueren Forschungen über die Bewegung des Wassers in offenen Gerinnen an, ergibt jedoch noch immer zu große Werte gegenüber der Wirklichkeit.

Nach den in den Jahren 1899, 1900 und 1901 von seiten des technischen Amtes wiederholt vorgenommenen Messungen der größten Oberflächengeschwindigkeit in bestimmten Strecken der Leitgräben und mit Zuhilfenahme der neueren Formel für die Beziehungen zwischen der Größe der Oberflächengeschwindigkeit und der mittleren Geschwindigkeit in einem Flußquerschnitt wurden die den Wassertiefen entsprechenden Wassermengen für die einzelnen Leitgräben berechnet. Außerdem wurden im Jahre 1902 im Schwarzach-Leitgraben, dem größten unter den drei Leitgräben der Scheitelhaltung, bei verschiedenen Wasserständen, Messungen mit einem kleinen hydro-metrischen Flügel, welcher von dem Kgl. Strafsen- und Flußbauamt Ingolstadt gütigst zur Verfügung gestellt worden war, vorgenommen. Diese Messungen ergaben die Richtigkeit der mittelst Schwimmermessungen bestimmten Wassermengen.

Die folgende Tabelle enthält eine vergleichende Zusammenstellung der Beziehungen zwischen Wassertiefe und Wassermenge und zwar nach den kanalamtlichen Pegelbüchern, sowie nach den Messungen des technischen Amtes.

Wassertiefe im Leitgraben in em	Sekundliche Wassermenge in Litern								
	im Schwarzach-Leitgraben			im Hausheimer Leitgraben			im Kettenbacher Leitgraben		
	Nach den kanalamtlichen Pegelbüchern		Nach den Messungen des technischen Amtes	Nach den kanalamtlichen Pegelbüchern		Nach den Messungen des technischen Amtes	Nach den kanalamtlichen Pegelbüchern		Nach den Messungen des technischen Amtes
	Vor dem 1. Juli 1872	Nach dem 1. Juli 1872		Vor dem 1. Juli 1872	Nach dem 1. Juli 1872		Vor dem 1. Juli 1872	Nach dem 1. Juli 1872	
10	27	23	17	24	20	7	33	30	22
20	75	68	52	69	62	24	99	90	73
30	149	132	100	138	124	56	189	175	140
40	236	215	158	225	206	106	301	283	229
50	351	317	229	340	309	181	444	417	336
60	480	438	316	476	439	283	611	580	470
70	636	580	418	670	654	405	812	780	648
80	791	744	543						
90	1014	935	706						
100	1241	1197	890						

Bei der Beurteilung der Wasserführung in den Leitgräben ist zu berücksichtigen, daß diese Gräben nur zeitweise geräumt werden. In der Regel sind auch die Böschungen über der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes mit Gras bewachsen. Sonach wird im allgemeinen die Kurve der Wassermenge der einzelnen Leitgräben nach oben hin steiler verlaufen, als sich nach den üblichen Formeln ergibt.

Die sekundlichen Wassermengen der Zuflüsse zum Kanal mit Ausnahme der vorgenannten drei Leitgräben wurden bestimmt nach der gleichfalls bekannten Formel:

$$Q = \frac{2}{3} \alpha \cdot b \cdot h \sqrt{h},$$

oder nach neuerer Schreibweise: bei freiem Überfalle:

$$Q = \frac{2}{3} u \cdot b \cdot h \sqrt{2gh},$$

und für den Einlaß der Regnitz:

$$Q = u \cdot b \cdot a \sqrt{2gh}.$$

Für den linkseitigen Woffenbach mit einer Sohlenbreite von 5,84 m und ebenso für den Schlangengbach mit 2,92 m Sohlenbreite nahm man den Koeffizienten α , berechnet für das Metermaß und bei freiem Überfall zu 4,281 m an und also $\frac{2}{3}u = 0,65$. Wenn man berücksichtigt, daß die Geschwindigkeit des in verhältnismäßig breiter und oft tief laufender Rinne ankommenden Wassers nicht in Rechnung gezogen wurde, dann dürfte dieser Koeffizient nicht als zu groß angesehen werden. Bei allen übrigen Zuflüssen, welche mit freiem Überfall in den Kanal münden, wurde zur Bestimmung der Wassermengen für das Jahr 1857 und teilweise noch für das Jahr 1858 $\alpha = 3,838$ gesetzt. Nach neuerer Schreibweise berechnet sich hieraus $\frac{2}{3}u = 0,58$. Da man alsbald gefunden hatte, daß sich mit diesem Koeffizienten für die schmäleren Flußrinnen zu große Wassermengen ergeben, so nahm man seit dem Jahr 1858 α zu 2,8015 an, sonach $\frac{2}{3}u = 0,42$, also einen Wert, der sicher zu keiner Überschätzung der Wassermengen geführt hat.

Der Zulauf der Regnitz in den Kanal befindet sich nächst unterhalb der Schleuse Nr. 90 bei Erlangen. Die Sohle dieses Einlaufes liegt 29 cm über der Sohle des Kanales, ist 1,75 m breit, ebenso hoch und mittelst einer Schütze verschließbar. Die Höhe des normalen Wasserstandes in der Haltung 91 liegt 1,29 m über der Sohle des Einlaufes. Zur Berechnung der aus der Regnitz zufließenden Wassermenge wurde der Wert des Koeffizienten α in obiger Formel zu 3,838 angenommen, so daß die Gleichung besteht: $\frac{2}{3} \cdot 3,838 = u \sqrt{2g}$ und hieraus $u = 0,58$, ein Wert, der nach heutiger Annahme eher zu klein als zu groß erscheint.

Entsprechend dem Ergebnis der Prüfung der kanalamtlichen Aufschreibungen über die Wasserführung der Zuflüsse zum Kanal wurden die Angaben über die Wassermengen in den drei Leitgräben der Scheitelhaltung, also in dem Schwarzach-Leitgraben, dem Hausheimer und dem Kettenbacher Leitgraben nach Maßgabe der in den Jahren 1899 bis 1901 in diesen Leitgräben vorgenommenen Messungen verkleinert, dagegen die Angaben über die Wasserführung in den übrigen Zuflüssen vom Jahre 1858 an unverändert angenommen. Bei diesem Vorgehen ist eine Überschätzung der dem Kanal zufließenden Wassermenge vollständig ausgeschlossen.

Der jährliche Zufluß zum Ludwig-Kanal von der 24. bis zur 98. Haltung betrug nach der

Tabelle 16 in den 17 Jahren der Beobachtungsperiode 1860 mit 1878: 1109 Litern in der Sekunde und schwankt zwischen 1401 im Jahre 1878 und 852 Sek.-Liter im Jahre 1865. Ebenso wie das Jahr 1865, verblieben die Jahre 1863, 1864 und 1866 in ihrer Wasserlieferung unter dem Mittelwert und treten daher sehr auffallend in der Beobachtungsreihe hervor.

Betrachtet man die Beobachtungsreihe für den linkseitigen Woffenbach und für die drei Leitgräben der Scheitelhaltung, welche in der Tabelle 14 enthalten sind, und welche sich über 26 vollständig beobachtete Jahre hinaus erstrecken, so findet sich, daß in dieser längeren Periode keine so außergewöhnliche Wasserarmut, wie in den Jahren 1864 und 1865 geherrscht hat. Das Jahr 1878 erscheint als das wasserreichste der ganzen Periode, während das Jahr 1875 als ein mittelnasses Jahr bezeichnet werden kann.

Nahezu die Hälfte der mittleren jährlichen Wassermenge liefern die Zuflüsse zur Scheitelhaltung mit 505 Sek.-Litern. Im Jahre 1878 betrug der Zufluß nach dieser Haltung mit 817 Sek.-Litern 58% der gesamten Lieferung, dagegen im Jahre 1865 mit 307 Sek.-Litern nur 22%.

Der Grund zu diesem Verhalten der extremen Werte liegt darin, daß bei stärkerer Wasserzufuhr in die Scheitelhaltung eingelassen wird, was nach dem jeweiligen Stand der Wasserspiegelhöhe in der Haltung zulässig ist, und daß also von dort her nach beiden Seiten hin in stärkerem Maße die unteren Haltungen gespeist werden. Bei genügender Wasserführung wird daher die Sulz nicht eingeleitet, die Regnitz zum Teil oder auch ganz ausgeschaltet, und ebenso wird mit anderen Zuflüssen unterhalb der Scheitelhaltung verfahren.

Was die Sulz anlangt, so wurde beim Bau des Kanales mit den Besitzern der an diesem Flusse gelegenen Mühlen vereinbart, daß sie für die Wasserversorgung während 24 Stunden zusammen eine Entschädigung von 60 fl erhalten sollten. Von dieser Abmachung ist jedoch bis zum Jahre 1858 kein Gebrauch gemacht worden. Nachdem sodann im Frühjahr 1858 Wassermangel eingetreten und die sekundliche Wassermenge der Sulz damals zu 325 Sek.-Liter bestimmt worden war, wurde im Mai 1858 ein neues Abkommen getroffen. Es handelte sich damals um 11 Mühlenbesitzer, wobei die gesamte Entschädigung für die Einleitung der Sulz während 24 Stunden zu 71 fl = 100 Mk bestimmt wurde, jedoch schwankend nach dem jeweiligen Preise des Kornes. Die Einleitung durfte nur zweimal in der Woche erfolgen, auch mußten die Müller 48 Stunden vor der Anzapfung der Sulz verständigt werden. Im Jahre 1865 wurden — auf 365 Tage berechnet — durchschnittlich 39 Sek.-Liter aus der Sulz eingelassen. Bei der Umständlichkeit und Kostspieligkeit des Verfahrens und in Anbetracht der verhältnismäßig geringen Wassermenge, welche die Sulz gerade zu trockener Zeit lieferte, entnahm man der Sulz viele Monate lang kein Wasser und hat sie in den letzten Jahren ganz aufgegeben.

Die Regnitz führte in 17 Jahren aus der Beobachtungsperiode von 1860 mit 1878 jährlich im Mittel 409 Sek.-Liter dem Kanal zu, wie sich dies aus der Tabelle 15 ergibt. Diese Wassermenge samt dem Zufluß zur Scheitelhaltung beträgt sonach 82% des gesamten

mittleren Jahreszuflusses. In dem wasserreichen Jahre 1878, in dem eine stärkere Speisung aus den übrigen Zuflüssen erfolgte, betrug der mittlere Zufluss aus der Regnitz 315 Sek.-Liter, dagegen in den wasserarmen Jahren 1864 und 1865: 406 bzw. 390 Liter.

Das Abschätzen der einzelnen Jahre hinsichtlich ihres Wasserreichtums nach der gesamten Lieferung der Speisewasser-Zuflüsse ist nur ganz im allgemeinen zulässig, da die Wasserlieferung zum Ludwig-Kanal, wie sie sich nach den Aufzeichnungen des Kgl. Kanal-amtes ergibt, nur ein Teil derjenigen Wassermenge ist, welche einzuleiten das Kanalamt das Recht hat, abgesehen von einzelnen kleineren Zuflüssen mit nur wenigen Sek.-Litern, die nicht regelmässig beobachtet wurden. Die meisten Zuflüsse sind derart eingerichtet, daß sie oberhalb der Messungsstelle vom Kanal abzuleiten sind, was bei stärkerem Wasserzulauf mehr oder weniger geschieht. Um daher über den tatsächlichen Wasserreichtum Anhaltspunkte zu gewinnen, soll der jahreszeitliche Verlauf der Wasserführung zunächst an einem Zufluss betrachtet werden, der keinen Flutablaß besitzt und dessen Beobachtungen daher ein Bild über seine gesamte Wasserlieferung ergibt.

Am geeignetsten hierzu ist der linkseitige Woffenbach mit einem Niederschlagsgebiet von 9 qkm. Der Einmündung des Woffenbaches gegenüber, im östlichen, rechtseitigen Kanaldamm, befindet sich eine Schleuse, welche zur Regulierung der Wasserspiegelhöhe im Kanale dient.

Die auf Seite 28 folgende graphische Darstellung der Wasserführung des linkseitigen Woffenbaches für die 5 Jahre 1862/1866 läßt zunächst erkennen, daß in den einzelnen Jahren der Woffenbach auf längere Zeit versiegte. Nach den Angaben der Tabelle 17 war dies während 6 Wochen im August und September 1863 der Fall und ebenso fast während der ganzen Zeit vom Juni ab bis Ende Oktober 1865. In der kalten Jahreszeit versiegte der Woffenbach nur ein einziges Mal und zwar in der letzten Dezemberwoche des Jahres 1864. Dagegen traten die höheren Wasserstände vorwiegend nur im Winter und Frühjahr auf.

Im Mittel der 5 Jahre erreichte der Woffenbach in der letzten Woche des Januars seine stärkste Wasserlieferung mit 272 Sek.-Litern, während die mittlere jährliche Abflussmenge in den 5 Jahren 58 Sek.-Liter beträgt. Vom Januar ab ging die Wasserführung zurück, steigerte sich nochmals im März und April, ebenso, wenn auch in geringerem Maße, im Juni und Juli und betrug im Oktober nur noch 7 Sek.-Liter. Allmählich nahm die Wassermenge bis zum Dezember wieder zu, um sich sodann rasch auf den bereits angegebenen Höchststand im Januar zu erheben.

Der jahreszeitliche Verlauf der Abflussmenge im Woffenbach ist nach der Darstellung auf Seite 28 im allgemeinen derselbe, wie ihn alle aus dem Mittelgebirge, aus dem Hügel- und Flachlande kommenden Flüsse zeigen. In diesen Gebieten beherrscht die Temperatur den Gang der Wasserführung in den offenen Gerinnen durch ihren Einfluß auf den Grad der Aufnahmefähigkeit und Durchlässigkeit des Bodens. Je niedriger die Temperatur, je geringer also die Verdunstung und je stärker die Frostwirkung, desto günstiger gestalten sich die Bedingungen

für den oberirdischen Abfluß. Die Wasserführung und Temperatur zeigen deshalb in ihrem mittleren, jahreszeitlichen Gang entgegengesetztes Verhalten.¹⁾

Die Abhängigkeit der oberirdisch zum Abfluß kommenden Wassermenge von dem Einfluß der Temperatur ist ein so überwiegender, daß im Sommer nur bei aufsergewöhnlich starkem Regen höhere Anschwellungen in den offenen Gerinnen auftreten, daß dagegen im Winter bei geringen wässerigen Niederschlägen die Wasserläufe hoch anschwellen können.

Im allgemeinen zeigt auch der jahreszeitliche Verlauf der Niederschläge für das in Rede stehende Gebiet ein dem Verlauf der Wasserführung nahezu entgegengesetztes Verhalten. Die kleinsten Niederschläge erfolgen in der Regel in den Monaten Januar oder Februar, die stärksten dagegen in den Monaten Juni oder Juli. So beträgt nach den Beobachtungen der meteorologischen Station Nürnberg im städtischen Krankenhaus (vergl. Tabelle 10) die kleinste mittlere monatliche Niederschlagsmenge der 22 Jahre 1879/1900: 32,0 mm im Februar und die größte mittlere Menge 76,38 mm im Monat Juli, das sind 5,3 bzw. 12,6% des mittleren jährlichen Niederschlages mit 606,1 mm.

Betrachtet man gegenüber dem Woffenbach den Verlauf der Wasserführung im Schwarzach-Leitgraben gleichfalls für den Zeitabschnitt 1862/1866, wie sie auf Seite 29 dargestellt ist, dann fällt zunächst ins Auge, daß die Wasserführung im Schwarzach-Leitgraben bei fast gleicher Bewegung wie der Woffenbach wesentlich geringere Unterschiede in ihren Extremen aufweist, als sie nach dem Verhalten des letztgenannten Baches zu erwarten sind.

Der Schwarzach-Leitgraben beginnt beim Ausgang des Pilsachtales etwa 5 km östlich von Neumarkt. Das Niederschlagsgebiet beträgt an dieser Stelle 33 qkm. Der gesamte Abfluß aus dem Tal vereinigt sich in einem tiefen Gerinne, aus dem einerseits der Leitgraben, andererseits ein Flutgraben zur vorderen Schwarzach abzweigt, welchen Namen das Flüschen nächst unterhalb des hier befindlichen Schleusenhauses führt.

Die Beobachtungen, welche das Kgl. Kanalamt vom Jahre 1857 ab, am Schwarzach-Leitgraben hat vornehmen lassen, geschahen 1 km von der Abzweigestelle entfernt an der Brücke bei Labersricht. Das Abflußgebiet umfaßt hier durch Zuwachs auf der linken Seite des Leitgrabens 39 qkm. Der größte Zufluß zwischen dem Schleusenhaus und dem Pegel bei Labersricht ist der Ottersauerbach mit einem 5,7 qkm großen Niederschlagsgebiet, welcher ebenfalls abgeleitet werden kann. Auch befindet sich zwischen dem Einlauf des Ottersauerbaches und dem Pegel bei Labersricht ein Überlauf zur Sicherheit bei rasch ansteigendem Wasser, so daß das am Pegel bei Labersricht gemessene Wasser oft nur ein Teil der bei der Schleuse und vom Ottersauerbach her in den Leitgraben eingelaufene Wassermenge ist.

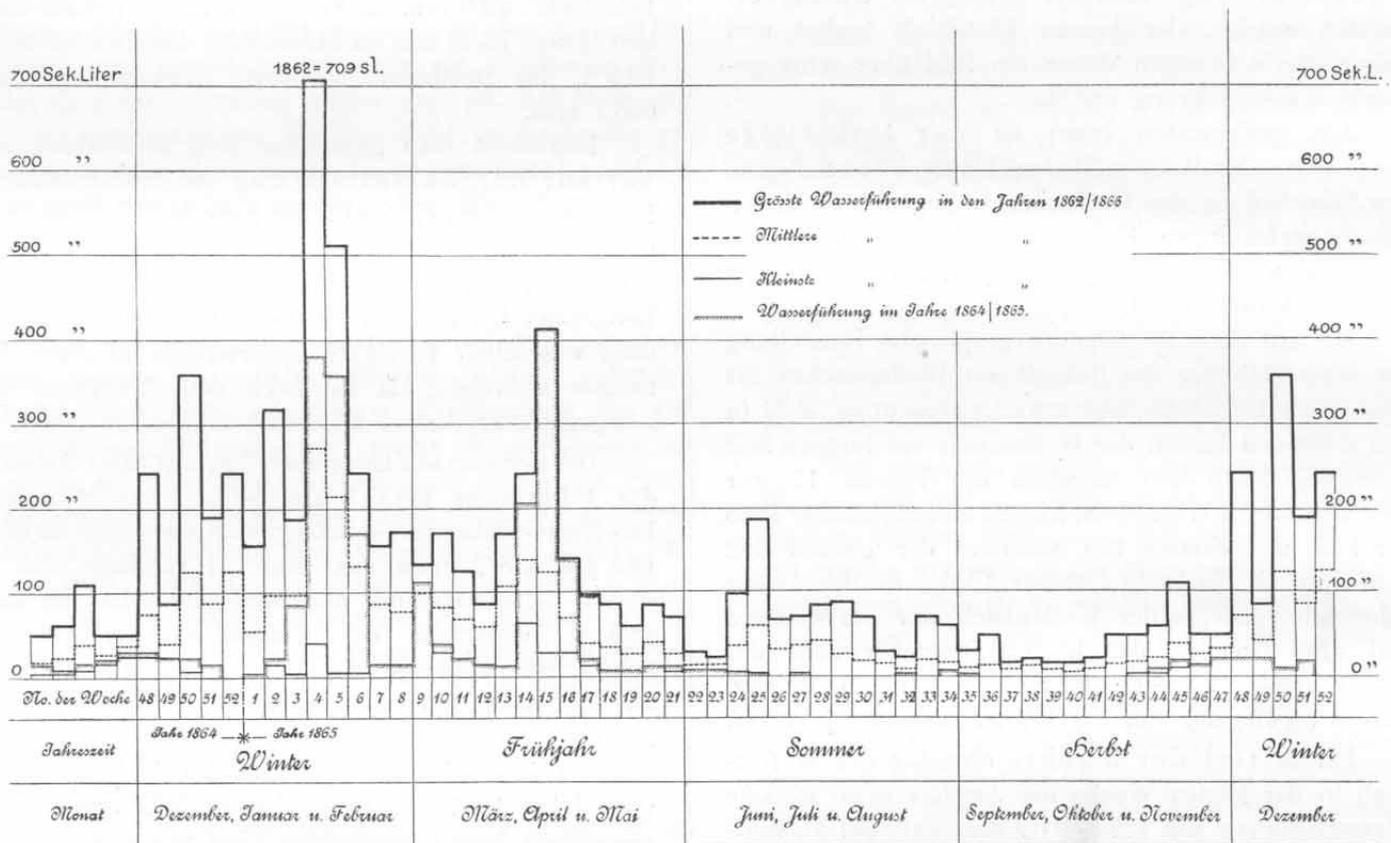
Um darüber Anhaltspunkte zu gewinnen, wieviel Wasser in den einzelnen Flußgebieten wohl zum

¹⁾ Faber. Über die Wasserstandsbewegung der offen fließenden Gewässer in ihrer Abhängigkeit von Boden und Klima. Zeitschrift Gaea 1890, S. 208.

Mittlere Wasserführung des linkseitigen Woffenbaches nach der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales

in Sekunden-Litern für jede Woche der fünf Jahre 1862—1866.

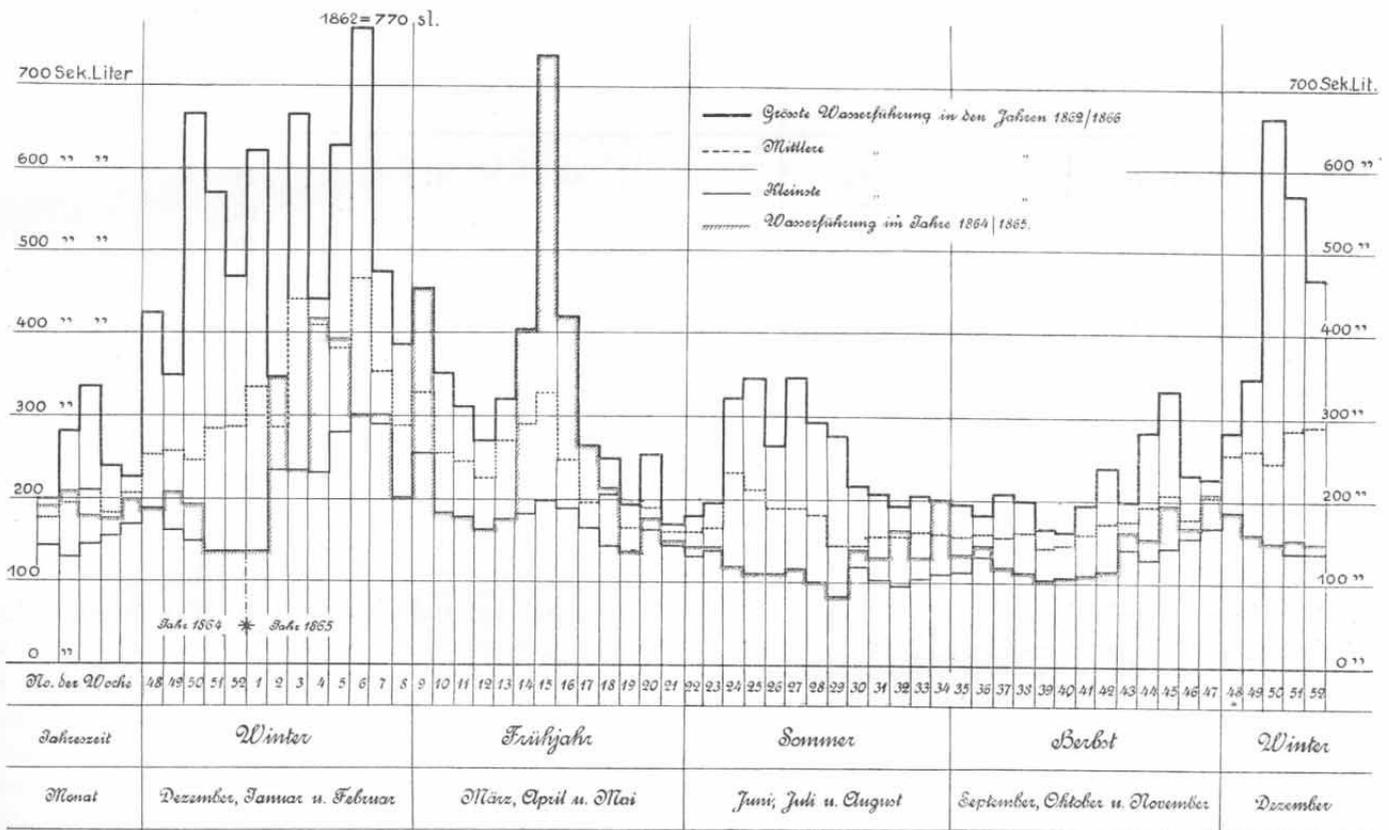
Größe des Niederschlagsgebietes 9 qkm.



Bemerkung: Die in vorstehender Zeichnung eingetragenen Werte enthält die Tabelle 17 im Anhang.

Mittlere Wasserführung des Schwarzach-Leitgrabens
nach der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales
in Sekunden-Litern für jede Woche der fünf Jahre 1862—1866.

Größe des Niederschlagsgebietes 39 qkm.



Bemerkung: Die in vorstehender Zeichnung eingetragenen Werte enthält die Tabelle 18 im Anhang.

Abfluß gekommen sein mag, dienen folgende Betrachtungen. Nach den in neuerer Zeit angestellten meteorologischen Beobachtungen ist die Annahme zulässig, daß das höher ansteigende, den Westwinden entgegen gelegene Gebiet der Pilsach stärker überregnet ist als das Gebiet des Woffenbaches. Hinsichtlich der geologischen Beschaffenheit der beiden Flußgebiete liegt ein Hauptunterschied darin, daß das Gebiet der Pilsach in seinem oberen Teile durchlässiger ist, als das Gebiet des linkseitigen Woffenbaches, während die unteren Gebietsteile sich gerade entgegengesetzt verhalten. Wie weit nun wieder die Einwirkung der größeren Durchlässigkeit im oberen Pilsachgebiet auf die Verminderung des oberirdischen Abflusses durch das stärkere Gefälle gegenüber dem Gebiet des Woffenbaches abgeschwächt wird, ist schwer zu bestimmen.

noch das mittelnasse Jahr 1875, sodann das wasserreiche Jahr 1878 aufgenommen sind.

Dafs mit der Benutzung der vorstehenden Zahlen eine Überschätzung der Wasserführung in der Pilsach tatsächlich ausgeschlossen ist, bestätigen einzelne Bemerkungen in den kanalamtlichen Pegelbüchern. So wird angegeben, daß im Januar 1862 wegen Hochwassers der Pilsach die beiden Schützen im Flutgraben zur vorderen Schwarzach 8 Tage lang geöffnet, und daß in der gleichen Zeit der Ottersauerbach abgeleitet war. Das gleiche ist für den Ottersauerbach auch im Jahre 1865 wiederholt angegeben.

Um weitere Anhaltspunkte über den Abfluß aus dem Pilsachtale zu gewinnen, hat auf Ansuchen des technischen Amtes das Kgl. Kanalamt genehmigt, daß im Schleusenhaus beim Beginn des

Jahr der Beobachtung	Linkseitiger Woffenbach mit einem Niederschlagsgebiet von 9 qkm		Abfluß in Sekunden-Litern bei Labersricht, Niederschlagsgebiet 39 qkm			Mittlerer jährlicher Abfluß im Schwarzach-Leitgraben in Prozenten zum gesamten mittleren jährlichen Abfluß für das 39 qkm große Niederschlagsgebiet bei Labersricht
	Mittlerer Abfluß in Sekunden-Litern		Mittlerer jährlicher Abfluß im Schwarzach-Leitgraben	Gesamter mittlerer Abfluß für das 39 qkm große Niederschlagsgebiet, berechnet nach Abfluß im Woffenbach mit Zuschlag von 84 Sekunden-Litern		
	im Jahr	pro 1 qkm		im Jahr	pro 1 qkm	
1862	85	9,4	243	451	11,6	54
1863	66	7,3	241	369	9,5	65
1864	40	4,4	237	256	6,6	93
1865	44	4,9	199	275	7,1	72
1866	55	6,1	234	322	8,3	73
im Mittel	58	6,4	231	335	8,6	69
1875 mittelnasses Jahr	89	9,9	304	470	12,1	65
1878 wasserreiches Jahr	261	29,0	421	1215	31,2	35

Jedoch lassen vergleichende Beobachtungen über das Verhalten der Gewässer erkennen, daß die Pilsach und auch der Ottersauerbach jedenfalls nachhaltiger durch Quellwasser gespeist werden, als der Woffenbach, daß dagegen, wie schon angegeben, der Woffenbach in seinem unteren Lauf beträchtliche Wassermengen verliert. Im allgemeinen ist daher die Annahme zulässig, daß der Abfluß, gerechnet auf 1 qkm des Gebietes, in der Pilsach größer sein muß, als im Woffenbach.

Die kleinste an der Pegelstelle bei Labersricht bestimmte Wassermenge betrug 84 Sek.-Liter in der Zeit vom 15. bis 21. Juli 1865, d. s. 2,2 Sek.-Liter für jeden Quadratkilometer. Diese Angabe gilt für eine Zeit, in der alle Zuflüsse aus dem 39 qkm großen Niederschlagsgebiet dem Schwarzach-Leitgraben zugeleitet und der Woffenbach vollständig versiegt war. Die gesamte Wassermenge, welche aus dem 39 qkm großen Gebiet in den einzelnen Jahren abgeführt wurde, wird nun sicher nicht überschätzt werden, wenn man die Wassermenge für jeden Quadratkilometer dieses Gebietes um 2,2 Sek.-Liter höher ansetzt, als sich durch die Messungen für jeden Quadratkilometer des Gebietes des linkseitigen Woffenbaches ergibt.

Nach dieser Annahme berechnet sich obige Zusammenstellung, in der neben den 5 Jahren 1862/1866

Schwarzach-Leitgrabens täglich die Wassertiefe im Leitgraben gemessen und ebenso angegeben wurde, wie hoch jedesmal die Schützen in dem Flutgraben gezogen waren. Aus diesen Messungen konnte die Wasser-Verteilung und also auch die gesamte Wassermenge aus dem Pilsachtale bestimmt werden. Das Ergebnis ist für die 3 Jahre 1899, 1900 und 1901 folgendes:

Jahr der Beobachtung	Mittlerer jährlicher Abfluß in Sekunden-Litern aus dem Pilsachtale mit einem Niederschlagsgebiet von 33 qkm, gemessen im Schleusenhaus beim Beginn des Schwarzach-Leitgrabens				Mittlerer jährlicher Abfluß im Schwarzach-Leitgraben in Prozenten zum gesamten mittleren jährlichen Abfluß aus dem Pilsachtale beim Schleusenhaus
	Mittlerer jährlicher Zufluß nach dem Schwarzach-Leitgraben	Mittlerer jährlicher Abfluß im Flutgraben (vordere Schwarzach)	Gesamter mittlerer Abfluß		
			im Jahr	für jeden qkm	
1899	245	16	261	7,9	94
1900	276	139	415	12,6	67
1901	293	65	358	10,8	82

Nach vorstehenden Messungen im Schleusenhaus ist der Abfluß in dem Schwarzach-Leitgraben gegenüber dem gesamten Abfluß aus dem Pilsachgebiet ein größerer, als er für den Abfluß bei Labersricht mit nur 69% im Mittel der 5 Jahre 1862/1866 berechnet worden ist. Bereits angegebene Gründe — die Ableitung des Ottersauerbaches und der Überfall

Darstellung

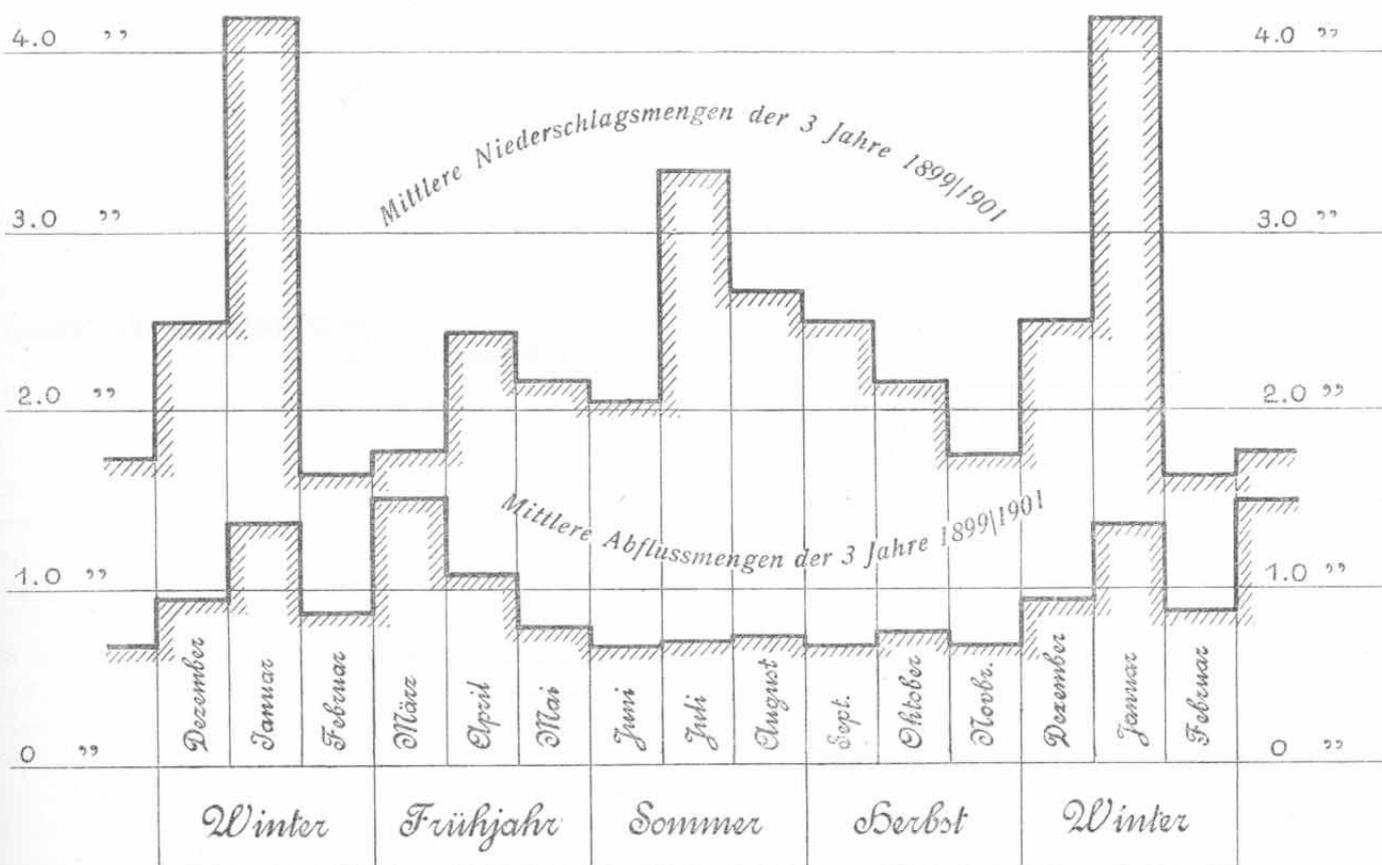
der monatlichen Abflussmengen aus dem 33 qkm großen Gebiet der Pilsach,
nach den Messungen im Schleusenhaus des Schwarzach-Leitgrabens,

sowie

der monatlichen Niederschlagsmengen
nach den Beobachtungen der Station Pfeffertshofen 553 m + N. N.
und zwar in beiden Fällen gemittelt aus den Beobachtungen
der drei Jahre 1899, 1900 und 1901.

5.0 Mill. cbm.

5.0 Mill. cbm.



Bemerkung. Die in vorstehender Zeichnung eingetragenen Werte enthält die Tabelle 20 im Anhang.

oberhalb des Pegels bei Labersricht — erklären diesen Unterschied und lassen die kleineren Verhältniszahlen für die Jahre 1862/1866 richtig erscheinen.

In vorstehender Zeichnung ist der jahreszeitliche Verlauf der Abflussmenge aus dem Pilsachtale dargestellt. Dazu ist aufgetragen die Niederschlagsmenge, berechnet nach den Beobachtungen der Station Pfeffertshofen 553 m + N. N. Diese Station liegt im Gebiet der Schwarzen Laber, jedoch nahe dem östlichen Rand des Gebietes der Pilsach und also auch an der Grenze der Donau-Main-Wasserscheide. Die Beobachtungen der hoch gelegenen Station Pfeffertshofen ergeben gröfsere Niederschläge, als sie durchschnittlich im ganzen Gebiet der Pilsach gefallen sind. Dagegen lassen diese Beobachtungen den Gang der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschlagsmenge für das Gebiet der Pilsach im allgemeinen erkennen.

Auch aus dieser Darstellung ersieht man, dafs der oberirdische Abfluss in den Sommermonaten gegenüber der Menge des Niederschlages wesentlich geringer ist, als im Winter. Nach der Tabelle 20 beträgt derselbe im Mittel in den Jahren 1899/1901 im März 84%, dagegen im Juli nur 21% der Regenmenge.

Bestimmt man nach den vom Kgl. Hydrotechnischen Bureau in München herausgegebenen Karten über die Verteilung der Niederschläge im Königreich Bayern die Menge der Niederschläge, welche in den Jahren 1899, 1900 und 1901 durchschnittlich im Gebiet der Pilsach niedergegangen sind, dann ergibt sich der jährliche Abflusskoeffizient, wie er in nachstehender Tabelle angegeben ist.

Jahr	Niederschläge in dem 33 qkm großen Gebiet der Pilsach		Abfluss in der Pilsach nach den Messungen im Schleusenhaus beim Schwarzach-Leitgraben		Abflussmenge in Prozenten der Niederschlagsmenge
	Mittlere jährliche Niederschlagshöhe in mm	Niederschlagsmenge in Mill. cbm	Mittlerer Abfluss im Jahr in Sek.-Lit.	Abflussmenge in Mill. cbm	
1899	750	24,75	261	8,23	33
1900	900	29,70	415	13,09	44
1901	920	30,36	358	11,29	37

Nach vorstehenden Angaben sind sonach im Jahre 1899, welches im ganzen Maingebiet als ein niederschlagsarmes Jahr bekannt ist, 33% der Regenmenge im Gebiet der Pilsach oberirdisch zum Abfluss gekommen.

Der Nachlafs in der oberirdischen Wasserführung von der kalten zur warmen Jahreszeit macht sich in trockenen Jahren für den Schiffahrtsbetrieb auf dem Ludwig-Kanal unangenehm fühlbar. So war nach den vom Kgl. Kanalamt angestellten Beobachtungen an dem Pegel der Scheitelhaltung bei Neumarkt im Jahr 1864 und zwar

im Monat	ein Wasserstand von	im Monat	ein Wasserstand von
März . . .	1,81 m	August . .	1,52 m
April . . .	1,75 »	September .	1,20 »
Mai . . .	1,61 »	Oktober . .	1,20 »
Juni . . .	1,58 »	November .	1,49 »
Juli . . .	1,63 »	Dezember .	1,75 »

Demnach im September und Oktober 0,26 m unter dem normalen Pegelstand mit 1,46 m, wobei bemerkt wird, dafs der jeweilige Pegelstand die Tiefe im Kanal angibt, und dafs der Wasserstand in der Scheitelhaltung 2,04 m am Pegel betragen soll, in der Regel jedoch nicht höher als bis auf 1,90 m am Pegel gestaut wird.

Noch ungünstiger für die Scheitelhaltung verlief das Jahr 1865. Der Wasserstand am Pegel bei Neumarkt fiel von 1,75 m anfangs April bis auf 0,88 m anfangs Juli, dann noch weiter bis auf 0,67 m zu Anfang Oktober und stieg dann im November und Dezember wieder auf seine normale Höhe mit 1,46 m Pegel. Am schlimmsten stand es in den Haltungen 34—63, in denen im Jahre 1865 vom April bis Mitte Oktober der Wasserstand von 1,46 m bis auf 0,50 m stetig gefallen war. Diese, wenn auch im minderen Mafse, in vielen Jahren wiederkehrende Erscheinung trug gleichfalls wesentlich dazu bei, den Donau-Main-Kanal allgemein in Verruf zu bringen und den Glauben zu erwecken, dafs das Gebiet des Donau-Main-Kanales wasserarm sei.

Nach den Messungen über den Abfluss der Pilsach im Schleusenhaus in den drei Jahren 1899—1901 ergibt sich ferner noch, dafs in diesen Jahren kein geringerer Abfluss gefunden wurde, als er für den Schwarzach-Leitgraben bei Labersricht und für die Jahre 1864 und 1865 in der Tabelle auf Seite 30 angegeben ist.

Der kleinste mittlere jährliche Abfluss aus dem Tale der Pilsach betrug 7,9 Sek.-Liter für jeden Quadratkilometer im Jahre 1899, gegenüber 6,6 und 7,1 Sek.-Liter in den Jahren 1864 bzw. 1865 bei Labersricht.

Der kleinste sekundliche Abfluss wurde mit 158 Litern am 24. Juli und nochmals am 7. August 1899 beobachtet, das sind 4,8 Sek.-Liter für jeden Quadratkilometer, während dieser Abflufs bei Labersricht im Juli 1865, wie schon angegeben, 2,2 Sek.-Liter für die Flächeneinheit betragen hat.

Nach den Beobachtungen über die Speisewasserzuflüsse zum Ludwig-Kanal kann die Trockenperiode in den 60er Jahren als eine aufsergewöhnliche Erscheinung betrachtet werden. Zur weiteren Sicherstellung dieser wichtigen Tatsache werden in folgendem einige Ergebnisse meteorologischer Beobachtungen herangezogen.

In der Zahlenreihe der Tabelle 10, welche die Jahressummen der Niederschläge der Station Nürnberg für die 22 Jahre 1879 mit 1900 angibt, fallen besonders zwei sehr niedrige Werte auf. Es sind diejenigen der Jahre 1887 und 1899 mit 419,7 bzw. 414,5 mm Niederschlagshöhe, das sind 68 bis 69% der mittleren jährlichen Höhe mit 606,1 mm. Hervorgehoben zu werden verdient, dafs das Jahr 1899, in dem auch der Abfluss in der Pilsach gemessen wurde, nach der 22-jährigen Nürnberger Beobachtungsreihe den geringsten Niederschlag aufweist, und dafs dieses Jahr nach den übrigen Beobachtungen im Gebiete des Kanales überhaupt arm an Niederschlägen gewesen ist.

Bemerkenswert ist, dafs gerade die Jahre mit aufsergewöhnlich geringen Niederschlägen, wie 1887 und 1899, nach der Nürnberger Beobachtungsreihe ziemlich isoliert stehen. Das trockene Jahr 1887 fällt

zwischen zwei Jahre hinein, deren Niederschläge wesentlich über die mittlere Höhe ansteigen. Dem Jahre 1899 voraus geht ein Jahr mit 543,4 mm Niederschlag, doch sind auch die beiden Jahre 1898 und 1899 von solchen eingeschlossen, die mehr als das mittlere Maß aufweisen. Außerdem sei noch darauf hingewiesen, daß nie mehr als drei Jahre aufeinanderfolgen, deren Niederschläge unter der mittleren Höhe der 22 Jahre geblieben sind. Es handelt sich dabei um die Jahre 1883, 1884 und 1885, sodann um die Jahre 1891, 1892 und 1893.

Zur Bestimmung der Häufigkeit und der Tiefe der Depressionen in den Werten der jährlichen Niederschlagshöhen ist es zulässig, auch die Beobachtungen der dem Ludwig-Kanal entfernter gelegenen Station Bayreuth aus den Jahren 1814 bis 1834 und wieder aus den Jahren 1852 bis 1878 heranzuziehen, da bekanntermassen die Witterung im ganzen Maingebiet in den einzelnen Jahreszeiten ähnlichen Charakter zeigt. Die ältere Beobachtungsreihe 1814—1834 weist zwar im allgemeinen wesentlich geringere Niederschläge auf als diejenige der jüngeren Reihe, doch können die Beobachtungen der beiden Reihen je unter sich als gleichwertig angenommen werden.¹⁾

In beiden Beobachtungsreihen (vergl. Tabelle 8 und 9) folgen sich nur in derjenigen für die Periode 1852 bis 1878 6 Jahre nacheinander, deren Regenhöhen das mittlere Maß nicht erreichten, und zwar sind dies die 6 Jahre 1855 mit 1860. Der kleinste Jahresniederschlag fällt auf das Jahr 1857 mit 464,8 mm, während schon wieder 666,5 mm im Jahre 1856 und 656,3 mm im Jahre 1858 gemessen wurden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Beobachtungen der 4 Jahre 1863 mit 1866 lückenhaft sind, daß die vorhandenen Beobachtungen der Jahre 1863, 1864 und 1865 in Übereinstimmung mit den Messungen des Kgl. Kanalammtes großen Mangel an Niederschlägen erkennen lassen, und daß sonach ohne Zweifel die mittlere jährliche Niederschlagshöhe mit 752,08 mm über der wahren Höhe gelegen ist. So betrug der Niederschlag:

im Januar 1864	12,0 mm
» Oktober 1864	15,3 »
» Dezember 1864	0,9 »
» September 1865	9,0 »
» Dezember 1865	6,3 »

während im Durchschnitt der Jahre 1852/1878 das Mittel sich berechnet:

für den Januar	zu 50,98 mm
» » September	» 52,15 »
» » Oktober	» 57,30 »
» » Dezember	» 59,11 »

Der geringste Niederschlag in der älteren Beobachtungsreihe ist für das Jahr 1832 mit 362,5 mm Höhe angegeben. Dieser Wert steht weit unter dem Mittel mit 564,9 mm und ebenso noch unter dem zweiten Tiefstand der Reihe mit 414,5 mm im Jahre 1820. Dagegen erheben sich der Wert des 1832 vorausgehenden und ebenso derjenige des nachfolgenden Jahres mit 789,2 bzw. 644,2 mm bedeutend über den Mittelwert.

¹⁾ 1. Jahrbuch der meteorologischen Zentralstation München 1879, S. 176.

Nach den in Betracht gezogenen Beobachtungsreihen über die jährlichen Niederschlagshöhen der Stationen Nürnberg und Bayreuth kann im allgemeinen gesagt werden, daß je tiefer eine Depression in der Reihe, desto kürzer ihre Dauer ist. Und wenn auch der jahreszeitliche Gang von Niederschlag und Wasserabfluß keinen parallelen Verlauf zeigt, so kann doch mit Rücksicht auf die längere Dauer der Beobachtungen sicher erkannt werden, daß eine Wasserarmut, wie sie Mitte der 60er Jahre geherrscht hat, von Beginn der Beobachtungen des Kanalammtes über die Speisewasser-Zuflüsse des Ludwig-Kanales, d. i. vom Jahre 1858 ab, bis heute, also seit 44 Jahren, nicht wieder eingetreten ist. Es besteht sonach volle Sicherheit, wenn das Maß der Wasserlieferung, welches in dieser aufsergewöhnlichen Trockenperiode beobachtet worden ist, der Berechnung derjenigen Wassermenge, auf welche mit Bestimmtheit für die Speisung des projektierten Donau-Main-Kanales gerechnet werden kann, zu Grunde gelegt wird.

Der Wasserbedarf für Kanal- und Schiffahrtzwecke.

Der Wasserbedarf für einen Schiffahrtskanal infolge der Verdunstung und Versickerung wird sehr verschieden angegeben, doch läßt sich mit Sicherheit eine obere Grenze für die Größe dieses Wasserbedarfes bestimmen. In der 1899 erschienenen Denkschrift über den Entwurf eines Rhein-Elbe-Kanals gibt Prüsmann¹⁾ an, daß sich bei den praktischen Versuchen am Dortmund-Ems-Kanal in gedichteten Dammstrecken bei Olfen im Sommer ein Verlust von 2—5 Liter für eine Sekunde und für einen Kilometer ergeben hat.

Schulte²⁾ gibt an, daß nach den bis 1900 vorliegenden Erfahrungen am Dortmund-Ems-Kanal, welcher im Jahre 1899 dem Verkehr übergeben wurde, für das Verdunstungs- und Versickerungswasser je nach der Jahreszeit und dem Untergrund, insbesondere auch mit Rücksicht darauf, ob sämtliche Strecken, in denen der Wasserspiegel über dem Grundwasser liegt und der Untergrund sandig ist, gedichtet sind oder nicht, 7—10 Liter in der Sekunde für den Kilometer anzunehmen sind.

Nach dem Wasserverbrauch bei französischen und belgischen Kanälen hat Prüsmann für den Mittelkanal unter Berücksichtigung der etwas größeren Abmessungen hergeleitet, daß für die sekundliche Versickerung und Verdunstung eines Kilometers Kanal im Sommer höchstens 16 Liter bei dem breiten Hauptkanal und den zweischiffigen Zweigkanälen, dagegen 12 Liter bei den einschiffigen Zweigkanälen zu rechnen sind, und er erkennt in seiner Denkschrift an, daß diese Mengen reichlich groß erscheinen. Der tägliche Höhenverlust würde 45 mm betragen.

Die Richtigkeit dieser Anschauung bestätigen die neueren Erfahrungen. Es ist danach ausreichend, wenn bei dem neuen Donau-Main-Kanal der bezeichnete

¹⁾ Prüsmann, Kgl. Wasserbau-Inspektor. Denkschrift über den Entwurf eines Rhein-Elbe-Kanals. Auf Grund der Vorarbeiten aufgestellt. Berlin, 1. Januar 1899. Wasserbedarf für Kanal- und Schiffahrtzwecke, S. 54—57.

²⁾ Schulte, Kgl. Wasserbau-Inspektor. Fortschritte in der Anwendung von Maschinen zur Speisung der Kanäle, VIII. internat. Schiffahrt-Kongress. Paris 1900, S. 2—3.

Verlust zu 14 Sek.-Liter für den Kilometer angenommen wird.

Bemerkenswert ist, daß beim Ludwig-Kanal von Pechmann nach seinen eigenen Angaben den Wasserbedarf infolge Verdunstung und Versickerung nach den am Kanal von Languedoc gemachten Erfahrungen bestimmt hat. Er nahm an, daß dieser Bedarf während des Schifffahrtsjahres von 240 Tagen nicht mehr als den doppelten Inhalt des Kanales betragen würde. Hiernach berechnen sich 18 Sek.-Liter für den Kilometer. In der Scheitelhaltung des jetzigen Donau-Main-Kanales, welcher zum Teil sandigen, zum Teil schiefrigen Boden durchzieht, stellenweise jedoch durch Grundwasser gespeist wird, ist der Verbrauch an Verdunstungs- und Versickerungswasser für den Tag und Längenmeter nach den Beobachtungen des Kanalamtes Nürnberg 1300 Liter, d. s. 15 Sek.-Liter für den Kilometer, eine vierfach größere Wassermenge als diejenige, welche die in den letzten Jahrzehnten umgebauten französischen Kanäle erfordern. Dieselben haben mit dem Ludwig-Kanal etwa gleiche Breite, jedoch eine um etwa ein Drittel größere Tiefe.

Der große Wasserbedarf des Ludwig-Kanales ist erklärlich, da bei seiner Anlage keine besonderen Arbeiten zur Dichtung des Kanalbettes vorgenommen wurden. Erst nach Fertigstellung des Kanales versuchte man, ihn mittelst Einschlämmen von Lehm zu dichten.¹⁾

Bei Anwendung eines kräftigen Lehmschlages zur Dichtung des Kanalbettes, bei sorgfältiger Ausführung der Dammschüttungen, wie dies alles bei Ausführung des Dortmund-Ems-Kanales geschehen ist, können Wasserverluste wie am Ludwig-Kanal, niemals auftreten.²⁾ Da zudem ein vorzügliches Material zur Dichtung eines neuen Donau-Main-Kanales im Dogger und Lias in ausreichender Menge leicht zu gewinnen ist, so steht der obigen Annahme nichts entgegen.

Der Wasserverlust bei den Toren der Kammerschleusen nebst den Umlaufschützen wird entsprechend der Annahme für den Dortmund-Ems- und Rhein-Elbe-Kanal bei jeder Schleuse für je 1 m Schleusengefälle zu 5 Sek.-Liter in Rechnung gestellt. Diese Annahme soll gelten bis zu einem jährlichen Güterverkehr von etwa 2 Mill. Tonnen. Darüber hinaus sind überall Doppelschleusen vorzusehen, und es ist sonach das Einheitsmaß des Wasserverlustes an den Toren für jede Doppelschleuse zu 10 Sek.-Liter anzusetzen.

Der Wasserbedarf für Schleusungen soll für einen jährlichen Güterverkehr von 1,5 Mill. Tonnen, sodann für 2 Millionen, wie er zur Zeit in Frankfurt a. M. besteht, und ferner noch für 4 Mill. Tonnen berechnet werden. Dabei handelt es sich zunächst darum, die Anzahl der Füllungen der Schleusen festzustellen, welche notwendig werden würden, um den bezeichneten Verkehr durch die im Projekte angenommenen Kammerschleusen zu befördern.

¹⁾ von Pechmann. Der Ludwig-Kanal. Eine kurze Beschreibung dieses Kanales und die Ausführung desselben. München 1846, S. 38—42.

²⁾ Mathies. Mittel zur Sicherung der Dichtigkeit eines Kanales im Auftrag und Abtrag. VIII. internat. Schifffahrts-Kongress. Brüssel 1898.

Nach den Jahresberichten der Zentral-Kommission für die Rheinschifffahrt gingen durch die Schleuse im kanalisierten Main bei Kostheim im Jahre 1900 17 687 Schiffe, wobei an Gütern 2 032 373 Tonnen transportiert wurden. Sonach treffen auf jedes Schiff — Personenschiffe, Schlepper und Tauschiffe miteingerechnet — 115 Tonnen. Im Jahre 1899 betrug diese Mittellast 118 Tonnen, im Jahre 1898 124 Tonnen und im Jahre 1897 128 Tonnen. (Vergl. die Tabelle 22 im Anhang.)

Nach dem von Hilken auf Grund der Veröffentlichungen des Kaiserlichen Statistischen Amtes angegebenen Verkehr auf den deutschen Wasserstraßen durchfuhren die Schleuse des Oder-Spree-Kanales bei Fürstenberg im Jahre 1899: 15 849 Schiffe, und es betrug die Gütermenge 1 678 813 Tonnen, das sind 106 Tonnen auf jedes einzelne Schiff. Im Jahre 1898 gingen durch die Fürstenberger Schleuse 14 178 Schiffe mit 1 467 624 Tonnen Gütern, im Jahre 1897: 12 851 Schiffe mit 1 368 508 Tonnen Gütern. In diesen beiden Jahren betrug die Mittellast 103 bzw. abermals 106 Tonnen. Für die drei Jahre 1897 bis 1899 berechnet sich sonach die Mittellast für die Fürstenberger Schleuse zu 105 Tonnen, für die Kostheimer Schleuse zu 123 Tonnen. Das Verhältnis dieser beiden Werte beträgt 85 : 100, wobei zu beachten ist, daß der Oder-Spree-Kanal von Schiffen bis zu 400 Tonnen Tragfähigkeit, der kanalisierte Main dagegen von solchen bis zu 1500 Tonnen befahren werden kann.

Aus den Jahresberichten der Zentral-Kommission für die Rheinschifffahrt ergibt sich ferner, daß die mittlere Ladefähigkeit der auf dem kanalisierten Main verkehrenden Schiffe wesentlich unter der Ladefähigkeit verbleibt, welche nach der Bauanlage zulässig wäre. So beförderte die Aktiengesellschaft »Main-Kette« (vergl. Tabelle 23) nach den verschiedenen Stationen des kanalisierten Mains zwischen Mainz und Frankfurt Rheinfahrzeuge mit einer mittleren Tragfähigkeit in den vier Jahren 1897 bis 1900 von: 733, 749, 755 bzw. 779 Tonnen. Während also die mittlere Tragfähigkeit der Rheinfahrzeuge vom Jahre 1897 bis zum Jahre 1900 zugenommen hat, nahm die Ausnutzung der Schiffe ab. Im Jahre 1897 betrug die Ladung der Schiffe 52 % der Ladefähigkeit, im Jahre 1900 45 %. Mehr als die doppelte Anzahl der Schiffe verkehrten leer zu Tal. Bei den Mainschiffen, welche die genannte Gesellschaft verkehren läßt, ging die Nutzlast im Jahre 1900 durchschnittlich sogar auf 34 % zurück, bei einer mittleren Tragfähigkeit der Schiffe von 101 Tonnen.

Ein ähnliches Verhältnis zwischen der Nutzlast und der Ladefähigkeit der Schiffe wie für den Verkehr der »Main-Kette« auf dem ganzen Main ergibt sich auch für den gesamten Verkehr durch die dem Rhein am nächsten gelegene Schleuse bei Kostheim. In der bereits genannten Tabelle 22 im Anhang wird für das Jahr 1900 die mittlere Tragfähigkeit der Transportschiffe allein, welche durch die Schleuse bei Kostheim gegangen sind, zu 368 Tonnen, die mittlere Ladung zu 167 Tonnen und danach der Ausnutzung zu 45 % angegeben.

Die beiden in Betracht gezogenen Wasserstraßen, der Oder-Spree-Kanal sowie der kanalisierte Main, haben keinen durchgehenden Verkehr in dem Maße, wie er für einen neuen Donau-Main-Kanal erwartet werden kann. Außerdem liegen dieselben solchen

Wasserstraßen nahe, welche eine wesentlich geringere Leistungsfähigkeit aufweisen, als sie selbst besitzen. Dagegen soll der neue Donau-Main-Kanal, für Schiffe bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit befahrbar, zwei Wasserstraßen, von jedenfalls nicht geringerer Leistungsfähigkeit, als sie der neue Kanal besitzen wird, verbinden. Für den Donau-Main-Kanal kann also sicher ein größeres durchschnittliches Maß der Tragfähigkeit und der Beladung vorausgesetzt werden, als sich nach den Aufzeichnungen über den Verkehr durch die Schleusen bei Fürstenberg und Kostheim annehmen läßt. Doch ist zu beachten, daß die Abmessungen des projektierten Kanales unterhalb der mit 600 Tonnen angenommenen Grenze Schiffen der verschiedensten Größe ungehinderten Verkehr gestatten, ohne die Ordnung des Betriebes zu gefährden. »Gerade diese Eigenschaft bildet einen wichtigen Vorzug der Wasserstraßen, der unter keiner Bedingung preisgegeben werden darf,«¹⁾ und mit dem daher auch hier zu rechnen ist.

Die Richtigkeit dieser Anschauung wird auch durch die Tabelle 24 im Anhang bestätigt, welche eine Übersicht über die im Jahre 1900 in den Rheinhäfen Ludwigshafen, Mannheim und Köln angekommenen und abgegangenen Schiffe enthält. Die wichtigeren Angaben aus dieser Tabelle sind folgende:

Mittlere Tragfähigkeit aller angekommenen und abgegangenen Güterschiffe in Tonnen		Mittlere Ladung für das Schiff in Tonnen	Mittlere Ladung in Prozenten der mittleren Tragfähigkeit aller Güterschiffe
Dampfschiffe	Segelschiffe		
in Ludwigshafen			
325	719	137	21
in Mannheim			
759	521	167	32
in Köln			
280	321	90	47

Nach den Aufzeichnungen für den Verkehr durch die Schleuse bei Kostheim betrug die Anzahl der Güterschiffe, Dampfschiffe und Segelschiffe zusammen, im Jahre 1900: 69% aller Schiffe, welche die Schleuse passiert haben, das gleiche Verhältnis bestand im Jahre 1899; 1898 betrug es 65 und im Jahre 1897: 64%. Für den Donau-Main-Kanal kann nun wiederum eine Annahme dahin gemacht werden, daß bei einigermaßen entwickeltem Verkehr in kurzen und frequenten Haltungen, wie bei Nürnberg, ein mechanischer Schiffszug irgend welcher Art vom Ufer aus eingerichtet werden wird, und daß in längeren Haltungen das Schleppen der Schiffe von einzelnen, in diesen Haltungen stationierten Dampfmaschinen geschieht, wenn nicht auch in diesem Falle die Zugkraft vom Ufer aus erfolgt. Damit würde ein wesentlich geringerer Verkehr in den Schleusen des Donau-Main-Kanales angenommen werden können als bei den Schleusen des kanalisiertes Mains.

Faßt man auch alle Gründe zusammen, die bei einem neuen Donau-Main-Kanal gegenüber den Aufzeichnungen für die Schleusen bei Kostheim und Fürstenberg auf eine Vergrößerung der Ladefähigkeit der Schiffe, auf eine bessere Ausnutzung dieser Lade-

fähigkeit, sodann auf eine Abnahme des Verkehrs von Schleppern durch die einzelnen Kammerschleusen rechnen lassen, so gebietet doch die Vorsicht, anzunehmen, daß zu einer jährlichen Verkehrsleistung von 1,5—2,0 Mill. Tonnen auf dem neuen Donau-Main-Kanal nicht weniger als etwa 60% der Schiffe notwendig wären, welche auf dem kanalisiertem Main einen solchen Verkehr bewältigen. Rechnet man mit dieser Verhältniszahl und legt man der Rechnung die Anzahl der Schiffe, welche im Jahre 1900 durch die Schleuse bei Kostheim gefahren sind, sowie deren Gütermenge zu Grunde, dann ergibt sich die Zahl der Schiffe, welche bei einem jährlichen Verkehr von 1,5 Millionen Tonnen eine Schleuse im Donau-Main-Kanal zu durchfahren hätten, zu

$$\frac{17687 \times 1,5 \times 60}{2,032373 \times 100} = 7832.$$

Hiebei würde die mittlere Güterlast 192 Tonnen betragen, also so große Schiffe voraussetzen, daß bei den für die Schleusen angenommenen Dimensionen jedes Schiff einzeln geschleust werden müßte.

Zur Bestimmung der Anzahl von Schiffstouren, welche notwendig sind, um einen bestimmten Verkehr zu bewältigen, ist es im allgemeinen üblich, anzunehmen, daß das Normalschiff des in Frage stehenden Kanales, im vorliegenden Falle ein 600 Tonnen-Schiff, in der Richtung, die der Hauptverkehr nimmt, mit einer Ladung von 500, auf dem Rückwege dagegen nur mit 100 Tonnen Ladung fährt. Abgesehen davon, daß sich bei dieser Berechnung die Ausnutzung des Ladevermögens der Schiffe durchschnittlich zu 50% ergibt, würde mit der vorstehenden Annahme nicht genügend berücksichtigt sein, daß vielfach Schiffe mit wesentlich unter 600 Tonnen Ladefähigkeit auf dem Donau-Main-Kanal verkehren werden. Dies wird namentlich in den Haltungen durch die Stadt Nürnberg, wie überhaupt im Lokalverkehr in der Nähe industriereicher und in fruchtbarer Gegend gelegener Orte zu erwarten sein. Würde man nur mit 600 Tonnen-Schiffen nach obiger Annahme rechnen, dann würden alljährlich bei einem Güterverkehr von 1,5 Mill. Tonnen 5000 Schiffe eine Kammerschleuse zu durchfahren haben, statt 7832, wie oben entwickelt wurde.

Über die Dauer der Schifffahrtszeit, welche hauptsächlich von den klimatischen Verhältnissen abhängig ist, sagt Sympher¹⁾ folgendes:

Nach Angabe der Rheinstrom-Bauverwaltung war die Schifffahrt in den 20 Jahren 1875/1894 durchschnittlich

an 2 Tagen durch Hochwasser
 » — » » Niedrigwasser
 » 17 » » Frost

zusammen an 19 Tagen unterbrochen.

Die tatsächliche Schifffahrtsunterbrechung ist indes deshalb eine längere, weil in den Tagen vor und nach dem Hochwasser, bei sehr niedrigen Wasserständen, die eine völlige Unterbrechung zwar nicht bedingen, sowie in den Wintermonaten, wo die Gefahr des Einfrierens manche sonst noch ausführbare Reisen hindert, nur ein sehr beschränkter Schifffahrtsbetrieb möglich ist. Die wirk-

¹⁾ O. Büsler, Coepenick. Rentabilität der Binnenschiffgefäße. Verbandsschrift Nr. IV (n. F.) des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1901, S. 5.

¹⁾ Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten. Leipzig 1901, S. 21 und S. 20—21 der Anlage.

lich ausnutzbare Schiffsperiode am Rhein wird daher zu 10 Monaten = 304 Tagen angenommen, von denen indess mit Rücksicht auf Minderleistung an Sonntagen nur 270 eigentliche Betriebstage anzusetzen sind.

Nach Angabe der Elbstrom-Bauverwaltung war die Schifffahrt im Durchschnitt der Jahre 1879/1894

an 1 Tage durch Hochwasser
 » — » » Niedrigwasser
 » 63 » » Eis

zusammen an 64 Tagen behindert.

Es bleiben mithin 301 Betriebstage. Je länger die Winterunterbrechung dauert, um so mehr werden die übrige Jahreszeit und insbesondere auch die Sonntage ausgenutzt; die Annahme ist daher auch an der Elbe berechtigt und wird auch die Tatsache bestätigt, daß jährlich auf etwa 270 wirkliche Betriebstage gerechnet werden kann.

Für die Oder gibt Sympher die durchschnittliche Dauer der jährlichen Unterbrechung der Schiffszeit durch Hochwasser, Niedrigwasser und Frost zu 81 Tagen an, desgleichen für die Weichsel zu 104 Tagen. Danach können als wirkliche Betriebstage im Jahr gerechnet werden im Durchschnitt für die Oder 250 Tage, für die Weichsel 230 Tage. Die gleiche Anzahl von Betriebstagen nimmt Sympher auch zur Berechnung der Transportkosten auf Schiffskanälen an und zwar unterschieden je nach ihrer Lage im Rhein-Elbe-Gebiet, im Oder- und Weichsel-Gebiet.

Über die Dauer der Wintersperre beim Ludwig-Kanal macht das Kgl. Kanalamt Nürnberg folgende Angaben. Die durchschnittliche Dauer der Wintersperre ist vom 1. Dezember bis zum 31. März anzunehmen. Der früheste Zeitpunkt, an dem die Schifffahrt wegen Frost gesperrt wurde, ist am 15. November und zwar in den Jahren 1885 und 1888, der späteste am 15. April 1889 beobachtet worden. Im Winter 1888 auf 1889 dauerte sonach die Sperre 151 Tage. Vollständig eisfreie Winter wurden seither nicht beobachtet. Besonders der Eisgefahr ausgesetzt sind die Waldgegenden von Sollach und bei Loderbach in der obersten Haltung, sodann der tiefe Einschnitt auf der Wasserscheide zwischen Greifselbach und Neumarkt. Außerdem muß fast jedes Jahr die Eiskecke in der Kanalstrecke im Reichswald, namentlich bei Wendelstein, gebrochen werden, um die Schifffahrt auf der ganzen Länge des Kanales eröffnen zu können, nachdem oft schon mehrere Wochen vorher vereinzelt Fahrten auf der Altmühl und der Regnitz unternommen worden sind.

Für einen größeren Kanal, in dem ein lebhafterer Verkehr besteht, ist sicher anzunehmen, daß die Eiskecke sich weniger leicht bilden wird, als dies im Ludwig-Kanal jetzt der Fall ist. Zudem ist in der oberen Haltung, welche einen Teil des für die Speisung des Kanales notwendigen Wassers abzuführen hat, eine stärkere Strömung vorhanden, so daß auch aus diesem Grunde die Eisbildung im zukünftigen Kanal erschwert sein wird.

Es dürfte daher zulässig sein, auch für den neuen Donau-Main-Kanal die Zahl der wirklichen Betriebstage im Durchschnitt für das Jahr zu 270 anzunehmen. Rechnet man mit dieser Betriebs-

dauer sowie mit dem ermittelten Verkehr von durchschnittlich 7832 Schiffen bei einer jährlichen Gütermenge von 1,5 Mill. Tonnen, dann ergeben sich für jeden Tag durchschnittlich

$$\frac{7832}{270} = 29 \text{ Schleusungen.}$$

Bei einem Verkehr von 7832 Schiffen darf erfahrungsgemäß angenommen werden, daß etwa $\frac{1}{4}$ Teil der Schiffe, also ungefähr 8, bei den Schleusen kreuzen, indem 4 zu Berg fahrende Schiffe mit 4 zu Tal fahrenden bei der Schleusung abwechseln. Sonach würden täglich für jede Schleuse $\left(\frac{8}{2} + 21\right) = 25$ Füllungen erforderlich werden.

In gleicher Weise berechnet sich für einen jährlichen Güterverkehr von 2 Mill. Tonnen, daß jede Schleuse durchfahren würden:

jährlich 10443 Schiffe
 und täglich 39 »

Nimmt man bei diesem größeren Verkehr an, daß etwa $\frac{1}{3}$ Teil der Schiffe, also ungefähr 12, bei den Schleusen kreuzen, dann bestimmt sich die Anzahl der Füllungen für jede Schleuse und für jeden Tag zu $\left(\frac{12}{2} + 27\right) = 33$.

Wie hoch sich die Anzahl der im Kanal verkehrenden Schiffe belaufen wird, wenn einmal jährlich 4 Mill. Tonnen Güter transportiert werden sollen, läßt sich schwer voraussagen. Man wird damit rechnen können, daß mit dem Ausbau leistungsfähiger Wasserstraßen die Größe der Schiffe allmählich zunimmt, und daß mit der Entwicklung des Verkehrs die Ausnutzung des Laderaumes der Schiffe eine größere werden wird. Ebenso kann bei einem jährlichen Verkehr von 4 Mill. Tonnen der elektrische Schiffsbetrieb allgemein vorausgesetzt werden. Trotzdem erscheint es mit Rücksicht auf den Nachweis einer genügenden Wasserversorgung des Kanales nicht ratsam, über die Annahmen hinauszugehen, nach denen im voraus die Anzahl der jährlich durch eine Schleuse gehenden Schiffe bestimmt wurde. Es erheischt eine größere Vorsicht bei der Bestimmung der Anzahl der Schleusenfüllungen für größeren als für kleineren Verkehr.

Sonach wird angenommen, daß bei einem jährlichen Güterverkehr von 4 Mill. Tonnen doppelt so viel Schiffe verkehren wie bei einem solchen von 2 Mill. Tonnen, also:

jährlich: $2 \times 10443 = 20886$ Schiffe
 und täglich: $2 \times 39 = 78$ »

und daß etwa $\frac{2}{3}$ der Schiffe bei den Schleusen kreuzen werden. Da bei einem jährlichen Verkehr von 4 Mill. Tonnen 2 Kammerschleusen für jede Staustufe bestehen müssen, so berechnen sich für die beiden Kammerschleusen zusammen und für jeden Tag durchschnittlich: $\left(\frac{52}{2} + 26\right) = 52$ Füllungen.

Bei einem ununterbrochenen Betrieb können erfahrungsgemäß in 24 Stunden 50—60 Schiffe eine Gefällsstufe überwinden. Den obigen Annahmen kann daher entgegengehalten werden, daß im zutreffenden Falle die Leistungsfähigkeit der Kammerschleusen und ebenso auch diejenige der mechanischen Hebewerke zur Bewältigung eines jährlichen Güterverkehrs von etwa 2 Mill. Tonnen mit Rücksicht auf

die täglichen Schwankungen in der Verkehrsdichtigkeit nicht genügen würden. Das mag sein. Aber dann wäre leichter abzuhelpen, als wenn das Wasser fehlen würde. Die Verdoppelung der Hebewerke bei jeder Staustufe müßte eben um einige Jahre vor der Zeit geschehen, welche sich unter der Annahme berechnet, daß der Transport der Güter mit einer geringeren Anzahl Schiffe geleistet werden kann, als hier angenommen ist. Sollte diese günstigere Annahme zutreffend sein, dann würden infolge von Überschufs an Wasser die Sparbecken weniger in Verwendung kommen, was mit Rücksicht auf die Schnelligkeit des Verkehrs nur erwünscht sein könnte.

Die Beobachtungen darüber, in welcher Weise sich in Zukunft der Verkehr auf den neuen künstlichen Wasserstraßen abspielen wird, sind noch nicht derart abgeschlossen, daß man verlässige Voraussetzungen über den Verkehr auf einer zukünftigen Großwasserstraße zwischen Donau und Rhein machen könnte. Darin beruht die Berechtigung, bei der Bestimmung des Bedarfes an Speisungswasser für einen neuen Donau-Main-Kanal in der angegebenen Art zu verfahren.

Die Wasserbeschaffung für die Speisung des Kanales.

Nach den Beobachtungen über die Zuflüsse des Ludwig-Kanales beruht die Möglichkeit, eine moderne Wasserstraße zwischen Kelheim und Bamberg in genügender Weise zu speisen, auf einem teilweisen Ausgleich zwischen dem je nach der Jahreszeit herrschenden Überflufs und Mangel an Wasser.

Der Gedanke, durch Zurückhaltung von Wasser in gebirgigen Gegenden während der nassen Jahreszeit für den Bedarf in trockener Zeit zu sorgen, ist uralte. Seit Jahrhunderten geschieht die Ansammlung in Ländern mit lang andauernder Trockenheit, so in Ägypten, Indien, China und Spanien. Im nordwestlichen Europa, wo Regen in allen Jahreszeiten fällt und zahlreiche Gewässer das Land durchziehen, wurde die Bedeutung des fließenden Wassers früher wenig gewürdigt. So bestanden in Deutschland nur einzelne Sammelweiher zur Gewinnung von Kraft, auch zum Schutz gegen Hochwasser bei kleineren Flußläufen. Erst in neuerer Zeit nach dem Vorgehen in Frankreich wird die hervorragende wirtschaftliche Bedeutung großer mittelst Talsperren angesammelter Wasservorräte für Kraftzwecke, für die Bewässerung der Ländereien, für die Wasserversorgung von Städten und Gemeinden, für die Speisung der Schiffahrtskanäle mehr und mehr erkannt. Bald wird auch in Deutschland die Zeit gekommen sein, in der die Nutzbarmachung des Wassers als ein Gebot der Selbsterhaltung allgemein gefordert und die Ausführung großer Talsperren nicht mehr als eine so aufsergewöhnliche Maßregel angesehen werden wird, als dies vielerorts zur Zeit noch geschieht.¹⁾

Mit Rücksicht auf eine bessere Wasserversorgung des Ludwig-Kanales hat schon vor Jahren der Kgl. Kanalamts-Direktor Volkert in Nürnberg die An-

lage eines Sammelweiher über der Höhe der Scheitelhaltung beim Ausgang des Pilsachtales vorgeschlagen. Dieser Plan kam nicht zur Ausführung, da auf eine wesentliche Steigerung des stark zurückgegangenen Verkehrs nicht zu rechnen und außerdem die Kanaldämme im Laufe der Jahre undurchlässiger geworden waren, so daß der Zuflufs nach und nach genügte.

Der Gedanke, zur Speisung eines neuen Donau-Main-Kanales Sammelweiher anzulegen, liegt um so näher, als Sohle und Gehänge der das Juragebirge durchquerenden und bis in den Braunen Jura eingeschnittenen Täler vielfach von den Ton- und Mergelschichten der Opalinusstufe des Doggers gebildet wird. Also über sich die beiden Hauptwasserhorizonte des Jura, dazu wasserhaltende Wände und Sohle, Verhältnisse, wie sie für einen Sammelweiher kaum günstiger anzutreffen sind.

Vom technischen Amt wurde zunächst die bereits von Volkert vorgeschlagene Anlage eines Sammelweiher beim Ausgang des Pilsachtales ins Auge gefaßt. Die Talsperre könnte bei Labersricht, nahe der Stelle, von welcher ab das aus dem Pilsachtales kommende Flüschen den Namen »vordere Schwarzach« annimmt, und noch unterhalb der Mündung des Ottersauerbaches ausgeführt werden. An dieser Stelle beträgt die Größe des Niederschlagsgebietes 41 qkm. Durch die Lage des etwa 2,5 km oberhalb der geplanten Talsperre befindlichen Ortes Pilsach ist der höchst mögliche Wasserstand im Stauweiher mit 436 m Höhe über N. N. bestimmt, das sind 18 m über der Talsohle an der Sperre, wobei 15 Mill. cbm Wasser angesammelt werden könnten.

Im Überschwemmungsgebiet der Talsperre wären vier Anwesen zu erwerben. Dem einen dieser Anwesen, der Iberrsmühle, gehört eine Wasserkraft von etwa 4 PS, während die Wasserkräfte bei zwei anderen dieser Anwesen, der Friedlmühle und Bodenmühle, schon beim Bau des Ludwig-Kanales angekauft worden sind.

Außerhalb des Weiher käme nur die Wasserkraft des Schwarzach-Leitgrabens mit $11\frac{1}{2}$ cbf (= 2,87 Sek.-Liter) bei 18 Fufs (= 5,25 m) Gefälle, sonach eine Wasserkraft von 15 PS in Betracht. Diese Wasserkraft hat die Aktiengesellschaft für den Bau des Ludwig-Kanales im Jahre 1838 an die Herrenmühle in Neumarkt verkauft, jedoch mit den Beschränkungen, welche sich aus der Benutzung des Schwarzach-Leitgrabens zur Speisung des Ludwig-Kanales ergeben. An der Stelle, an welcher dieser Leitgraben den zukünftigen Staudamm kreuzen würde, liegt der Graben etwa 7 m über der Talsohle, also immer noch 11 m unter der normalen Wasserhöhe im Sammelweiher. Der Schwarzach-Leitgraben könnte daher neben einem Graben, welcher in der Talsohle zur Ableitung des angesammelten Wassers und auch zur zeitweisen Entleerung des Weiher anzulegen wäre, bestehen bleiben, wodurch eine Ausnutzung der Wasserkraft bei der Herrenmühle sich in höherem Maße ermöglichen ließe, als dies seither der Fall gewesen ist. Um jedoch allen Schwierigkeiten, die sich auch bei einer Änderung zum Bessern stets einfinden, Rechnung zu tragen, ist in dem Kostenanschlag über die Wasserversorgung eine angemessene Entschädigung für den vollständigen Entzug der Wasserkraft bei der Herrenmühle vorgesehen.

¹⁾ Mattern. Der Talsperrenbau und die deutsche Landwirtschaft. Eine technische und wirtschaftliche Studie über die Frage der Niedrigwasservermehrung der Ströme aus gemeinsamen Sammelbecken für Hochwasserschutz, Kraftgewinnung, landwirtschaftliche Bewässerung und Schiffahrtszwecke. Berlin 1902. I. Geschichtliche Entwicklung des Talsperrenbaues und seine Verwendungsarten, S. 1—18.

Der Vorteil, den die geplante Anlage für die Wasserversorgung des Kanales gegenüber den bestehenden Verhältnissen bringen wird, ist aus folgendem zu entnehmen. Ein Sammelweiher wird um so wirksamer sein, je länger die Zeitperiode ist, für welche ein Ausgleich in der Wasserlieferung aus dem Niederschlagsgebiet des Weihers erzielt werden kann. Mit Rücksicht auf Reparaturen an der Bauanlage soll der Ausgleich auf eine Zeitperiode von 5 Jahren beschränkt und zur Berechnung der Größe des Weihers in Übereinstimmung mit den früheren Ausführungen diejenige Wassermenge in Betracht gezogen werden, welche während der aufsergewöhnlich trockenen Periode in den 60er Jahren gemessen worden ist. Ferner soll dem Weiher eine solche Größe gegeben werden, daß er imstande ist, den Wasserzufluß, wie er in den gedachten 5 Jahren stattgefunden hat, derart in sich aufzunehmen, daß derselbe während der Schiffahrtsperiode mit durchschnittlich 270 Tagen im Jahre gleichmäßig abfließt.

Entsprechend der letzteren Bedingung wird sonach auch vorausgesetzt, daß zum Ersatz der Verluste, welche für Versickerung und Verdunstung im Kanal aufserhalb der Schiffahrtsperiode entstehen, kein Wasser aus dem Sammelweiher abgelassen wird. Dies entspricht im allgemeinen der Wirklichkeit, da man während der kalten Jahreszeit, zu welcher alle Flüsse eine stärkere Wasserlieferung haben, die bezeichneten Verluste zuerst durch die dem Kanal frei zufließenden Wasser zu decken sucht und daher so lange und so viel als möglich die Wasser im Sammelweiher als eine weitere Reserve zurückhalten wird.

Nach der graphischen Darstellung der Wasserführung des linkseitigen Woffenbaches auf Seite 28 erfolgt in der Regel der stärkste Abfluß in den Monaten Januar, Februar, März und April. Da zudem die Schiffahrt häufig schon im Dezember aufhört und noch im April Störungen erleidet, so ist als Bedingung zu stellen, daß der Weiher alljährlich die gesamte Wassermenge, welche in den 5 Monaten Dezember mit April aus dem Niederschlagsgebiet abfließt, aufnehmen kann, und zwar zu derjenigen Wassermenge hinzu, welche in der Schiffahrtsperiode voraus nicht abgelassen wurde. Für die Berechnung der notwendigen Größe des Sammel Weihers wird daher die Zeit vom 1. Dezember 1861 bis zum 30. November 1866 gewählt.¹⁾

Für diese Zeit enthalten die beiden zunächst folgenden Tabellen den mittleren sekundlichen Abfluß im linkseitigen Woffenbach, getrennt in die beiden Zeitabschnitte vom 1. Dezember bis zum 30. April und vom 1. Mai bis zum 30. November, ebenso den mittleren sekundlichen Abfluß aus dem Gebiete der Pilsach und des Ottersauerbaches bei Labersricht, welcher nach Angabe auf Seite 30 durch Zuschlag von 2,2 Sek.-Litern für jeden Quadratkilometer zu dem Abfluß im Woffenbach bestimmt wurde.

Für die ganze Zeit vom 1. Dezember 1861 bis zum 30. November 1866 berechnet sich nach den beiden Tabellen der mittlere jährliche Abfluß der Pilsach und

des Ottersauerbaches zusammen zu 8,6 Sek.-Liter für den qkm und sonach der mittlere jährliche Abfluß aus dem bei Labersricht geplanten Sammelweiher mit seinem 41 qkm großen Niederschlagsgebiet zu 353 Sek.-Liter. Da durchschnittlich nur an 270 Tagen im Jahr Wasser aus dem Sammelweiher abgegeben werden soll, so ergibt sich für diese kürzere Zeit die mittlere Wasserlieferung ohne Versickerung und Verdunstung zu 477 Sek.-Liter und nach Abzug von 20% für diese Verluste zu 382 Sek.-Liter. Mit letzterer Zahl berechnet sich der mittlere Abfluß aus dem Sammelweiher bei Labersricht während der Schiffahrtsperiode zu 8,9 Mill. cbm.

Die dritte Tabelle gibt den Zufluß nach dem Sammelweiher bei Labersricht sowie den Abfluß aus demselben für die Zeit vom 1. Dezember 1861 bis zum 30. Dezember 1866. Aus derselben ist zu entnehmen, daß der Sammelweiher zum Ausgleich der Wasserlieferung aus dem zugehörigen, 41 qkm großen Niederschlagsgebiet in der gedachten 5jährigen Zeitperiode einen Fassungsraum von 10 Mill. cbm haben müßte, das sind 244 000 cbm für jeden Quadratkilometer des Gebietes. Wie bereits erwähnt, ermöglichen die örtlichen Verhältnisse, dem Sammelweiher bei Labersricht einen Fassungsraum von 15 Mill. cbm zu geben, also um die Hälfte mehr, als für den geforderten Ausgleich notwendig wäre. Die Kostenberechnung wurde für einen Weiher mit 15 Mill. cbm Inhalt durchgeführt, so daß in jeder Hinsicht eine genügende Reserve vorhanden ist.

Vergleicht man mit dem regulierten Abfluß aus dem Sammelweiher bei Labersricht den Abfluß, wie er im Jahre 1865 im Schwarzach-Leitgraben beobachtet worden ist, dann ergeben sich für den mittleren sekundlichen Abfluß während dieses Jahres nur 52% der Lieferung aus dem Weiher und für den kleinsten sekundlichen Abfluß im August 1855 sogar nur 22% des obigen Wertes. Man kann sonach mit Sicherheit darauf rechnen, daß die sekundliche Wasserlieferung aus dem Sammelweiher bei Labersricht während der Schiffahrtsperiode nahezu fünfmal so groß sein wird als die kleinste jemals beobachtete Wassermenge im Schwarzach-Leitgraben und nahezu doppelt so groß als der mittlere Zufluß während des aufsergewöhnlich trockenen Jahres 1865.

Für die Wasserlieferung nach der Scheitelhaltung könnte auch das Flufsgebiet der Schwarzen Laber, welche unweit Regensburg in die Donau mündet, herangezogen werden. Die Quellengebiete, um die es sich handelt, grenzen an das Gebiet der Pilsach und haben mit diesem gleiche geologische und klimatische Verhältnisse. Die Schlufsfolgerungen, welche aus den Erhebungen und Berechnungen für einen Sammelweiher im Tale der Pilsach gewonnen worden sind, können sonach auch hier Anwendung finden.

Nach Vereinigung der drei Hauptquellflüßchen der Schwarzen Laber bei Ollerzhof beträgt das Niederschlagsgebiet 15 qkm. Von da ab wendet sich der Fluß nach Osten und entfernt sich mehr und mehr von dem benachbarten Pilsachgebiet. Das Tal bei Ollerzhof liegt auf einer Höhe von 480 m über N. N. und ist von einem gleich hohen Punkt im Tale des Ottersauerbaches nur 5 km entfernt.

¹⁾ Es wäre besser gewesen, alle Werte über den Abfluß den Jahreszeiten entsprechend zusammenzufassen; da jedoch die Beobachtungen in üblicher Weise nach dem Kalenderjahr zusammengestellt sind, so hätte die Umrechnung zuviel Zeit erfordert.

**Sekundlicher Wasserabflufs im linkseitigen Woffenbach, in der Pilsach und im Ottersauerbach
für die Zeit vom 1. Dezember 1861 bis zum 30. November 1866.**

Bezeichnung des Gewässers	1. Dezember bis zum 30. April					Mittel
	1861/62	1862/63	1863/64	1864/65	1865/66	
	Sekunden-Liter					
Mittlerer Abflufs für das ganze, 9 qkm grofse Gebiet des linkseitigen Woffenbaches	168	107	77	100	69	104,2
Mittlerer Abflufs im linkseitigen Woffenbach für den qkm	18,7	11,9	8,6	11,1	7,7	11,6
Mittlerer Abflufs aus dem Gebiet der Pilsach und des Ottersauerbaches für den qkm	20,9	14,1	10,8	13,3	9,9	13,8

Bemerkung. Zur Ergänzung der Tabelle Nr. 17 über die mittlere Wasserführung des linkseitigen Woffenbaches, aus welcher Tabelle obenstehende Zahlen entnommen sind, werden hier noch folgende Angaben beigefügt (vergl. die Fußnote auf S. 38):

Nummer der Woche des Jahres 1861

Mittlere Wasserführung im linkseitigen Woffenbach

Dezember	48. Woche	159 Sekunden-Liter
	49. >	122 >
	50. >	260 >
	51. >	217 >
	52. >	85 >

Bezeichnung des Gewässers	1. Mai bis zum 30. November					Mittel
	1862	1863	1864	1865	1866	
	Sekunden-Liter					
Mittlerer Abflufs für das ganze, 9 qkm grofse Gebiet des linkseitigen Woffenbaches	37	37	29	6	13	24,4
Mittlerer Abflufs im linkseitigen Woffenbach für den qkm	4,1	4,1	3,2	0,7	1,4	2,7
Mittlerer Abflufs aus dem Gebiet der Pilsach und des Ottersauerbaches für den qkm	6,3	6,3	5,4	2,9	3,6	4,9
Mittlerer Abflufs aus dem Gebiet der Pilsach und des Ottersauerbaches für den qkm und für die 5 Jahre vom 1. Dezember 1861 bis zum 30. November 1866						8,6

Zuflufs nach dem bei Labersricht geplanten Sammelweiher sowie Abflufs aus demselben für das 41 qkm grofse Niederschlagsgebiet des Weiheres und für die 5 Jahre vom 1. Dezember 1861 bis zum 30. November 1866.

Angabe der Zeit für Zuflufs und Abflufs	Zuflufs und Abflufs in Mill. cbm, 20% Verluste für Versickerung und Verdunstung abgezogen	Notwendiger Fassungsraum des Sammelweiheres in Mill. cbm	Angabe der Zeit für Zuflufs und Abflufs	Zuflufs und Abflufs in Mill. cbm, 20% Verluste für Versickerung und Verdunstung abgezogen	Notwendiger Fassungsraum des Sammelweiheres in Mill. cbm
Zuflufs in den Monaten:			Übertrag	12,8	
Dezember 1861 bis April 1862	9,0	9,0	Vorrat samt Zuflufs	12,8	9,6
Mai bis November 1862	3,8		Abflufs während der Schifffahrtsperiode verbleiben im Sammelweiher	8,9	
Zuflufs zusammen	12,8		Zuflufs in den Monaten:		
Abflufs während der Schifffahrtsperiode verbleiben im Sammelweiher	8,9	10,0	Dezember 1864 bis April 1865	5,7	9,6
Zuflufs in den Monaten:			Mai bis November 1865	1,8	
Dezember 1862 bis April 1863	6,1		Vorrat samt Zuflufs	11,4	
Mai bis November 1863	3,8	9,5	Abflufs während der Schifffahrtsperiode verbleiben im Sammelweiher	8,9	6,7
Vorrat samt Zuflufs	13,8		Zuflufs in den Monaten:		
Abflufs während der Schifffahrtsperiode verbleiben im Sammelweiher	8,9		Dezember 1865 bis April 1866	4,2	
Zuflufs in den Monaten:		9,5	Mai bis November 1866	2,2	6,7
Dezember 1863 bis April 1864	4,6		Vorrat samt Zuflufs	8,9	
Mai bis November 1864	3,3		Abflufs während der Schifffahrtsperiode verbleiben im Sammelweiher	8,9	
zu übertragen	12,8			—	

Es bestände sonach die Möglichkeit, mittelst eines Leitgrabens, welcher durch den nahezu 5 km breiten Bergrücken geführt werden müßte, das Wasser aus der Schwarzen Laber in den Ottersauerbach zu leiten und von diesem aus nach dem Sammelweiher bei Labersricht. Da zwischen der normalen Höhe des Sammelweihers bei Labersricht und der Talsohle bei Ollerzhof ein Höhenunterschied von 44 m besteht, und da ein Leitgraben zwischen den genannten Orten etwa 7 km lang sein müßte, so wäre ein größeres Gefälle zur Wasserkraftausnutzung zu gewinnen, was die großen Kosten für einen 5 km langen Stollen durch das Gebirge in entsprechendem Maße ausgleichen könnte.

Nähere Untersuchungen über die Zuleitung der Schwarzen Laber wurden nicht angestellt, da diese Leitung nach dem anliegenden Entwurf zunächst zu entbehren ist und erst bei einem jährlichen Güterverkehr von über 2 Mill. Tonnen herangezogen werden könnte. Jedoch lag es nahe auf diese ausgiebige Reserve hinzuweisen.

Wie der Zufluß zum Schwarzach-Leitgraben durch Anlage eines Sammelweihers, ebenso könnte der Zufluß aus den Gebieten des Hausheimer und Kettenbacher Leitgrabens wesentlich verstärkt werden. Bei dem Orte Kettenbach überquert der Ludwig-Kanal mittelst eines 20 m hohen Dammes das Gruberbachtal. An die gleiche Stelle käme auch der neue Kanal zu liegen, so daß der bereits festgelagerte Damm als Abschluß für das Tal dienen könnte. Da zudem die Überführung des neuen Kanals eine wesentliche Verbreiterung des bestehenden Dammes bedingt, so könnte hier die Anlage eines Sammelweihers in verhältnismäßig billiger Weise geschehen. Auch liegen in dem Staugebiet keine Gebäulichkeiten, der größte Teil desselben ist Wald, meistens Staatswald.

Der Wasserspiegel im Sammelweiher soll nach dem Bau-Entwurf höchstens bis zu 30 cm über den Wasserspiegel im Schiffahrtskanal, das ist bis auf eine Höhe von 418 m über N. N. ansteigen, so daß das Wasser in die Haltung aufgepumpt werden müßte. Da jedoch an der normalen Höhe der Scheitelhaltung durch den Umbau nichts geändert werden soll, so könnten der Hausheimer und der Kettenbacher Leitgraben bestehen bleiben und nur das Überwasser beider Leitgräben wäre dem Sammelweiher zuzuleiten. Das im Weiher angesammelte Wasser würde daher nur in trockenen Zeiten zu verwenden und sonach nur in seltenen Fällen aufzupumpen sein.

Das Zuflußgebiet des Weihers umfaßt 15 qkm, so daß sich die größte aufzuspeichernde Wassermenge, berechnet in der gleichen Weise wie für den Sammelweiher bei Labersricht, zu 3,7 Mill. cbm ergibt, während der Sammelweiher bei einem Aufstau des Wassers bis auf 418 m + N. N. 5 Mill. cbm in sich aufnimmt.

Die örtlichen Verhältnisse schließen es nicht aus, noch höher als 30 cm über den Wasserspiegel der Scheitelhaltung zu stauen und dadurch die Aufnahmefähigkeit des Sammelweihers um 3—4 Mill. cbm zu erhöhen.

Eine eingehendere Untersuchung mag entscheiden, wie weit in diesem Falle Kosten und Nutzen im Einklang stehen würden.

Eine ebenfalls geeignete Stelle zur Anlage eines Sammelweihers für die Zuleitung von Wasser nach der Scheitelhaltung findet sich im Gebiet der Deininger Laber, eines Nebenflusses der Altmühl. Parallel mit der Sulz abfließend ist die Deininger Laber von diesem Flusse durch einen zwar hohen, aber schmalen Höhenrücken getrennt, welcher in Nähe der Bäckermühle bei Waltersberg im Labertale eine Breite von etwa 2 km besitzt. Die Talsohle bei dieser Mühle liegt auf 437 m über N. N., sonach 19,3 m über der normalen Höhe des Wasserspiegels der 4,7 km entfernt gelegenen Scheitelhaltung. Das Tal der Laber ist an der bezeichneten Stelle schmal, hat dagegen ein Gefälle von rund 3 auf 1000.

Weitaus der größere Teil des 63 qkm großen Niederschlagsgebietes gehört dem Weissen Jura an. Den Rest nimmt der Ornatenon, Eisensandstein und ein schmaler Streifen Opalinuston ein.

Aus der Höhenlage des mittleren Quellenhorizonts, etwa 15 m über der Talsole bei der Bäckermühle, ist zu schließen, daß der dichte Opalinuston bis zu dieser Höhe ansteht, und daß sonach eine genügende Undurchlässigkeit der Sohle und der Wände für einen Sammelweiher gegeben wäre. Bei einem Aufstau des Wassers bis auf 452 m über N. N. würde der Rauminhalt des Weihers 6,5 Mill. cbm betragen.

Bestimmt man in der gleichen Art wie voraus den Rauminhalt des Weihers, wie derselbe für einen gleichmäßigen Abfluß an 270 Betriebstagen bei dem 63 qkm großen Niederschlagsgebiet notwendig wäre, dann ergibt sich dieser Raum zu 15,4 Mill. cbm, sonach 8,9 Mill. cbm mehr, als bei der voraussichtlich möglichen Stauhöhe vorhanden sind. Bei dieser Stauhöhe muß daher auf einen mehrjährigen Ausgleich verzichtet, und nur ein jährlicher Ausgleich für das trockenste Jahr der Periode 1862/1866 angestrebt werden. Dasselbe ist nach der Tabelle auf Seite 30 das Jahr 1864.

Nimmt man im Gebiet der Deininger Laber die gleichen Abflußverhältnisse an, wie sie sich für das nahe gelegene Tal der Pilsach ergeben haben, dann ist nach der Tabelle auf Seite 39 für die Winterperiode vom 1. Dezember 1863 bis zum 30. April 1864 als mittlerer Abfluß der Laber 10,8 Sek.-Liter für jeden Quadratkilometer des Gebietes anzunehmen. Hieraus berechnet sich der für den Jahresausgleich notwendige Fassungsraum des Weihers bei der Bäckermühle zu 8,9 Mill. cbm, jedoch ohne Abzug von 20% für Verluste durch Versickerung und Verdunstung im Weiher, sonach um 2,4 Mill. cbm Raum mehr, als dem Weiher nach den angenommenen Verhältnissen zu geben möglich wäre.

Die bezeichneten Verluste unberücksichtigt zu lassen, ist deshalb gerechtfertigt, weil dieselben aus dem fast zur Hälfte unbenutzten Gebiete reichlich wieder gedeckt werden. Auch könnte das überschüssige Wasser mit 2,4 Mill. cbm nutzbar gemacht werden, wenn man im Gegensatz zu der Annahme, welche für die Wasserdarstellung der ihr Einzugsgebiet voll ausnutzenden Sammelweiher gemacht wurde, einen Teil derjenigen Wassermenge, welche zur Deckung der Verluste für Versickerung und Verdunstung im Schiffahrtskanal stets erforderlich ist, aus dem Weiher bei der Bäckermühle entnehmen würde.

Zur Verwertung der 2,4 Mill. cbm Wasser wären sonach in den fünf Monaten Dezember mit April sekundlich 184 Liter aus dem Weiher nach der Scheitelhaltung abzuführen, während der sekundliche Bedarf in der 48,4 km langen Haltung zur Deckung der angegebenen Verluste 678 Liter beträgt, wie eine spätere Berechnung ergeben wird. Bei einer verhältnismäßig so geringen Abgabe aus dem Weiher gegenüber dem Bedarf in der Scheitelhaltung ist sonach die Annahme zulässig, dass mit 6,5 Mill. cbm Rauminhalt vollständige Sicherheit für den geforderten Jahresausgleich gegeben ist.

Die Möglichkeit eines höheren Aufstaus bei der Bäckermühle als 15 m, wie im Projekt angenommen ist, könnte unter Umständen trotz der Durchlässigkeit der über dem Opalinuston liegenden Eisensandsteinschichten gegeben sein; hierüber müssten eingehende geologische Untersuchungen entscheiden. Liegen jedoch wider Erwarten die geologischen Verhältnisse für die Anlage eines Sammelweihers noch ungünstiger, als sie hier angenommen sind, so wäre im Detailentwurf zu untersuchen, ob sich nicht infolge des nachhaltigen Wasserabflusses, welcher durch den geologischen Aufbau des Gebietes bedingt wird, eine Ableitung der Deininger Lauer von der Bäckermühle aus zur Scheitelhaltung des Kanales auch ohne die Anlage eines größeren Sammelweihers empfehlen würde.

Weiterhin wurden einer eingehenderen Untersuchung unterzogen das Gebiet des Rohrenstadter und Traunfelder Baches, Nebenflüsse der vorderen Schwarzach, mit einem Niederschlagsgebiet von 16 bzw. 36 qkm. Beide Gewässer entspringen im obersten Wasserhorizont, also am Fusse des Weissen Jura, und durchfließen Gebiete, welche ein dem Pilsachgebiet ähnlichen Charakter aufweisen.

Das Niederschlagsgebiet des Rohrenstadter Baches könnte vollkommen ausgenutzt werden, da sich die Anlage einer Sperre hart am Ausgang des auf 394 m über N. N. gelegenen Tales bei Unterölsbach ermöglichen lässt. Die Höhe des größten Aufstaus bis auf 414 m über N. N. ist durch die Lage des Ortes Unterrohrenstadt bestimmt. Der Sammelweiher käme somit ganz in den Opalinuston zu liegen mit einem Rauminhalt von 4,5 Mill. cbm, während der Ausgleich in der Wasserlieferung nach der Berechnung wie für Labersricht etwa 3,9 Mill. cbm erfordern würde. Der Opalinuston hat im Niederschlagsgebiet des Rohrenstadter Baches eine Ausdehnung von 3,2 qkm, umfasst also ein Fünftel des gesamten Gebietes, während der Rest von durchlässigem Gestein, dem Eisensandstein und dem Weissen Jura, eingenommen wird. Die Abflussverhältnisse können sonach gleichfalls wie diejenigen im Pilsachtale beurteilt werden.

Die Sperre im Tal des Traunfelder Baches soll unmittelbar oberhalb Hagenhausen und noch unterhalb der Mündung des Raschbaches angelegt werden. Das Niederschlagsgebiet hat an dieser Stelle eine Größe von 29 qkm. Dem Sammelweiher kann ein größter Inhalt von 13,5 Mill. cbm gegeben werden, während sich für den angenommenen Ausgleich im Abfluss nur 7,1 Mill. cbm berechnen. Auch dieser Sammelweiher wäre vollständig im Opalinuston ein-

gebettet, welcher etwa 14 % des Niederschlagsgebietes oberhalb Hagenhausen umfasst.

Nach dem für die Wasserversorgung des neuen Donau-Main-Kanales ausgearbeiteten Entwurf soll das Wasser aus den Sammelweihern bei Unterölsbach und Hagenhausen in die vordere Schwarzach eingelassen und in diesem Flüschen bis gegen Burgthann abfließen. Von da würde es mittelst eines 3 km langen Grabens zum neuen Kanal in die auf 358 m über N. N. gelegene Haltung zwischen der Querbahn bei Ochbruck und der Längsbahn bei Worzelsdorf geleitet werden.

Die Einleitung wäre vielleicht auch in anderer Weise vorteilhaft zu betätigen. Das Hochwasser der Schwarzach bei der Kanalbrücke des Ludwig-Kanales steigt annähernd bis auf 341 m über N. N. und könnte in dem hier engen und tiefen Tale ohne Schwierigkeit etwa um 4 m gestaut werden. Durch einen kürzeren Leitgraben würde sodann das Speisewasser in die jetzige Wendelsteiner Haltung (63—64) mit einer Sohlenhöhe von 343,78 m + N. N. eingeleitet und auf diesem Wege der Haltung unterhalb der Längsbahn bei Worzelsdorf zugeführt werden, deren Wasserspiegel auf 330 m + N. N. gelegen ist.

Oberhalb des Gebietes des Rohrenstadter Baches grenzt das 20 qkm große Gebiet des Sindelbaches an, gleichfalls ein Nebenfluss der vorderen Schwarzach. Auch dieses Gebiet würde sich zur Anlage eines Sammelweihers eignen, jedoch könnte dem Weiher wegen der Lage des Ortes Sindelbach voraussichtlich nur eine bescheidene Größe gegeben werden. Weitere Untersuchungen wurden nicht vorgenommen.

In allen Flusstälern, welche mit Bezug auf die Anlage von Sammelweihern besprochen wurden, ist felsiger Untergrund voraussichtlich erst in größerer Tiefe anzutreffen. Daher sind überall Erddämme mit einer kräftigen Dichtung aus Lettenschlag und zum Schutz der inneren Böschung des Staudammes eine Pflasterung vorgesehen. Die zur Herstellung der Staudämme notwendigen Baumaterialien sind in guter Beschaffenheit in der Nähe jeder Baustelle zu gewinnen. Durch zahlreiche, tiefgehende Bodenuntersuchungen und vergleichende Kostenberechnungen wäre in einem Detailentwurf festzustellen, ob nicht da und dort statt eines Erddammes ein massiver Abschluss vorzuziehen wäre. So ist nicht ausgeschlossen, dass infolge einer bei Labersricht vorhandenen, von SO. nach NW. verlaufenden Verwerfung der felsige Untergrund wesentlich höher gelegen ist, als bei der Aufstellung des generellen Entwurfes anzunehmen war, so dass die Möglichkeit zur Gründung eines Mauerwerks gegeben wäre.

Ein von Professor Dr. Oebbeke an der Technischen Hochschule in München an den Vorsitzenden des Kanalvereins gerichteter Anerbieten mit dem Privatdozenten Dr. Bauer eine geologische Untersuchung in Bezug auf die Wasserversorgung eines neuen Donau-Main-Kanales vorzunehmen, wurde dankbarst angenommen. Erfreulicherweise bestätigte diese fachmännische Untersuchung, die sich auf die Sammelweiher bei Labersricht, bei Bäckermühle und ebenso auf das Gebiet des Traunfelderbaches erstreckte, die

Richtigkeit der von dem Kgl. Oberbaurat Hensel und von dem Kgl. Bauamtmann a. D. Vogt bei ihren Studien über die Möglichkeit der Anlage von Sammelweihern gemachten Voraussetzungen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen über die Anlage eines Sammelweihers bei Labersricht, Kettenbach, bei der Bäckermühle, bei Unterölsbach und Hagenhausen sind in der Tabelle 21 zusammengestellt und hinsichtlich der Abmessungen und Kosten einer Arbeit von Vogt entnommen.

Die Tabelle 21 gibt die kleinste sekundliche Wasserdarstellung aus den 5 Weihern an 270 Betriebstagen im Jahr im ganzen zu 1503 Liter an. Läßt man den Sammelweiher bei der Bäckermühle außer Betracht, da bei diesem für den Abfluß nur ein Jahresausgleich angenommen wurde, dann ergibt sich für die 4 übrigen Weihern eine sekundliche Wassermenge von 941 Liter bei einem Zuflußgebiet von 101 qkm. Um den für eine fünfjährige Zeitperiode geforderten Ausgleich zu erreichen, ist bei den 4 Weihern zusammen ein Fassungsraum von 24,7 Mill. cbm erforderlich, während nach den örtlichen Verhältnissen und nach den im Kostenanschlag gemachten Voraussetzungen diesen Weihern ein Gesamtinhalt von 38 Mill. cbm gegeben werden kann.

Das Verhältnis der beiden voraus bezeichneten Rauminhalte beträgt 65 : 100. Das gleiche Verhältnis besteht nach der Tabelle auf Seite 30 zwischen dem mittleren sekundlichen Abfluß für den Woffenbach in den trockenen Jahren 1862/1866 mit 58 Litern und demjenigen in dem mittelnassen Jahre 1875 mit 89 Litern. Sonach ermöglicht die Größe der 4 Sammelweihern, wie sie zur Berechnung der Kosten vorausgesetzt wurde, einen vollständigen Ausgleich des Abflusses auch in mittelnassen Jahren und es besteht die Sicherheit, daß in der Regel weit über den Bedarf hinaus Wasser in den Weihern angesammelt ist.

Ferner ist es bei der Größe der Sammelweihern zulässig, die dem Kanal frei zufließenden Gewässer nicht mit ihrer kleinsten sekundlichen Wassermenge für die Speisung des Kanales in Rechnung zu setzen, sondern hierfür im allgemeinen das sekundliche Jahresmittel anzunehmen. Durch die Anlage der Sammelweihern können sonach alle Zuflüsse zum Kanal in höherem Maße ausgenutzt werden als seither.

Aus der auf Seite 47—51 folgenden Berechnung über die Speisung der einzelnen Strecken des Kanales ergibt sich, daß außer den bereits angegebenen 1503 Sek.-Litern noch weitere 1000 Sek.-Liter für die Kanalstrecke zwischen Fürth und Bamberg aus Sammelweihern entnommen werden müssen.

Mit Rücksicht auf die Gewinnung von Wasserkraft wäre es ratsam, auch diese Sammelweihern möglichst weit oberhalb Fürth zur Ausführung zu bringen. Dagegen erfordern andererseits die vielfachen Schwankungen im Wasserbedarf des Kanales während der Schifffahrtsperiode, daß der Zufluß nahe der Verwendungsstelle geschieht, damit die Größe der Wassergeschwindigkeit und die Höhe des Wasserspiegels im Kanal möglichst gleichmäßig verbleibt.

Jedenfalls kann das Gebiet zwischen Nürnberg und Bamberg die gesamte notwendige Wassermenge liefern, da dasselbe in klimatischer und

geologischer Hinsicht keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den für die Anlage von Sammelweihern näher untersuchten Gebieten aufweist. Diese Annahme wird auch dadurch bestätigt, daß nach den vorstehenden Berechnungen für die Gewinnung von 941 Sek.-Litern mittelst der vier Sammelweihern in der Nähe der Scheitelhaltung ein Niederschlagsgebiet von 101 qkm in Anspruch zu nehmen ist (vergl. Tabelle 21), während das Gebiet der bei Fürth in die Regnitz mündenden Pegnitz 1200 qkm und das rechtseitige Zuflußgebiet der Regnitz von Fürth bis Bamberg 1500 qkm umfaßt. Von diesen im ganzen 2700 qkm großen Flußgebieten würden für die Beschaffung von 1000 Sek.-Litern nach dem angegebenen Verhältnis 108 qkm, das sind nur 4% der ganzen Fläche herangezogen werden, so daß von einer Benachteiligung der Landwirtschaft oder der Industrie keine Rede sein kann.

Im Gegenteil könnte mit der Anlage von Sammelweihern in diesen Gebieten da und dort wesentlicher Schutz gegen Hochwassergefahr geschaffen werden. Es sei hier nur auf die jüngste Hochwasser-Katastrophe durch den Amlingstädter Bach im Juli 1901 verwiesen, welche großen Schaden an öffentlichem und privatem Eigentum verursacht hat.

Was die Baukosten für die Sammelweihern betrifft, so entsprechen dieselben nach den darüber angestellten Berechnungen den Kosten, wie sie auch sonst für derartige Anlagen aufgewendet werden müssen. Im Durchschnitt betragen dieselben, wie aus der Tabelle 21 zu entnehmen ist, bei den 5 Weihern mit einem Fassungsraum von 44,5 Mill. cbm, doch ohne die Leitgräben zwischen Weiher und Kanal, zusammen 9,023,460 Mk. und sohin für jeden cbm gestauten Wassers 20,3 Pfennig.¹⁾

Die Kosten für die Sammelweihern, welche zum Teil das zwischen Fürth und Bamberg nötige Wasser liefern sollen, wurden nach der Anlage bei Labersricht bestimmt, dabei jedoch in Anschlag gebracht, daß ein Weiher mit 15 Mill. cbm Rauminhalt, wie ihn der bei Labersricht besitzt, die Ausnutzung eines Niederschlagsgebietes von 61 qkm ermöglicht und in diesem Falle eine sekundliche Wassermenge von 573 Liter liefern könnte. Da nun die Kosten des Sammelweihers bei Labersricht samt Leitgraben und Ablösung der Wasserkraft 3176500 M. betragen, so berechnen sich die Kosten für 1 Sek.-Liter Wasser bei vollständiger Ausnutzung zu 5544 M. und sonach die Kosten für die von Fürth bis Bamberg notwendigen 1000 Sek.-Liter zu 5544000 M.

Wiederholt wurde darauf hingewiesen, in welcher Weise der geologische Aufbau des Fränkischen Jura die Speisung eines Schifffahrts-Kanales begünstigen würde. In gleichem Sinne ist noch eine andere geologische Eigentümlichkeit des vom Kanal durchzogenen Gebietes von hervorragender Wichtigkeit, nämlich die weit ausgedehnten Grundwasserbecken, welche als natürliche Sammelweihern angesehen werden können. Große Sandflächen quartären Ursprungs finden sich,

¹⁾ Ziegler. Der Talsperrenbau nebst einer Beschreibung ausgeführter Talsperren. Berlin 1900. Tabelle über Inhalt und Kosten von Talsperren, S. 140—147.

wie schon erwähnt bei Bamberg, Erlangen und Nürnberg, sodann auch bei Neumarkt in Höhe der Scheitelhaltung des Kanales. Darüber schreibt Gumbel in dem bereits genannten Gutachten aus dem Jahre 1873 über die von der Stadt Nürnberg damals geplante Wasserversorgung:

So traurig im allgemeinen die Erscheinung dieses bindemittlereeren, lockeren, an Pflanzennährstoffen so armen, trockenen, daher sterilen Sandes immerhin sein mag, so ist ihm doch eine gute Eigenschaft nicht abzusprechen: er nimmt das auf ihn niederfallende Meteorwasser wie ein poröser Schwamm mit möglichst geringen, durch oberflächliches Abfließen verursachten Verlusten in sich auf und läßt dasselbe rasch und mit nur geringen Verdunstungsverlusten in die Tiefe versinken, nicht ohne dasselbe zugleich zu filtrieren. Von dieser Eigentümlichkeit ist der Wasserreichtum gewisser Quellen dieses Sandgebietes abhängig.

Gestützt auf dieses Gutachten wurde im Jahre 1885 die Ursprungsquelle, welche östlich der Stadt Nürnberg, 19 km von derselben entfernt, in einer an die Ausläufer des Fränkischen Jura sich anlehnenden Sandhochebene entspringt, zum Zwecke der Wasserversorgung gefasst. Die Wasser tragende Schichte besteht aus Keuperletten, welcher bis 11,3 m unter der Talsohle gelegen ist. 83 Filterbrunnen liefern ihr Wasser nach einem Sammelschacht, von dem aus dasselbe dem Hochbehälter auf dem Schmausenbuck zuläuft. Im Jahre 1892 begann man das überschüssige Wasser im Quellgebiet selbst durch Schließen der Filterbrunnen zu stauen, und seit dieser Zeit wechselt die vom Ursprung abgelassene und in der Stadt verbrauchte Wassermenge zwischen 54 und 152 Sek.-Liter.

Der städtische Oberingenieur Wagner sagt darüber:¹⁾

Diese beiden Zahlen beweisen zur Genüge den hohen Wert des Stauens. Der Hochbehälter auf dem Schmausenbuk wäre natürlich nicht imstande, solche bedeutende Schwankungen im Verbrauch auch nur auf mehrere Tage, geschweige auf Wochen und Monate hinaus auszugleichen. Die Stauung wird nicht so weit getrieben, wie sie vor der Fassung der Quelle war, sondern bleibt gegen 1 m tiefer.

Diese und ähnliche Erfahrungen und Beobachtungen gaben Anregung, die großen Sandbecken längs des Kanales auch für die Zwecke der Speisung desselben nutzbar zu machen. Eingehende Untersuchungen über diesen Gegenstand wurden von dem Kgl. Bauamtmann Vogt auf der Sandebene bei Neumarkt und südlich dieser Stadt vorgenommen.

Die Sandablagerungen erstrecken sich hier auf eine Länge von etwa 12 km und auf eine Breite von 1 bis 3 km. Ihre Tiefe ist stellenweise durch Bohrungen bis zu 17 m festgestellt worden, so daß der Inhalt des Sandbeckens auf 200—300 Mill. cbm geschätzt werden kann. Nimmt man nach den Messungen im Ursprungsand an, daß die Hohlräume 28,28% der

ganzen Masse betragen, so berechnet sich eine Grundwassermenge von 50—80 Mill. cbm, welche zum gleichmäßigen Abflufs gebracht, hinreichen würde, den Bedarf des Kanales von der Scheitelhaltung bis nach Bamberg fast während eines Jahres bis zu 2 Mill. Tonnen Güterverkehr zu decken. Es ist daher sicher anzunehmen, daß wenigstens ein kleiner Teil der in dem Sandbecken aufgespeicherten Wassermenge für den Kanal nutzbar gemacht werden kann.

Das Neumarkter Sandbecken ist als ein von der Natur hergestellter Sammelweiher zu betrachten, bei dem durch die Widerstände, welche das fließende Wasser im sandigen Boden findet, und welche einen sehr langsamen Abflufs bedingen, dasselbe erreicht wird, was mit einer Talsperre erreicht werden soll, nämlich ein gleichmäßig abfließendes Wasser gegenüber der sehr ungleichmäßigen Wasserzufuhr. Die Speisung des Grundwasserstromes geschieht zunächst durch das auf die Sandfläche auffallende Regen- und Schneewasser, welches ohne große Verluste in dem porösen Boden versinkt, sodann durch die am Rande des Beckens zutage tretenden, aus dem Braunen und Weissen Jura stammenden Quellflüßchen, welche sich allmählich in dem sandigen Untergrund verlieren, wie dies auch bei den Speisewasserzuflüssen der Scheitelhaltung häufig beobachtet werden kann.

Außerdem wäre möglich, dasjenige Wasser, welches bei abnormen Hochwässern in den Sammelweihern im Pilsach- und Labertale nicht aufgenommen werden kann, nach den Sandbecken hinzuleiten und zur Versickerung zu bringen, um es dann später aus dem Grundwasserbecken wieder dem Kanal zuzuführen. Weit ausgedehnte Waldungen auf der sandigen Ebene würde die Einleitung der Überwasser begünstigen.

Die Ergiebigkeit der Wasserentnahme kann nur annähernd geschätzt werden, da genügende Untersuchungen über die Größe des Grundwasserbeckens, über die Neigungsverhältnisse der wassertragenden Schichten nicht vorliegen, auch Pumpversuche mit Rücksicht auf die hohen Kosten nicht angestellt werden konnten, und da ebenso die notwendigen, mehrjährigen Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen dem Niederschlag und der Bewegung des Grundwasserstandes fehlen. Die Ergiebigkeit wird sicher eine verhältnismäßig große sein, da ja nicht allein die Sandebene die Niederschläge rasch aufzunehmen vermag, sondern auch, wie früher angegeben, das ganze Einzugsgebiet sich durch eine große Aufnahmefähigkeit auszeichnet.

Damit in dieser Sache ein einigermaßen zuverlässiges Bild gewonnen werden konnte, wurde Zivilingenieur Kullmann in Nürnberg, der durch Projektierung und Ausführung der Wasserleitung zu Neumarkt besondere Erfahrungen über das dortige Grundwasserbecken zu sammeln Gelegenheit hatte, ersucht, sich über die voraussichtliche Ergiebigkeit desselben gutachtlich zu äußern. Nach diesem Gutachten und unter der vom technischen Amt gemachten Annahme, daß die mittlere jährliche Niederschlagshöhe in dem Gebiete bei Neumarkt etwa 700 mm beträgt, wäre es möglich, während der Schiffsfahrtsperiode dem Grundwasserbecken eine sekundliche Wassermenge von 10 Litern für jeden Quadratkilometer zu entnehmen. Da sich diese mittlere Wassermenge für das ganze

¹⁾ Vortrag über die Quellfassung des Ursprungs der Wasserversorgungsanlage Nürnbergs, gehalten im Fränkisch-Oberpfälzischen Bezirksverein deutscher Ingenieure am 22. Januar 1895.

Jahr zu 7,5 Sek.-Liter und im ganzen zu 22% des jährlichen Niederschlags berechnet, so sind die gemachten Annahmen jedenfalls nicht zu hoch gegriffen.

Die Sandablagerungen bei Neumarkt und südlich dieser Stadt steigen von der Scheitelhaltung aus nach Osten an und erreichen eine durchschnittliche Höhe von 9 m über dem Wasserspiegel des Kanales. Der Grundwasserspiegel ist etwa 3 m unter der Oberfläche anzutreffen und hat in westlicher Richtung, also von den Gehängen des Jura gegen das Tal der Sulz, ein Gefälle von 1:210. Daher könnte mit einfachen Hilfsmitteln durch Filterbrunnen das Wasser aus dem Sandbecken herausgezogen und zum Teil durch eigene Schwere dem Kanal zugeleitet werden.

In dem Sandbecken westlich des Kanals, dem ein Einzugsgebiet von 100 qkm zugehört, müßten die einzelnen Gewinnungsstellen mit einer Pumpanlage ausgerüstet werden. Möglicherweise hätte auch diese Gewinnungsart Vorteil, besonders dann, wenn es gelingen würde, die Hochwasser der Sulz in ausgiebigem Maße in das Grundwasserbecken einzuleiten. Zur Speisung des Kanales soll jedoch nach dem Bau-Entwurf nur der östlich desselben gelegene Teil des Sandbeckens, aus dem das Wasser zum grossen Teil jetzt schon dem Ludwig-Kanal zufließt, herangezogen werden. Das hier in Betracht kommende Niederschlagsgebiet umfaßt eine Fläche von annähernd 42 qkm, so daß es zulässig wäre, mit einer sekundlichen Wasserlieferung von 400 Litern an 270 Tagen im Jahre zu rechnen.

Die Kosten der Wasserentnahme aus Grundwasserbecken lassen sich erfahrungsgemäß mit Sicherheit ermitteln. Nach einer gütigen Mitteilung des Stadtbauamtes Nürnberg hat die Fassung der Ursprungsquelle mittels 83 Filterbrunnen bei einer durchschnittlichen Wasserlieferung von 100 Sek.-Litern 207444 Mk. gekostet. Rechnet man hiezu noch die Kosten für die Entlüftungen mit Maschine, Pumpe und Häuschen, für die Leitungen von den Sammelbrunnen zum Kanal, sodann die Kosten für die Einleitungsbauten am Kanal, ferner die Entschädigung an die Grundbesitzer, dann ergeben sich die Baukosten für jeden Sek.-Liter zu 2700 Mk. gegenüber 5544 Mk. bei einem Sammelweiher, wie oben angegeben.

Trotz der verhältnismäßig geringen Kosten einer Grundwasserversorgung und trotzdem sich auch in den übrigen im Tale der Regnitz gelegenen Sandbecken noch mehrfach Gelegenheit zur Einleitung von Grundwasser in den Kanal bieten würde, wurde eine weitere Anlage, über 400 Sek.-Liter hinaus, nicht projektiert. In dem generellen Entwurf konnte mit einer Vermehrung des Grundwassers durch künstliche Zuleitung nicht gerechnet werden, da die Grundwasserverhältnisse in den hier in Betracht zu ziehenden Gebieten ohne viel Zeit und Geld nicht in genügendem Maße aufgeklärt werden können, und da auch zur Zeit ohne praktische Erfahrung der Erfolg einer künstlichen Grundwasser-Vermehrung zahlengemäß nicht festzustellen ist. Bei einer zu kräftigen Entnahme von Grundwasser, ohne daß ein Ersatz durch künstliche Zuleitung geschaffen würde, wäre eine schädigende Einwirkung auf die Niederwassermenge der sonst durch Grundwasser nachhaltig gespeisten Flußgerinnen zu befürchten. Auch ist zu berücksichtigen, daß die Städte längs des Kanales

zur Befriedigung der stets wachsenden Ansprüche an ihre Wasserversorgung auf die Gewinnung des meist vorzüglich beschaffenen Grundwassers angewiesen sind. Gleichfalls Grund genug, diese wertvollen, unterirdischen Sammelweiher ohne eingehende Untersuchung nur in bescheidenem Maße für die Speisung des Kanales in Anspruch zu nehmen und eine Einleitung der Hochwasser in die Grundwasserbecken nur dann zu betätigen, wenn in jedem einzelnen Falle ohne Zweifel erwiesen sein wird, daß für die städtischen Grundwasserversorgungs-Anlagen keinerlei Schaden erwächst. Derartige Untersuchungen gehen weit hinaus über den Rahmen eines generellen Projektes, wie es das vom technischen Amte ausgearbeitete sein soll. Jedenfalls wird sich der Detailentwurf eingehend mit der Frage zu befassen haben, inwieweit es möglich sein wird, die Kosten für die Wasserversorgung, wie sie sich bei der Anlage von Sammelweihern ergeben, durch Zuleitung aus natürlich und künstlich gespeisten, unterirdischen Sammelbecken zu ermäßigen.

Außer den besprochenen drei Leitgräben der Scheitelhaltung sollen auch alle übrigen Speisewasser-Zuflüsse des Ludwig-Kanales, welche in der Tabelle 13 genannt sind, in den neuen Kanal eingeleitet werden, ausgenommen die drei Leitgräben im Stadtbezirk Nürnberg und zwar mit Rücksicht auf die zunehmende Erweiterung dieser Stadt, welche eine tiefliegende Kanalisation des neuen Stadtteiles erfordert. In dem nachfolgenden Entwurf für die Speisung der einzelnen Kanalstrecken wurde die Menge des Speisewassers der freien Zuflüsse — mit Ausnahme der Regnitz und Sulz — für ein außergewöhnlich trockenes Jahr der Wasserlieferung des Jahres 1865 gleichgesetzt und als Zufluß in einem mittelnassen Jahr der Betrag des Jahres 1875, mindestens aber nach dem Verhalten des linkseitigen Woffenbaches der 1,6fache Betrag des Jahres 1865 angenommen (vergl. Tabelle 13). Mit welchem Recht dies geschieht, geht aus der Abhandlung über die Speisewasser-Zuflüsse zum Ludwig-Kanal sowie aus derjenigen über die Sammelweiher hervor.

Was die Regnitz betrifft, so hat die Kgl. Kanalverwaltung das Wässerungsrecht für die Wiesterweh-Wiesen bei Erlangen sich erworben. Dieses Recht übt die Verwaltung durch Aufstellen von Dielen am dortigen sog. fliegenden Wehre aus, wodurch eine Erhöhung des Wasserstandes beim Einlauf der Regnitz nächst unterhalb der Schleuse Nr. 90 um höchstens 0,10 m über dem normalen Wasserspiegel in der 91. Haltung zu erzielen ist. Dagegen kann der Wasserspiegel der Regnitz für die Zeit vom Mai bis Mitte Oktober, wenn die sämtlichen, der Wiesenwässerung dienenden Privatwehre eingestellt sind, in der Regel 40—60 cm über den normalen Wasserspiegel in der 91. Kanalhaltung gestaut werden. Bei stärkerer Wasserführung der Regnitz ergeben sich noch größere Höhenunterschiede. Die normale Höhe des Wasserspiegels in der genannten Haltung beträgt 1,46 m am Unterwasserpegel der Schleuse Nr. 90. In der Regel wird der Wasserstand in der Haltung, wenn sämtliche Privatwehre in die Regnitz eingestellt sind, auf 1,75 m gehalten, auch läßt man ihn bei hohen Wasserständen der Regnitz bis auf etwa 50 cm über den normalen Stand ansteigen.

Während der Trockenperiode Mitte der 60er Jahre betrug nach den Aufzeichnungen des Kgl. Kanal-amtes der kleinste sekundliche Zufluss der Regnitz 304 Liter in der Zeit vom 9. September 1865 bis zum 13. Januar 1866. Der mittlere jährliche Zufluss berechnet sich nach der Tabelle 15 für die Jahre 1859/1878 und für diejenigen Tage, an denen der Einlauf nicht vollständig geschlossen war, zu 429 und das mittlere jährliche Maximum aus dieser Zeit zu 1199 Sek.-Liter. Dieses Maximum fällt in den 20 Jahren 1859/1878 12mal in die 8 Monate März mit Oktober, also in eine Zeit, in welcher im allgemeinen verhältnismäßig wenig Wasser oberirdisch abfließt. Auch ist ferner zu berücksichtigen, daß die Regnitz gerade in wasserreichen Zeiten entweder gar nicht oder nur mit einer geringen Wassermenge in den Kanal eingelassen wird, da dann die übrigen Zuflüsse meist genügen. Ganz anders, wenn Sammelweiher vorhanden sind.

Durch die Möglichkeit, das Wasser in ausgiebiger Menge in den Weihern zurückzuhalten, könnte die Regnitz bei höheren Wasserständen in stärkerem Maße herangezogen werden, als dies seither notwendig gewesen ist. Da sich jedoch der Erfolg dieses Verfahrens unmöglich im voraus mit bestimmten Zahlen angeben läßt, so ist in der Kostenberechnung für die Speisung des Kanales als mittlere sekundliche Wassermenge in außergewöhnlich trockenen Jahren die obengenannte mittlere Wassermenge mit 429 Sek.-Litern angenommen und also bei dem generellen Entwurf davon abgesehen, daß die Kgl. Kanalverwaltung das Recht hätte, mehr Wasser in den Kanal einzulassen, als dies bis jetzt geschehen ist. Die Wasserlieferung in mittelnassen Jahren ist in der nachfolgenden Zusammenstellung des Wasserbedarfs für den projektierten Donau-Main-Kanal mit 1000 Sek.-Litern gleichfalls nicht zu hoch eingesetzt.

Da die Sammelweiher erst nach und nach mit steigendem Verkehr zur Ausführung kämen und da sonach genügend Zeit vorhanden wäre, das zulässige und zuverlässige Maß der Wasserlieferung aus der Regnitz zu ermitteln, so bedingt die obige Annahme durchaus keine unnötige Bauanlage. Dagegen ist nicht ausgeschlossen, daß bei obiger Annahme die Kosten für die Speisung des Kanales überschätzt werden.

Beim Umbau des Ludwig-Kanales muß der Einlauf der Regnitz in die Nähe der Baiersdorfer Mühle nach km 138 des neuen Kanales zwischen der 15. und 16. Gefällsstufe d. i. 5 km unterhalb der jetzigen Mündungsstelle verlegt werden. Da zudem in konstruktiver Hinsicht bei dem neuen Einlauf nichts geändert werden soll, so werden durch diese Verlegung die Wasserbenutzungsrechte anderer in keiner Weise gestört werden.

Für die Wasserversorgung der Kanalstrecke von der Querbahn bei Beilngries bis zur Donau bei Kelheim kommen Altmühl und Sulz in Betracht. Nach einer Messung des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus vom 27. Juli 1899 wurde die sekundliche Wassermenge der Altmühl an der Staatsstraßenbrücke bei Beilngries zu 4,82 cbm bestimmt, das sind bei einem Niederschlagsgebiet von 2246 qkm 2,1 Sek.-Liter für jeden Quadratkilometer.¹⁾ Nimmt man auch für die Sulz bei Beiln-

gries mit etwa 200 qkm den gleichen Abfluß an, dann erhält man 0,42 Sek.-cbm und sonach den gesamten Abfluß der Altmühl und Sulz bei Beilngries zu 5,24 Sek.-cbm.

Für die Kanalstrecke von Beilngries bis nach Kelheim sind nach der Zusammenstellung auf Seite 47 für einen Verkehr von 4 Mill. Tonnen erforderlich 2,5 Sek.-cbm — also nur etwa die Hälfte der bei außergewöhnlicher Trockenheit vorhandenen Wassermenge, wenn bei der Gefällsstufe Nr. 3 zwei Kammerschleusen mit je 10 m Gefällshöhe und mit je 3 Sparbecken zur Verwendung kommen. Wird nur je 1 Sparbecken verwendet, dann genügen 2,5 Sek.-cbm bis zu einem jährlichen Verkehr von 2 Mill. Tonnen.

Das zur Wasserversorgung des Kanales nötige Wasser soll nun, soweit die Sulz nicht genügt, aus der Altmühl bei Unter-Emmendorf abgeleitet werden. Die Ufer an dieser Stelle sind derart hoch, daß der Fluß um etwa 80 cm und zwar bis auf 369 m + N. N. gestaut werden könnte. Der Leitgraben mit einer gesamten Länge von 6,5 km, würde in die Sulz einmünden. Dieser wiederum wäre mit einem Wehr zu stauen, wodurch dann das Wasser der auf 368 m + N. N. gelegenen Haltung am Fufse der Querbahn bei Beilngries zufließen würde.

In dem Kostenvoranschlag für die Wasserversorgung sind nur diejenigen Kosten eingesetzt, welche zur Herstellung eines den Bedürfnissen der Wasserversorgung des Kanals entsprechenden Leitgrabens von der Altmühl zur Kanalhaltung bei Beilngries erforderlich ist. Die Kosten für die Herstellung der Wehre in der Altmühl und in der Sulz, sodann die Kosten der Entschädigung für den Entgang von Wasser an die Besitzer der Mühlen an der Sulz bei Beilngries, sodann an der Altmühl von der Kratzenmühle bis zur Mühle bei Gronsorf sind reichlich gedeckt durch den im Tale der Altmühl bei Anlage einer neuen Wasserstraße frei werdenden ärarialischen Besitz an Grund und Boden, durch die Freigabe des seither in der kanalisierten Altmühl für die Schifffahrt benutzten Wassers.

Außerdem wäre zu berücksichtigen, daß die Wasserkräfte der Altmühl mit Hilfe des Seitenkanales wirtschaftlicher als seither ausgenutzt werden könnten. Von den hier in Betracht kommenden Triebwerken an der Altmühl wird zur Zeit im ganzen ein Gefälle von 8,4 m nutzbar verwendet. Dagegen beträgt das Gefälle im Seitenkanal von der Höhe der Haltung bei Beilngries bis zur Haltung in Kelheim zwischen der 1. und 2. Staustufe 27,9 m. (Vergl. Tab. 1.)

Läuft man im Seitenkanal eine mittlere Wassergeschwindigkeit von 20 cm zu, dann wären $57,5 \times 0,20 = 11,50$ Sek.-cbm Wasser durch den Seitenkanal abzuleiten. Nach Abzug des für die Bewegung des Wassers notwendigen Gefälles von etwa 2 cm auf 1 km verbleiben zur Kraftausnutzung noch rund 27,1 m, sonach mehr, als seither ausgenutzt: 18,7 m.

Die angegebene Wassermenge könnte während des größten Teils des Jahres dem Kanal bei Beilngries aus der Altmühl und Sulz zugeführt werden. Hievon wären nach Abzug des Speisewassers für den Kanal 9 cbm nutzbar zu verwenden und damit etwa 1600 PS neu zu gewinnen. Diese Kraft würde es lohnen, den Leitgraben von der Altmühl aus nach

¹⁾ Jahrbuch des Hydrotechnischen Bureaus 1901, S. XXVII.

dem Kanal entsprechend groß anzulegen und die einzelnen Werke im Altmühltal durch elektrische Zentralen bei Riedenburg und Gronsdorf mit Kraft zu versehen.

Den Nachweis über die Möglichkeit einer genügenden Wasserversorgung der einzelnen Strecken des projektierten Donau-Main-Kanales enthält die tabellarische Zusammenstellung über den Wasserbedarf und die Wasserlieferung auf Seite 47—51. Bei der Aufstellung dieser Tabelle wurde vorausgesetzt, daß drei Schiffshebewerke auf geneigter Ebene zwischen Beilngries und Worzeldorf bestehen, daß dagegen der Kanal von Kelheim bis nach Beilngries, sodann von Worzeldorf — 8 km oberhalb Nürnberg — bis nach Bamberg nur mit Kammerschleusen versehen ist.

Würde diese Beschränkung nicht gemacht werden, wollte man durchwegs einen reinen Schleusenkanal ausführen und hiebei in der Nähe der Scheitelhaltung statt der schiefen Ebenen Kammerschleusen bis zu 10 m Höhe mit je 3 Sparbecken anwenden, dann wären weiter erforderlich: bei einem

jährl. Güterverkehr von 1,5 Mill. Tonnen	1,0 Sek-cbm
» » » 2,0 » »	1,4 »
» » » 4,0 » »	2,6 »

Dieses Wasser müßte mittelst Sammelweiher gewonnen werden, wobei zur Anlage derselben bei einem jährlichen Verkehr von 2 Mill. Tonnen ein Kostenaufwand von etwa 9 Mill. Mk. erforderlich werden würde, unter der Voraussetzung, alle Weiher so hoch anlegen zu können, daß das angesammelte Wasser mit natürlichem Gefälle der Scheitelhaltung zuffießt.

Bei der Ausarbeitung des Planes für die Wasserversorgung wurde ferner ein jährlicher Güterverkehr von 2 Mill. Tonnen, wie er zur Zeit in Frankfurt a. M. besteht, vorausgesetzt. Es erschien nicht angezeigt, jetzt schon in die Berechnung jene Kosten aufzunehmen, die in seltenen Fällen dann erwachsen, wenn einmal der Verkehr die bezeichnete, immerhin schon entfernt gelegene Grenze zu überholen beginnt. Dem Wassermangel in einzelnen Haltungen könnte man dann statt durch Anlage neuer Sammelweiher auf eine Reihe von Jahren hinaus billiger durch Pumpwerke abhelfen, die das Wasser von den unteren zu den oberen Haltungen zurückbefördern, ein Verfahren, das schon mit Vorteil zur Anwendung gekommen ist.¹⁾

Ferner wäre darauf hinzuweisen, daß der Wasserbedarf und die Wasserlieferung mit Mittelwerten gerechnet sind, da zur Speisung des Kanales eine größere Anzahl Sammelweiher dienen. Es steht nichts im Wege, den Abfluß aus denselben nach der Dichtigkeit

¹⁾ A. Rudolph. Künstliche Hebung des Speisewassers eines Kanales von Haltung zu Haltung. Brüssel 1898. VII. internat. Schifffahrts-Kongress.

Werneburg. Künstliche Speisung von Schleusenkanälen. Zentralblatt der Bauverwaltung 1901, S. 410—413 und 424—426.

des Verkehrs zu regeln, auch wenn sich der Verkehr zeitweise bis auf die volle Leistungsfähigkeit der Kammerschleusen steigern sollte.

Nach der folgenden Zusammenstellung beträgt die mittlere sekundliche Wasserlieferung zum neuen Kanal bei einem jährlichen Güterverkehr von 2 Mill. Tonnen für die beiden Hauptabschnitte des Kanales:

1. von der Querbahn bei Beilngries beim südlichen Ende der Scheitelhaltung bis zur Donau bei Kelheim auf eine Länge von 41,320 km, gedeckt aus der Sulz und Altmühl 1,8 cbm,
2. von der Querbahn bei Beilngries bis in das Maintal bei Bamberg auf eine Länge von 136,180 km 3,5 cbm.

Letzterer Bedarf ist gedeckt:

aus den seitherigen Zuflüssen zum Ludwig-Kanal samt Zufluß aus dem Grundwasserbecken bei Neu- markt 1,0 cbm,
aus Sammelweihern 2,5 cbm.

Diese Wassermengen sind mit den auf Seite 20 angegebenen Kosten stets zu beschaffen, auch bei einer außergewöhnlichen Trockenheit, wie sie im allgemeinen in 10—15 Jahren einmal eintritt. In mittelnassen Jahren steigert sich der Zufluß zum Kanal derart, daß er einem jährlichen Güterverkehr von 4 Mill. Tonnen genügt, auch dann, wenn bei den Kammerschleusen mit höheren Gefällen nur je ein Sparbecken angewendet würde.

Die angegebenen sekundlichen Wassermengen beziehen sich auf die mittlere Dauer der Schifffahrtsperiode mit 270 Tagen im Jahre. Die Wasserverluste bei den Schleusentoren und ebenso die Verluste durch Verdunstung und Versickerung im Kanal während der übrigen Zeit des Jahres sind in diese Wassermengen eingerechnet. Wenn man also obige Wassermengen mit der jährlichen Wasserlieferung der Flufsrinnen vergleichen wollte, so müßten die angegebenen Werte im Verhältnis von 270:365, also um 26% verkleinert werden. Die oben unter 1 und 2 angegebenen sekundlichen Wassermengen berechnen sich für 365 Tage im Jahr zu 1,3 bzw. zu 2,6 cbm.

Noch sei erwähnt, daß sich ein Teil der im Kanal fließenden Speisewasser zur Kraftgewinnung verwenden läßt. So wären nach der Angabe der folgenden Zusammenstellung während der Schifffahrtsperiode in mittelnassen Jahren zu gewinnen:

bei der 5. Stufe mit 59,7 m Gefälle und 1,5 S/cbm	: 895 PS
» » 6. » » 28,0 » » » 1,8 »	: 504 »
» » 14. » » 21,0 » » » 0,7 »	: 147 »
» » 15. » » 10,0 » » » 0,9 »	: 90 »

zusammen 1636 PS

Diese Kräfte könnten im Schifffahrtsbetrieb, vor allem zum Betrieb der mechanischen Hebewerke Verwendung finden.

Der Wasserbedarf des projektierten Donau-Main-Kanales

von Kelheim über Neumarkt und Nürnberg nach Bamberg

gerechnet für einen durchschnittlich 270 Tage im Jahre andauernden Güterverkehr von 1,5, 2,0 und 4,0 Mill. Tonnen,
sowie

die Wasserlieferung zu diesem Kanal

in aufsergewöhnlich trockenen und in mittelnassen Jahren.

Hiebei sind angenommen:

Drei Schiffshebewerke auf geneigter Ebene zwischen Beilngries und Worzeldorf oberhalb Nürnberg,
auf den übrigen Kanalstrecken Kammerschleusen.

Angabe der Mafse zur Berechnung des Wasserbedarfs im einzelnen	Wasserbedarf in Sek.-Litern bei einem jährlichen Güterverkehr von			Ort der Wasserentnahme	Wasserlieferung in Sek.-Litern	
	1,5 Mill. Tonnen	2,0 Mill. Tonnen	4,0 Mill. Tonnen		in aufser- gewöhnlich trockenem Jahr	in mittel- nassem Jahr

I. Von der Mündung des Kanales in die Donau bei Kelheim bis zur Querbahn bei Beilngries

km 0—41,320, 1. bis 4. Gefällsstufe:

a) je drei Sparbecken bei den beiden Kammerschleusen der 3. Gefällsstufe mit je 10 m Gefälle.

1. Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 41,320 \times 14,0$	781	781	781	Die sekundliche Niederwassermenge der Sulz und der Altmühl bei Beilngries zusammen beträgt in aufsergewöhnlich trockenen Zeiten etwa 5 cbm.		
2. Torverluste: $1,35 \times 10,0 \times 5,0$ bzw. $2 \times 1,35 \times 10,0 \times 5,0$	68	68	135		Mittelst eines 6,5 km langen Leitgrabens, welcher von der Altmühl bei Unter-Emmendorf abzweigt und oberhalb Beilngries das Bett der Sulz durchquert, wird das zur Speisung erforderliche Wasser dem Kanal zugeführt. Erforderlich sind bis zu einem jährlichen Güterverkehr von 2 Mill. Tonnen	
3. Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 4,0 \times 1000$ 86400	742	—	—			
$33 \times 641 \times 4,0 \times 1000$ 86400	—	979	—			
$52 \times 641 \times 4,0 \times 1000$ 86400	—	—	1543			1828
Summe Ia	1591	1828	2459		1828	—

b) je ein Sparbecken bei den beiden Kammerschleusen der 3. Gefällsstufe mit je 10 m Gefälle.

1. Versickerung und Verdunstung wie unter Ia	781	781	781	Erforderlich sind aus der Sulz und Altmühl bis zu einem jährlichen Güterverkehr von 2 Mill. Tonnen		
2. Torverluste wie unter Ia	68	68	135			—
3. Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 6,67 \times 1000$ 86400	1237	—	—			
$33 \times 641 \times 6,67 \times 1000$ 86400	—	1633	—			
$52 \times 641 \times 6,67 \times 1000$ 86400	—	—	2573			
Summe Ib	2086	2482	3489		—	2482

II. Scheitelhaltung von der Querbahn bei Beilngries bis zur Querbahn bei Ochenbruck

km 41,320—89,720, 4. bis 5. Gefällsstufe.

1. Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 48,400 \times 14,0$	915	915	915	Die Zuflüsse in die Haltungen 24 und 30, sowie in die Scheitelhaltung No. 32/33 des Ludwig-Kanales , soweit nicht diese Zuflüsse in Stauweiher eingeleitet werden sollen, und ohne die Sulz.		
2. Verluste bei den Hebewerken, schätzungs- weise	30	30	60			67
				Aus Sammelweihern fließen zu:		
				Deinger Laber mit Fischbach	562	906
				Pilsach mit Ottersauerbach	382	590
				Gruber, Ketten- und Hausheimerbach	139	215
				Hiezu noch:		
				Grundwasser aus dem Diluvialgebiet bei Neu- markt, mit natürlichem Zulauf	400	600
Summe II	945	945	975	Hievon ab:	1550	2444
				Die Verluste für Versickerung und Verdunstung in der Scheitelhaltung, sowie die Verluste bei den Hebewerken	945	945
				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke III	605	1499

Angabe der Mafse zur Berechnung des Wasserbedarfs im einzelnen	Wasserbedarf in Sek.-Litern bei einem jährlichen Güterverkehr von			Ort der Wasserentnahme	Wasserlieferung in Sek.-Litern	
	1,5 Mill. Tonnen	2,0 Mill. Tonnen	4,0 Mill. Tonnen		in aufser- gewöhnlich trockenem Jahr	in mittel- nassem Jahr

III. Von der Querbahn bei Ochenbruck bis zur Längsbahn bei Worzeldorf¹⁾

km 89,720—103,563, 5. bis 6. Gefällsstufe.

1. Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 13,843 \times 14,0$	262	262	262	Überschufs wie voraus	605	1499
2. Verluste bei dem Hebewerk, schätzungs- weise	15	15	30	Hiezu aus Sammelweihern : Rohrenstadterbach	150	230
Summe III	277	277	292	Traunfelderbach und Rasch	270	418
				Hievon ab: Die Verluste für Versickerung und Verdunstung, sowie der Verlust beim Hebewerk	1025	2147
				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke IV	277	277
					748	1870

¹⁾ Die Längsbahn bei Worzeldorf erstreckt sich von km 103,563 bis zu km 104,030.

IV. Von der Längsbahn bei Worzeldorf bis nach Fürth

km 104,030—115,240, 6. bis 13. Gefällsstufe:

a) ein Sparbecken bei der Kammerschleuse der 13. Gefällsstufe mit 4,8 m Gefälle und zwei Sparbecken bei der Kammerschleuse der 8. Gefällsstufe mit 6,2 m Gefälle.

1. Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 11,210 \times 14,0$	212	212	212	Überschufs wie voraus	748	—
2. Torverluste: $1,35 \times 6,2 \times 5,0$ bzw. $2 \times 1,35 \times 6,2 \times 5,0$	42	42	84	Hiezu die Zuflüsse in die Haltungen 64, 71, 73 und 74 des Ludwig-Kanales	49	—
3. Schleusungswasser: $\frac{25 \times 641 \times 3,2 \times 1000}{86400}$	594	—	—	Die Zuflüsse in die Haltungen 76, 77 und 78 verbleiben wegen Verbauung dieser Zuflufs- gebiete durch die Stadt Nürnberg aufser Ansatz	797	—
$\frac{33 \times 641 \times 3,2 \times 1000}{86400}$	—	783	—	Aus Sammelweihern , welche im Zuflufsgebiet oberhalb der 7. Staustufe anzulegen wären	300	—
$\frac{52 \times 641 \times 3,2 \times 1000}{86400}$	—	—	1235		1097	—
Summe IVa	848	1037	1531	Hievon ab die Verluste für die Versickerung und Verdunstung	212	—
				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke V .	885	—

b) ohne Sparbecken bei einem größten Gefälle von 6,2 m in der Kammerschleuse der 8. Gefällsstufe.

1. Versickerung und Verdunstung wie bei IVa	212	212	212	Überschufs der Strecke III	—	1870
2. Torverluste wie bei IVa	42	42	84	Hiezu die Zuflüsse in die Haltungen 64, 71, 73 und 74 des Ludwig-Kanales	—	78
3. Schleusungswasser: $\frac{25 \times 641 \times 6,2 \times 1000}{86400}$	1150	—	—	Aus Sammelweihern , wie voraus angegeben	—	480
$\frac{33 \times 641 \times 6,2 \times 1000}{86400}$	—	1518	—		—	2428
$\frac{52 \times 641 \times 6,2 \times 1000}{86400}$	—	—	2392		—	—
Summe IVb	1404	1772	2688	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	—	212
				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke V .	—	2216

Angabe der Mafse zur Berechnung des Wasserbedarfs im einzelnen	Wasserbedarf in Sek.-Litern bei einem jährlichen Güterverkehr von			Ort der Wasserentnahme	Wasserlieferung in Sek.-Litern	
	1,5 Mill. Tonnen	2,0 Mill. Tonnen	4,0 Mill. Tonnen		in außer- gewöhnlich trockenem Jahr	in mittel- nassem Jahr

V. Von Fürth bis Bruck

km 115,240—129,250, 13. bis 14. Gefällsstufe:

a) je zwei Sparbecken bei den drei Schleusen der 14. Gefällsstufe mit je 7,0 m Gefälle.

Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 14,010 \times 14,0$	265	265	265	Überschufs der Strecke IV	885	—
Torverluste: $1,35 \times 7 \times 5,0$ bzw. $2 \times 1,35 \times 7,0 \times 5,0$. .	47	47	94	Hiezu die beiden Zuflüsse in die Haltung 81 des Ludwig-Kanales, der Schillings- graben und der Thoner Landgraben . . .	32	—
Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 3,5 \times 1000$	649	—	—	Aus Sammelweihern , welche im Zufußgebiet oberhalb der Staustufe 14 anzulegen wären	300	—
$86\ 400$					1217	—
$33 \times 641 \times 3,5 \times 1000$	—	857	—	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	265	—
$86\ 400$				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke VI	952	—
$52 \times 641 \times 3,5 \times 1000$	—	—	1350			
$86\ 400$						
Summe Va	961	1169	1709			

b) ohne Sparbecken bei 7,0 m Schleusengefälle.

Versickerung und Verdunstung wie bei Va	265	265	265	Überschufs der Strecke IV	—	2216
Torverluste wie bei Va	47	47	94	Hiezu der Schillingsgraben und der Thoner Landgraben	—	51
Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 7,0 \times 1000$	1298	—	—	Aus Sammelweihern , wie voraus angegeben	—	480
$86\ 400$					—	2747
$33 \times 641 \times 7,0 \times 1000$	—	1714	—	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	—	265
$86\ 400$				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke VI	—	2482
$52 \times 641 \times 7,0 \times 1000$	—	—	2700			
$86\ 400$						
Summe Vb	1610	2026	3059			

VI. Von Bruck bis nächst oberhalb Balersdorf

km 129,250—137,500, 14. bis 15. Gefällsstufe:

a) vier Sparbecken bei den Kammerschleusen der 15. Gefällsstufe mit 10,0 m Gefälle.

Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 8,250 \times 14,0$	156	156	156	Überschufs der Strecke V	952	—
Torverluste: $1,35 \times 10,0 \times 5,0$ bzw. $2 \times 1,35 \times 10,0 \times 5,0$.	68	68	135	Aus Sammelweihern , welche im Zufußgebiet oberhalb der Staustufe No. 15 anzulegen wären, samt dem Schlangengbach	150	—
Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 3,33 \times 1000$	618	—	—	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	156	—
$86\ 400$				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke VII	946	—
$33 \times 641 \times 3,33 \times 1000$	—	815	—			
$86\ 400$						
$52 \times 641 \times 3,33 \times 1000$	—	—	1285			
$86\ 400$						
Summe VIa	842	1039	1576			

b) ein Sparbecken bei der Kammerschleuse der 15. Gefällsstufe mit 10,0 m Gefälle.

Versickerung und Verdunstung wie bei VIa	156	156	156	Überschufs der Strecke V	—	2482
Torverluste wie bei VIa	68	68	135	Aus Sammelweihern , wie voraus	—	240
Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 6,67 \times 1000$	1237	—	—	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	—	156
$86\ 400$				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke VII	—	2566
$33 \times 641 \times 6,67 \times 1000$	—	1633	—			
$86\ 400$						
$52 \times 641 \times 6,67 \times 1000$	—	—	2573			
$86\ 400$						
Summe VIa	1461	1857	2864			

Angabe der Maße zur Berechnung des Wasserbedarfs im einzelnen	Wasserbedarf in Sek.-Litern bei einem jährlichen Güterverkehr von			Ort der Wasserentnahme	Wasserlieferung in Sek.-Litern	
	1,5 Mill. Tonnen	2,0 Mill. Tonnen	4,0 Mill. Tonnen		in aufser- gewöhnlich trockenem Jahr	in mittel- nassem Jahr

VII. Von nächst oberhalb Baidersdorf bis nächst unterhalb Forchheim

km 137,500—149,360, 15. bis 16. Gefällsstufe:

a) je zwei Sparbecken bei den beiden Kammerschleusen der 16. Gefällsstufe und je 7,5 m Gefälle.

1. Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 11,860 \times 14,0$	224	224	224	Überschufs der Strecke VI	946	—
2. Torverluste: $1,35 \times 7,5 \times 5,0$ bzw. $2 \times 1,35 \times 7,5 \times 5,0$	51	51	101	Hiezu aus der Regnitz	429	—
3. Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 3,75 \times 1000$	696	—	—		1375	—
86 400						
$33 \times 641 \times 3,75 \times 1000$	—	918	—			
86 400				Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	224	—
$52 \times 641 \times 3,75 \times 1000$	—	—	1447	Verbleiben zur Verfügung in der Strecke VIII	1151	—
86 400						
Summe VII a	971	1193	1772			

b) ohne Sparbecken bei 7,5 m Schleusengefälle.

1. Versickerung und Verdunstung wie bei VII a	224	224	224	Überschufs der Strecke VI	—	2566
2. Torverluste wie bei VII a	51	51	101	Hiezu aus der Regnitz	—	1000
3. Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 7,5 \times 1000$	1391	—	—		—	3566
86 400						
$33 \times 641 \times 7,5 \times 1000$	—	1836	—	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	—	224
86 400				Verbleiben zur Verfügung in der Strecke VIII	—	3342
$52 \times 641 \times 7,5 \times 1000$	—	—	2893			
86 400						
Summe VII b	1666	2111	3218			

VIII. Von nächst unterhalb Forchheim bis zur letzten Kammerschleuse des neuen Donau-Main-Kanales am rechten Ufer des Mains bei Hallstadt

km 149,360—175,500, 16. bis 18. Gefällsstufe:

a) vier Sparbecken bei der Kammerschleuse der 18. Gefällsstufe mit 10,1 m Gefälle.

1. Versickerung und Verdunstung: $1,35 \times 26,140 \times 14,0$	494	494	494	Überschufs der Strecke VII	1151	—
2. Torverluste: $1,35 \times 10,1 \times 5,0$ bzw. $2 \times 1,35 \times 10,1 \times 5,0$	68	68	136	Aus Sammelweihern, welche im Zufußgebiete oberhalb der Gefällsstufe No. 17 anzulegen wären samt dem Amlingstädter Bach	250	—
3. Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 3,37 \times 1000$	625	—	—		1401	—
86 400						
$33 \times 641 \times 3,37 \times 1000$	—	825	—	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	494	—
86 400				Verbleiben zur Verfügung in der Main- wasserstrafse	907	—
$52 \times 641 \times 3,37 \times 1000$	—	—	1300			
86 400						
Summe VIII a	1187	1387	1930			

b) ohne Sparbecken bei der Kammerschleuse der 16. Gefällsstufe mit 8,0 m Gefälle
und ein Sparbecken bei der Kammerschleuse der 18. Gefällsstufe mit 10,1 m Gefälle.

1. Versickerung und Verdunstung wie bei VIII a	494	494	494	Überschufs der Strecke VII	—	3342
2. Torverluste wie bei VIII a	68	68	136	Aus Sammelweihern samt Amlingstädter Bach, wie voraus angegeben	—	400
3. Schleusungswasser: $25 \times 641 \times 8,0 \times 1000$	1484	—	—		—	3742
86 400						
$33 \times 641 \times 8,0 \times 1000$	—	1959	—	Hievon ab die Verluste für Versickerung und Verdunstung	—	494
86 400				Verbleiben zur Verfügung in der Main- wasserstrafse	—	3248
$52 \times 641 \times 8,0 \times 1000$	—	—	3086			
86 400						
Summe VIII b	2046	2521	3716			

Angabe der Mafse zur Berechnung des Wasserbedarfs im einzelnen	Wasserbedarf in Sek.-Litern bei einem jährlichen Güterverkehr von			Ort der Wasserentnahme	Wasserlieferung in Sek.-Litern	
	1,5 Mill. Tonnen	2,0 Mill. Tonnen	4,0 Mill. Tonnen		in außer- gewöhnlich trockenem Jahr	in mittel- nassem Jahr

Von km 175,5 bis zu km 177,5 liegt der Wasserspiegel des Kanales auf gleicher Höhe mit demjenigen der Groß-Wasserstrafse im Maintal. Die Endstrecke des Kanales, bezw. die oberste Haltung der projektierten Main-Wasserstrafse steht in freier Verbindung mit dem gestauten Main bei Bischberg.

**Zusammenstellung der an 270 Betriebstagen dem neuen Kanale zufließenden Wassermengen
bei einem Güterverkehr von jährlich 2 Millionen Tonnen.**

I. Von der Mündung des Kanales in die Donau bei Kelheim bis zur Querbahn bei Beilngries, km 0—41,320:		
Aus der Sulz und Altmühl	1828	2482
II. Scheitelhaltung von der Querbahn bei Beilngries bis zur Querbahn bei Ochenbruck, km 41,320—89,720:		
Zuflüsse des Ludwig-Kanales	67	133
Aus Sammelweihern	1083	1711
Aus dem Grundwasserbecken bei Neumarkt	400	600
III. Von der Querbahn bei Ochenbruck bis zur Längsbahn bei Worzeldorf, km 89,720—103,563: ¹⁾		
Aus Sammelweihern	420	648
IV. Von der Längsbahn bei Worzeldorf bis nach Fürth, km 104,030—115,240:		
Zuflüsse des Ludwig-Kanales	49	78
Aus Sammelweihern	300	480
V. Von Fürth bis Bruck, km 115,240—129,250:		
Zuflüsse des Ludwig-Kanales	32	51
Aus Sammelweihern	300	480
VI. Von Bruck bis nächst oberhalb Baiersdorf, km 129,250—137,500:		
Aus Sammelweihern	150	240
VII. Von nächst oberhalb Baiersdorf bis nächst unterhalb Forchheim, km 137,500—149,360:		
Aus der Regnitz	429	1000
VIII. Von nächst unterhalb Forchheim bis zur letzten Kammerschleuse des neuen Donau-Main-Kanales bei Hallstadt, km 149,360—175,500: ¹⁾		
Aus Sammelweihern	250	400
Gesamte sekundliche Wassermenge	5308	8303

¹⁾ Vergleiche die Bemerkung voraus.

V. Die Führung des Donau-Main-Kanales

von Stepperg über Graben und Nürnberg nach Bamberg.

Linienführung und Längenschnitt. — Schon lange vor der Erbauung des Ludwig-Kanales wurde vorgeschlagen, den Donau-Main-Kanal von der Donau bei Stepperg ausgehen zu lassen. Der Weg dahin zweigt von Nürnberg aus bei Gibitzenhof an der südlichen Grenze des Stadtgebietes vom Ludwig-Kanal ab, zieht sich sodann in südlicher Richtung gegen das Tal der Rednitz und diese Richtung weiter verfolgend dem Tal entlang, dessen Wasserlauf oberhalb Georgensgmünd den Namen Schwäbische Rezat führt bis zur Wasserscheide bei Graben. Hier wird die Fossa Karolina bei ihrem Ende gegen die Rezat hin durchschnitten und der Kanal zum linken Ufer der Altmühl hingeführt. Dem Tal der Altmühl und also auch der Bahn von Würzburg und Nürnberg nach München folgt der Kanal bis Dollnstein oberhalb Eichstätt und nimmt sodann seitlich durch ein bis zur Donau sich hinziehendes Tal, dessen Entstehung einem früheren Einbruch der Donau in das untere Altmühltal zugeschrieben wird. Der mittlere Teil dieses Tales entwässert sich nach der Schutter.

Dieser Weg hat eine Länge von 100 km, sonach 10 km weniger als der Weg von Gibitzenhof über Neumarkt zur Donau bei Kelheim. Da nun Stepperg 70 km oberhalb Kelheim gelegen ist, so wäre der Umweg von Nürnberg über Graben und Stepperg nach Kelheim 60 km.

Das erste, was nach Festlegung der allgemeinen Wegrichtung geschah, war die Bestimmung der Höhenlage der Scheitelhaltung. Die steilen felsigen Gehänge im Altmühltal nötigen dazu, den Kanal möglichst nahe der Talsohle zu legen, also in das Gelände bei der Wasserscheide möglichst tief einzuschneiden. Ferner fordert eine Bahnüberführung bei Weissenburg, daß die Scheitelhaltung nicht über eine bestimmte Höhe hinausgelegt wird. Teilweise entgegen diesen Forderungen steht die Rücksicht, welche bei dem Talübergang nächst oberhalb Dollnstein auf die Höhenlage der Eisenbahn und auf den Hochwasserspiegel der Altmühl zu nehmen ist.

Die Untersuchungen über diese Frage führten dazu, die Scheitelhaltung auf die Höhe von 410 m über N. N. zu legen, sonach 7,7 m tiefer als die des Ludwig-Kanales bei Neumarkt. Diese Lage ermöglicht es, Vorteil und Nachteil am besten auszugleichen und allen Schwierigkeiten zu begegnen. Bei einer Höhenlage von 410 m würde zwischen Weissenburg und Treuchtlingen ein Einschnitt von 5 km Länge mit einer größten Tiefe von 15 m notwendig werden, 9 m tiefer als die Sohle in Mitte der Fossa Karolina. Ähnlich wie hier lagen die Verhältnisse beim Bau des Ludwig-Kanales in der Nähe von Neumarkt. Auch dort war ein gleich langer und tiefer Einschnitt in sandigem Boden bei hohem Grundwasserstand auszuführen und der Durchbruch der Wasser-

scheide bei der Ortschaft Graben würde sonach keine größeren Schwierigkeiten bieten, als sie beim Bau des Ludwig-Kanales vorhanden waren. Die Terrainschnitte der Linien über Graben und über Neumarkt sind zum Vergleich auf Blatt VI dargestellt.

Wie für das Tal der Altmühl, so empfiehlt es sich, auch für das Seitental von Dollnstein ab die Höhe mit 410 m beizubehalten und zwar unter allen Umständen bis in das Tal der Schutter. Von hier ab bestimmt sich die Höhenlage der Haltung nach der zukünftigen Wasserstrafse für die Grofsschiffahrt im Tal der Donau.

Als zutreffend dürfte vorauszusetzen sein, daß ein Schiffahrtskanal vom Main her erst dann zur Donau bei Stepperg gebaut werden wird, wenn eine gleich leistungsfähige Wasserstrafse dort besteht, oder doch erst dann, wenn der Bau einer solchen Strafse gesichert ist. Ein Grofsschiffahrtsweg im Tal der oberen Donau kann aber ähnlich wie beim Main nur mittelst eines Seitenkanales geschaffen werden, und dieser müfste bei Stepperg wegen des flachen Geländes in Nähe der Ausmündung des Lechs auf das linke Ufer der Donau gelegt werden, würde also einen von Nürnberg kommenden Kanal kreuzen. In welcher Höhenlage diese Kreuzung am besten geschehen wird, hat die über die Donau-Wasserstrafse im Gange befindliche Untersuchung zu entscheiden. Technisch möglich wäre es, die Scheitelhaltung durch das Schuttertal bis zur Donau hin zu verlängern.

Nach dem Main zu könnte die Scheitelhaltung bis nach Pleinfeld — 56 km von der Donau entfernt — geführt und der Abstieg von hier aus nach Gibitzenhof bei Nürnberg mit nahezu 100 m Gefälle auf 4 Stufen konzentriert werden. Eine stärkere Konzentration des Gefälles, wie sie bei einer Wasserstrafse über Neumarkt möglich wäre, liefse sich ohne wesentliche Mehrkosten nicht erreichen. Nach dem jetzigen Entwurf sollen zur Anlage des Kanales die niedrigen, sandigen und meist bewaldeten Terrassen längs der Rezat und Rednitz benutzt werden. Die höher gelegenen Terrainstufen wären nur durch eine gröfsere Längsentwicklung über vielfach welliges Gelände bei sehr hohen Kosten für Grunderwerbung und Erdarbeiten zu erreichen.

Die Tabelle 2, ferner die graphische Darstellung auf Blatt V geben Aufschluß über die Gestalt des Längenschnittes.

Hinsichtlich der horizontalen Projektion der Linie war das Hauptaugenmerk auf die Strecke von Treuchtlingen bis nach Dollnstein zu richten. In dem engen Altmühltale, in dem neben den Ortschaften, neben Strafse, Eisenbahn und Fluß wenig freier Raum verbleibt, sollen die Ortschaften in ihrem Verkehr über den Kanal hinweg nicht beengt und die kostspieligen Kreuzungen der Verkehrswege und namentlich solche

der Altmühl möglichst vermieden werden. Ferner war darauf zu achten, die weit auslaufenden Serpentinien des Tales zur Abkürzung des Weges möglichst oft zu durchschneiden. Zum Glück schloffen sich diese Forderungen nicht gegenseitig aus, im Gegenteil kann bei einem Durchschneiden der Serpentinien in der Regel allen Bedingungen Rechnung getragen werden. Allerdings ist nicht immer die Ausführung eines offenen Einschnittes möglich, und so müßte bei Dietfurt nächst unterhalb Treuchtlingen und ebenso nächst oberhalb Dollnstein ein Tunnel von 900 bzw. 600 m Länge durch den Frankendolomit gebrochen werden.

Zu den teuersten Kanalstrecken im Altmühltale zählt diejenige bei Pappenheim. Es gibt wohl keinen besseren Weg, als den neben der Eisenbahn und zwar so weit von derselben entfernt, daß zwischen ihr und dem Kanal Platz zur unschädlichen Ableitung der Hochwasser der Altmühl verbleibt. Die Höhenlage von Bahn und Kanal daselbst ermöglicht die Anlage einer bequemen Zufahrtsstraße zum Bahnhof: Das in der Stadt Pappenheim nötige Wasser aus der Altmühl kann unter dem Kanal her zugeleitet werden. Ähnlich wie in Pappenheim wird bei der Ortschaft Zimmern verfahren. Auf diese Weise und mittelst kleinerer Verlegungen des Altmühlbettes wird es möglich, die Altmühl nur ein einziges Mal kreuzen zu müssen. Wie notwendig es ist, derartigen Kreuzungen mit allen möglichen Hilfsmitteln auszuweichen, mag daraus erkannt werden, daß die beiden Brücken im Tale der Altmühl nächst oberhalb Dollnstein, mit denen der Kanal einerseits über die Distriktsstraße und den Fluß, anderseits über die Doppelbahn von München nach Würzburg und Nürnberg, sowie über einen Ortsverbindungsweg geführt wird, bei einer gesamten Länge von 190 m zu 1254 000 Mk. veranschlagt ist.

Bei der Bestimmung der Lage der Scheitelhaltung mußten die Erhebungen auch auf die Fossa Karolina ausgedehnt werden, und es ist wohl gerechtfertigt, der Baureste, welche den ersten Versuch bekunden, einen ununterbrochenen Schiffahrtsweg zwischen Donau und Main herzustellen, hier mit einigen Worten zu gedenken. Die Bodenerhöhung, welche das Tal der Schwäbischen Rezat von dem Tale der Altmühl trennt, fällt von beiden Seiten nach der Fossa Karolina rasch ab. Dieselbe folgt dem tiefsten Punkt der Einsattlung, erhielt dadurch eine sichelförmige Lage und ist auf etwa 1300 m deutlich zu erkennen. Aus Querschnitten ergibt sich, daß der Graben unmittelbar auf der Wasserscheide 5—6 m tief in das ursprüngliche Gelände eingeschnitten ist.

Versumpfte Wiesen in Nähe der schwäbischen Rezat, die bei der Wasserscheide etwa 8 m höher als die Altmühl abfließt, dann noch andere Beobachtungen zeigen, daß hier in der Regel ein hoher, nahezu die Sohle des Grabens erreichender Grundwasserstand herrscht. Es wäre sonach auch heute unmöglich, mit Handschaufeln den Graben nennenswert zu vertiefen, ohne daß das Eintreten würde, was der Chronist Einhard als Grund für den Misserfolg des Unternehmens angibt, auch wenn im Gegensatz zu damals Trockenheit herrschen würde. Nachrutschungen des sandigen Bodens wären, wie nun allgemein bekannt, nur dann zu verhüten, wenn das den Boden anfüllende Grundwasser vorher abgesenkt werden würde.

So steht alles, was sich an dem die Wasserscheide zwischen Main und Donau durchziehenden Graben beobachten läßt, in Übereinstimmung mit dem Berichte des Chronisten Einhard, nur seine Angabe über die Breite des Grabens mit 300 Fufs gibt zu raten auf. An diesem Mafs haben sich viele gestofsen, indem sie dasselbe zur Prüfung des Einhardschen Berichtes immer auf der Sohle des Grabens suchten, und da die hier wesentlich geringere Breite in keine Beziehung zu dem überlieferten Mafs gebracht werden konnte, so entstand Zweifel an dem ganzen Bericht.

Es ist gewifs auch nicht einzusehen, warum Karl der Grofse bei den damals bescheidenen Ansprüchen an die Schiffahrt einen Kanal hat herstellen wollen, der an der Sohle 300 Fufs, d. s. sicher über 75 m, hätte breit sein sollen. Dagegen liegt die Vermutung nahe, daß unter der Breite des Grabens die größte Entfernung zu verstehen ist, welche zwischen den aufgeworfenen Dämmen in Höhe ihrer Krone bestanden hat. Um so mehr erscheint diese Annahme gerechtfertigt, als dieses Mafs die technische Bedeutung der Arbeit mehr kennzeichnet, als eine Angabe der Breite der Grabensohle. Auf diese Weise bestimmt sich an den vorhandenen Überresten die größte Breite zu nahezu 70 m, und somit würde kein Grund bestehen, die Angabe mit 300 Fufs anzuzweifeln, da doch die Dämme durch Setzen und Abschleifen an ihrer ursprünglichen Höhe müssen verloren haben. Der auf Blatt VII dargestellte Querschnitt durch die Fossa Karolina ist an der Stelle genommen, an der die beiderseitigen Dämme ihre höchste Erhebung zeigen.

Die vorhandenen Baureste weisen darauf hin, daß man einen Kanal mit einer Wasserspiegelbreite von 8—10 m hat herstellen wollen, eine Breite, die in damaliger Zeit für den Verkehr der kleinen Kähne sicher entsprochen hätte.¹⁾ Beträgt doch die Wasserspiegelbreite des Ludwig-Kanales nur 15,8 m.

Auch für die Annahme, die Spuren der Bauarbeit seien gegen die Rezat hin mehr verwischt als gegen die Altmühl, liegt kein Grund vor. Die von der Rezat nach der Altmühl abfallende Sohle des Grabens deutet darauf hin, daß auch zur Karolingerzeit zwischen dem Wasserspiegel beider Flüsse ein Höhenunterschied im gleichen Sinne, wenn auch vielleicht in geringerem Mafse wie heute, bestanden hat, und daß sonach der höhere Grundwasserstand bei der Rezat ein so tiefes Eingraben nicht zuließ, wie dies in der Nähe der Altmühl möglich gewesen ist.

Nach dem jetzigen Bestand der Fossa Karolina steht nichts dagegen, dieselbe als diejenige Bauarbeit anzuerkennen, welche Einhard beschrieben hat.

Was die Bodenverhältnisse auf der Stepperg Linie betrifft, so sind dieselben von Nürnberg aus bis nach Dietfurt, also bis zum Einbruch der Altmühl in den Fränkischen Jura, für die Ausführung eines Kanales sehr günstig. Nur an einzelnen Stellen und jedesmal nur auf eine kurze Strecke wird Fels angeschnitten, im übrigen sandiger Boden und dabei Lehm in genügender Menge zur Dichtung des Kanales. Dagegen ist im Altmühltal fast nur gebundenes Material zu fördern, doch in der Regel dünn geschichtetes, stark zerklüftetes Gestein. Nicht wesentlich billiger

¹⁾ Vergl. Dr. Lauffer. Das Landschaftsbild Deutschlands im Zeitalter der Karolinger. Göttingen 1896. S. 53—59.

sind die Erdarbeiten im Seitental von Dollnstein ab. Der ungebundene Abtrag besteht vorwiegend aus einem groben, mit Lehm vermengten Gerölle, und der felsige Boden befindet sich vielfach in festerem Zustande, als dies im Altmühltale der Fall ist.

Die Wasserversorgung. — Bestehen sonach bei den Erdarbeiten und Kunstbauten große Schwierigkeiten, wie sie sich in dem Maße auf der Kelheimer Linie nicht ergeben würden, so wäre dagegen die Wasserversorgung eines Kanales von der Donau bei Stepperg aus eine einfache Sache, wenn dieser Kanal an einen Großschiffahrtsweg im Tale der Donau angeschlossen werden würde. Das Beste wäre, wenn beide Wasserstraßen in Höhe der auf 410 m gelegenen Scheitelhaltung sich treffen würden, und wenn somit das Wasser aus der Donau durch die Seitenkanäle mit natürlichem Gefälle nach dem Main hingeleitet werden könnte.

Doch wenn auch ein solch idealer Anschluss mit Rücksicht auf die Kosten nicht möglich wäre, dann blieben immer noch für die Speisung eines Donau-Main-Kanales große Vorteile bestehen. Durch die in den Seitenkanälen aus der Donau abzuführende Wassermenge ließen sich in nächster Nähe bei Stepperg Wasserkräfte gewinnen, so daß die zur Speisung notwendige Wassermenge in billiger Weise zur Scheitelhaltung aufgepumpt werden könnte. Kraft und Wasser wären für jeden Verkehr auf dem Kanal ausreichend zu gewinnen, bei einer Hubhöhe von etwa 20 m. Selbstverständlich würde in diesem Falle der Kanal im Schuttetal tiefer gelegt werden. Hierdurch käme das Ende der Scheitelhaltung etwa 16 km von der Donau weg, was mit Rücksicht auf eine elektrische Fernleitung für ein Pumpwerk daselbst noch zulässig wäre.

Dadurch aber, daß der Kanal im Schuttetal tiefer gelegt und mehr dem Gelände angeschlossen werden könnte, würde an Baukosten das erspart werden, was zur Aufstellung eines elektrischen Pumpwerkes samt einer Dampfmaschine als Reserve erforderlich wäre. Da im Kostenanschlag eine bis zur Donau reichende Scheitelhaltung vorausgesetzt ist, und da außerdem die Kosten für die Gefällsstufen bis auf das Niederwasser der Donau in diesem Anschlag eingesetzt sind, so bleiben die berechneten Gesamtkosten unabhängig von der Art des Anschlusses an die Donau-Wasserstraße.

Auch eine Zuleitung aus einem zukünftigen Seitenkanal für die Großschiffahrt bei Tapfheim oberhalb Donauwörth mit etwa 20 m Gefälle, teils als Dücker, teils als offener Graben oder Kanal ausgeführt, würde voraussichtlich keine ungewöhnlichen Kosten verursachen.

Damit nun in keinem Falle die Wasserversorgung zu günstig beurteilt wird, wurde vorausgesetzt, daß die Kanalstrecke von Bamberg nach Nürnberg als Schleusenkanal ausgebaut und betrieben wird, ehe noch ein Kanal von Nürnberg nach Stepperg besteht, und daß während dieser Zeit der jährliche Güterverkehr bis zu 1 Mill. Tonnen ansteigt. Die Kosten der Wasserversorgung für diesen halbwegs fertigen Donau-Main-Kanal wurden unter den angegebenen Bedingungen zu 7451 000 Mk. berechnet.

Wollte man nun auch die Wasserstraße von Nürnberg nach Stepperg als Schleusenkanal ausbauen und würde man die gewiss extreme Forderung stellen, Schleusen mit 10 m Gefälle und ohne Sparbecken zu

verwenden, dann würden bei einem jährlichen Güterverkehr von 2 Mill. Tonnen für den ganzen Donau-Main-Kanal sekundlich doch nur 4,0 cbm Wasser aus der Donau zugeleitet werden müssen und bei einem jährlichen Güterverkehr von 4,0 Mill. t sekundlich 5,5 cbm. Wendet man bei 10 m hohen Schleusen je 2 Sparbecken an, was mit Rücksicht auf die sonst zu stoffweise anwachsende Wassergeschwindigkeit im Kanal in der Regel geschehen wird, und ebenso auch dann wenn das Speisungswasser aufgepumpt werden müßte, dann wäre nur etwa die Hälfte der angegebenen Wassermengen erforderlich.

Diese Zahlen werden hauptsächlich deshalb angeführt, um zu beweisen, daß in wasserwirtschaftlicher Hinsicht durch die Entnahme von Wasser aus der Donau zur Speisung eines neuen Donau-Main-Kanales keinerlei Schaden verursacht wird. Ebenso bestehen keine Befürchtungen hinsichtlich der Schiffahrt im Kanal. Bei einer Wasserführung von 5,5 cbm beträgt die mittlere Geschwindigkeit nur 10 cm, während mit Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes eine doppelt so große Wassergeschwindigkeit noch zulässig wäre. Dies gilt nicht allein für die freie Kanalstrecke einschließlich der Kanalbrücken, sondern auch für die beiden Tunnels. Zwar müßten die letzteren einschiffig hergestellt werden, jedoch wurden die Ausmaße nach Breite und Tiefe, sowie die Anlage der beiden Ziehwege so gewählt, daß die die Tunnels befahrenden Schiffe keinen größeren Widerstand finden als auf freier Strecke.

Die Lichtweite in den Tunnels wurde auf Höhe der Ziehwege zu 16,0 m und in einer Wassertiefe von 3,5 m zu 15,0 m angenommen. Die beiden Ziehwege, auf einzelne Pfosten gestützt, oder auch frei tragend angelegt, erhalten eine Breite von je 2,0 m. Die Wassertiefe inmitten des Tunnels mißt 4,0 m, die lichte Höhe über dem Wasserspiegel 7,0 m. Bei diesen Ausmaßen ergibt sich der nasse Querschnitt zu 58 qm, während der nasse Querschnitt des Kanales auf freier Strecke 57,5 qm beträgt, und die lichte Fläche des Tunnelquerschnittes zu 150 qm. Eine derartige Ausführung unterliegt bei dem horizontal oder nahezu horizontal geschichteten, von Quellwasser freien Frankendolomit keiner besonderen Schwierigkeit.

Damit der Nachteil, den einschiffige Zwischenstrecken für die Schiffahrt haben, gegenüber der Kelheimer Linie etwas ausgeglichen wird, so wird die Wasserspiegelbreite an den Kanalbrücken zu 23 m angenommen, also um 5 m breiter, als bei den Kanalbrücken auf der Kelheimer Linie. Bei dieser Breite können zwei Schiffe, welche sich an einer Kanalbrücke begegnen, mit der gleichen Geschwindigkeit, wie sie in der gewöhnlichen Kanalstrecke zulässig ist, an einander vorüberfahren. Auch hinsichtlich der Wasserführung besteht kein Unterschied zu Ungunsten der Kanalbrücke, da schon bei einer Wassertiefe von 2,5 m der nasse Querschnitt die normale Größe mit 57,5 qm besitzt.

Die Kosten samt Vergleich mit der Linie von Kelheim über Neumarkt nach Nürnberg. — Was die Kosten für die Ausführung einer Wasserstraße von Stepperg über Graben und Nürnberg nach Bamberg betrifft, so erscheint es am einfachsten, dieselben in der nun folgenden Betrachtung über den gegenseitigen Wert der Stepperger und Kelheimer Linie zu besprechen.

Nach den oben gemachten Angaben ist es erklärlich, daß im Altmühltal von Dietfurt nächst unterhalb Treuchtlingen bis nach Dollnstein die Kosten für Erdarbeiten und Kunstbauten eine aufsergewöhnliche Höhe erreichen. Folgende Zahlen mögen dies bestätigen. Für den Umbau des Ludwig-Kanales von Gibitzenhof bei Nürnberg bis nach Kelheim betragen die mittleren kilometrischen Kosten:

für die Erdarbeiten 242278 Mk.

für die Kunstbauten 61989 »

und für einen Schiffahrtskanal von demselben Ausgangspunkt bei Neuburg über Graben nach Stepperg:

für die Erdarbeiten 277945 Mk.

für die Kunstbauten 128097 »

Dagegen berechnen sich die mittleren kilometrischen Kosten der 14,7 km langen Teilstrecke durch das Tal der Altmühl von Dietfurt nach Dollnstein:

für die Erdarbeiten zu 333136 Mk.

für die Kunstbauten zu 515762 »

Wie im Altmühltal, so gehen auch die Kosten für die Erdarbeiten im Seitental zur Donau und in der übrigen Strecke der Scheitelhaltung von Dietfurt bis nach Pleinfeld wesentlich über die oben genannten mittleren kilometrischen Kosten der Kelheimer Strecke hinaus. Dieselben berechnen sich für die bezeichneten Teilstrecken der Stepperger Linie zu 404973 Mk. bzw. zu 281739 Mk. Hier lassen sich tiefe und lange Einschnitte, sowie ein hoher Talübergang unterhalb Weissenburg nicht umgehen. Erst von Pleinfeld ab nach Nürnberg zu liegen die Verhältnisse besser.

Die mittleren Baukosten für den Kilometer der ganzen Strecke von Nürnberg nach Stepperg, jedoch ohne Wasserversorgung, ohne Kammerschleusen und Hebewerke, sowie ohne die Einrichtungen für den Betrieb, also nur die Kosten für den Kanal selbst, sind um 33 % höher, als die kilometrischen Kosten für die gleichen Bauarbeiten der Linie Nürnberg-Kelheim.

Dieses Verhältnis ändert sich zu gunsten der Stepperger Linie, wenn man die Kosten der Wasserversorgung in Betracht zieht. Für die Linie Kelheim-Bamberg sind die Kosten für die Wasserversorgung bis zu einem jährlichen Güterverkehr von 2 Mill. Tonnen zu 17,4 Mill. Mk. veranschlagt. Dagegen kämen nach den bereits gemachten Angaben für die Wasserversorgung eines Donau-Main-Kanales von Stepperg aus nahezu 10 Mill. Mk. weniger in Ansatz. Ein weiterer Kostenunterschied von etwa 1,5 Mill. Mk. zu gunsten der Stepperger Linie ergibt sich aus der niedrigeren Lage ihrer Scheitelhaltung gegenüber der Scheitelhaltung bei Neumarkt. Die gesamten Kosten für einen Kanal von der Donau bei Stepperg über Nürnberg bis zum Anschluß an die Main-Wasserstrafe bei Bamberg berechnen sich zu 118 Mill. Mk., sonach um 12 Mill. Mk. weniger als für den Umbau des Ludwig-Kanales. Danach wären die mittleren kilometrischen Kosten eines Donau-Main-Kanales von Stepperg nach Bamberg um 4 % geringer, als die von Kelheim aus, und betragen 704478 Mk.

Bei Beurteilung des Kostenunterschiedes mit 12 Mill. Mk. sei daran erinnert, daß auch bei Stepperg Kammerschleusen bis auf das Niederwasser der Donau vorgesehen sind, daß jedoch die Donau da selbst um 44,5 m höher gelegen ist als bei Kelheim.

Über die Kosten des Kanales von Stepperg nach Nürnberg, sowie über einige wichtigere Titel des Kostenanschlages geben die Tabellen 28 bis 30 und 36 bis 40 weiteren Aufschluß. Eine vergleichende Zusammenstellung der Kosten der Stepperger und der Kelheimer Linie findet sich in den Tabellen 29 und 30.

Neben den Kosten ist in erster Linie die Gestalt des Längenschnittes bestimmend für den Wert eines Kanales. Die Anwendung mechanischer Hebewerke, namentlich solcher auf geneigter Ebene vorausgesetzt, würde in dieser Hinsicht die Stepperger Linie gegenüber der Kelheimer wesentlich im Nachteil sein, wenn es nicht gelingen sollte, die Grofswasserstrafe längs der Donau mit hohen Gefällen anzulegen.

Was die in den Erläuterungen ausgesprochene Forderung betrifft, eine Linie zu bestimmen, bei der die Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Haltungen durch Schleusentreppen zu überwinden wären, die den späterhin zu erbauenden mechanischen Hebewerken zur Aushilfe dienen könnten, so ist für die Stepperger Linie schon dargelegt, daß genügend Wasser für einen Schleusenkanal und für jeden Verkehr mit billigen Kosten zu beschaffen ist.

Hinsichtlich der Kelheimer Linie ist aus dem Kapitel über die Wasserversorgung bekannt, daß von Kelheim bis nach Beilngries und ebenso von Worzeldorf, 8 km oberhalb Nürnberg, in der Richtung nach Bamberg zu auch in trockenster Jahreszeit genügend viel Wasser für den Betrieb eines Schleusenkanales zu gewinnen ist. Der Scheitelhaltung dagegen, welche 49,7 m über der Haltung bei Beilngries und 87,7 m über derjenigen bei Worzeldorf gelegen ist, könnte, soweit dies die seitherigen Beobachtungen mit Sicherheit erkennen lassen, in mittelnassen Jahren nur das Wasser mit natürlichem Gefälle zugeführt werden, welches für einen Schleusenkanal bis zu einem jährlichen Güterverkehr von 1 Mill. Tonnen erforderlich wäre. In trockenen Zeiten, wie sie durchschnittlich alle 2—3 Jahre auf einige Monate eintreten, müßten dann 800 Sek.-Liter Wasser 50 m hoch aufgepumpt werden.

Nach den seitherigen Ausführungen beruht sonach das Übergewicht der Kelheimer über die Stepperger Linie darin, daß erstere Linie den wesentlich kürzeren Weg zwischen dem Main und der unteren Donau darstellt, und daß auf der Kelheimer Linie eine stärkere Konzentration des Gefälles möglich wäre. Könnten jedoch in der Zeit, in der die Teilstrecke dieses Kanales über die Wasserscheide hinaus erbaut werden soll, nach den bis dahin gemachten Erfahrungen bei Anwendung mechanischer Hebewerke Hilfsanlagen nicht entbehrt werden, und kämen also bei der erstmaligen Anlage nur Kammerschleusen in Betracht, dann wäre die Kelheimer Linie insofern im Nachteil, als bei einem jährlichen Güterverkehr von über 1 Mill. Tonnen das zur Speisung des Kanales auf der Strecke zwischen Beilngries und Worzeldorf notwendige Wasser sich nur mit verhältnismäßig großen Kosten beschaffen ließe. Voraussichtlich würde daher das Bedürfnis nach einem mechanischen Hebewerk neben den Kammerschleusen schon bei einem jährlichen Güterverkehr von 1 Mill. Tonnen eintreten, während die Leistungsfähigkeit der einzelnen Kammerschleusen über diesen Verkehr hinausgeht.

VI. Die projektierte Kanalisierung des Mains

von Bamberg bis Aschaffenburg.

Die wasserbautechnischen und hydrographischen Verhältnisse des Mains. — Der Main von seiner Mündung in den Rhein bis hinauf nach Frankfurt wurde in den Jahren 1883—1886 im wesentlichen auf Kosten des preussischen Staates durch Kanalisierung für den Verkehr von Schiffen bis zu 1000 Tonnen Tragfähigkeit eingerichtet.¹⁾ Von Frankfurt bis nach Kostheim, 3,3 km vom Rhein entfernt, wurde der Main in 6 Haltungen eingeteilt, davon jede in bekannter Weise mittelst einer durch ein Nadelwehr gebildeten Stauanlage abgeschlossen ist. Die kleinste Wassertiefe in den Haltungen betrug damals 2,0 m, während vor der Kanalisierung bei niedrigem Wasserstande kaum eine Tiefe von mehr als 90 cm zu finden war. Allgemein bekannt ist, daß der Aufschwung, den der Verkehr auf dem kanalisierten Main genommen hat, die kühnsten Erwartungen weit übertraf.

Nach Schwabe²⁾ betrug der Güterverkehr auf dem Main zwischen Kostheim und Frankfurt:

vor der Kanalisierung:			
durchschnittlich	311586	Tonnen-km	
	in den Jahren 1880/82;		
nach der Kanalisierung:			
15352452	Tonnen-km	im Jahre	1887
34807411	»	»	1890
38270003	»	»	1895
57041000	»	»	1896
49510846	»	»	1897 ³⁾

¹⁾ Cuno und Gutzmer. Die Kanalisierung des Main von Frankfurt bis zum Rhein. Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Bauwesen. Berlin 1888.

²⁾ Die Entwicklung der deutschen Binnenschifffahrt bis zum Ende des 19. Jahrhunderts. Berlin 1899. Verbandsschrift Nr. XLIV des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. S. 23/24.

und der kilometrische Verkehr:

durchschnittlich	9442	Tonnen	in den Jahren	1880/82
	494193	»	im Jahre	1887
	1753799	»	»	1896

Und während der Eisenbahnverkehr von Frankfurt ohne Transitverkehr in den Jahren 1884—1886 durchschnittlich 898711 Tonnen betragen hat, stieg derselbe im Jahre 1887 auf 1013628 Tonnen und im Jahre 1896 auf 1639229 Tonnen.

Infolge dieser gewaltigen Verkehrszunahme sah sich die preussische Regierung in den Jahren 1892/93 veranlaßt, die schon im Entwurfe vorgesehene Verlängerung der Schleusen zur Aufnahme ganzer Schleppezüge zur Ausführung zu bringen und die Fahrrinne für den Verkehr von Schiffen bis zu 1500 Tonnen Tragfähigkeit zu vertiefen.⁴⁾ Die zunehmenden wirtschaftlichen Erfolge auf der verbesserten Wasserstrasse förderten auch die Bestrebungen, welche seit Jahren dahin abzielten, die Mainstrecke über Frankfurt hinauf der Großschifffahrt zugänglich zu machen.

Im Jahre 1900 wurde von seiten der hessischen Regierung eine Stauanlage bei Oberrad erbaut. Seitdem gilt der Main bis zur Gemarkungsgrenze zwischen Offenbach und Bürgel, d. i. 4,2 km oberhalb des Oberer Wehres, als kanalisiert. Tatsächlich würden im Stau dieses Wehres Rheinschiffe noch bis Fechenheim, 6,3 km oberhalb des genannten Wehres fahren können,

³⁾ Die Abnahme des Verkehrs hatte ihren Grund in dem Umstande, daß durch die Reparatur der Schleusen und Wehre in den Monaten Januar bis einschliesslich März 1897 der kanalisierte Main für Rheinschiffe nicht befahrbar war, sodann darin, daß die Rheinschiffe wegen anhaltend niederen Wasserstandes vom Oktober bis in den Dezember dieses Jahres sehr behindert wurde.

⁴⁾ Cuno. Die Erweiterung der Mainkanalisierungs-Anlagen zwischen Frankfurt und Mainz. Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, S. 30/31 und S. 40/42.

doch fehlen noch am dortigen Ufer geeignete Anlandestellen und Ausladeplätze.

Was die Fortsetzung der Main-Kanalisierung bis Aschaffenburg betrifft, so wurde neuerdings folgendes darüber bekannt:¹⁾

Das zur technischen Vorbereitung der Kanalisierung des Mains von Bayern im Spätjahr 1900 eingerichtete Projektierungsbureau hat gegen Ende des Jahres 1902 die Pläne und Kostenberechnungen für die Kanalisierung des Mains von Hanau aufwärts bis Aschaffenburg und für Herstellung einer größeren Umschlagsanlage unterhalb Aschaffenburgs fertiggestellt. Das Projekt, welches in den Einzelheiten in stetem Benehmen mit der Kgl. Obersten Baubehörde und der Generaldirektion der Kgl. Staatseisenbahnen entworfen wurde, hat zunächst die Zustimmung der beteiligten Kgl. Staatsministerien gefunden und wird, vorausgesetzt, daß die Verhandlungen mit Preußen zu einem Ergebnisse führen, den Gegenstand einer besonderen Vorlage an den Landtag bilden.

Nach dem Entwurf ist für die Ausführung der Anlage ein Gesamt-Kostenaufwand von 24 Mill. Mk. erforderlich. Die kleinere Hälfte dieses Betrages, 9,5 Mill. Mk., entfällt auf die Herstellung von vier Staustufen bei Krotzenburg, Großwelzheim, Kleinostheim und Mainaschaff. Zwei weitere Staustufen, bei Mainkur und Kesselstadt, würden auf Kosten Preußens herzustellen sein. Zu jeder Stauanlage gehört die Schleuse, welche als sog. Schleppzugs-Schleuse mit geböschten Wänden und einer nutzbaren Länge von 300 m hergestellt und welche im Interesse des Kleinschiffsverkehrs durch Einbauung eines Zwischenhauptes in zwei Kammern von je 100 und 200 m Länge geteilt ist, ferner das Nadelwehr mit Schiffsdurchlaß und Flutöffnung, der Floskanal mit Trommelwehr-Verschluss und ein Fischpafs. Die Breite der Schleusen beträgt an den Hauptern und der Sohle 12 m, die Einfahrtskanäle sollen eine Länge von 130 m, die Ausfahrtskanäle eine solche von 200 m mit je 20 m Sohlenbreite erhalten. Die Höhe des Aufstaus an den einzelnen Nadelwehren ist zu 2,31 bis 2,44 m angenommen. Die durch die Kanalisierung zu schaffende Wassertiefe wird mindestens 2,50 m betragen, um den großen Rheinschiffen von 1500 Tonnen Tragfähigkeit den Weg bis Aschaffenburg zu ermöglichen.

Die geplante Umschlagsanlage bei Aschaffenburg erstreckt sich auf beide Ufer des Mains zwischen Mainaschaff und Aschaffenburg und wird eine Fläche von etwa 204 ha beanspruchen. Hierbei ist Sorge getragen, daß eine Erweiterung der Umschlagsanlage im Falle des Bedürfnisses keinen Schwierigkeiten begegnet. Für den Massenumschlag der Regiekohlen der Kgl. Bayer. Staatseisenbahnen ist die linke Mainuferseite bei der Ortschaft Leider in Aussicht genommen; dort soll zunächst ein

Hafenbecken von 800 m Länge und 75 m Sohlenbreite mit beiderseitigen Lagerplätzen zu etwa 80 000 qm nutzbarer Gesamtfläche zur Ausführung gelangen. Es ist anzunehmen, daß hierdurch dem Bedürfnisse für lange Zeit genügt ist. Für die Anlage eines weiteren Hafenbeckens würde das geeignete Terrain gleichfalls vorhanden sein. Das rechte Mainufer ist dem Privat-Umschlagsverkehre zugedacht. Zu diesem Zwecke ist zunächst der Ausbau des betreffenden Geländes zu hochwasserfreien Lager- und Ländeplätzen geplant, deren flussseitige Begrenzung je nach der Art der zu erwartenden Umschlagsgüter Ufermauern oder gepflasterte Böschungen in bedeutender Länge bilden. Oberhalb der Ortschaft Leider ist die Anlage einer kleinen, erweiterungsfähigen Schiffswerft ins Auge gefaßt, für den Petroleum-Umschlag ist unterhalb des Mainaschaffer Wehrs eine Erhöhung des Geländes zur Aufstellung von Tanks vorgesehen, für die Holzindustrie würde im Bedarfsfalle ein geeigneter Platz zwischen der Aschaff und dem Mainaschaffer Wehre vorhanden sein. Die Aschaffmündung wird in das Unterwasser dieses Wehres verlegt. Zur Lieferung der Betriebskraft für die ganze Umschlagsanlage ist ein unterhalb Leider zu errichtendes Elektrizitätswerk in Aussicht genommen. Die Kosten der gesamten Umschlagsanlage sind zu 12 344 000 Mk. berechnet.

Die Eisenbahnverbindung der rechts- und linksufrigen Umschlagsanlagen unter sich, sowie mit der Kgl. Staatseisenbahn ist in der Weise in Aussicht genommen, daß das Wehr bei Mainaschaff zugleich als Eisenbahnbrücke hergestellt wird, welche aus vier Öffnungen von je 62,5 m Stützweite besteht. Zur Weiterführung der Anschlußbahn wird das Aschafftal benutzt, in welchem ohne erhebliche Geländeschwierigkeiten die Bahn zu liegen kommt, um mit Durchbrechung des nördlichen Teiles der Ortschaft dann bei der Station Goldbach in die Aschaffenburg-Würzburger Bahnlinie einzumünden. Auf diese Verbindungsbahn, deren Länge 11,6 km beträgt, entfällt ein Kostenbetrag von 2 156 000 Mk.

Wie seinerzeit die Städte Frankfurt a. M. und Offenbach mit erheblichen Vorausleistungen für die Kanalisierung der betreffenden Mainstrecken herangezogen worden sind und Preußen die Fortführung der Kanalisation bis Hanau von der Herstellung einer Hafenanlage bei Hanau auf Kosten der Stadt Hanau abhängig machen will, so entspricht auch bei dem gegenwärtigen Projekt eine wenn auch geringere finanzielle Beteiligung der Stadt Aschaffenburg, welche aus dem Unternehmen erhebliche wirtschaftliche Vorteile ziehen wird, der Billigkeit. Als Vorausleistungen der Stadt Aschaffenburg werden hauptsächlich die Abtretung des grofsenteils im Eigentume der Stadtgemeinde befindlichen, für die Umschlagsanlage erforderlichen Geländes sowie der Grunderwerb für die Anschlußbahn durch das Aschafftal, dann die Mitwirkung bei denjenigen baulichen Maßnahmen in Betracht kommen, welche erforderlich sind, um die im Bereich der Umschlagsanlage befindliche gestaute Mainstrecke vor den üblen Folgen der Einleitung von Abwassern zu bewahren.

¹⁾ Bayerische Kanalvereins-Korrespondenz. Nürnberg 1903. Nr. 1.

Nach den vorstehenden Angaben würden sonach oberhalb Offenbach 6 Stauanlagen erbaut werden, so daß in Zukunft die Schiffe, um vom Rhein nach Aschaffenburg zu kommen, 12 Kammerschleusen zu durchfahren hätten.

Die Kanalisierung des Mains, wie sie von Kostheim bis Offenbach zur Ausführung gekommen ist, hat sich seither, bei teilweise 17jährigem Betrieb, vorzüglich bewährt. Es lag daher nahe, daß das technische Amt bei seiner Aufgabe, einen Entwurf über einen Großschiffahrtsweg im Maintal von Aschaffenburg bis zum Anschluß an den Donau-Main-Kanal bei Bamberg auszuarbeiten, zunächst gleichfalls eine Kanalisierung des Flusses in Untersuchung gezogen hat.

Der Lauf des Mains ist durch Parallelwerke festgelegt, jedoch müßte derselbe an einzelnen Stellen wegen zu scharfer Krümmung korrigiert werden. Nimmt man einen kleinsten Krümmungshalbmesser von 500 m an, dann wären solche Korrekturen in der 303 km langen Flußstrecke von Bamberg bis Aschaffenburg im ganzen auf eine Länge von 15 km vorzunehmen.

Die Flußsohle besteht häufig aus schwerem Geröll, hie und da stößt der Fels zur Sohle an, vielfach ist derselbe seicht mit Schotter überdeckt. Im allgemeinen zeigt die Flußsohle eine geringe Beweglichkeit. Auf einzelnen Flußstrecken treibt der Hauptsache nach ein quarziger Sand — ein wertvolles Baggergut, das zur Verwendung für bauliche Zwecke weithin verfrachtet wird. Die Unterhaltung der normalen Tiefe in der Fahrrinne würde jedenfalls keine hohen Kosten verursachen, was auch durch die Erfahrung der Bauinspektion Frankfurt bestätigt wird.

Dämme zum Schutze gegen Hochwasser bestehen nur streckenweise im oberen Main auf einer gesamten Länge von 8 km. Im übrigen steigen die Ufer vom Main weg in der Regel so langsam an, daß bei einer Kanalisierung dem Hochwasser ein genügender Abfluß ohne besondere Schwierigkeit geschaffen werden kann.

Was die lichte Höhe und Weite der Brücken über den Main betrifft, so sollte mit Rücksicht auf eine bequeme und sichere Durchfahrt der Schiffe eine lichte Höhe von 4,7 m über dem höchsten schiffbaren Wasserstand vorhanden sein und zwar auf eine Breite von mindestens 20 m. Nach Angabe in dem Werk »Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern«¹⁾ hört die Bergschiffahrt bei einem Wasserstand von 2,0 m über Niederwasser auf, weil sodann die künstlichen Ziehwege, welche nach einem Vertrag zwischen den Mainuferstaaten vom 6. Februar 1846 gleichfalls nur auf 2 m über Niederwasser gelegen sind, überschwemmt zu werden beginnen. Die Talfahrt kann ohne Gefahr bis zu einem Wasserstand von 3 m über Niederwasser fortgesetzt werden.

Unter Niederwasser ist nach der von Bayern am 1. Juli 1887 vorgenommenen Tiefersetzung der Nullpunkte der Pegel des schiffbaren Mains ein Wasserstand von 70 cm an diesen Pegeln zu verstehen, und wäre sonach die Höhe des höchsten schiffbaren Wasserstandes im Main oberhalb

Aschaffenburg mit 3,70 m an den Pegeln anzunehmen. Diese Höhe entspricht im allgemeinen der Höhenanlage der Ufer. Als vollbördig wird der Fluß angenommen bei 3,6 m an den Pegeln zu Schweinfurt und Würzburg, bei 3,7 m am Pegel zu Miltenberg und bei 3,75 m am Pegel zu Aschaffenburg.

Für die Talfahrt sollte sonach kein Teil einer Brückenkonstruktion auf der angegebenen Breite von 20 m unter einer Höhe von 7,70 m über Niederwasser, das sind 8,40 m Höhe an den Pegeln, gelegen sein. Diesen Anforderungen entspricht eine Anzahl von Brücken über den Main nicht. Jedoch würden dieselben mit Ausnahme der Brücke bei Ochsenfurt noch für längere Zeit hinaus dem Verkehr kein wesentliches Hindernis bieten, da ein Wasserstand von 3,7 m an den Pegeln, wie sich dies aus den Beobachtungen der Wasserstandshöhen am Pegel bei Schweinfurt in der Tabelle 52 ergibt, selten eintritt und nur wenige Tage andauert. Der Scheitel der gewölbten Brücke bei Ochsenfurt liegt 5,91 m über dem Niederwasser, also nur 2,91 m über dem höchsten schiffbaren Wasserstand, auch hat die Durchfahrtsöffnung nur eine lichte Weite von 14,5 m.¹⁾ Der anliegende Entwurf sieht daher einen Umbau dieser Brücke entsprechend den obengenannten Mafsen für Lichthöhe und Lichtweite vor.

Durch Wehre gestaut ist der Main von Bamberg bis nach Aschaffenburg zur Zeit nur an drei Stellen und zwar bei Bischberg, bei Schweinfurt und Würzburg, so daß bei der Projektierung der für eine Kanalisierung notwendigen Wehre freie Hand verbleibt.

In Bischberg besteht, wie schon in der Beschreibung des Ludwig-Kanales angegeben wurde, ein Nadelwehr mit Flossgasse und Kammerschleuse.

Das Wehr bei Schweinfurt — seit 600 Jahren bestehend — ist mit samt seiner Wasserkraft im Besitze der Stadt Schweinfurt, ebenso die Flossgasse. Infolge der unterhalb des Wehres im Laufe der Jahrhunderte entstandenen Vertiefung der Flußsohle und auch mit Rücksicht auf die Gefahren bei Hochwasser und Eisgang hat man sich zu einem gründlichen Umbau der Wehranlage auf Kosten des Staates und der Stadtgemeinde entschlossen.²⁾ Die im Jahre 1900 begonnenen Arbeiten sind nahezu vollendet.

Auch in Würzburg dient schon seit mehreren hundert Jahren ein Wehr zur Gewinnung von Wasserkraft für den Betrieb dreier im Besitze des Staates befindlichen Mahlmühlen. Flossgasse und Schleuse daselbst wurden in den Jahren 1889/91 durch moderne Bauten ersetzt.³⁾

Das Gefälle bei den genannten Wehren beträgt bei gewöhnlichem Niederwasser annähernd 3,0 m, bzw. 4,1 und 1,2 m.

In früheren Jahren bestanden noch an mehreren Stellen im Main Anlagen für den Betrieb von Mühlen.

¹⁾ Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888. S. 289.

²⁾ Moll. 8. Bericht über die Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereins, 1898, S. 17/22.

³⁾ Lotter. 2. Bericht über die Versammlung des Bayerischen Kanalvereins, 1893, S. 13/19.

Dieselben sind in den letzten Jahren behufs Regulierung der Niederwasserrinne für die Schiff- und Flossfahrt vom Staate erworben und beseitigt worden.

Die Ausführung von Bauten für eine Kanalisierung würde also nirgends besondere Schwierigkeiten finden. Zudem sind die besten Baumaterialien aus nächster Nähe zu beschaffen.

Eine Unterbrechung der Schifffahrt durch Hochwasser wird oberhalb Aschaffenburg nicht häufiger zu erwarten sein als auf dem bereits kanalisierten Main, und zwar der Hauptsache nach infolge der höheren Ufer. In den 7 Jahren 1892/98 war die Schifffahrt von Frankfurt abwärts an durchschnittlich 6 Tagen im Jahre unterbrochen, während dies nach den gleichzeitigen Beobachtungen am Pegel bei Schweinfurt nur an 2 Tagen der Fall gewesen wäre. Dagegen sind nach Tabelle 52 in der 10jährigen Beobachtungsreihe 1879/88 für Schweinfurt durchschnittlich 4,6 Tage im Jahre verzeichnet, an denen der Main über dem höchsten schiffbaren Wasserstand mit 3,70 m am Pegel gestanden ist und dies mit seltener Ausnahme nur in den 3 Wintermonaten November, Dezember und Januar, sowie im März.

Eine Unterbrechung der Schifffahrt durch Eisgang und Eisstand wird, entsprechend dem kälteren Klima im oberen Maintal gegenüber demjenigen in der Oberrheinischen Tiefebene, oberhalb Aschaffenburg häufiger eintreten, als am Untermain. Dort betrug die Unterbrechung durch Eis in den 7 Jahren 1892/98 durchschnittlich 33 Tage im Jahr, während sich nach Tabelle 53 aus gleichzeitigen Beobachtungen bei Schweinfurt für das Jahr 45 Tage und nach den Beobachtungen in den 20 Winterperioden 1879/99 durchschnittlich 48 Tage berechnen.

Die Zunahme der Unterbrechung der Schifffahrt durch Eis mainaufwärts, welche durch die vorgenannten Zahlen zum Ausdruck kommt, entspricht den Beobachtungen der meteorologischen Stationen Aschaffenburg (136 m + N. N.), Ansbach (414 m) und Bayreuth (359 m) über diejenigen Tage, an denen das Thermometer unter Null verblieben ist. Solche Tage wurden nach der 10jährigen Beobachtungsreihe 1879/88 gezählt und zwar im Jahresmittel 21 Tage, bzw. 31 und 32 Tage.¹⁾ Diese Beobachtungen bestätigen die für Schweinfurt angestellte Berechnung der Anzahl derjenigen Tage, an denen Wehre im oberen Main wegen Eisgefahr hätten niedergelegt werden müssen. Die längere Unterbrechung der Schifffahrt durch Eis im oberen Maintal ist immerhin so unbedeutend, daß namentlich auch mit Rücksicht auf den geringeren Verkehr im Winter kein Bedenken abgeleitet werden kann.

Nunmehr verbleibt noch die Beantwortung der wichtigsten Frage, nämlich der Frage über die **Wasserversorgung eines kanalisierten Mains**. Wird es möglich sein, den gestauten Wasserspiegel während der ganzen Schifffahrtsperiode auf normaler Höhe zu erhalten, und also möglich sein, auch bei kleinster Wasserlieferung des Mains die Schifffahrt ungestört betreiben zu können?

Diese Frage führt zunächst zu einem anderen Thema, nämlich zur Entscheidung darüber, welche Leistungsfähigkeit der neuen Wasserstrafse gegeben werden soll. In dieser Hinsicht wurde wiederholt ausgesprochen, es könne oberhalb Aschaffenburg, jedenfalls aber von Würzburg aufwärts, an einen Verkehr der großen Rheinschiffe nicht gedacht werden. Nur eine Wasserstrafse für Schiffe bis zu etwa 600 Tonnen Tragfähigkeit, wie sie für den neuen Donau-Main-Kanal vorgesehen sind, würde in Betracht kommen können.

Diese Anschauung mag sich zum Teil durch die Beobachtung gebildet haben, daß die Nadelwehre auf der kanalisierten Mainstrecke große Wasserverluste zeigen. Der Wasserverlust wird bei den durchschnittlich 130 m langen Wehren zu mindestens 20 cbm in der Sekunde angegeben, nahezu die Hälfte der kleinsten sekundlichen Niederwassermenge im Untermain. Eine andere Wehrkonstruktion kann hier nicht vorausgesetzt werden, da sich unter allen Konstruktionen das Nadelwehr seither am besten bewährt hat, Hochwasser und Eisgang rasch einen Weg zu öffnen.¹⁾

Den Bedenken gegenüber der Wasserversorgung ist zunächst hervorzuheben, daß mainaufwärts — abgesehen von dem stärkeren Gefälle des Flusses — die Hochwassermenge in bedeutendem Maße abnimmt. Wie sich aus der Darstellung auf Seite 61 ergibt, beträgt die größte sekundliche Wassermenge des Mains bei gewöhnlichem Hochwasser, etwa dem bordvollen Fluß entsprechend, bei seiner Mündung in den Rhein 1000—1100 cbm, dagegen im oberen Flußlauf unterhalb der Regnitz 450—500 cbm, also annähernd die Hälfte. Ein ähnliches Verhältnis besteht auch bei aufsergewöhnlichem Hochwasser, wie im November und Dezember 1882.

Für die Wehre im oberen Main würde eine durchschnittliche Lichtweite von 70 m genügen, um die Hochwasser ohne schädlichen Aufstau abzuleiten. Der Wasserverlust wäre sonach bei diesen Wehren nur zu ungefähr 10—12 cbm in der Sekunde anzunehmen, also auch hier ungefähr die Hälfte derjenigen Wassermenge, welche als kleinste sekundliche Niederwassermenge für den Main zwischen Bischberg und Schweinfurt durch Messungen ermittelt wurde.²⁾ Die Hauptsache jedoch ist, daß man hinsichtlich des Wasserverlustes bei den Nadelwehren anderwärts wesentlich

¹⁾ Die Brückenbauanstalt Gustavsburg (Zweiganstalt der Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G.) hat zum Abschluß eines 18 m weiten Grundablasses im Wehre bei Schweinfurt ein sogenanntes Walzenwehr im Jahre 1902 geliefert. Die Wassertiefe des Oberwassers im Augenblick, wo das Wehr geöffnet werden soll, beträgt 4,136 m und die Stauhöhe bis zu 3,6 m. Rascher als bei einem Nadelwehr kann mittelst des Walzenwehres der Durchlaß geöffnet und wieder geschlossen werden. Auch ist der Wasserverlust bei Anwendung einer Walze verschwindend klein. Es ist zu erwarten, daß diese neuartige Konstruktion auch für die Kanalisierung der Flüsse mit großem Vorteil in Zukunft zur Anwendung gebracht werden kann. Vergl. darüber Carstanjen, stellvertr. Direktor der Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G. Das Walzenwehr. Mitteilung an den IX. internationalen Schifffahrts-Kongress. Düsseldorf 1902.

²⁾ Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888. S. 297/312.

¹⁾ Faber. Zur Hydrographie des Maingebietes. München 1895, S. 59/69.

günstigere Erfahrungen gemacht hat, als auf dem kanalisierten Main, wo man nicht notwendig hat, sparsam mit dem Wasser umzugehen.

An den Nadelwehren der kanalisierten Oder sind im Herbst 1896 Versuche angestellt worden, in welcher Weise und inwieweit ein gewöhnliches Wehr dieser Art abgedichtet werden kann. Die Nadeln wurden zunächst mittelst eines besonders konstruierten Hebels möglichst dicht aneinander geschoben. Die weitere Dichtung erfolgte sodann durch Einbringen eines Gemisches von Sägespänen und Asche. Auf diese Weise konnte eine 2,6 m hohe Stauwand ohne erhebliche Kosten fast vollkommen wasserdicht hergesellt werden.¹⁾ Auch nach anderen Beobachtungen wird die Annahme als zulässig erachtet, daß der Wasserverlust in einer Sekunde 20 Liter auf den laufenden Meter Wehr nicht übersteigt.

Für die Wehre der oberen Mainstrecke wäre sonach bei guter Dichtung ein Wasserverlust von nicht mehr als 1,5 cbm in der Sekunde anzunehmen.

Eine wesentliche Minderung der Wasserverluste und der Arbeiten zur Dichtung des Wehres könnte auch dadurch erreicht werden, daß man bei märsigen Anschwellungen die Höhe des Wasserspiegels aufser durch die Flossrinne noch durch Schützen reguliert, die in den Wehrpfeilern eines sogenannten gebrochenen Wehres untergebracht sind, und daß man somit vermeidet, die Wehrnadeln häufiger herausnehmen zu müssen. Eine derartige Wehrkonstruktion ist von dem Regierungs- und Baurat Prüsman zur Ausnutzung der Wasserkräfte kanalisierter Flußstrecken in Vorschlag gebracht worden.²⁾ Würden die Nadeln längere Zeit an ihrem Orte belassen werden können, dann würde in vielen Fällen die Dichtung, welche durch die im Flusse treibenden Stoffe entsteht, genügen, mindestens aber die einmal künstlich vorgenommene Dichtung in der Regel längeren Bestand haben.

Der Gedanke, die obere Mainstrecke nur für 600 Tonnen-Schiffe auszubauen, liegt wohl auch deshalb nahe, weil die Leistungsfähigkeit des neuen Donau-Main-Kanales nach dem vorliegenden Entwurf gleichfalls für solche Schiffe vorgesehen ist und der Wechsel zwischen dieser Leistungsfähigkeit und derjenigen der größeren Mainstrasse doch irgendwo vorgenommen werden müßte.

Dagegen ist daran zu erinnern, daß wie überall, so auch auf dem kanalisierten Main, sich das Bestreben nach Vergrößerung der Schiffsgefäße geltend gemacht hat. Soweit Lichtweite und Tiefe der Schleusen es zuliefen, hat man die Mainstrasse nachträglich verbessert. Es bestätigt sich auch hier die Tatsache, daß niemals ein Wasserstraßennetz für den gleichen Schiffstyp festgelegt werden kann, wie dies bei den Eisenbahnen hinsichtlich ihrer Spurweite geschehen ist, ja geschehen muß. Bei den Wasserstraßen sucht man mit jeder neuen Anlage nach Möglichkeit eine ältere zu übertrumpfen.

Für die Leistungsfähigkeit der neuen Mainstrasse ist eine bestimmte Grenze durch die Erweiterungsbauten auf dem kanalisierten Main aus den Jahren 1892 und 1893 gegeben. Die Leistungsfähigkeit dieser Mainstrecke ist anzustreben und zwar so weit nach Bamberg hinauf, als dies die Wasserführung des Mains zuläßt, nachdem auch bei der zu kanalisierenden Mainstrecke zwischen Offenbach und Aschaffenburg daran festgehalten wird.

Selbstverständlich werden bei diesen neuen Anlagen die Erfahrungen, welche auf dem kanalisierten Main seither gewonnen wurden, berücksichtigt werden. So wird, wie schon erwähnt, die Kammer der Schleusen, welche zur Aufnahme ganzer Schleppzüge dienen, eine Länge von 300 m erhalten und der obere für sich abschließbare Teil der Kammer eine solche von 100 m statt 340 m bzw. 67,8 m wie seither. Die Entfernung von Dremelspitze zu Dremelspitze beträgt 17,2 m mehr, als die vorausstehenden Maße angeben.

Die Lichtweite für die Tore an den Schleusen wurde zu 12,0 m bestimmt, trotzdem die Schleusen im Main aus dem Jahre 1883/86 eine lichte Weite von nur 10,5 m haben. Durch die größere Lichtweite, die übrigens schon bei den Erweiterungsbauten aus den Jahren 1892/1893, sowie am Bau der Schleuse bei Oberrad zur Anwendung kam, will man den Schiffen ein bequemes und schnelleres Einfahren in die Schleuse ermöglichen. Aus dem gleichen Grund wird man daher die lichte Weite der Kammer-schleusen für die Großwasserstrasse oberhalb Aschaffenburg zu 12,0 m bestimmen.

Dagegen könnte man sich für die erste Zeit mit einer kürzeren Schleuse begnügen, wie dies bei der ersten Anlage von Frankfurt abwärts geschehen ist. Es empfiehlt sich dies um so mehr, als bei Einführung eines elektrischen Betriebes Schleppzugschleusen eher zu ersparen wären. Jedenfalls genügt es auf längere Zeit hinaus, wenn die Länge der Schleuse — unter der Annahme senkrecht gemauerter Wände mit durchwegs gleichem Abstand von 12,0 m — so bestimmt wird, daß ein großes Rheinschiff samt seinem Dampfer in der Schleuse Platz findet. Dieser Forderung entspricht die kleinere Schleuse mit 117,2 m Länge zwischen den Dremelspitzen, wie sie als ein Teil der Schleuse mit 300 m nutzbarer Länge zur Aufnahme ganzer Schleppzüge auf der Mainstrecke zwischen Offenbach und Aschaffenburg zur Ausführung kommen wird. Die Schleuse könnte durch ein Zwischenhaupt ungleich geteilt werden, so daß ein längeres oder kürzeres Schiff mit dem geringsten Verlust an Zeit einzeln geschleust werden könnte.

Eine größere Länge als 117,2 m erhielt die jüngst umgebaute Kammerschleuse bei Schweinfurt. Doch nur deshalb, damit die das Wehr durchfahrenden Flöße, die nach der Flossordnung bis zu 130 m lang sein dürfen, ihren Weg statt durch die hoch abfallende Flossrinne, allenfalls durch die Schleuse hindurch nehmen können. Die Länge zwischen den Dremelspitzen ist daher zu 137,8 m bemessen worden.

Die 121,8 m lange Kammer erhielt $\frac{3}{4}$ malig geböschte Wände und bei einer Tiefe von 2,8 m unter Niederwasser (= 70 cm am Pegel zu Schweinfurt) eine 10,5 m breite Sohle. Ober- und Unterhaupt,

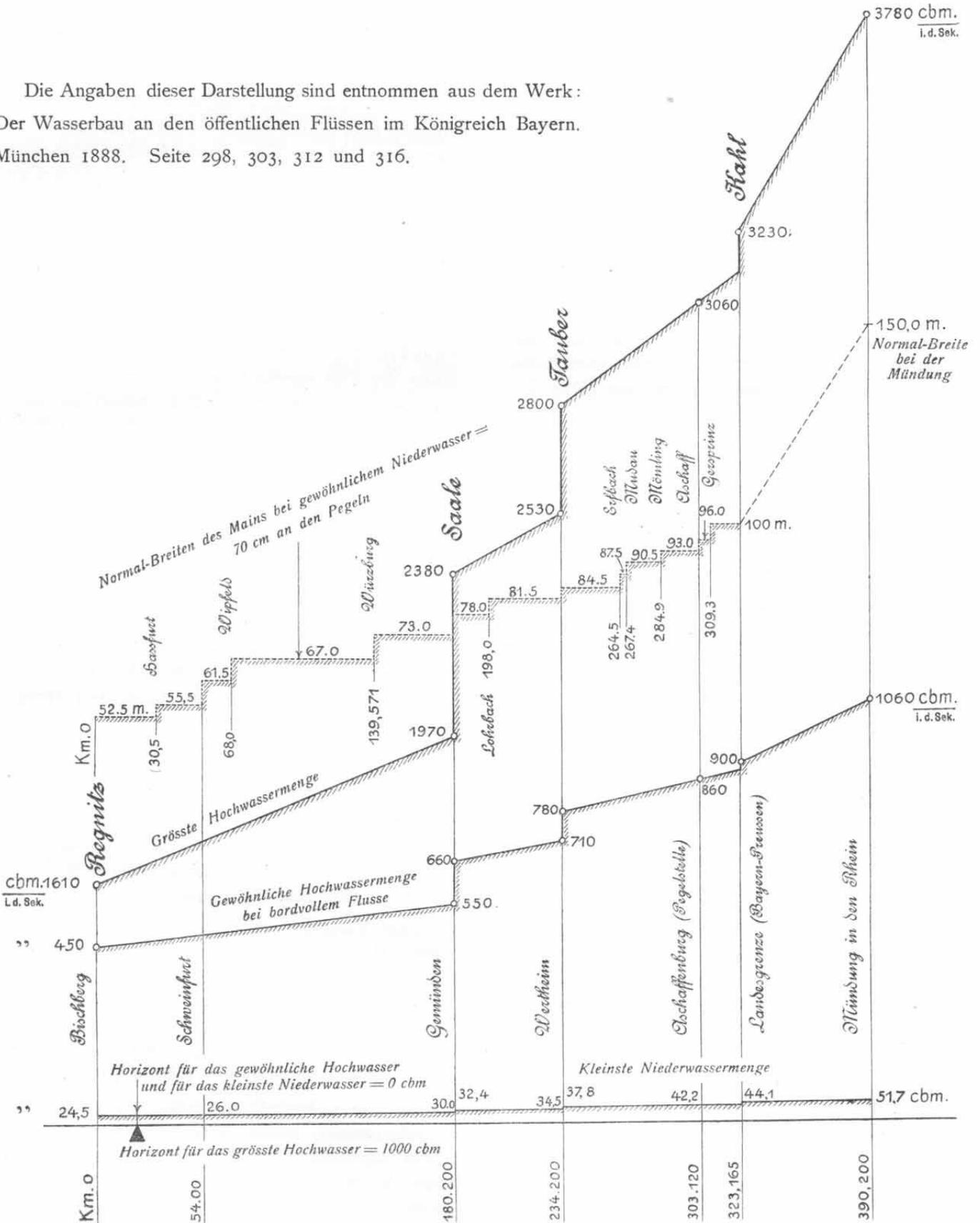
¹⁾ Roloff. Versuche über Dichtung von Nadelwehren. Zentralblatt der Bauverwaltung 1897. S. 209/210.

²⁾ Zeitschrift für Binnenschifffahrt. V. Jahrgang. Berlin 1898. S. 39.

Darstellung

der Zunahme der Nieder- und Hochwassermenge, sowie der Normalbreite des Mains von der Regnitz bis zu seiner Mündung in den Rhein.

Die Angaben dieser Darstellung sind entnommen aus dem Werk:
 Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern.
 München 1888. Seite 298, 303, 312 und 316.



senkrecht gemauert und ohne die Flügel je 16,0 m lang, haben eine lichte Weite von 10,5 m wie die älteren Schleusen auf der kanalisierten Mainstrecke abwärts Frankfurt.

Nach diesen Ausmaßen würde auch die neue Schweinfurter Kammerschleuse, wenn sie ein Teil der Großwasserstrafse werden sollte, auf lange Zeit hinaus dem Verkehr entsprechen.

Der Berechnung der Wassermenge für den Betrieb der Wasserstrafse wurden die Ausmaße der Schweinfurter Schleuse, die wegen ihres hohen Gefälles und wegen ihrer geböschten Wände einen großen Bedarf an Wasser hat, zu Grunde gelegt. Sodann wurde ein 15stündiger, ununterbrochener Betrieb mit einer Schleusendauer von je 30 Minuten vorausgesetzt, wobei ein Güterverkehr von etwa 3 Mill. Tonnen bewältigt werden könnte. Ferner wurde noch die ungünstige Bedingung gestellt, daß bei jeder Schleusung neu gefüllt werden müßte. Unter diesen Annahmen berechnet sich der Wasserbedarf für die Schleuse in der Sekunde zu 3,0 cbm.

Trommelwehre und Flosrinnen zum Durchlassen der zu Tal fahrenden Flöße sind mit den gleichen Abmessungen wie diejenigen auf dem kanalisierten Main projektiert. Es beträgt sonach die lichte Weite der Trommelwehre 12 m, die Höhe des Oberwassers über dem Rücken der Flosrinne 1,70 m und das Gefälle derselben im allgemeinen 1:200. Ferner wurde ein täglicher Verkehr von 10 Flößen vorausgesetzt. Bei diesem Verkehr würden 4—500,000 Tonnen Holz die Flosrinnen durchfahren, entsprechend dem Verkehr auf dem Main bei Aschaffenburg. Oberhalb Kitzingen beträgt der Flosverkehr nur etwa den dritten Teil. Nimmt man die für den Übergang vom Ober- zum Unterwasser nötige Zeit für jedes der 10 Flöße zu 6 Minuten an, dann ergibt sich der sekundliche Bedarf an Wasser für eine Flosrinne zu 2,0 cbm.

Werden den bis jetzt gefundenen Verlusten (1,5 + 3,0 + 2,0) noch 1,5 Sek.-cbm für Versickerungen hinzu gerechnet, dann wäre der gesamte Bedarf an Wasser für den Bestand und Betrieb der neuen Mainstrafse 8 cbm in der Sekunde.

Die kleinste sekundliche Wassermenge des Mains nach seiner Vereinigung mit der Regnitz ist in dem von der Kgl. Obersten Baubehörde herausgegebenen Werk »Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern« nach Messungen aus den 80er Jahren zu 24,5 cbm angegeben, also 16,5 cbm über den berechneten Bedarf. Bei Würzburg beträgt die kleinste sekundliche Wassermenge fast 4 cbm mehr als nächst unterhalb der Einmündung der Regnitz, und bis Aschaffenburg steigert sich diese Wassermenge bis auf 42 cbm. Es dürfte also auch in der oberen Mainstrecke noch mancher Bedarf und Verlust an Wasser entstehen, der in der angegebenen Berechnung nicht berücksichtigt ist, ehe ein Mangel eintreten würde.

Aus allen Angaben über die fluvialen Verhältnisse des Mains ergibt sich daher, daß technisch kein Hindernis bestehen würde, den Main bis nach Bamberg hinauf mittelst Kanalisierung für den Verkehr

der größten Schiffe herzurichten, welche die bereits kanalisierte Mainstrecke befahren.

Die Anzahl der für eine Kanalisierung notwendigen Wehre und Längenschnitt der Wasserstrafse. — Bei einer Kanalisierung des Mains von Bamberg bis Aschaffenburg würden nach Tabelle 3 auf eine Fluslänge von 300,3 km im ganzen 55 Wehre erforderlich sein — einschließlic derjenigen bei Würzburg, Schweinfurt und Bischberg. Das Gefälle zwischen dem Oberwasser der Bischberger Schleuse und dem Oberwasser der zukünftigen Haltung bei Aschaffenburg beträgt 122,5 m und sonach das mittlere Gefälle bei den 55 Wehren 2,23 m.

Würde man die scharfen Mainkrümmungen bei Volkach und Urphar durch Tunnels abschneiden, dann würden zwei Stauanlagen weniger erforderlich und dadurch die Länge der Wasserstrafse um 13,3 km kürzer werden.

Zur Vermeidung allzu ausgedehnter Flusräume wurde angenommen, daß im allgemeinen bei den einzelnen Wehren das gestaute, als horizontale Fläche gedachte Unterwasser auf Höhe des heutigen gewöhnlichen Niederwassers liegt. Nur an einzelnen Flusstellen, bei denen der Fels zur Sohle anstößt, wurde eine höhere Lage des Unterwassers gewählt, jedoch ist das oben angegebene, mittlere Gefälle bei den Wehren mit 2,23 m annähernd gleich mit dem mittleren Stau über dem gewöhnlichen Niederwasser. Der Stau überschreitet die mittlere Höhe vorwiegend in der oberen Mainstrecke abwärts bis zu km 64 bei Heidenfeld und erreicht, abgesehen von dem bei Schweinfurt bestehenden Wehre, eine größte Höhe von 3,3 m und im Mittel bei 8 Wehren eine Höhe von 2,9 m. Dagegen kann von Sommerhausen, oberhalb Würzburg, bis nach Aschaffenburg häufig nur 1,70 und 1,80 m hoch gestaut werden.

Bei der Bestimmung der Lage und Höhe der Wehre war Rücksicht zu nehmen auf Ortschaften, auf die Einmündung der Seitengewässer, auf die Höhenlage und Fundation der Brücken und, wie schon gesagt, auch auf die Höhenlage des felsigen Untergrundes im Flusbett. Somit mußte häufiger der Aufstau kleiner, die Haltung kürzer angenommen werden, als dies mit alleiniger Rücksicht auf die Höhe der anstossenden Ufer notwendig gewesen wäre.

Zum Vergleich sei erwähnt, daß auf dem kanalisierten Main die mittlere Stauhöhe über der ehemaligen Höhe des gewöhnlichen Niederwassers (1,0 m am Pegel zu Frankfurt) 2,05 m beträgt. Am höchsten wurde beim Frankfurter Wehr gestaut mit 2,70 m über Niederwasser, bei den übrigen Wehren beträgt die geringste Stauhöhe 1,80 m. (Tabelle 7.)

Der Main oberhalb Aschaffenburg könnte sonach im allgemeinen höher aufgestaut werden als der bereits kanalisierte Main, trotzdem werden die Haltungen kürzer, da das Gefälle nach Bischberg hinauf zunimmt und im oberen Main fast doppelt so groß ist als von Frankfurt abwärts. Auf dieser Flusstrecke bestand vor der Kanalisierung bei Niederwasser ein mittleres Gefälle von 26 cm auf 1000 m, gegenüber 48 cm zwischen Bischberg und Schweinfurt. Während

daher die durchschnittliche Länge der Haltungen von Frankfurt abwärts 7,3 km beträgt, berechnet sich dieses Maß für die Mainstrecke oberhalb Aschaffenburg zu 5,56 km.

Bei 28 Haltungen wird diese Länge nicht erreicht, und 10 Haltungen haben eine Länge von nur 3 bis 4 km. Auch selbst in der oberen Mainstrecke, in der hoch gestaut werden könnte, berechnet sich infolge des stärkeren Gefälles die mittlere Länge der Haltungen doch nur zu 6,4 km, so daß die hohen, im Bau und Betrieb teuren Stauanlagen verhältnismäßig wenig zur Geltung kommen würden.

Nach diesen Untersuchungen ergibt sich kein erfreuliches Bild über den Zustand einer mittelst Kanalisierung des Mains hergestellten Wasserstrasse. Schiffe, die vom Rhein aus bis zum Beginn des Donau-Main-Kanales, also bis in die Nähe von Bamberg, gelangen wollten, müßten auf einem Wege von 390 km 67 Schleusen passieren. Kaum daß es ihnen möglich wäre, länger als eine Stunde ununterbrochen mit voller Geschwindigkeit zu fahren. Dazu bei jeder Staustufe mindestens $\frac{1}{2}$ Stunde Verzögerung.

Wenn es einerseits fraglich ist, ob sich nicht auf Grund eingehenderer Studien die Entbehrlichkeit des einen oder anderen Wehres zeigen wird, so kann andererseits nur auf Grund eines Detailprojektes die Frage entschieden werden, ob der Main überall so hoch gestaut werden darf, als angenommen wurde, und ob nicht noch mehr Wehre erforderlich werden. Im besten Falle kann nicht daran gedacht werden, daß sich bei einer Kanalisierung auf Grund eines Detailprojektes ein wesentlich anderes Bild der Wasserstrasse ergeben wird.

Daß sich auf dem bereits kanalisierten Main eine lebhaftere Schifffahrt entwickelt hat, trotzdem auch hier verhältnismäßig kurze Haltungen bestehen, beruht auf besonderen Verhältnissen. Die Schifffahrt auf dem Untermain in Nähe eines verkehrsreichen, freien Stromes kann den Schaden, der sich beim Betrieb auf kurzen Haltungen einstellt, ertragen. Dagegen macht sich der langwierige Betrieb um so fühlbarer, in je größerer Anzahl die kurzen Haltungen aufeinander folgen, je mehr die Schifffahrt mit der Konkurrenz der Eisenbahnen zu kämpfen hat. Es ergibt sich sonach der Schlufs, daß vom betriebstechnischen Standpunkt aus das im Main seither ange-

wandte System der Kanalisierung um so weniger entspricht, je weiter sich die Wasserstrasse vom Rhein entfernt.

Man könnte nun allerdings längere Haltungen durch eine größere Vertiefung des Mainbettes erzielen, wo nicht gerade Gefahr für eine Brücke bestände. Wie bereits gesagt, soll im allgemeinen das gestaute Unterwasser bei den Wehren auf Höhe des jetzigen Niederwassers liegen. Nimmt man dagegen an, daß dieses gestaute Unterwasser an den Wehren 40 cm tiefer als das Niederwasser liegen soll, dann würden die Haltungen dem Gefälle des Flusses entsprechend durchschnittlich um 1 km länger und erst bei 80 cm Höhenunterschied etwa so lang werden, wie die Haltungen von Frankfurt abwärts. Schon bei dieser noch wenig ausgiebigen Maßregel erhöhen sich die Kosten für die Vertiefung der häufiger aus Fels oder fest gelagertem Boden bestehenden Flußsohle bedeutend, und es dürfte mit Aufwand entsprechender Kosten kaum möglich sein, die Anzahl der Wehre mittelst einer Flußbettvertiefung auf etwa 40 zu verringern. Auch erscheint es in Hinsicht auf die Unterhaltung der normalen Tiefe in der Fahrrinne nicht ratsam, der Flußsohle ein zu treppenförmiges Längenprofil zu schaffen.

In Anbetracht der vielen Stauanlagen, welche eine Kanalisierung des Mains erfordert, ist auch daran zu denken, daß die mitten im Hochwasser stehenden, starken Eisgängen ausgesetzten Werke vielen Beschädigungen unterliegen, daß es einer stets wachsamem Bedienung bedarf, die Wehre namentlich bei drohendem Eis, rechtzeitig niederzulegen. Unterhaltung und Bedienung der Stauanlagen werden sonach fortgesetzt große Kosten verursachen.

Die Kosten einer Kanalisierung im einzelnen sind in den Tabellen 41, 42, 44, 45 und 46 angegeben. Es ergibt sich hieraus, daß dieselben betragen auf eine Flußlänge von 302,5 km im ganzen 95 Mill. Mk. und sonach für jeden Kilometer 314049 Mk. In diesen Kosten sind die Korrekturen scharfer Mainkrümmungen auf einer gesamten Länge von 15 km mit einem Betrage von 4043000 Mk. enthalten. Dagegen sind *Tunnels zur Abkürzung des Weges, wie solche bei Volkach und Urphar zur Ausführung kommen könnten, nicht vorgesehen.

VII. Die im Maintal projektierte Wasserstrafse

von Bamberg bis Aschaffenburg

bei Anwendung des gemischten Bausystems.

Die mit einer Kanalisierung verbundenen, für den Betrieb der Schifffahrt und für die Unterhaltung der Bauten ungünstigen Verhältnisse legen den Gedanken nahe, ob sich nicht die Herstellung von Seitenkanälen längs des Mains mit längeren Haltungen und mit weniger, dem Hochwasser und den Eisgängen entrückten Schleusen rechtfertigen ließe. Einen Seitenkanal ununterbrochen längs des ganzen Mains auszuführen, würde nicht angehen. Das Flusstal ist häufig durch Strafe und Eisenbahn, durch Ortschaften und Fabrikanlagen derart eingeengt, daß an solchen Orten keine andere Möglichkeit verbliebe, als die Wasserstrafse in das Mainbett selbst zu verlegen. Sodann besteht noch ein anderer, wichtiger Grund, der es ratsam erscheinen läßt, hie und da das Mainbett aufzusuchen.

So wünschenswert es ist, lange Haltungen zu schaffen, so darf man doch nicht übersehen, die Wasserstrafse an die Orte hinzuführen, die bereits an einen Verkehr auf dem Wasser gewöhnt sind, an Verkehrsanstalten, in deren Nähe sich bereits Handel und Industrie entwickelt haben. Man darf sich nicht allein von Rücksichten leiten lassen, wie sie für einen durchgehenden Verkehr zwischen Donau und Rhein am Platze sind. Die neue Wasserstrafse soll und muß die lokalen Bedürfnisse befriedigen, soweit sich dies ohne große Schädigung des Ganzen erreichen läßt.

Die Anregung in dem anliegenden Entwurf, Seitenkanäle vorzusehen, gaben die noch im Gange befindlichen Bauarbeiten zur Herstellung einer Großwasserstrafse im Tale der Moldau und Elbe zwischen Prag und Aussig.¹⁾

Die Verhältnisse an der Moldau liegen zwar insofern ungünstig, als das Flusstal unterhalb Prag, vielfach von hohen, schroff ansteigenden Felsen begrenzt, wenig Raum zur Anlage von längeren Seitenkanälen

bietet. Immerhin konnten die 5 Wehre in der 34 km langen Moldaustrecke von Troja nächst unterhalb Prag bis nach Wraňan so gelegt werden, daß mittelst kürzerer Seitenkanäle an den 5 Schleusen ein durchschnittliches Gefälle bei Niederwasser von 4,13 m gewonnen werden konnte, gegenüber 2,55 m bei den Wehren. Die durchschnittliche Entfernung der 5 Wehre zwischen Troja und Wraňan beträgt sonach 8,5 km, was ohne Seitenkanäle bei einem Flußgefälle von 50 cm auf 1000 m — wie im Main bei Bischberg — nicht zu erreichen gewesen wäre. Von Wraňan abzweigend soll auf das linke Ufer der Moldau ein Kanal gelegt werden, der sich bis zur Mündung der Moldau in die Elbe bei Melnik hinziehen wird. Dieser Seitenkanal wird 10 km lang werden und erhält bei seinem Ende eine Schleuse mit 9,2 m Gefälle. Zusammen mit der gestauten Flußstrecke oberhalb des Wehres bei Wraňan bekommt die Haltung durch den Seitenkanal eine Länge von 16 km.

Linienführung und Längenschnitt der Wasserstrafse im Maintal gestalten sich bei Anwendung des gemischten Bausystems, Seitenkanäle und kanalisierte Flußstrecken, nach dem vom Bauamtman a. D. Vogt ausgearbeiteten Entwurf, wie nachstehend angegeben, wobei des Zusammenhangs wegen zunächst noch der Eintritt des Donau-Main-Kanales in das Maintal zu besprechen ist.

Die Linienführung. — Nach dem Bauentwurf überquert der neue Donau-Main-Kanal mittelst einer Brücke den Main bei Hallstadt und zieht sich sodann von da aus noch nahezu 2,5 km auf dem rechten Ufergelände des Flusses weiter. Der Endpunkt des Kanales, 177,5 km von Kelheim entfernt, liegt, wie gleichfalls schon angegeben, der Mündung der Regnitz in den Main gegenüber. An diesen Endpunkt schließt sich die neue Main-Wasserstrafse als Seitenkanal unmittelbar an. (Vergl. den Lageplan auf Blatt I.)

Die Grenze zwischen den beiden projektierten Wasserstrafsen wurde deshalb bei der Mündung der Regnitz in den Main angenommen, weil bei dieser Mündung, 200 m oberhalb des Bischberger Wehres, die kilometrische Einteilung des Mains beginnt, und weil dadurch der Vergleich der Länge des Mainflusses mit der im Maintal projektierten Großwasserstrafse erleichtert wird.

¹⁾ Mrasick. Die Elbe und ihre zwei größten Nebenflüsse in Böhmen. Nr. XVIII der Schriften des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1897.

Rubin. Die Kanalisierung des Moldau- und Elbe-Flusses in Böhmen, ihre Entwicklung und ihr Stand zu Beginn des Jahres 1900. Prag 1900.

Ebenso enthalten die seit 1897 veröffentlichten Jahresberichte der Kommission für die Kanalisierung des Moldau- und Elbe-Flusses in Böhmen wertvolles Material.

Da der Wasserspiegel der Haltung unterhalb der letzten Schleuse des neuen Donau-Main-Kanales in Nähe der Eisenbahn von Bamberg nach Schweinfurt auf die Höhe des Oberwasserspiegels des Bischberger Wehres mit 230,9 m + N. N. gelegt werden soll, so läßt sich durch einen Stichkanal, der bei km 1,5 der neuen Mainstrafse nach dem Bischberger Wehr abgezweigt wird, eine Verbindung nach dem gestauten Main, sowie nach der Mündung des Ludwig-Kanales und damit auch ein Anschluß der Stadt Bamberg an die Grofwasserstrafse im Maintal erreichen.

Der hier beschriebene Anschluß an Fluß und Kanal wurde mit Rücksicht auf die Hochwasserverhältnisse bei der Mündung der Regnitz in den Main gewählt. Eingehendere Untersuchungen über diese Verhältnisse ergeben möglicherweise folgende Lösung: Nordwestlich von Bamberg könnte der neue Donau-Main-Kanal kurz nach seiner Kreuzung mit der Eisenbahn von Bamberg nach Hof die im anliegenden Entwurf gewählte Richtung verlassen und vom linkseitigen Ufer des Mains her in dessen Bett oberhalb des Bischberger Wehres geführt werden. Das Bischberger Wehr hätte in diesem Falle die Aufgabe, die Kreuzung der Wasserstrafse mit dem Main zu ermöglichen. Bestehen wegen Hochwasser und Eisgang keine Bedenken, die Wasserstrafse zum Teil in das Gelände zwischen Regnitz und Main zu verlegen, dann verbleibt noch zu prüfen, ob es nicht vorteilhaft wäre, die 17. und 18. Gefällsstufe des Donau-Main-Kanales mit 8,0 bzw. 10,1 m Gefälle zusammenzulegen.

Von Bamberg bis nach Halsfurt auf eine Länge von 26,5 km ist das Gelände auf dem rechten Ufer des Mains zur Anlage eines Seitenkanales vorzüglich geeignet, auch ermöglicht die parallel laufende Eisenbahn von Bamberg nach Schweinfurt die Anlage von Umschlagsplätzen.

Von Halsfurt abwärts tritt auf der rechten Talseite das hohe Ufer mit mehreren Ortschaften so nahe an das Flußbett heran, daß bei diesem Städtchen das Mainbett gekreuzt werden muß. Der Kanal liegt daher von hier ab bis zur Ortschaft Fahr bei km 245,5 (von Kelheim entfernt) auf dem linkseitigen Ufer. Nächst oberhalb Sennfeld, bei km 224, soll durch einen 0,75 km langen Stichkanal eine Verbindung mit dem gestauten Main bei Schweinfurt hergestellt und somit die Stadt und deren Schiffahrtseinrichtungen an die Grofwasserstrafse angeschlossen werden.

Wollte man den Hauptkanal dem gestauten Main bei Schweinfurt zuführen und den Verkehr durch die neu erbaute Kammerschleuse leiten, so müßte kurz unterhalb des daselbst bestehenden Wehres ein zweites Wehr in den Main eingebaut werden. Außerdem würde das, was unmittelbar bei Schweinfurt an Weg gewonnen würde, auf dem Weg flußabwärts wieder verloren gehen, da die von Sennfeld über Heidenfeld nach Hirschfeld im Entwurf gewählte und ganz auf dem linkseitigen Ufergelände gelegene Trace um 2 km kürzer ist als der Flußlauf.

Bei Fahr muß in den Main abgefahren werden, um denselben abermals zu kreuzen und eine Abschneidung der großen Flußschleife bei Volkach zu ermöglichen. Auf Blatt IV ist der Lageplan dieser Flußstrecke dargestellt. Derselbe gibt auch im allgemeinen

ein Bild, in welcher Weise die Anlage einer Grofwasserstrafse im Maintal gedacht ist.

Durch die Anlage eines 315 m langen, einschiffigen Tunnels unterhalb Fahr erhält man eine Wegkürzung gegenüber dem Mainlauf von 7,5 km. Der Tunnel wird in die Grenzschichten zwischen Keuper und Muschelkalk zu liegen kommen und wird also Lettenkohlsandstein oder Plattenkalk und geschichteter Kalkstein mit ziemlich horizontaler Lagerung zu erwarten sein.

Gleich außerhalb des Tunnels geht die Wasserstrafse in den Main über, um alsbald bei km 250,5 wieder die linke Uferseite zu gewinnen. Sie verbleibt sodann auf dem linkseitigen Gelände bis vor Kitzingen, d. i. bis zu km 266,5, woselbst sowohl der Höhenlage des Geländes als auch der bestehenden und in nächster Zeit noch auszuführenden Schiffahrtsanlagen wegen das Mainbett abermals benutzt werden muß, und zwar auf eine Länge von 2,1 km.

Die Wehranlage soll etwa 600 m oberhalb der Eisenbahnbrücke der Linie Nürnberg-Würzburg erbaut werden. Da die Lagerplätze für Floßholz, sowie die Einpollerstellen unterhalb dieser Brücke gelegen sind, so bleibt der Grofschiffahrtsverkehr von dem Floßverkehr vollständig getrennt. Oberhalb des Wehres bietet sich die Möglichkeit zur Erweiterung der Anlagen für den Schiffahrtsverkehr und zugleich die günstige Gelegenheit, die Stadt in innige Beziehung zum Verkehr zu bringen.

Auf der vorbezeichneten Strecke ist durch die Kreuzung der Schwarzach eine nicht unerhebliche Schwierigkeit zu überwinden. Dieses Flüschen hat ein Niederschlagsgebiet von 185 qkm mit einer größten sekundlichen Hochwassermenge von etwa 200 cbm, welche vom Kanal fernzuhalten ist. Um die nötige Konstruktionshöhe zur Unterführung zu gewinnen, ist die Mündung der Schwarzach um 3,5 km mainabwärts zu verlegen.

Ein Seitenkanal auf dem rechten Ufer begegnet ähnlichen Schwierigkeiten nicht, auch könnte die Stadt Dettelbach zum besseren Anschluß an die Wasserstrafse gebracht werden, jedoch hätte der Kanal auf dieser Uferseite eine größere Längenentwicklung.

Auch von Kitzingen weg bis zu km 276 nächst oberhalb Marktbreit liegt der Seitenkanal auf dem linken Ufer. Von da aus bis zu km 288 oberhalb Sommerhausen-Winterhausen folgt die Wasserstrafse dem Flußbett, vorbei an den hart am Main gelegenen Orten Marktbreit, Segnitz, Frickenhausen, Ochsenfurt, Kleinochsenfurt und Gofsmannsdorf. Mit Rücksicht auf die in allmählicher Zunahme begriffenen Anlagen für die Kleinschiffahrt ist es wohl das beste, diesen Orten entlang den Main zu kanalisieren, weil damit die bereits bestehenden mit den für die Grofschiffahrt neu zu schaffenden Anlagen in eine passende Verbindung gebracht werden können.

Bei Ochsenfurt begegnet man der einzigen Brücke am Main, deren Umbau, wie schon angegeben, durch die Anlage einer Grofwasserstrafse notwendig werden würde. Auch bei Anlage eines Seitenkanales wäre dieser Umbau nicht zu vermeiden.

Bei Sommerhausen tritt die Wasserstrafse auf das rechte Ufer, verbleibt hier bis jenseits der Eisenbahnbrücke bei Heidingsfeld (km 300) und benutzt durch

Würzburg hindurch bis zum Kloster Himmelspforten das Mainbett. Die Planie der Bahn bei Heidingsfeld liegt derart, daß zur Unterführung des Seitenkanales genügend Höhe vorhanden ist. Die Brücke zu umgehen und nicht schon oberhalb derselben die Wasserstrafse in den Main zu verlegen, ist durch die geringe Fundationstiefe der Brücke geboten.

Das Mainwehr in Würzburg bei der alten Brücke müfste abgetragen werden. Ein neues, 2 km weiter abwärts gelegenes Wehr erhält den Mainstand bis in die Nähe der Heidingsfelder Brücke auf 2,0 m Würzburger Pegel, etwa 10 cm unter dem jetzigen kleinsten Oberwasser am Wehre bei der alten Mainbrücke. Der durch ganz Würzburg hindurch frei gewordene Main würde einen bequemen Güterumschlag ermöglichen lassen.

Vom Kloster Himmelspforten bis vor Karlstadt, d. i. von km 303,5 bis 327 liegt der Seitenkanal abermals auf dem rechten Ufer und zwar stets zwischen dem Fluß und der Eisenbahn von Würzburg nach Aschaffenburg. Bei Karlstadt nötigen die örtlichen Verhältnisse, namentlich auch die dortige Strafenbrücke, das Mainbett aufzusuchen und die Uferseite zur Anlage des Seitenkanales zu wechseln.

Zunächst ist das Gelände auf dem linken Ufer das geeignetere, sodann soll damit auch einer Kreuzung der Wern bei Wernfeld und einer solchen der Saale bei Gemünden aus dem Wege gegangen werden. Der Hafen und die Umschlagsanlagen bei Gemünden sind auf dem linken Ufer gedacht und zwar mittelst einer Brücke in Verbindung mit der Eisenbahn von Würzburg nach Aschaffenburg. Wäre eine Kanalisierung der Saale ins Auge zu fassen, so würde es sich empfehlen, ein Wehr unterhalb Gemünden einzubauen und die Mainstrecke bis nach Wernfeld hinauf zu kanalisieren.

Jedenfalls aber wäre der Seitenkanal auf dem linken Ufer nur bis zu km 349 zu führen, da von dort ab die steilen Talgehänge große Kosten verursachen würden. Auch ist es wünschenswert, die Stadt Lohr bei km 355 mit ihren auf dem rechten Ufer liegenden Verkehrsanstalten enger an die Wasserstrafse anzuschließen, als dies durch einen Seitenkanal auf dem linken Ufer zu erreichen wäre.

Abwärts von Lohr sind beide Ufer zur Anlage eines Seitenkanales geeignet. Es empfiehlt sich, die rechte Uferseite zu wählen, da hier die Eisenbahn Lohr-Wertheim gelegen ist.

Von Rothenfels an (bei km 368) ist der Main bis zu der im badischen Gebiet gelegenen Ortschaft Bettingen auf eine Länge von 19,3 km zu kanalisieren. Das vielfach enge Tal, die nahe Lage der Ortschaften Hafenslohr, Marktheidenfeld, Lengfurt, Trennfeld und Homburg verbietet die Anlage von Seitenkanälen; dagegen lassen die aufsergewöhnlich hohen Ufer einen bedeutenden Stau zu, so daß für diese längste, zusammenhängend kanalisierte Flußstrecke zwischen Bamberg und Aschaffenburg zwei Wehranlagen genügen und zwar bei Bettingen mit einem Aufstau von 3,0 m und bei Lengfurt mit einem solchen von 2,80 m. Infolge des hohen Aufstauens bei letzterem Wehre ist die Sohle an der Brücke bei Marktheidenfeld zur Herstellung der normalen Wassertiefe im Main nur wenig zu vertiefen.

Von Bettingen ab vorüber an Urphar und bis zum Orte Eichel nimmt der Main seinen Weg in einer eng gelegten, 7,3 km langen Schleife. Ebenso, wie unterhalb Fahr, soll auch hier der Bergrücken, welcher die Ortschaften Bettingen und Eichel trennt, durch einen 1,0 km langen, einschiffigen Tunnel durchfahren werden. Derselbe kommt in die oberen Lagen der Buntsandsteinformation zu liegen. Demgemäß sind nach Gumbel Lettenschiefer oder weißer Sandstein zu erwarten.

Gleich nach dem Austritt aus dem Tunnel müfste wiederum in das Mainbett abgefahren werden, da das auf dem rechten Mainufer steil ansteigende Gelände die Anlage eines Seitenkanales unmöglich macht, und da ferner auch den Interessen der beiden sich unmittelbar gegenüberliegenden Orte Kreuzwertheim und Wertheim bei der Mündung der Tauber am besten durch eine Kanalisierung des Mains entsprochen werden wird.

Von Wertheim bis nach Faulbach auf eine Länge von nahezu 8 km und sodann wieder von Stadtprozelten bis nach Bürgstadt oberhalb Miltenberg auf eine Länge von 18 km würde die Anlage eines Seitenkanales keiner besonderen Schwierigkeit begegnen.

Zwischen Faulbach und Stadtprozelten, d. i. zwischen km 400 und 403 ist mit Rücksicht auf diese Ortschaften eine Kanalisierung des Mains vorgesehen. Ebenso müfste kanalisiert werden zwischen Bürgstadt und Grofsheubach, d. i. zwischen km 421 und 426,5. Da die bedeutenden Orte Bürgstadt, Miltenberg und Kleinheubach samt der Eisenbahn, welche von Miltenberg nach Amorbach abzweigt, auf dem linken Ufer liegen.

Von Grofsheubach bis zum Anschluß an die bei Aschaffenburg geplante Haltung, deren Stau bis zum Nilkheimer Hof hinaufreicht, wechseln auf einer Strecke von 31,5 km wiederholt auf verhältnismäßig kurzen Entfernungen Seitenkanäle und kanalisierte Flußstrecken ab. So nötigt die Stadt Klingenberg samt ihrer Brücke, sodann die Stadt Obernburg zu einer Kanalisierung. Ebenso soll von Niedernberg aus der Main benutzt werden, da hoch ansteigendes Gelände die Anlage eines Seitenkanales wesentlich verteuern würde.

Die letzte im Entwurf des technischen Amtes vorgesehene Stauanlage soll beim Nilkheimer Hof, 458 km von Kelheim entfernt, zu liegen kommen. Von dort ab müfste die Flußsohle der Haltung, welche von dem Wehr bei Mainaschaff unterhalb Aschaffenburg bis zum Nilkheimer Hof hinaufreicht, auf eine Länge von 2 km vertieft werden, um die normale Tiefe bei gestautem Wasserspiegel zu erhalten. Das Ende der vom technischen Amte projektierten Wasserstrafse liegt sonach 282,5 km vom Anfangspunkt unterhalb Bamberg entfernt und nach der kilometrischen Einteilung des Flusses bei km 302,5. so daß die Länge der Grofswasserstrafse um 20 km kürzer wäre als der Lauf des Mains.

Die Länge der Seitenkanäle beträgt 204,4 km, die Länge der von der Grofschiffahrt benutzbaren Mainstrecken 78,1 km.

Das sind 72,4 bzw. 27,6 % der gesamten Länge der projektierten Main-Wasserstrafse.

Die projektierten Wehranlagen im Main. — Bei der vorbeschriebenen Linienführung sind zwischen Bamberg und Aschaffenburg 17 neue Wehranlagen herzustellen, also etwa nur ein Drittel derjenigen Anlagen, welche die reine Kanalisierung erfordert. Der neuen Wasserstrafse würde auch das Bischberger Wehr dienstbar gemacht werden, so dafs im ganzen mit Einschluss des seitwärts der projektierten Wasserstrafse gelegenen Wehres bei Schweinfurt von Bamberg bis nach Aschaffenburg 19 Stauanlagen bestehen würden, wodurch der Wasserspiegel des Mains auf eine Länge von 106 km, also auf etwa ein Drittel seiner gesamten Länge, gestaut werden würde.

Die 17 neuen Stauanlagen wären ohne besondere Erhöhung der Kosten so auszuführen, dafs der Aufstau bei einem aufsergewöhnlich hohen Mainstand, wie es derjenige vom 28. bis zum 30. Dezember 1882 gewesen ist, eine Höhe von 15 cm nicht überschreiten würde. Durchschnittlich beträgt der berechnete Stau für dieses Hochwasser an den einzelnen Wehren nur 10 cm (Tabelle 5 im Anhang).

Bei jedem Wehr ist eine 12 m weite Floßrinne mit Trommelwehrverschluss vorgesehen, so dafs die Flößerei, meist getrennt von dem Verkehr der Schiffe, auf dem Main verkehren kann. Auch enthält der Anschlag die Kosten für einen Fischpafs.

Von den 17 neuen Wehranlagen dienen 14 und ebenso das bei Bischberg bestehende Wehr zur Stauung des Wasserspiegels an denjenigen Stellen, an denen der Seitenkanal das Mainbett zu kreuzen oder zu berühren hätte, und zugleich zur Ableitung des Wassers in die Seitenkanäle. Neben diesen 15 Wehren sollen Kammerschleusen erbaut werden, welche den Durchgang eines 600 Tonnen-Schiffes zulassen. Zunächst sind die Schleusen für den Kleinverkehr bestimmt, sodann für den Verkehr größerer Schiffe bei den in der Regel im Frühjahr und Herbst herrschenden höheren Wasserständen. Die Darstellung der Wehranlagen auf Blatt IV läfst die Anordnung der einzelnen Bauteile erkennen.

Das Gefälle an den 15 Wehren beträgt bei gewöhnlichem Niederwasser, etwa 70 cm an den Pegeln, durchschnittlich je 2,2 m. Da nun auf der Mainstrecke zwischen der Abzweigstelle eines Seitenkanales und der Wehranlage bei freiem Flusse ein Gefälle von durchschnittlich 15 bis 20 cm besteht, so kann die Höhe des normalen Wasserspiegels in den Haltungen zu etwa 2,70 m an den Pegeln angenommen werden. Läfst man eine Höhe des Wasserspiegels in den Seitenkanälen von 50 cm über dem normalen Stand zu, dann könnten bei niedergelegten Wehren noch bis zu einem Mainstand von 3,20 m die Schiffe in den Seitenkanälen verkehren.

Darüber hinaus erhebt sich der Main nach den Beobachtungen am Pegel zu Schweinfurt (Tabelle 52) durchschnittlich im Jahr an 8 bis 9 Tagen. In dieser Zeit müßten die Seitenkanäle beim oberen Ende geschlossen werden und es könnten also die Schiffe bei den Pegelständen von 3,20 m ab bis zum höchsten schiffbaren Wasserstand mit 3,70 m, das ist an durchschnittlich 4—5 Tagen im Jahr, nur auf dem Main verkehren.

Wegen dieser kurzen Dauer der Hochwasser wurde davon abgesehen, Schutzschleusen bei den oberen

Enden der Seitenkanäle zu projektierten, es wurden nur Sicherheitstore mit zwei Durchfahrten von je 12 m Lichtweite vorgesehen.

Die Kammerschleusen für die Grofsschiffahrt und die Länge der Haltungen. — Von den 17 neuen Wehranlagen liegen drei zwischen je zwei kanalisierten Flußstrecken, dienen also nur zur Kanalisierung, und erhalten neben sich Kammerschleusen für die Grofschiffahrt mit einem mittleren Gefälle bei normalem Stau von 2,6 m. Diese Kammerschleusen erhalten Abmessungen, wie sie oben angegeben wurden, also 12,0 m lichte Weite in Toren und Kammer, sowie 117,2 m Entfernung zwischen den Drempelspitzen.

Zwanzig weitere Kammerschleusen für die Grofschiffahrt mit einem mittleren Gefälle von 5,7 m befinden sich in den Seitenkanälen. Im ganzen sind sonach 23 Staustufen erforderlich, nicht einmal halb so viel, wie bei einer Kanalisierung des ganzen Flusses.

Die durchschnittliche Länge der Haltungen berechnet sich hieraus zu 12,283 km gegenüber 5,56 bei 55 Wehranlagen. Aus diesen Angaben ergibt sich unzweifelhaft, dafs sowohl die Schiffahrt, als auch die Flößerei bei Anwendung des gemischten Systems gegenüber der reinen Kanalisierung Vorteile findet.¹⁾ (Vergl. die hierher gehörigen Tabellen 3 und 6.)

Auch bei der Ausarbeitung dieses Entwurfes verblieb dem technischen Amte selbstverständlich keine Zeit, die Lage und Höhe der Wehre, die Lage der Seitenkanäle, die Höhe der einzelnen Haltungen einwandfrei zu bestimmen. Dies ist eine Aufgabe, welche bei einer 300 km langen Flußstrecke das Drei- und Vierfache der Zeit in Anspruch nimmt, welche zur Ausarbeitung des generellen Entwurfes zur Verfügung gestanden hat. Im allgemeinen wird man, wo aus irgend einem Grunde die Grofschiffahrt im Main verbleiben muß, die Lage und Höhe des betreffenden Wehres derart zu bestimmen versuchen, dafs die Flußstrecke im Staubereich dieses Wehres durch die Grofschiffahrt ausgenützt wird, soweit dies mit Rücksicht auf die Lage der Ein- und Ausmündung der beiden Seitenkanäle möglich und mit Rücksicht auf die Kosten der Flußbeträumung vorteilhaft ist. Man wird ferner darnach trachten, dafs sich das Gefälle der einzelnen Schleusen nicht zu weit von dem mittleren Gefälle entfernt. Alle diese Fragen können nur mit Aufnahmen und vergleichenden Kostenberechnungen, welche sehr ins einzelne zu gehen hätten, entschieden werden.

Ebenso ist vorauszusehen, dafs die für den generellen Entwurf gewählte Konstruktion der Kammerschleusen auf Grund der Erfahrungen, wie sie bis zur Verwirklichung des Ausbaues einer Grofwasserstrafse oberhalb Aschaffenburg vorliegen werden, mancherlei Änderung finden wird. Um jedoch die Hauptsache, die Kosten, nicht zu unterschätzen, werden für die Schleusenammern statt geböschter Wände, wie sie öfters aus Sparsamkeitsrücksichten zur Anwendung kommen, senkrechte Wände vorausgesetzt.

¹⁾ Vergl. Forchheimer. Der bayerische Holzhandel und das Donau-Main-Kanalprojekt. Bericht über die 7. Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereins, 1897, S. 16.

Die Fahrrinne im kanalisierten Main von Kostheim aufwärts hat in den geraden Flusstrecken eine Breite von 36 m und ermöglicht somit ein gefahrloses Ausweichen zweier sich begegnender Schleppzüge. In Krümmungen ist die Fahrrinne dem Halbmesser entsprechend breiter und mit Hilfe der Formel $b' = b + \frac{1600}{R}$ ermittelt worden. In dieser Formel bedeutet b die Breite der Sohle in gerader Strecke und R den Krümmungshalbmesser. In gleicher Weise soll es für die neue Wasserstrafse, soweit sie im Main selbst verläuft, gehalten werden.

Was die Tiefe der Fahrrinne anlangt, so wird hierauf etwas näher eingegangen, da von diesem Mafs, bezw. von dem Unterschied zwischen der Wassertiefe und der grössten Tauchtiefe die Leistungsfähigkeit einer Wasserstrafse jedenfalls in hohem Mafse abhängt.

Für die in den Jahren 1892/93 ausgeführten Verbesserungen der kanalisierten Mainstrecke war eine kleinste Tiefe in der Fahrrinne unter dem normalen Wasserspiegel von 2,5 m geplant. Dabei war zur sicheren Bestimmung dieser kleinsten Tiefe nach allgemeiner Übung angenommen, dafs der gestaute normale Wasserspiegel von Wehr zu Wehr horizontal verläuft. Noch bei der Ausführung der Bauarbeiten entschlofs man sich, die Fahrrinne um 30 cm über dies Mafs hinaus, also bis auf 2,8 m, zu vertiefen. Man wollte damit die Arbeiten für ein späteres Räumen des mit Steinen stark durchsetzten Untergrundes mindern und das unausbleibliche Aufkanten der Steine durch die Mainkette unschädlich machen.¹⁾

Da nun mit der Weiterführung der Kanalisierung die einzelnen Haltungen immer seltener von einem Kettenschleppzug durchfahren und bei einer vollständigen Kanalisierung die Kettenschleppschiffahrt als unrentabel ganz eingestellt werden wird, so könnte daran gedacht werden, dafs eine kleinste Tiefe von 2,5 m genügen würde. Nachdem sich jedoch der Verkehr an die grösere Tiefe gewöhnt hat, ganz einerlei, wodurch dieselbe veranlafst wurde, so wird man bei der Weiterführung der Kanalisierung gut tun, die kleinste Tiefe der Fahrrinne im Main in der gleichen Weise zu bestimmen, wie dies von Frankfurt abwärts geschehen ist, um Einsprüche von seiten der Schiffahrtsinteressenten zu vermeiden.

Da der Betrieb der Schiffahrt in den Seitenkanälen gleichwertig mit demjenigen auf dem kanalisierten Main einzurichten ist, so darf nicht übersehen werden, wie es sich in Wirklichkeit mit der kleinsten Wassertiefe im kanalisierten Main verhält. Wie schon angegeben, wurde zur Bestimmung der kleinsten Fahrtiefe angenommen, dafs der gestaute normale Wasserspiegel von Wehr zu Wehr eine horizontale Fläche bildet. Dies ist, wie bekannt, in Wirklichkeit nicht der Fall, da ja zur Bewegung des Wassers ein Gefälle, hydraulischer Stau genannt, vorhanden sein mufs. Dieser hydraulische Stau wurde im Unterwasser an den einzelnen Wehren von Frankfurt nach Kostheim und zwar bei 1,01 m am Pegel zu Frankfurt, also bei gewöhnlichem Niederwasser im Mittel zu 15 cm erhoben und bei einem Pegelstand von 1,25 m im Mittel zu 24 cm.²⁾

Um diese Mafse war also im Unterwasser bei den Wehren die Fahrtiefe gröfser als 2,8 m.

Aufserdem ist zu beachten, dafs bei den meisten Wehren aufwärts bis auf eine von dem Gefälle der Sohle und dem Aufstau des Wassers abhängigen Entfernung gleichfalls eine gröfsere als die normale Tiefe vorhanden ist. Eine Ausnahme besteht nur dort, wo das Mafs der vor der Kanalisierung in der Fahrrinne bei Niederwasser vorhandenen Tiefe zusammen mit dem Mafs der Stauhöhe über diesem Niederwasser 2,8 m und weniger betragen hat.

In der Regel wird sonach in der Fahrrinne des kanalisierten Mains eine Wassertiefe von 2,9 bis 3,0 m vorhanden sein, 60 bis 70 cm mehr als die grösste zulässige Tauchtiefe. Läfst man die Wasserquerschnitte beiderseits der normalen Fahrrinne aufser Betracht, so ergibt sich der Wasserquerschnitt für die Fahrrinne im Main mindestens zu $36 \times 2,9 = 104$ qm.

Querschnitte der Seitenkanäle. — Die Gröfse des nassen Querschnittes eines Kanales wird einerseits in Hinsicht auf die Widerstände der in Bewegung befindlichen Schiffe, anderseits in Hinsicht auf die Kosten der Bauausführung in der Regel als ein Vier- bis Fünffaches des grössten eingetauchten Schiffsquerschnittes bestimmt.¹⁾ Beim Dortmund-Ems-Kanal mit einem normalen Wasserquerschnitt von 59,1 qm beträgt dieses Verhältnis für die grössten, 1,75 m tief getauchten Kanalschiffe 1 : 4 und für die jetzt zugelassenen, 2 m tauchenden Schiffe mit einem Schiffsquerschnitt von rund 15,5 qm nur noch 1 : 3,82.²⁾ Nimmt man bei den zum Verkehr auf dem kanalisierten Main zugelassenen grössten Schiffen, welche bis zu 10,2 m breit und bis zu 2,3 m Tiefe getaucht sein dürfen, mit Rücksicht darauf, dafs so grofse Schiffe seltener verkehren, das Verhältnis 1 : 4, so ergeben sich für den nassen Querschnitt des Kanales $= 4 \times 23,5 = 94$ qm, also gegenüber der Fahrrinne im Main nach obiger Berechnung um 10 qm weniger. Immerhin ist nach den bestehenden Annahmen die Gröfse des Querschnittes mit 94 qm als genügend anzusehen, da bei Schiffen mit einer Ladung von 6—700 Tonnen, deren Verkehr häufiger angenommen werden kann, das Verhältnis der beiden bezeichneten Querschnitte 1 : 6 beträgt, und da in der Regel in den kanalisierten Mainstrecken eine gröfsere Wassergeschwindigkeit herrschen wird, als in den Seitenkanälen, auch wenn letztere, wie dies später besprochen wird, als Werkkanäle benutzt werden sollten.

Nun ist es klar, dafs der gewählte Kanalquerschnitt von der Schiffahrt nur dann vollwertig ausgenützt werden kann, wenn auch ein gutes Verhältnis zwischen der Breite und Tiefe des Kanales besteht, und sicher ist eine Grenze vorhanden, bis zu der nicht allein die Breite des Kanales, sondern auch die Höhe des Wasserquerschnittes unter dem Schiffsboden, durch welchen das vom bewegten Schiff verdrängte Wasser zum Teil

¹⁾ Gröhe. Bau der Schiffahrtskanäle, welche einen Schnellbetrieb zulassen. VI. internationaler Binnenschiffahrts-Kongrefs. Haag 1894. S. 29.

²⁾ Hermann. Schiffsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanal. Zeitschrift für Binnenschiffahrt. Berlin 1900. S. 403.

¹⁾ Cuno, a. a. O. Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, S. 30.

²⁾ Cuno und Gutzmer, a. a. O. S. 3.

seinen Rücklauf nimmt, einen wesentlichen Einfluss auf den Widerstand des Schiffes ausübt. Soviel bekannt, sind jedoch die Versuche über den Schiffswiderstand seither nicht in einem solchen Umfange zur Ausführung gebracht worden, um diese Beziehungen klar ersehen zu können. Man ist sonach auch nicht in der Lage, für irgend einen Schiffstyp mit bestimmter größter Tauchtiefe und Fahrgeschwindigkeit das Kanalprofil nach Breite und Tiefe so zu bemessen, daß es wirtschaftlich ohne Zweifel entspricht.

In Ermangelung genauer wissenschaftlicher Unterlage hat man je nach der Tragfähigkeit der Schiffe und der Betriebsart ein Mindestmaß für die Wassertiefe unter dem Boden des vollbeladenen größten Schiffes in Vorschlag gebracht.¹⁾ Nach diesem Vorschlag wäre für Schraubetrieb bei 1000 Tonnen-Schiffen der bezeichnete Abstand zu 80 cm und bei 1500 Tonnen-Schiffen zu 105 cm, also die Wassertiefe in den Seitenkanälen zu 3,35 m anzunehmen.

Nach einer gütigen Mitteilung der Dampfkessel-fabrik Firma Ewald Berninghaus in Duisburg wurden auch von ihr Versuchsfahrten auf dem Dortmund-Ems-Kanal angestellt. Die betreffende Versuchsstrecke lag an der Einmündung des Kanales in den Emdener Hafen und war einem wechselnden Wasserstande unterworfen. Zu den Versuchsfahrten diente das neue, eiserne Kanalschiff »Emden« mit den bereits angegebenen größten Ausmaßen nach Länge und Breite (67,0/8,2 m), welches Schiff auch der Kgl. Baurat Haack zu seinen Versuchen benutzt hat.²⁾

Die Werte für den Schiffswiderstand, welche die Firma Berninghaus angab, sind gegenüber den Werten des Baurates Haack bei gleichen Verhältnissen um wenige Prozente größer. Dagegen zeigen sich bedeutende Unterschiede bei gleicher Fahrgeschwindigkeit, sowie bei gleicher oder doch annähernd gleicher Tauchtiefe in den Fällen, in denen die Wassertiefe unter dem Schiffsboden eine verschiedene ist. Bei einer Tauchtiefe von 2,25 m, einer Wassertiefe unter dem Schiffsboden von 25 cm und bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3,6 km in der Stunde fand Haack einen Widerstand von 760 kg, dagegen die Firma Berninghaus bei der gleichen Geschwindigkeit, jedoch einer Tauchtiefe von 2,18 m und einer Wassertiefe unter dem Schiffsboden von nur 12 cm, einen Widerstand von 1470 kg, also nahezu einen doppelt so großen.

Die Versuchsfahrten wurden angestellt von	Wassertiefe m	Tauchtiefe m	Wassertiefe unter Schiffsboden m	Fahrgeschwindigkeit des Schiffes km/Std.	Widerstand kg
Haack	2,50	2,25	0,25	3,6	760
Berninghaus..	2,30	2,18	0,12	3,6	1470
Haack	2,50	2,00	0,50	3,6	530
Berninghaus..	2,35	2,04	0,31	3,6	880
Haack	2,50	1,75	0,75	4,3	560
Berninghaus..	2,45	1,81	0,64	4,3	870
Haack	2,50	1,50	1,00	6,0	910
Berninghaus..	2,80	1,50	1,30	6,0	970

Nur in dem Falle, in dem bei beiden Versuchen die Tauchtiefe des Schiffes 1,50 m, die Fahrgeschwindigkeit 6 km in der Stunde, dagegen beim Haackschen Versuch die Wassertiefe 2,50 m und beim Versuch

der genannten Firma 2,80 m betragen hat, zeigt sich ebenfalls ein geringer Unterschied in den Werten für den Widerstand, annähernd 7%. Es scheint sonach, daß bei der eben angegebenen Tauchtiefe und Fahrgeschwindigkeit und bei einer Wassertiefe unter dem Schiffsboden von mindestens 1,0 m die Grenze, bis zu welcher die höhere und tiefere Lage des Schiffes über der Kanalsohle einen wesentlichen Einfluss auf den Schiffswiderstand ausübt, nicht sehr entfernt gelegen ist.

Von der Firma Berninghaus wurde ferner noch angegeben, daß an einer Stelle, an der das Versuchsschiff von einer Kanalstrecke in eine solche mit fast doppelter Breite, jedoch mit gleicher Wassertiefe übergang, das Dynamometer keine Änderung des Widerstandes anzeigte. Hält man die Ergebnisse der Versuchsfahrten auf dem Dortmund-Ems-Kanal zusammen, dann erscheint die Breite eines Kanales mit Rücksicht auf den Schiffswiderstand zu genügen, wenn dieselbe so bemessen ist, daß die sich begegnenden Fahrzeuge bequem ausweichen können.

Als kleinste Breite in der Ebene der größten Tauchtiefe eines 300 Tonnen-Schiffes wird die zweifache größte Breite des Schiffes + 5,0 m empfohlen und für je 100 Tonnen Tragfähigkeit mehr eine Vergrößerung dieser Breite um 0,5 m.¹⁾ Hiernach würde sich für Schiffe von 600—700 Tonnen Tragfähigkeit, die hauptsächlich auf dem kanalisierten Main verkehren, mit annähernd 1,8 m größter Tauchtiefe und 8,2 m größter Breite die Wasserspiegelbreite eines Kanales mit zweimalig geböschten Ufern zu 30,6 berechnen. Nimmt man die Wasserspiegelbreite zu 34 m an, dann berechnet sich die Breite des Kanales für die größten im kanalisierten Main zugelassenen Schiffe in der Ebene der größten Tauchtiefe zu 24,8 m, das sind um 4,4 m mehr als die doppelte Breite dieser Schiffe, gegenüber 3,6 m bei den 2 m tief getauchten Schiffen auf dem Dortmund-Ems-Kanal.

Da Schiffe mit der vollen, 1500 Tonnen betragenden Last seltener verkehren, so genügt wohl für die Seitenkanäle im Maintal eine Wasserspiegelbreite von 34 m. Danach berechnet sich bei einem Wasserquerschnitt von 94 qm eine Wassertiefe von 3,5 m. Bei der größten zulässigen Tauchtiefe würde der Boden des Schiffes noch 1,2 m über der Sohle des Kanales liegen, 50 cm mehr als im gestauten Main, was auch mit Rücksicht auf die geringere Widerstandsfähigkeit der Wandungen des Kanales gegenüber derjenigen im natürlichen Flußbett nicht zu bedeutend erscheint. Die Normal-Querschnitte der Seitenkanäle sind auf Blatt III dargestellt.

Bei einer Wassertiefe von 3,5 m in den Seitenkanälen kann sicher angenommen werden, daß alle auf der Wasserstrafse zugelassenen Schiffe auch bei voller Ladung mit einer Geschwindigkeit von 5 km in der Stunde fahren könnten, ohne daß eine übergroße Zunahme des Winterstandes oder ein Schaden für die Wandungen des Kanales zu befürchten wäre. Ebenso würden die Schwankungen in der Höhe des Wasserspiegels in den einzelnen Haltungen, wie sie je nach der Häufigkeit der Schleusungen veranlaßt werden, für die Schifffahrt unschädlich sein.

¹⁾ Gröhe, a. a. O. S. 22.

²⁾ Haack. Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb nach Versuchen auf dem Dortmund-Ems-Kanal. Berlin 1900. S. 46/47.

¹⁾ Gröhe, a. a. O. S. 29.

Eine Ausnahme hinsichtlich der oben genannten Abmessungen besteht nur in den Tunnels unterhalb Fahr und Bettingen. Dieselben erhalten die gleiche Querschnittsform wie diejenigen im Tal der Altmühl auf der Linie von Stepperg nach Nürnberg (S. 54), nur soll ihre Wassertiefe um 1 m größer sein, und also in der Mitte des Tunnels 5,0 m betragen. Der nasse Querschnitt mißt samt den Querschnitten unter den frei gelegenen Ziehwegen 74 qm, die ganze lichte Fläche 165 qm.

Die große Wassertiefe in den Seitenkanälen hätte noch einen anderen Vorteil. Die Abzweigung dieser Kanäle aus dem Flußbett läßt sich ohne wesentliche Kosten derart bestimmen, daß die Sohle des Kanales auch bei niedergelegten Wehren und bei Niederwasser im Main nicht trocken fallen kann. Durch eine von dem Wehr möglichst entfernte Lage der Abzweigung, sodann durch Anlage niedrig gelegener Schöpfbauten soll eine kleinste Wassertiefe in den Seitenkanälen von 1,5 m angestrebt werden, so daß in den Seitenkanälen stets wie im ungestauten Main ein Verkehr möglich wäre. Auch die Anlage von Handels- und Sicherheitshäfen längs der Seitenkanäle hätte bei der für den Kanal gewählten kleinsten Tiefe keinerlei Bedenken.

Über den Wasserbedarf in den Seitenkanälen für den Betrieb der Schifffahrt sind noch folgende Angaben zu machen. Bei dem angenommenen Schleusentyp — 117,2/12,0 — und bei einem jährlichen Güterverkehr von etwa 3 Mill. Tonnen würde eine sekundliche Wassermenge von 3,5 cbm bis zu einem Gefälle von 7,1 m ausreichen, sonach bis zu 1,4 m über das mittlere Gefälle der Kammerschleusen in den Seitenkanälen. Bei allen Gefällsstufen über dieses Maß hinaus müßten daher bei stärkerem Verkehr Sparbecken erbaut werden. Das größte Gefälle mit 8,8 m besitzt die Kammerschleuse bei Albertshofen. Bei Verwendung eines Sparbeckens daselbst kann die Verbrauchshöhe an Wasser um $\frac{1}{3}$ Teil verringert, also auf 5,9 m gebracht werden.

Für die Berechnung des Wasserverlustes durch Versickerung und Verdunstung in den Seitenkanälen ist deren größte Länge maßgebend. Der längste Kanal besteht nach Tabelle 4 zwischen Schweinfurt und Fahr mit 39,4 km. Für den 600 Tonnen-Kanal zwischen Donau und Main wurde das Maß des fraglichen Wasserverlustes zu 14 Sek.-Liter für jeden Kilometer angenommen. Setzt man schätzungsweise bei den größeren Kanälen im Maintal etwa den dreifachen Betrag voraus, dann berechnen sich annähernd 1,5 Sek.-cbm, welche für Versickerung und Verdunstung im äußersten Falle aus dem Main abzuleiten sind. Sonach beträgt die gesamte sekundliche Wassermenge für den Betrieb der Schifffahrt in den Seitenkanälen $(3,5 + 1,5) = 5$ cbm.

Da nach den Angaben der Kgl. Obersten Baubehörde¹⁾ auch die kleinste sekundliche Wassermenge des Mains — abgesehen von dem Zufluß der Saale und Tauber — von der Mündung der Regnitz bis nach Aschaffenburg hin durchschnittlich auf 40 km Flußlänge um 1,5 cbm zunimmt, so deckt dieser, auch

bei aufsergewöhnlicher Trockenheit vorhandene Zuwachs den Wasserverlust, der durch Versickerung und Verdunstung in den Seitenkanälen entsteht. (Vergl. darüber die Darstellung auf S. 61.)

Ferner ist in Anschlag zu bringen, daß, wenn ein neuer Donau—Main—Kanal bestehen wird, von ihm aus nach der Zusammenstellung über den Wasserbedarf und die Wasserlieferung auf Seite 50 auch in sehr trockenen Jahren eine sekundliche Wassermenge von 0,9 cbm der Wasserstrafse im Maintal zufließt, und daß sich diese überschüssige Wassermenge in mittelnassen Jahren bis zu 3,2 cbm steigert. In trockenen Zeiten würde dann aus dem Main nach den Seitenkanälen eine sekundliche Wassermenge von 4,1 und in mittelnassen Jahren eine solche von nur 1,8 cbm abzugeben sein.

Der geringfügige Schaden, der der Flößerei und der Kleinschifffahrt im Main durch diesen Wasserentzug erwächst, wird reichlich aufgewogen durch die Verbesserung der Niederwasserrinne, wie sie seit einigen Jahren auf Kosten des Staates betrieben wird. Und sollte der Verkehr in den Seitenkanälen so anwachsen, daß er eine größere Wassermenge als 5 Sek.-cbm erfordert, und sollte es nicht angehen, diesen Mehrbedarf dem Main zu entnehmen, dann läßt sich durch Regelung des Wasserabflusses in den Seitentälern des Mains das nötige Betriebswasser beschaffen.

Über die Kosten einer Grofs-Wasserstrafse im Maintal, sowie über den Umfang und die Kosten der einzelnen Bauarbeiten enthalten die zwölf Tabellen 41 mit 51 die nötigen Angaben. Die Hauptergebnisse dieser Tabellen sind folgende:

Die Kosten bei Anwendung des gemischten Systems — Seitenkanäle und kanalisierte Flußstrecken — auf eine Länge von 282,5 km betragen im ganzen 120 Mill. Mk. und sonach für jeden Kilometer . 424 779 »

Von dieser Wasserstrafse kosten die 78,1 km langen kanalisierten Flußstrecken im ganzen 26 Mill. Mk. und sonach jeder Kilometer . . . 332 906 »

Die 204,4 km langen Seitenkanäle im ganzen 94 Mill. Mk. und sonach jeder Kilometer . . . 459 882 »

Die Kosten der kanalisierten Flußstrecken beim gemischten Bausystem sind, für den Kilometer gerechnet, um 18857 Mk. teurer als bei der reinen Kanalisierung und zwar deshalb, weil die Seitenkanäle durchschnittlich 450 m oberhalb den Wehren abzweigen, während dagegen selbstverständlich bei reiner Kanalisierung die unter Stau liegenden Mainstrecken vollständig als Wasserstrafse benutzt werden.

Den höheren Kosten für eine Wasserstrafse mit gemischtem Bausystem stehen große Vorteile gegenüber, für die sich mit Sicherheit ein Wert bestimmen läßt, und die daher bei einer vergleichenden Kostenberechnung in Ansatz zu bringen sind, abgesehen von dem wesentlich leichteren Schifffahrtsbetrieb bei Anwendung der Seitenkanäle. Zunächst entstehen geringere Kosten für die Bedienung der Wehre, der Kammerschleusen und FlosdDurchlässe, für die Unterhaltung der ganzen Bauanlage gegenüber der reinen Kanalisierung. Einen weiteren Vorteil, den das gemischte System bietet, beruht in der Möglichkeit einer gleichmäßigeren Ausnützung der Wasserkräfte.

¹⁾ Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888. S. 303.

Die Ausnützung der Wasserkräfte des Mains geschieht zur Zeit nur bei Schweinfurt und Würzburg. Für Schweinfurt wird die vor dem jüngst erfolgten Umbau des Wehres durch Stau gewonnene Kraft zu 230, für Würzburg zu 3—400 Pferden angegeben.

Sehr nahe liegt die Frage, warum eine Ausnützung der Wasserkräfte an den Wehren des kanalisierten Mains seither nicht stattgefunden hat. Eine Verwertung war schon wiederholt Gegenstand eingehender Erwägungen. So sollte für die Errichtung einer Zentrale in Frankfurt behufs Abgabe von elektrischem Licht und elektrischer Kraft auch die Wasserkraft des dortigen Mainwehres herangezogen werden. Die damals und zwar unter Annahme einer Wasserkraft von 500 Pferden angestellten Untersuchungen ergaben, daß dieses Unternehmen kein vorteilhaftes wäre.

Die nachträgliche Herstellung eines in das Ufer einschneidenden Werkkanales, sowie der nachträgliche Einbau für die Turbinen wäre gegenüber der in Rechnung gesetzten Wasserkraft eine zu teure Sache geworden. Da sodann die Ausnützung der Wasserkraft zu Beleuchtungszwecken nicht ohne eine volle Dampfreserve geschehen kann, und da gerade in den Monaten Dezember, Januar und Februar, in denen der stärkste Lichtbedarf besteht, das Nadelwehr oft wochenlang niedergelegt ist, so hätten die Kosten für die Reserveanlage einen zu geringen Ausgleich in den Ersparnissen an Heizmaterial und Bedienung gefunden.

Regierungs- und Baurat Prüsmann gelangte zu günstigeren Ergebnissen. Nach seinen Untersuchungen läßt sich am Wehr bei Frankfurt durchschnittlich für das ganze Jahr eine Wasserkraft von 1470 Pferden gewinnen.¹⁾ Die größte verwertbare Wasserkraft ist zu 2000 Pferden angenommen gegenüber der größten vorhandenen Wasserkraft von 4663 Pferden. Diese 2000 PS. würden an 195 Tagen im Jahr zu verwerten sein, während an 103 Tagen die Kraft zwischen 702 und 1922 Pferden schwanken würde. An 67 Tagen wäre wegen zu hohen Wasserständen und Eis eine Ausnützung der Wasserkraft nicht möglich.

In seiner Mitteilung an den IX. internationalen Schifffahrts-Kongress in Düsseldorf im Jahre 1902 über die Ausnützung der Wasserkräfte an Wehren kanalisierten Flüsse sagt Prüsmann:

Betrachtet man die Möglichkeit der Ausnützung solcher Wasserkraftanlagen im einzelnen, so ergibt sich als einfachste Art die, daß ein in der Nähe der Kraftquelle bereits vorhandenes, etwa gleich großes Elektrizitätswerk, wie z. B. das nunmehr in Frankfurt a. M. bestehende, den Vorteil der Zuführung der billigen Wasserkraft von 0,6 Pfg. für eine PS./Stunde so lange genießt, wie die Kraft vorhanden ist, also gewissermaßen selbst die Dampfreserve der Gesamtanlage bildet. Der Erfolg würde sein, daß die Dampfzentrale an durchschnittlich jährlich 195 Tagen die Kohlen für 2000 PS. ganz und an 103 Tagen zum Teil ersparen könnte.

Bezüglich der Nutzbarmachung des Gefälles auf einem mittelst Nadelwehren kanalisierten Fluß hat sich im Jahre 1898 der Binnenschifffahrts-Kongress in Brüssel dahin ausgesprochen, daß die bei den Wehren gewonnenen elektrischen Kräfte in erster Linie als Antrieb für einzelne Fahrzeuge und für Schleppzüge, sodann zur Bedienung der Schleusen und Wehre, ferner auch im Hafenbetrieb beim Laden und Löschen Verwendung finden könnten. Dazu wird der bereits erwähnte Vorschlag von Prüsmann empfohlen, die Nadelwehre als gebrochene Wehre zu konstruieren und die Turbinen in die die Wehrhälften trennenden Pfeiler unterzubringen. Da eine elektrische Verteilung der Kraftenergie in den meisten Fällen ohnehin erforderlich ist, so wäre es gleichgültig, ob die Kraftgewinnung am Ufer oder mitten im Fluß stattfindet.¹⁾

Die Vorteile, welche die Anwendung des Wehres in gebrochener Linie mit einem mitten im Fluß stehenden hochwasserfreien Turbinenpfeiler bietet, gibt Prüsmann wie folgt an²⁾:

1. Schonung der wertvollen Ufer und der für die Vergrößerung der Schifffahrtsanlagen in Anspruch zu nehmenden Grundstücke.
2. Ausführungsmöglichkeit auch innerhalb von Städten und engen Felsstrecken.
3. Verwendung großer und teurer 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 Hochwasserprofils und keine Schwierigkeiten bei Eisgang.
6. Wirkung des Mittelpfeilers und der Turbinengerinne als Überfallwehre, wodurch der Wehrbetrieb erleichtert und eine zu hohe Staubbildung verhindert wird.

Eine derartige Kraftstation könnte bei allen neuen Wehren im Main hergestellt, bzw. vorgesehen werden. Wenn schon bei der ersten Anlage in dieser einfachen Weise Rücksicht auf eine Ausnützung der Wasserkraft genommen werden würde, dann würden sich die Kosten der Kraftgewinnung wesentlich niedriger stellen.

Ein hochwasserfreier Turbinenpfeiler für eine 1000pferdige Wasserkraftanlage im Main nach Prüsmann'scher Konstruktion, 90 m lang und 8 m breit, bestimmt zur Aufnahme von 10 Turbinen, würde ohne die Maschinen durchschnittlich 160000 Mk. mehr kosten als ein gewöhnlicher Wehrpfeiler. Ist seitlich des Wehres Raum zur Anlage eines Umlaufkanales für die Ausnützung der Wasserkraft vorhanden und kann derselbe in genügender Weise gegen Hochwasser und Eisgang geschützt werden, dann wird selbstverständlich eine vergleichende Kostenberechnung zu entscheiden haben, ob nicht in diesem besonderen Falle ein Umlaufkanal einem Turbinenpfeiler vorzuziehen ist.

¹⁾ Prüsmann. Der Entwurf für den Rhein-Weser-Elbe-Kanal. Zeitschrift für Binnenschifffahrt, III. Jahrgang, S. 100. Ausnutzung der Wasserkräfte an den Wehren einer größeren Flussskanalisierung. Zeitschrift für Binnenschifffahrt, V. Jahrgang, Berlin 1898, S. 35/40 und S. 55/60.

²⁾ Zeitschrift für Binnenschifffahrt, V. Jahrgang, 1898, S. 40.

¹⁾ Prüsmann. Ausnützung der Wasserkräfte an Wehren kanalisierten Flüsse. Mitteilungen an den IX. internationalen Schifffahrts-Kongress in Düsseldorf. Münster 1902. Auch zum Abdruck gebracht in der Zeitschrift für Binnenschifffahrt. Berlin 1902.

Eine weitere Möglichkeit zur Ausnützung der Wasserkräfte des Mains ist durch die Anlage der Seitenkanäle gegeben, die auch als Werkkanäle zu benutzen wären, wenn man eine entsprechende Wassergeschwindigkeit in denselben zulassen würde. Nach den seitherigen Erfahrungen unterliegt es keinem Bedenken, wenn in den größeren Schiffartskanälen eine mittlere Geschwindigkeit von 20 bis 27 cm besteht. Nimmt man bei normaler Höhe des Wasserspiegels und also bei gestellten Wehren in den Seitenkanälen eine sekundliche Wasserführung von 20 cbm an, dann müßte in dem freien Kanal eine mittlere Wassergeschwindigkeit von 22 cm, in den beiden Tunnels unterhalb Fahr und Bettingen eine solche von 27 cm vorhanden sein.

Während der Wintermonate Dezember, Januar und Februar, zu welcher Zeit die Schifffahrt häufiger unterbrochen ist, könnte dagegen durchschnittlich eine Wasserführung von 25 cbm in der Sekunde angenommen werden, was eine mittlere Geschwindigkeit von 27 cm in der freien Kanalstrecke voraussetzen würde.

Müßten die Wehre im Main, welche den Wasserspiegel in den Seitenkanälen für den Betrieb der Schifffahrt gestaut erhalten, wegen Hochwassers gelegt werden, dann ist es leicht, den Zufluß bei den Abschlußstoren der Seitenkanäle zu regulieren. Ebenso hat man es in der Hand, einen Seitenkanal bei seiner Abzweigung aus dem Fluß so zu legen, das Gefälle seiner Sohle so zu bemessen, daß auch in den Wintermonaten und also in der Zeit, in der keine Flößerei betrieben wird, bei niedergelegten Wehren und niedrigen Mainständen eine bestimmte kleinste Wassermenge des im Main frei abfließenden Wassers in diesen Seitenkanal gelangen kann. Die kleinste Wassermenge, die auf diese Weise eingeführt werden soll, ist zu 10 Sek.-cbm angenommen worden. Die Seitenkanäle, als Werkkanäle benutzt, bieten sonach den Vorteil, daß mit umgelegten Wehren und also mit dem Stau im Main die Wasserkraft nicht vollständig verschwindet.

Um nähere Angaben über die verwertbaren Wasserkräfte an den Wehren und in den Seitenkanälen machen zu können, sei die Wasserstandsbewegung und die Wasserführung des Mains bei Schweinfurt zu Grunde gelegt und zwar nach den Beobachtungen der zehn Jahre 1879/1888. Dieser Zeitraum wurde deshalb gewählt, weil in den 80er Jahren Wassermessungen bei dem Schweinfurter Pegel wiederholt vorgenommen wurden und somit die Beziehung zwischen den Pegelständen und der Wasserführung für die 10 jährige Periode annähernd die gleiche ist. Seither hat eine Vertiefung der Flußsohle stattgefunden, so daß die Pegelbeobachtungen der späteren Jahre mit diesen älteren Wassermessungen nicht mehr in Übereinstimmung stehen. (Vergl. die Darstellung auf Blatt VII.)

Es wurde vorausgesetzt, daß die Flöße auch nach der Herstellung der Großwasserstrafse nur im Main verkehren. Für diesen Verkehr ist soweit als möglich eine Wassertiefe von 70 cm vorzusehen. Da nun in den Jahren 1879/1888 der Nullpunkt des Pegels zu Schweinfurt annähernd auf der Höhe der Fußsohle lag, so würde nach den Wassermessungen in Nähe

dieses Pegels bei der für den Flußverkehr notwendigen kleinsten Tiefe eine sekundliche Wassermenge von 28,6 cbm vorhanden sein.

Der Sicherheit halber soll jedoch in die Seitenkanäle, welche zum Betrieb der Schifffahrt bei stärkstem Verkehr 5 Sek.-cbm abzuführen haben, weiteres Wasser erst dann eingeleitet werden, wenn die sekundliche im Main verbleibende Wassermenge größer als 35 cbm geworden ist, wobei dann die Wassertiefe im freien Main über 81 cm betragen würde. Der gesamten Wassermenge von $(35 + 5) = 40$ Sek.-cbm entspricht ein Wasserstand von nahezu 90 cm am Pegel zu Schweinfurt.

Aus der Tabelle 52 ergibt sich nun, daß während der neun Monate März mit November durchschnittlich an 50 Tagen der Main die Höhe von 90 cm am Pegel zu Schweinfurt nicht überschritten hat, und daß also während dieser Zeit den Seitenkanälen kein Wasser für die Kraftzentralen zugeleitet werden könnte. Dieser Mangel tritt gerade in den Monaten ein, in denen die Nadelwehre bei Niederwasser stets aufgerichtet sind.

Bei der Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte an den Wehren ist ein Unterschied zu machen zwischen denen, die nur dazu dienen, den Wasserstand in den anstossenden Seitenkanälen auf seiner normalen Höhe zu erhalten, und denen, die zwischen zwei kanalisierten Mainstrecken sich befinden. Für die letzteren Wehre mit Kammerschleusen für 1000 Tonnen-Schiffe kommt bei der Berechnung der vorhandenen Wasserkräfte nur diejenige Wassermenge in Abzug, welche zum Betrieb der Großschifffahrt und Flößerei, sowie für die Versickerung bei den Stauanlagen notwendig ist, also im ganzen, wie schon angegeben, 8 Sek.-cbm. Dagegen käme bei den übrigen Wehren neben der Wassermenge für Flößerei, Kleinschifffahrt und Versickerung noch die Wassermenge mit 5 Sek.-cbm in Abzug, welche in die Seitenkanäle abgeleitet wird. Nimmt man auch für diese Wehre mit Kammerschleusen für 600 Tonnen-Schiffe die Wassermenge, welche zum Betrieb der Wasserstrafse notwendig ist, zu 8 Sek.-cbm an, um in jeder Hinsicht sicher zu gehen, so würde in diesem Falle mindestens eine sekundliche Wassermenge von $(8 + 5) = 13$ cbm bei der Berechnung der Wasserkräfte außer Ansatz bleiben müssen.

Die kleinste sekundliche Wassermenge, welche bei Schweinfurt in den Jahren 1879/1888 beobachtet wurde, beträgt bei einem Pegelstand von 64 cm 26 cbm.

Bei den Wehren zwischen zwei kanalisierten Mainstrecken könnten sonach $(26 - 8) = 18$ Sek.-cbm ausgenützt werden. Solche Wehre bestehen nach dem Entwurf:

bei der Ortschaft	mit einem Gefälle bei normalem Stau von
Kleinochsenfurt	2,8 m
Lengfurt	2,8 »
Nilkheimer Hof	2,1 »
und sonach im Mittel	<u>2,6 m</u>

Die bei kleinster Wasserführung des Mains verwertbare Wasserkraft würde sich sonach an den drei Wehren durchschnittlich zu je 468 PS. berechnen.

An den übrigen 14 neu zu erbauenden Wehren und ebenso beim Bischberger Wehre könnten — und zwar stets gerechnet nach dem Ergebnis der Wassermessungen bei Schweinfurt — noch $(26 - 13) = 13$ Sek.-cbm für Kraftzweck gewonnen werden. Da die 14 neuen Wehre bei gewöhnlichem Niederwasser ein mittleres Gefälle von 2,15 m haben, so berechnet sich die bei der kleinsten Wassermenge des Mains an jedem dieser Wehre zu gewinnende Kraft mindestens zu 280 und beim Bischberger Wehre mit 3,0 m Gefälle zu mindestens 390 PS.

Die verwertbare Wasserkraft an den 18 Wehren im Main bei kleinster Wasserführung beträgt sonach:

$$(3 \times 468 + 14 \times 280 + 390) = 5714 \text{ PS.}$$

Die Kraftstationen liegen durchschnittlich 15 km voneinander entfernt.

Die für das ganze Jahr an den 18 Wehren im Main (das Wehr bei Schweinfurt stets ausgenommen) verwertbare Wasserkraft ist nach dem Vorgehen von Prüsmann berechnet. Derselbe sagt in seiner bereits genannten Abhandlung¹⁾:

Für die praktische Kraftverwertung ist die Bedingung zu stellen, daß die auszunützendende Wasserkraftmenge für eine möglichst lange Dauer im Jahre eine gleichmäßige Gröfse erhalte. Es ist deshalb die »verwertbare« mittlere Kraft viel kleiner als die nur kurze Zeit vorhandene gröfste Kraft anzusetzen. Nach Abzug der Eis- und Hochwassertage ergeben sich die jährlich durchschnittlich zur praktischen Verwertung bereit stehenden Wasserkräfte und Wasserbetriebstage. Nach solcher Berechnung wird die Grundlage gewonnen, worauf die wirtschaftliche Berechnung der Kraftverwertung sich stützen muß.

Im vorliegenden Falle sind für die Wehre zwischen zwei kanalisierten Mainstrecken je 1000 PS, bei den übrigen Wehren je 600 PS als gröfste verwertbare Kraft angenommen worden, während nach den Tabellen 55 und 56 in den einzelnen Tagen bis zu 2525 bzw. 1467 PS vorhanden sind. Nach diesen Tabellen beträgt die verwertbare Wasserkraft durchschnittlich für das ganze Jahr an den Wehren bei Kleinochsenfurt, Lengfurt und Nilkheimer Hof mit einem mittleren Gefälle bei normaler Höhe des Stauspiegels von 2,6 m: $3 \times 758 = 2274$ PS und an den übrigen 15 Wehren, wobei auch für das Bischberger Wehr ein Gefälle von 2,15 m bei Niederwasser angesetzt wurde: $15 \times 418 = 6270$ PS und sonach die bei den 18 Wehren für das ganze Jahr durchschnittlich verwertbare Wasserkraft 8544 PS.

Bezüglich der verwertbaren Wasserkräfte in den Seitenkanälen wäre zunächst zu bemerken, daß von dem Wasser, welches bei Hafsfurt in den Seitenkanal zur Kraftausnützung gelangt, durch den Stichkanal bei Schweinfurt jedenfalls so viel in den daselbst gestauten Main abgegeben wird, als notwendig ist, damit die in privatem Besitz befindlichen Wasserkräfte bei Schweinfurt unverändert erhalten bleiben. Auch der Restbetrag wird in der Berechnung der vor-

handenen Wasserkräfte bei den Staustufen im Seitenkanal zwischen Schweinfurt und Fahr nicht in Ansatz gebracht werden.

Sind die Wehre im Main niedergelegt, dann sollen, wie schon angegeben, 10 Sek.-cbm in die Seitenkanäle eingeleitet werden. Für diesen Fall berechnet sich das Gefälle, welches in den Seitenkanälen noch nutzbar gemacht werden könnte, in folgender Art:

Das gesamte Gefälle zwischen der Höhe des Oberwasserspiegels bei Bischberg und der Höhe der Haltung bei Aschaffenburg beträgt $(230,9 - 108,4) = 122,5$ m.

Hievon gehen ab die Gefälle bei den nachbezeichneten Staustufen (Tabelle 6 im Anhang):

Nr. 4 im Seitenkanal bei Röthlein unterhalb Sennfeld	8,2 m
Nr. 5 im Seitenkanal oberhalb Fahr	5,0 »
Nr. 9, Wehr bei Kleinochsenfurt	2,8 »
Nr. 16, Wehr bei Lengfurt	2,8 »
Nr. 23, Wehr beim Nilkheimer Hof	2,1 »

Weiterhin sind in Abzug zu bringen die Stauhöhen, welche beim Niederlegen der Wehre an den Einläufen in die Seitenkanäle verschwinden, und zwar in 15 Fällen mit Einrechnung des Bischberger Wehres. Nimmt man die einzelnen Höhen durchschnittlich zu 2,0 m und läßt man den bei niedergelegten Wehren doch nur mäfsigen Gewinn an Gefälle an den nächst oberhalb der Ausmündung der Seitenkanäle in den Main gelegenen Staustufen aufser Betracht, dann ergeben sich $15 \times 2 = 30,0$ »

Ferner kommt das Gefälle in Abzug, welches zur Bewegung des Wassers in den Seitenkanälen erforderlich ist, sonach im ganzen bei einem Gefälle von 5 cm auf 1 km:

$183 \times 0,05 =$	9,1 »
zusammen gehen sonach ab	60,0 m
verbleiben an nutzbarem Gefälle	62,5 »

Die verwertbare Wasserkraft in den Seitenkanälen bei niedergelegten Wehren und bei kleinstem Wasserstand beträgt sonach: 6250 PS.

Die mittlere Entfernung der Kraftstationen mißt auch hier 15 km.

Aus der vorstehenden Berechnung ergibt sich sonach, daß sich die Kraftstationen im Main, sowie in den Seitenkanälen gegenseitig ergänzen. Da eine elektrische Verteilung der Kräfte doch die Regel bildet, so kann der Nachteil, der in der völligen Versagung der Kraftenergie bei einer reinen Kanalisierung liegen würde, durch die Kraftstationen in den Seitenkanälen bedeutend herabgemindert werden.

Aus der Häufigkeit der einzelnen Wasserstände und der dieser Häufigkeit entsprechenden Wasserführung berechnet sich ferner, daß bei den einzelnen Staustufen in den Seitenkanälen in den 9 Monaten März mit November durchschnittlich eine sekundliche Wassermenge von 10,4 cbm und in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar/Februar und durch schnittlich eine solche von 13,5 und für das ganze Jahr durchschnittlich 11,2 cbm zur Verfügung stehen würden. (Tabelle 54 im Anhang.)

¹⁾ Prüsmann in seiner Mitteilung an den IX. internationalen Schifffahrts-Kongress 1902. S. 7.

Von dem gesamten Gefälle mit 122,5 m gehen auch hier wieder ab:

Das Gefälle der Staustufen Nr. 4, 5, 9, 16 und 23 wie voraus mit zusammen 20,9 m

sodann das Gefälle zur Bewegung des Wassers in den Seitenkanälen, welches bei größerer Wassertiefe mit rund 2 cm auf 1 km anzunehmen ist, also: $183 \times 0,02 = . . . 3,6$ »

ferner ist noch an den Gefällen bei den Staustufen, welche nächst oberhalb der Ausmündung der Seitenkanäle gelegen sind, wegen der Schwankungen des Main-Wasserstandes ein Abzug zu machen. Nimmt man denselben schätzungsweise durchschnittlich zu 0,5 m an, dann ergeben sich als Gefällsverluste bei 14 Wehren (in diesem Falle ohne das Bischberger Wehr) 7,0 »

zusammen gehen ab 31,5 m

verbleiben an nutzbarem Gefälle 91,0 »

und beträgt sonach die verwertbare Wasserkraft in den Seitenkanälen durchschnittlich für das ganze Jahr 10192 PS.

Rechnet man hierzu die bei den 18 Wehren zu gewinnende Wasserkraft mit 8544 PS,

dann ergibt sich die gesamte verwertbare Wasserkraft durchschnittlich für das ganze Jahr in den Seitenkanälen und an den Wehren im Main zu 18736 PS.

Tatsächlich ist jedoch die kleinste und ebenso auch die im Mittel für das ganze Jahr sekundlich verwertbare Wasserkraft größer, als sie nach den Messungen bei Schweinfurt berechnet wurde. Denn es entspricht einer kleinsten sekundlichen Wassermenge von 26 cbm bei Schweinfurt eine solche von 32,4 cbm nächst unterhalb der Mündung der Saale, von 37,8 cbm nächst unterhalb der Mündung der Tauber und von 42,2 cbm bei Aschaffenburg.¹⁾ (Vergl. darüber die Darstellung auf Seite 61.)

Die langwierige Zusammenstellung der zur Berechnung der Wasserkraft notwendigen Daten machte es unmöglich, dieselbe für die einzelnen Flußbezirke vorzunehmen. Jedoch kann ohne Überschätzung angenommen werden, daß sich bei den Staustufen der neuen Wasserstrafse im Maintal eine Wasserkraft von weit über 20000 PS gewinnen ließe.

Da nur ein kleinerer Teil dieser Kräfte für den Betrieb der Schifffahrt zu verwenden ist, so kann Stadt und Land eine große Wasserkraft zur Verfügung gestellt werden. Und da die Wasserstrafsen dazu dienen, Industrie und Gewerbe neu zu beleben und zu ent-

¹⁾ Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888. S. 303.

wickeln, so schaffen sie selbst reichlich Gelegenheit zur Verwendung der bei ihrem Bau gewonnenen Wasserkräfte.

Zudem ist sicher, daß die Gelegenheit, eine bestimmte Wasserkraft zu verwerten, wesentlich gestiegen ist, seitdem die gewonnene Kraft auf elektrischem Wege nach großen Entfernungen übertragen werden kann. Sie wird sich noch mehr steigern, je mehr die Abhängigkeit der Industrie von der jeweiligen Leistung der Kohlengruben fühlbar wird.

Die Elektrizität als Kraftquelle wird auch deshalb im Fabrik- und im Geschäftsbetrieb mehr und mehr Anwendung finden, da die Möglichkeit gegeben ist, mechanische Arbeitsleistung in jeglicher Abstufung herab bis zu den Teilen einer Pferdestärke geliefert zu erhalten und diese Kraftquelle in steter Bereitschaft zu haben.¹⁾

Von Bamberg nach Aschaffenburg liegen unmittelbar am Main 172 Ortschaften, Märkte und Städte mit 300000 Einwohnern, in denen jetzt schon vielfach Gelegenheit für die Verwendung billig gewonnener Wasserkräfte vorhanden ist.²⁾ Zunächst für Beleuchtungszwecke, sodann für Kraftabgabe an größere Fabriken und für das Kleingewerbe, für landwirtschaftliche Zwecke, für elektrotechnische Betriebe. In Sägemühlen und Holzstoff-Fabriken könnte das dem Main zugebrachte Rohholz verarbeitet werden. Namentlich könnten die zu Halbfabrikaten verarbeiteten Hölzer als Rückfracht für die mainabwärts fahrenden Schiffe in Betracht kommen.³⁾

Noch ein Gedanke, die neue Wasserstrafse zum Besten der Bewohner im Maintal zu verwerten, liegt nahe, wenn man sich daran erinnert, daß die Landwirte daselbst vielfach anstreben, ihre Wiesengründe künstlich zu bewässern. Auch für diesen Zweck sind die Seitenkanäle in einfacher Weise einzurichten. Es müßte nur die Zeit des Verbrauchs an Wasser für die Industrie und Landwirtschaft in entsprechender Weise geregelt werden.

¹⁾ Mattern. Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserkraft. Berlin 1902. S. 69.

²⁾ Heubach. Über die Ausnützung von Flußwasserkraften. Zeitschrift für Binnenschifffahrt, IV. Jahrgang. Berlin 1897. S. 88/89. In diesem Aufsatz behandelt Heubach die Vorteile einer Ausnützung der mittelst einer Kanalisierung des Mains zu gewinnenden Wasserkräfte. Ebenso Wörner, Projekt einer Wehranlage bei Aschaffenburg. 7. Bericht über die Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereins. 1897.

³⁾ Über die hervorragende Bedeutung der bayerischen Sägenindustrie vergleiche den bereits genannten, sehr eingehenden Vortrag: Forchheimer, Der bayerische Holzhandel und das Donau-Main-Kanalprojekt, in dem Bericht über die 7. Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereins, 1897, S. 12/25. Auf S. 16 weist Forchheimer auf Grund der Statistik der Güterbewegung nach, daß das Holz Bayerns größter Massenartikel ist.

VIII. Die Abkürzungslinien

für eine neue Donau-Main-Wasserstrafse.

Die Abkürzungslinien zwischen Schweinfurt und Aschaffenburg. — Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Wasserstrafse im Maintal von Aschaffenburg aufwärts wird stets darauf hingewiesen, daß der Betrieb auf dieser Wasserstrafse durch die weit-ausholenden Krümmungen des Flusses wirtschaftlich sehr erschwert wird. Die Luftlinie von der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg bis nach Aschaffenburg mißt 120 km, während die Entfernung der beiden Orte nach dem Lauf des Flusses gemessen 303 km beträgt, also $2\frac{1}{2}$ mal länger als diese Linie ist.

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt darüber Aufschluß, um welche Längen die Mainstrafse durch die einzelnen Linien gekürzt werden könnte.

Die stärkste Abkürzung der Mainstrafse wäre durch die Linie Würzburg-Homburg möglich. Jedoch müßten die Schiffe bei einer Fahrt main-aufwärts nach dem anliegenden Entwurf um 140,8 m gehoben werden, kämen damit auf eine Höhe, welche 49,1 m über der obersten Haltung der Mainstrafse bei Bischberg liegt, und müßten sodann bei Würzburg um 112,5 m wieder gesenkt werden. Über die Höhe weg könnte eine einzige Haltung von

Bezeichnung der Abkürzungslinien der Mainwasserstrafse	Nach der neuen Wasserstrafse im Maintal gemessen		Länge der abgekürzten Mainstrecke in km	Länge der Abkürzungs- linien in km	Länge der Abkürzung in km	Länge der Abkürzungslinien in Prozenten der abgekürzten Mainstrecke
	Beginn	Ende				
	der Abkürzungslinien in km von Bischberg entfernt					
Würzburg - Homburg	126,3	204,6	78,3	23,2	55,1	29,6
Heidenfeld - Himmelstadt (Schweinfurt - Karlstadt) } . .	57,2	144,0	86,8	33,0	53,8	38,0
Lohr - Aschaffenburg	177,4	285,5	108,1	42,6	65,5	39,4

Wiederholt ist daher vorgeschlagen worden, die großen Serpentina des Mains durch Kanäle abzuschneiden: So über die fränkische Platte hinweg, einerseits von Würzburg über Hettstadt nach dem Main bei Homburg, andererseits von Heidenfeld unterhalb Schweinfurt über Arnstein nach Himmelstadt oberhalb Karlstadt und als Fortsetzung der letzteren Linie von Lohr über den Spessart nach Aschaffenburg.

Diese Vorschläge wurden vom technischen Amt geprüft und zwar unter den gleichen Annahmen, wie sie für den neuen Donau-Main-Kanal gestellt wurden, also unter der Annahme, daß die größte Belastung der Schiffe 600 Tonnen beträgt. Die von Wöhrle angestellten Untersuchungen sind nach Lageplan und Längenschnitt auf Blatt I und V dargestellt.

21 km Länge ausgeführt werden, jedoch würde gegenüber der Fahrt im Maintal nur dann an Zeit gewonnen werden, wenn es gelingen würde, Höhen mit 100 m und darüber mittelst einer Längs- oder Querbahn zu durchfahren. Bis jetzt hat die Technik derartiges noch nicht geleistet, und solange nicht solche Werke ausgeführt und erprobt sind, kann die Abkürzung Würzburg-Lengfurt außer Betracht bleiben, abgesehen davon, daß bei dieser Abkürzung wichtige Mainorte, wie Lohr, Gemünden und Karlstadt umgangen werden würden.

Wohl unter keinen Umständen ist eine Erleichterung im Betrieb auf der Linie Lohr-Aschaffenburg zu erhoffen. Auf dieser Linie wären, trotzdem Gefälle bis zu 50 m vorgesehen sind, 11 Staustufen zu überwinden, sonach zwei mehr als auf der im

Maintal projektierten Wasserstrafse. Der Höhenunterschied zwischen den Haltungen bei Lohr und Aschaffenburg beträgt 40,6 m und die verlorene Steigung bei dem Weg über den Spessart 111,0 m.

Während bei der Wasserstrafse im Maintal ein einschiffiger Tunnel von nur 1,0 km Länge vorgesehen ist, sind bei der Linie über den Spessart drei Tunnels von mindestens 3,3 km Länge erforderlich. Sonach ist sicher anzunehmen, daß die Zeit, welche beim Durchfahren der kurzen, durchschnittlich nur 4,2 km langen Haltungen über den Spessart gegenüber einer Strafse im Maintal zu gewinnen wäre, durch die Aufenthalte bei den hohen Staustufen, durch die Aufenthalte bei den einschiffigen Tunnels zum großen Teil wieder verloren gehen würde. Selbstverständlich könnten auf einer Spessartlinie mit Ausnahme der beiden Anschlußstrecken am Main bei Lohr und Aschaffenburg nur mechanische Hebewerke in Betracht kommen.

Am besten hinsichtlich des Betriebes würde sich die Linie Heidenfeld-Himmelstadt stellen. Die verlorene Steigung beträgt nur 34,3 m, auch könnte die Mainschleife mit einer einzigen Haltung von 30 km Länge durchquert werden.

Bei allen drei Linien führen die hohen Schiffshebwerke, dazu tief eingeschnittene, quer zur Richtung der Wasserstrafse verlaufende Täler mit steilen Gehängen zu übermäßig hohen Kosten. Bei der Linie Lohr-Aschaffenburg steigern sich dieselben für den Kilometer bis auf nahezu 2 Mill. Mk. Selbst wenn diese Kosten um 20 und 30 % überschätzt wären, so wären sie gegenüber den Kosten einer Grofwasserstrafse im Maintal doch noch so hoch, daß sich damit, sowie mit den Angaben über die Höhenverhältnisse ohne weiteres der Beweis ergibt, daß eine Wasserstrafse über den Spessart keinen Vorteil bietet.

Bei einem Vergleich zwischen einer Wasserstrafse über den Spessart und einer solchen im Maintal liegt es nahe, daran zu denken, daß auch der Betrieb der Eisenbahn über den Spessart sehr erschwert ist. Von der Scheitelstrecke aus nach Aschaffenburg zu auf eine Länge von 5,1 km besteht ein Gefälle von 1:50 und nach Würzburg zu auf eine Länge von nahezu 18 km ein solches von 1:181. Auf eine Entfernung von nur 38 km zwischen Lohr und Aschaffenburg beträgt das verlorene Gefälle 107 m.

Die Bahnlinie Würzburg-Aschaffenburg, eine der verkehrsreichsten in Bayern, nähert sich der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit, und wie Dr. Heubach in seiner Schrift »über die zukünftige Verkehrsentwicklung auf dem regulierten Main mit besonderer Berücksichtigung der Stadt Würzburg«¹⁾ erwähnt, sei es nicht unwahrscheinlich, daß man sich bei weiterer Verkehrssteigerung, — die sicher eintritt, sobald die Mainkanalisierung bis Aschaffenburg ausgeführt sein wird —, vor die Notwendigkeit gestellt sehe, in irgend einer

Weise, entweder durch eine dritte Bahnverbindung zwischen Würzburg und dem Rhein oder durch einen viergleisigen Ausbau der Aschaffener Linie, für Entlastung zu sorgen.

Die Entscheidung darüber, ob die Bahnlinie von Würzburg nach Aschaffenburg wirtschaftlich durch eine Grofwasserstrafse im Maintal entlastet werden könnte, wird sich auf die wirklichen Transportkosten zu stützen haben, da eine vergleichende Berechnung mit Ansatz der Transportkosten nach dem Tarif zu günstige Verhältnisse für die Bahn über den Spessart ergeben würde.

Mit dem Aufgeben der Abkürzungslinie Lohr-Aschaffenburg verliert auch die Linie Heidenfeld-Himmelstadt als Teilstrecke der Abkürzungslinie zwischen Bamberg und Aschaffenburg an Wert. Beide Linien zusammen würden die Mainstrafse um 119,3 km kürzen, so daß dann Eisenbahn und Mainstrafse von Bamberg bis nach Lohr gleiche Weglängen mit 164 km hätten.

Käme jedoch eine Abkürzung zwischen Schweinfurt und Karlstadt für sich in Betracht, dann tritt der Nachteil, daß gerade durch diese Abkürzung eine Gegend, in welcher sich heute schon ein lebhafter Schiffsverkehrsverkehr abspielt, von der unmittelbaren Verbindung mit der Grofwasserstrafse abgeschnitten würde, schärfer hervor. Der Bau einer Grofwasserstrafse im Maintal nach den Städten Würzburg, Ochsenfurt, Marktbreit und Kitzingen könnte schließlich doch nicht erspart bleiben, ein Kostenaufwand, der zu der gewonnenen Abkürzung mit 53,8 km in keinem Verhältnis stehen würde.

Die Abkürzungslinie von Nürnberg-Fürth nach Marktbreit. — Sollte eine Kürzung der Wasserstrafse in der Länge, wie sie von Kelheim aus über Bamberg das Maintal hinab nach Aschaffenburg besteht, aus wirtschaftlichen Gründen gefordert werden, dann wird man danach trachten müssen, den Kanal von Fürth aus über Neustadt a. A. nach dem mittleren Maintal hinzuführen. Das ist die einzige Abkürzung, welche auch vom technischen Standpunkt aus zu empfehlen wäre, wenn der Weg über Bamberg aufgegeben werden müßte.

Diese Abkürzungslinie würde von einer in der Richtung des Ludwig-Kanales herkommenden Wasserstrafse beim Fürther Kanalhafen abzweigen und könnte, wenn 6 km von Fürth entfernt die Höhe von 330 m + N.N. erreicht ist, mit einer einzigen, etwa 55 km langen Haltung bis in die Nähe von Marktbreit, der nächsten und schon oft vorgeschlagenen Anschlußstelle am Main, geführt werden. Mit einem solchen Kanal liefse sich der Weg zwischen Donau und Rhein gleichfalls wesentlich abkürzen. Gegenüber der Länge der Eisenbahnen wird der Nutzen der Abkürzung durch die beiden folgenden Zahlen gekennzeichnet. Die Länge der Eisenbahn zwischen Aschaffenburg und Fürth beträgt nur 54 % der Länge der Wasserstrafse von Fürth über Bamberg und von da im Maintal bis nach Aschaffenburg, dagegen 72 % bei Führung der Wasserstrafse von Fürth nach Marktbreit.

¹⁾ Leipzig 1901.

Zum Vergleich mit der Zusammenstellung auf S. 75 über die Längen der durch die Querkänäle gewonnenen Abkürzungen dienen folgende Angaben:

Es beträgt die Länge des Donau-Main-Kanales vom Fürther Hafen bis Bamberg	59,5 km
die Länge der neuen Mainwasserstrafse von Bamberg nach Marktbreit	99,8 »
die gesamte Länge	159,3 km

die Länge der Abkürzungslinie von Fürth über Neustadt a. A. bis in das Maintal bei Marktbreit	73,0 »
und sonach die Abkürzung	86,3 km

Das sind 54,2% der abzukürzenden Wasserstrafse.

Die verlorene Steigung, welche zwischen den beiden Orten Marktbreit und Fürth auf dem vorbezeichneten Wege zu überwinden wäre, beträgt nur 35 m, ein Nachteil, der durch die Ausführung mechanischer Hebewerke mit hohen Gefällen im Auf- und Abstieg ausgeglichen werden könnte.

Wie auf der abzukürzenden Wasserstrafse müfste auch hier ein Tunnel zur Ausführung kommen und zwar durch Keupersandstein auf eine Länge von 600 m, nahezu doppelt so lang wie im Maintal unterhalb Fahr. Grofse Kosten verursachen sodann die Kreuzungen des Kanales mit sieben, darunter auch größeren Flusstälern, wie das der Regnitz, der Aurach und der Aisch. Die Kanalbrücken über diese Täler hinweg erhielten eine gesamte Länge von 900 m.

Die größte Schwierigkeit bietet die Wasserversorgung. Über die größeren Wasserläufe zieht der Kanal hoch hinweg, zudem findet sich in dem plateau-förmigen, vielfach durchlässigen Gelände wenig Gelegenheit zur Anlage größerer Sammelweiher. Die Hauptbezugsquelle wäre die Regnitz, aus der das Wasser etwa 40 m hoch aufgepumpt werden müfste. Für den Entzug dieses Wassers müfste dann wieder durch Anlage von Sammelweihern in den benachbarten Gebieten des Fränkischen Jura Ersatz geschaffen werden. Einen Leitgraben nach dem von Kelheim herkommenden Kanal zu führen, würde sich nicht lohnen, da auch hier das Wasser mittelst Sammelweiher gewonnen werden müfste und in der notwendigen Höhenlage nicht so viel gewonnen werden könnte, um neben einem Kanal nach Bamberg auch einen solchen von Fürth nach Marktbreit mit Kammer-schleusen zu betreiben.

Würde ein Kanal von Nürnberg nach Stepperg bestehen, dann wäre es vorteilhaft, aus dem Kanal von Stepperg her der obersten Haltung des Kanales Fürth-Marktbreit Wasser mit natürlichem Gefälle zuzuleiten. Die Donau ist ein ausgiebigeres Reservoir als irgend ein Gewässer im Maingebiet und in dem Falle, dafs die Scheitelhaltung der Steppberger Linie mit einer Haltung der Donau-Wasserstrafse nicht auf gleiche Höhe zu liegen käme, wäre das Wasser aus der Donau immer noch weniger hoch, als aus der Regnitz zu heben. Auferdem könnte dasselbe in seinem Lauf von der Donau bis nach Roth mit 80 m Gefälle nutzbar gemacht werden. Mit einer Verbindung zur Steppberger Linie wäre es möglich, die Abkürzungs-

linie Fürth-Marktbreit als Schleusenkanal, auch für den stärksten Verkehr, auszubauen.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dafs sich auch eine andere, für die Schifffahrt sehr wertvolle Verbindung zwischen der Wasserstrafse nach Marktbreit und einer von der Donau herkommenden Wasserstrafse ausführen liefse. Die Scheitelhaltung der Marktbreiter Linie könnte, ebenso wie ein Leitgraben, am westlichen Hochufer des Tales der Rednitz weitergeführt und bei Reichelsdorf an den Kanal nach Stepperg, bei Worzeldorf an den Kanal nach Kelheim zum Anschluß gebracht werden. Eine solche Verbindungstrecke zwischen den Wasserstrafsen wäre ähnlich, wie dies bei den Eisenbahnen auch geschieht, für die Zeit ins Auge zu fassen, in der eine Entlastung der Nürnberg-Fürther Kanalstrecke wünschenswert erscheint. Für den Durchgangsverkehr würde auf diesem Wege das Durchfahren einer Höhe von 70 m erspart bleiben, eine Höhe, zu deren Überwindung auf dem Wege durch das Tal 6—7 Staustufen erforderlich wären. Bei einem Anschluß an die Steppberger Linie würde von Roth bis in die Nähe des Maintales auf eine Länge von 90 km eine einzige Haltung bestehen, bei einem Anschluß an die Kelheimer Linie auf 80 km Länge. Das sind Haltungen, die einen flotten Schifffahrtsbetrieb zuliefen.

Bei der Berechnung der Kosten für die Abkürzungslinie von Fürth nach Marktbreit wurde vorausgesetzt, dafs mechanische Hebelwerke zur Ausführung kommen, dafs eine sekundliche Wassermenge von 1,5 cbm aus der Regnitz aufgepumpt und dafs ferner zum Ersatz für diese Wassermenge Sammelweiher im Fränkischen Jura angelegt werden. Unter diesen Voraussetzungen berechnen sich die Kosten für den Kilometer zu etwa 1,1 Mill. Mk.

Im allgemeinen kann nach dem Ergebnis über die schätzungsweise Berechnung der Kosten für die Abkürzungslinien, wenn man die Linie über den Spessart aufser Betracht läfst, gesagt werden, dafs sich die Kosten einer Abkürzungslinie gegenüber den Kosten der abzukürzenden, im Flufstal verlaufenden Wasserstrafse umgekehrt verhalten wie die Weglängen.

Wollte man den Längenunterschied zwischen Eisenbahn und Wasserstrafse noch mehr kürzen, als dies durch einen Schifffahrtskanal von Fürth nach Marktbreit möglich wäre, dann müfste der Kanal nach Wertheim geführt werden, welcher Ort als Endpunkt eines Donau-Main-Kanales gleichfalls wiederholt vorgeschlagen wurde. Sofern ein wirtschaftlicher Nutzen ohne eine ausgiebige Abkürzung des Wasserweges nicht zu erwarten ist, wäre ein Anschluß nach Wertheim das Richtige, wenn bei dieser Luftlinie der Anschluß zu den Städten am Main ebenso leicht zu bewerkstelligen wäre wie etwa vom Mittelland-Kanal aus nach den Städten Osnabrück, Hildesheim, Braunschweig und anderen, wenn man es also zum Maintal hinab nicht mit Höhen bis zu 160 m zu tun hätte. Nun sind schon die Kosten für einen Kanal, der über zahlreiche, meist tiefe Flusstäler geführt werden mufs, sehr bedeutend. Rechnet man dazu die hohen Kosten für die Anschlußstrecken zum Main, dann die Zeit, welche zum Befahren dieser Anschlußstrecken erforderlich ist, dann wird sich der wirtschaftliche

Wert einer Abkürzungslinie von Fürth nach Wertheim nicht hoch bemessen.

Mit Rücksicht auf die tief eingeschnittenen, dicht bevölkerten und verkehrsreichen Flusstäler ist Bayern nicht das Land, in dem sich die Richtungen der Wasserstraßen allzusehr mit dem Lineal bestimmen lassen. Der meiste Gewinn bei einer Abkürzung ist sicher nur durch einen Anschluß an die Mainstrafse bei Marktbreit zu erhoffen.

Wie schon erwähnt, sind den Untersuchungen über die vorgedachten Abkürzungslinien die Normalien für den neuen Donau-Main-Kanal zu Grunde gelegt worden. Beim Beginn der Projektierungsarbeiten für diesen Kanal konnte, wie dies in den allgemeinen Erläuterungen hervorgehoben worden ist, an einen Verkehr mit Schiffen über 600 Tonnen Tragfähigkeit nicht gedacht werden. Seitdem jedoch die Wasserfrage geprüft ist, seitdem sich gezeigt hat, mit welcher Zuverlässigkeit das großartige, bei Henrichenburg bestehende, mechanische Hebewerk funktioniert, seitdem wir sehen, daß sich mit den Bedürfnissen der Schifffahrt die Kanalbautechnik in hohem Maße entwickelt, seitdem mag es nicht allzu kühn und unüberlegt genannt werden, wenn man sich der Hoffnung hingibt, daß auch durch Bayern den Schiffen über 600 Tonnen Tragfähigkeit ein Weg vom Main zur Donau gebahnt werden kann.

Wir dürfen nicht vergessen, daß es im besten Falle erst nach einer Reihe von Jahren dazu kommen wird, den Durchschlag zwischen den beiden Flüssen zur Ausführung zu bringen, eine Zeit, ausreichend genug, um noch mit einem weiteren Fortschritt der Kanalbautechnik rechnen zu können. Jedenfalls sollten wir stets an die Möglichkeit denken, die großen Rheinschiffe, welche die unterste Mainschleuse bei Kostheim durchfahren können, wenigstens nach Nürnberg in die Mitte von Bayern zu bringen. Die Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen, ist am ehesten dann gegeben, wenn man den Weg im Maintal bis Bamberg hinauf verfolgt. Die Kosten der über wasserarme Höhen führenden Abkürzungskanäle steigern sich, wenn man bei der Bestimmung ihrer Ausmaße einen größeren Schiffstyp zu Grunde legt, in weit höherem Maße als für die Wasserstrafse, welche dem Flusstal folgt.

Nach dem seitherigen Ergebnis der technischen Untersuchungen empfiehlt es sich, daran festzuhalten, beim Ausbau einer Wasserstrafse von Aschaffenburg aufwärts das Maintal nicht zu verlassen und die wirtschaftlichen Nachteile, welche durch die große Längsentwicklung dieses Tales gegeben sind, auszugleichen durch einen bequemen Betrieb auf tiefen langgezogenen Kanälen, durch einen billigen Betrieb mittelst der zu gewinnenden Wasserkräfte.

IX. Vergleich der bayerischen Wasserstraßen-Projekte mit den österreichischen und preussischen Projekten.

Wie schon in den allgemeinen Erläuterungen erwähnt wurde, bietet die orographische Beschaffenheit der österreichischen Länder der Anlage von Schiffahrtskanälen zum Teil ähnliche Schwierigkeiten, wie sie in Bayern bestehen. Es hat daher besonderen Wert, die zur Zeit in Österreich geplanten Wasserstraßen mit den bayerischen Projekten zu vergleichen. (Vergl. den Lageplan der Wasserstraßen auf Blatt II.)

Hillinger schreibt in der Einleitung zu seiner bereits auf Seite 12 erwähnten Schrift¹⁾:

Angeeffert durch die Erfolge, welche mit der Ausgestaltung der Wasserstraßen in anderen Staaten erzielt worden sind, machten sich auch in Österreich lebhaft Bestrebungen geltend, welche die Herstellung neuer und die Verbesserung bestehender Wasserstraßen zum Ziele hatten. Da auch die Vertretungskörper für die Förderung dieser Bestrebungen sich mehrfach ausgesprochen hatten, entschloß sich die Regierung im Laufe des Jahres 1893, dieser Frage näher zu treten und durch ein im Handelsministerium zu errichtendes Fachbureau Studien anstellen zu lassen. Als Aufgaben des neuen Bureaus wurden bezeichnet: »das Studium des vorhandenen Aktenmaterials und der einschlägigen Literatur, die Prüfung vorgeschlagener, eventuell die selbständige Ausmittelung neuer Tracen, die Feststellung der Normaltypen und der technischen Organisation des Schiffahrtsbetriebes, das Studium der künstlichen Wasserstraßen des Auslandes, die Ermittlung der Bau- und Betriebskosten geplanter Wasserstraßen und die Mitwirkung an der Rentabilitätsberechnung.

Über das von dem Vorstand des Hydrotechnischen Bureaus entwickelte Arbeitsprogramm hinsichtlich der künstlichen Wasserstraßen in Österreich mag folgendes hier Erwähnung finden:

Es kann als bekannte Tatsache angesehen werden, daß mit verhältnismäßig wenigen Ausnahmen die Bodengestaltung Österreichs der Anlage

künstlicher Wasserstraßen, möge diese durch Kanalisierung natürlicher Wasserläufe oder durch Herstellung von Schiffahrtskanälen beabsichtigt werden, im allgemeinen nicht sehr günstig ist. Besondere Schwierigkeiten weist der am rechten Ufer der Donau gelegene Teil Österreichs auf (Verbindung der Donau mit dem Adriatischen Meere), welcher deshalb für ausgedehnte Kanal- oder Kanalisierungsbauten nicht weiter in Betracht kommt. Der links des Donaustromes gelegene Teil Österreichs bietet zwar auch manche Schwierigkeiten durch die Bodengestaltung, doch weitaus weniger als der rechtsseitige Teil, insbesondere weil hier die Möglichkeit besteht, durch den Bau von verhältnismäßig kurzen künstlichen Wasserstraßen schiffbare Verbindungen auf große Längen d. i. zwischen Meeren herzustellen, welche durch ganz Mitteleuropa voneinander getrennt sind. Österreich hat zwei natürliche Wasserläufe, welche derzeit bereits den Bedürfnissen des großen Handelsverkehrs entsprechend eingerichtet sind, bzw. für welche die Einrichtungen ausgeführt werden: die in der Richtung West-Südost ins Schwarze Meer strömende Donau und die gegen Nordwest zu in die Nordsee fließende Elbe im Zusammenhange mit der Moldau. Die Herstellung einer schiffbaren Verbindung zwischen diesen natürlichen großen Wasserläufen, welche heute schon Träger eines sehr bedeutenden Handelsverkehrs sind, scheint daher am nächsten zu liegen. Weitere in Österreich entspringende, jedoch erst außerhalb der Reichsgrenzen in ihrem Mittel bzw. Unterlaufe für die große Schifffahrt verwendbare Wasserläufe sind die in fast nördlicher Richtung in die Ostsee mündenden Ströme Oder und Weichsel, und der in südöstlicher Richtung dem Schwarzen Meere zufließende Dniester. Alle drei wären geeignet, in entsprechender Weise, direkt oder durch Herstellung von Seitenkanälen, für die Schifffahrt nutzbar gemacht zu werden. Bei der Oder sind die Regulierungsarbeiten von der Mündung (Stettin) bis Breslau, und die Kanalisierung von Breslau über Oppeln hinaus bis Kosel fertig, so daß von da ab nur ein verhältnismäßig kleines Stück bis zur österr.-preuss. Grenze,

¹⁾ Die österreichischen Wasserstraßen. IX. internationaler Schifffahrts-Kongress in Düsseldorf 1902. Münster 1902. S. 1/4.

d. i. bis Oderberg, fehlt und wahrscheinlich durch einen Seitenkanal zu ergänzen sein würde. Bei der Weichsel sind die Regulierungsarbeiten weniger weit fortgeschritten, und es geht der Verkehr mit grossen Schiffen bis jetzt nur von der Mündung (Danzig) bis Bromberg, während der restliche Teil von Bromberg über Warschau bis Krakau (ca. 550 km) nur teilweise der gröfseren Schifffahrt zugänglich gemacht worden ist. Die Herstellung einer künstlichen Wasserstrafse zwischen der Donau und der Oder (eventuell der Donau und der Weichsel) gäbe demnach die vielbesprochene direkte Binnenschifffahrt zwischen dem Schwarzen Meere und der Ostsee. Wenn der Donau-Oder-Kanal einmal ausgeführt und die Regulierung und Schifffahrt der Weichsel von der Mündung bis Krakau sichergestellt wäre, könnte durch Herstellung eines Kanales in östlicher Richtung, gegen den Dnieper und Dniester zu, der Anschluß an das russische Wasserstraßennetz bewerkstelligt und für den Massenverkehr ein ungeheures Gebiet aufgeschlossen werden. So nützlich für den großen Durchgangsverkehr auch die Wasserstraßenverbindungen von der Oder zur Weichsel und von da zum Dnieper und Dniester erscheinen, so können in Österreich an künstlichen Wasserstraßen vorerst doch nur die Verbindungen der Donau mit der Oder, mit der Elbe bzw. mit der Moldau, sowie die Fortführung des Donau-Oder-Kanales zur Weichsel und zum Dniester in Betracht kommen. Für die Verbindung der Donau mit der Oder ist nach allen bisher gemachten Studien das linke Donauufer bei Wien als Ausgang genommen und bezüglich der Hauptrichtungen an den Talgebieten der March, Bečwa und Oder festgehalten worden. Dieser Schifffahrtskanal würde daher Niederösterreich, Mähren und Schlesien berühren und auf eine gewisse Länge (von Wien bis in die Nähe von Lundenburg bzw. Prerau) mit einer der Alternativen des Donau-Elbe-Kanales zusammenfallen. Für die Verbindung der Donau mit der Moldau bestehen zwei konkurrierende Haupttracen. Beide nehmen das linke Donauufer als Ausgang. Die eine verläßt die Donau oberhalb Wien nächst Korneuburg, durchzieht einen Teil von Niederösterreich, sowie das südliche und südwestliche Böhmen bis Budweis, um mit Benutzung der Moldau zur Elbe zu gelangen. (Donau-Moldau-Elbe-Kanal.) Die andere Trace verläßt die Donau nächst Linz und zieht durch Oberösterreich und das südwestliche Böhmen ebenfalls zur Moldau nach Budweis.

Nach diesen Ausführungen hatten die einzuleitenden Studienarbeiten sich auf folgende Wasserstraßen zu erstrecken:

1. auf eine Verbindung der Donau mit der Oder (Donau-Oder-Kanal);
2. auf eine Verbindung der Donau mit der Moldau und durch diese mit der Elbe (Donau-Moldau-Elbe-Kanal);
3. auf eine Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Elbe nächst Pardubitz (Donau-Elbe-Kanal);

4. auf eine Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Weichsel und auf die Fortsetzung dieser Verbindung in östlicher Richtung von der Weichsel zum Dniester und bis Brody nächst der russischen Grenze.

Dieses vom Hydrotechnischen Bureau im Jahre 1893 aufgestellte Arbeitsprogramm ist bis auf eine geringe Einschränkung (Wegfall der Verbindung über Lemberg nach Brody) in dem Gesetze vom 11. Juni 1901 über den Bau der Wasserstraßen in Österreich zum Ausdruck gekommen.

Die Höhenunterschiede, welche durch die österreichischen Wasserstraßen überwunden werden sollen, die hierzu notwendige Anzahl der Staustufen, die Längen und Kosten der österreichischen Wasserstraßen sind in Tabelle Seite 81 zusammengestellt.

Die in dieser Tabelle angegebenen Längen und Höhen beziehen sich auf diejenigen Entwürfe, welche nur Kammerschleusen zur Überwindung der Staustufen vorsehen. Die Tracen für Schleusen- und Hebewerk-Kanäle sind vielfach verschieden, da für die Anlage der Hebewerke steile, möglichst hoch abfallende Gehänge aufgesucht werden müssen, wobei überdies felsigem Untergrund der Vorzug zu geben ist.

Zum Vergleich der Kosten für eine neue Donau-Main-Strafse, mit den für die österreichischen Wasserstraßen berechneten Kosten sei bemerkt, daß bei der letzteren Wasserstrafse die normale Tiefe in freier Strecke zu 2,0 m und die lichte Höhe unter festen Brücken zu 4,2 m bemessen wurde. Nur in der Scheitelhaltung ist mit Rücksicht auf die Wasserversorgung die Tiefe im Kanal zu 2,5 m angenommen. Die normale Wassertiefe außerhalb der Scheitelhaltung ist sonach um 50 cm kleiner, die lichte Höhe dagegen um 20 cm gröfser, als dies beim Dortmund-Ems-Kanal, sowie bei dem Projekte für den Mittelland-Kanal und bei den Projekten für einen Donau-Main-Kanal der Fall ist; dagegen ist auch in Österreich das 600-Tonnen-Schiff als Normaltyp angenommen worden. Die Sohle der Schifffahrtskanäle ist in beiden Fällen, sowohl bei einer normalen Tiefe von 2,0 m wie bei einer solchen von 2,5 m, 18 m breit, der Wasserquerschnitt im ersteren Fall 44, im letzteren Fall, wie schon angegeben, 57,5 qm.

Nach der Feststellung der Normalabmessungen für die österreichischen Kanäle sprachen sich die Schifffahrts-Interessenten wiederholt für eine gröfseren Wassertiefe aus. Diesen Wünschen kann bei dem jetzigen Normalprofil zum Teil dadurch Rechnung getragen werden, daß der Wasserspiegel um 20 cm höher gestaut wird, so daß die lichte Höhe unter den festen Brücken gleich jener beim Dortmund-Ems-Kanal werden würde.

Nach der Tabelle Seite 81 sind in Österreich nach dem Gesetz vom 11. Juni 1901 an Wasserstraßen zur Bauausführung in Aussicht genommen 1590,4 km mit einem Kostenaufwand von 716,2 Mill. Mk., das sind für jeden Kilometer . . . 450 300 Mk., während die durchschnittlichen kilometrischen Kosten für die 460 km lange Donau-Main-Wasserstrafse von Kelheim über Bamberg nach Aschaffenburg betragen . . . 543 478 Mk.

Laufende Nummer	Benennung der Wasserstraßen, deren Bauausführung durch das Gesetz vom 11. Juni 1901 in Aussicht genommen worden ist	Unterschied der Höhen im Auf- und Abstieg bei einem Schleusen- Projekt in m	Unterschied der Höhen im Auf- und Abstieg bei Anwendung von geneigten Ebenen in m	Anzahl der Kammer- schleusen bei einem Schleusen- Projekt	Projekt mit geneigten Ebenen			Länge der Wasserstraße für das Schleusen- Projekt in km	Gesamte Kosten bei Anwendung von		Kosten für jeden Kilometer der Wasserstraße bei Anwendung von Kammer- schleusen	Angaben des Projekt-Verfassers	
					Anzahl der Staustufen	Anzahl der geneigten Ebenen	gesamte Höhe der geneigten Ebenen in m		Kammer- schleusen	geneigten Ebenen			
1.	Donau-Oder-Kanal samt den Abzweigungen nach Reichswalden in das Karwiner Kohlenbecken und in die alte Donau. Wien-Oderberg 275,816 km Abzweigung in die alte Donau 5,900 » Abzweigung nach Reichswalden 6,300 » zusammen 288,016 km	212,6	207,4	46	9	7	194,9	288,0	140,2 119,2	140,0 119,0	486 100 413 200	Hydrotechnisches Bureau in Wien	
2.	Donau-Moldau-Kanal a) Korneuburg bei Wien bis Budweis . . . b) Untermühl bei Linz bis Budweis auf eine Länge von 93 km	512,4	534,4	53	19	4	451,0	205,0	146,9 124,9	163,5 139,0	716 600 609 100		Donau-Moldau- Elbe-Kanal- Komitee
3.	Kanalisation der Moldau von Budweis bis Prag	196,9	—	34	—	—	—	177,4	112,1 95,3	—	631 900 537 100	Hydrotechnisches Bureau	
4.	Donau-Elbe-Kanal , und zwar die Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Elbe bei Pardubitz	401,0	342,5	noch unbestimmt 155 nach einem vorläufigen Projekt	12	11	340,0	188,3	129,2 109,8	121,0 102,8	686 100 583 200		böhmischer Landes-Ausschufs
5.	Kanalisation der Elbe von Königgrätz oberhalb Pardubitz bis Melnik	62,2	—	29	—	—	—	194,5	102,0 86,7	—	524 000 445 700	Hydrotechnisches Bureau	
6.	Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Weichsel (oberhalb der Einmündung des Skawinka-Baches) von Hruschau über Klein-Kuntschitz	117,4	—	26	—	—	—	123,1	60,0 51,0	—	487 400 414 300		Hydrotechnisches Bureau
7.	Kanalisation der Weichsel von der Einmündung des Skawinka-Baches bis Niepolomice samt den Hafenanlagen in Krakau	10,3	—	1	—	—	—	40,5	26,3 22,3	—	649 400 552 000	Hydrotechnisches Bureau	
8.	Weichsel-Dniester-Kanal von der Weichsel unterhalb Krakau bis zum Dniester bei Zalesie	95,2	—	23	—	—	—	373,6	125,9 107,0	—	337 000 286 400		Hydrotechnisches Bureau
								Zusammen	1590,4	842,6 716,2	— —	529 800 450 300	

Die kilometrischen Kosten für die einzelnen Schiffahrtskanäle — den Weichsel-Dniester-Kanal außer Betracht gelassen — ergeben sich nach der Tabelle Seite 81 wie folgt:

Für den Donau-Moldau-Kanal von Korneuburg aus 609 100 Mk.,
für den Donau-Elbe-Kanal und zwar für die Verbindung des Donau-Oder-Kanales mit der Elbe bei Pardubitz 583 200 Mk.,
für den Donau-Oder-Kanal 413 200 Mk.,
dagegen berechnen sich die kilometrischen Kosten für den Donau-Main-Kanal von Kelheim nach Bamberg zu 732 394 Mk.

Höhere Kosten als bei den bayerischen Projekten ergeben sich in Österreich bei den Projekten für die Schiffbarmachung der natürlichen Wasserläufe. Die durchschnittlichen Kosten für jeden Kilometer betragen für die Kanalisierung der Moldau von Budweis bis Prag 537 100 Mk., für die Kanalisierung der Elbe von Königgrätz bis Melnik 445 700 Mk., für die Wasserstrafse im Maintal 424 779 Mk.

Das gegenseitige Verhältnis der letzteren Kosten läßt sich aus dem Flußgefälle erklären.

Das mittlere Gefälle beträgt:

Für die Moldau auf 1 km durchschnittlich	1,10 m
» » Elbe » » » »	0,57 »
» den Main » » » »	0,44 »

Dagegen ist nach den seitherigen Veröffentlichungen über die österreichischen Kanal-Projekte nicht zu bestimmen, inwieweit die, trotz der schwierigen Terrainverhältnisse, geringeren Kosten für die österreichischen Kanäle gegenüber den bayerischen durch die Wahl eines kleineren Kanalquerschnittes, durch stärkere Einschnürung des Kanalbettes bei den Brücken über den Kanal, sowie bei den Kanalbrücken veranlaßt sind.

Wie schwierig zum Teil die Terrainverhältnisse in Österreich liegen, erkennt man aus der Darstellung auf Blatt VII, welche die Längenschnitte des Donau-Moldau-Kanales (sowohl von Korneuburg, als von Untermühl bei Linz aus), sodann des Donau-Elbe- und des Donau-Oder-Kanales mit dem Längenschnitt der Donau-Main-Wasserstrafse zum Vergleich bringt. Die Angaben für die Längenschnitte der österreichischen Kanäle wurden von dem K. K. Hofrat Mrasick, Vorstand der technischen Abteilung der K. K. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Österreich, dem technischen Amt gütigst zur Verfügung gestellt. Bei den fünf Längenschnitten ist die Darstellung so gewählt, wie sie sich ergibt, wenn möglichst hohe Gefälle angenommen werden.¹⁾ Aus der vergleichenden Darstellung folgert sich nun:

Bei einem Kanal von der Donau bei Kelheim über die Wasserscheide bei Neumarkt in das Maintal bei Bamberg hat ein Schiff im Auf- und Abstieg eine Höhe von zusammen 266,0 m zu überwinden. Dagegen beträgt der Höhenunterschied in dem Entwurf für einen Schiffahrtskanal von der Donau bei

Korneuburg nächst oberhalb Wien bis zur Moldau bei Budweis bei Anwendung von Hebewerken auf geneigter Ebene 534,4 m. Also mehr als das Doppelte an Höhenunterschied wie beim Donau-Main-Kanal, während dieser Kanal nur etwa 24 km kürzer ist als der Donau-Moldau-Kanal. Die größte Höhe, die mit einem Schiffshebewerk auf geneigter Bahn überwunden werden soll, beträgt 170 m. Da jedoch in dem flacheren Gelände bei der Donau und bei der Moldau auch Kammerschleusen notwendig sind, so ergeben sich trotz der hohen Gefälle immer noch 19 Stufen.

Hierzu sei noch bemerkt, daß für den Schleusenkanal 53 Kammerschleusen vorgesehen sind, darunter 47 mit einem Gefälle von 10,0 m. Dagegen hätte ein reiner Schleusenkanal von Kelheim über Bamberg nach Aschaffenburg auf eine Länge von 460 km, gegenüber 205 km zwischen Donau und Moldau, nur 56 Kammerschleusen notwendig, auch würde das Gefälle nur bei 15 Schleusen eine Höhe von 10 m erreichen.

Faßt man den Schiffahrtskanal nach der Moldau bei Budweis ins Auge, der von der Donau bei Untermühl oberhalb der Stadt Linz ausgehen soll, dann ergibt sich der Unterschied der Höhe im Auf- und Abstieg sogar zu 874,0 m.

Die Scheitelhaltung dieses Kanales würde noch um 220 m höher liegen als bei dem von Korneuburg bei Wien ausgehenden.

Nicht wesentlich günstiger als auf dem Donau-Moldau-Kanal von Korneuburg aus liegen die Verhältnisse auf der Verbindungsstrecke von dem Donau-Oder-Kanal zur Elbe bei Pardubitz. Einen Kanal mit geneigten Ebenen vorausgesetzt, beträgt der gesamte Höhenunterschied im Auf- und Abstieg 342,5 m, bei einem reinen Schleusenkanal sogar . . . 401,0 m.

Also wiederum bedeutend größere Höhenunterschiede, als beim Donau-Main-Kanal mit seinen 266 m, während hinsichtlich der Längen kein Unterschied besteht.

Nur beim Donau-Oder-Kanal ist eine geringere Höhe zu überwinden; bei einem Kanal mit geneigten Ebenen 207,4 m, bei einem reinen Schleusenkanal 212,6 m.

Kommen reine Schleusenkanäle zur Ausführung, dann würde die durchschnittliche Länge der Haltungen des Donau-Oder-Kanales betragen rund 6,1 km, während für den Donau-Main-Kanal sich für diesen Fall berechnen 5,5 km, jedoch für die ganze Wasserstrafse von Kelheim über Bamberg nach Aschaffenburg . 8,3 km.

Aus dem vorstehenden Vergleich ergibt sich sonach, daß die neue Donau-Main-Wasserstrafse hinsichtlich ihres Längenschnittes und somit auch hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit hinter dem Donau-Oder-Kanal wesentlich nicht zurückstehen wird. Dagegen verschwinden die Schwierigkeiten, welche sich dem Bau einer leistungsfähigen Donau-Main-Wasserstrafse gegenüberstellen, vollständig im Vergleich zu den Schwierigkeiten bei den Kanälen über die Mährischen Terrassen, oder gar über den Greiner Wald zur Verbindung der Donau und der Elbe. Und wenn wir

¹⁾ Vergl. auch Rudolf Ritter von Gunesch. Die Donau-Moldau-Kanalprojekte. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1902. S. 377/383.

sehen, daß die österreichischen Ingenieure, die auf allen Gebieten der Ingenieurkunst Hervorragendes leisten, der Überzeugung leben, leistungsfähige Wasserstraßen zwischen Donau und Elbe herstellen zu können, dann braucht es niemand um die Ausführung einer neuen Donau–Main–Wasserstraße bange zu sein.

Was trotz aller Schwierigkeit Österreich vorwärts treibt, und was auch in Bayern zur Beherzigung dienen sollte, spricht Riedel in seiner Mitteilung über die Wasserversorgung bei den österreichischen Kanälen mit folgenden Worten aus¹⁾:

Mögen die Schwierigkeiten, welche der Verwirklichung unseres Wasserstraßennetzes entgegenstehen, noch so begründet sein, und mag auch die Lage unserer Seehäfen dem Binnenlande gegenüber die denkbar ungünstigste sein, die Erfolge der Nachbarländer vermochten dennoch die Überzeugung zu reifen, daß Industrie und Landwirtschaft zu ihrem Aufblühen die Ausgestaltung der Wasserwege nicht mehr länger entbehren können.

Bemerkenswert ist noch ein Vergleich der Kosten für eine neue Donau–Main–Wasserstraße mit den für den Verkehr von 600 Tonnen-Schiffen in Preußen geplanten Wasserstraßen.²⁾ **Nach der wasserwirtschaftlichen Vorlage in Preußen vom Jahre 1899** betragen die Kosten für einen Schiffahrtskanal vom Rhein in der Gegend von Laar bis zum Dortmund–Ems–Kanal in der Gegend von Herne bei einer Länge von . . . 39,5 km . . . 45 298 000 Mk., für den Mittellandkanal von dem Dortmund–Ems–Kanal bei Bevergern bis zur Gegend von Heinrichsberg unterhalb Magdeburg bei einer Länge von . 324,9 km . . . 151 337 200 Mk. und für zweischiffige Zweigkanäle mit einer Länge von . . . 25,1 km . . . 17 691 000 Mk.

Im ganzen sonach für diese wichtigeren Schiffahrtskanäle der Vorlage mit zusammen:
. 389,5 km . . . 214 326 200 Mk.

Aus diesen Angaben berechnen sich die mittleren Kosten eines jeden Kilometers für den Rhein–Dortmund–Ems–Kanal zu . . . 1 146 800 Mk., für den Mittellandkanal zu . . . 465 800 Mk., für seine Zweigkanäle zu . . . 704 800 Mk., und im ganzen für die 389,5 km Schiffahrtskanäle zu 550 300 Mk.

¹⁾ Riedel, Ingenieur, K. K. Baurat im Hydrotechnischen Bureau des K. K. Handelsministeriums in Wien. Die Wasserversorgung bei den österreichischen Kanälen. Mitteilung an den IX. internationalen Schiffahrts-Kongress in Düsseldorf 1902. S. 20.

²⁾ Prüssmann. Denkschrift über den Entwurf eines Rhein–Elbe-Kanals. Berlin 1899. S. 154/155.

Symphor. Die wasserwirtschaftliche Vorlage. Berlin 1901.

Der letztere Mittelwert ergibt sonach für jeden Kilometer nahezu 7000 Mk. mehr, als sich für die 460 km lange Wasserstraße zwischen Kelheim und Aschaffenburg berechnet, und dies in einem Lande, dessen orographische und hydrographische Verhältnisse mit Bezug auf den Bau von Wasserstraßen gegenüber den Verhältnissen in Süddeutschland stets gerühmt werden.

Weiterhin sei erwähnt, daß die Kosten zur Speisung des Mittelland-Kanales zu 12,7 Mill. Mk. berechnet wurden¹⁾, gegenüber 17,4 Mill. Mk. beim Donau–Main–Kanal. Ersterer Kanal ist nun allerdings 324,9 km lang, während die Länge des letzteren nur 177,5 km betragen würde. Jedenfalls aber beweisen die Kosten der Wasserversorgung für den Mittelland–Kanal, daß auch in Norddeutschland diese Kosten bei den neueren Kanälen keine so untergeordnete Rolle spielen, wie dies vielfach angenommen wird.

Im allgemeinen ergeben die vorstehenden Vergleiche, daß man sich weder in Österreich noch in Preußen scheut, große Kosten für leistungsfähige Wasserstraßen aufzuwenden.

Um die Bedeutung der vorausgenannten Kostenbeträge sicherer beurteilen zu können, sei zum Schluss noch kurz darauf hingewiesen, welche Kosten in Bayern für den Bau von Eisenbahnen aufgewendet werden. So wurde im letzten Landtag für den Bau einer zweigeleisigen Hauptbahn von Donauwörth nach Treuchtlingen ein Kredit von 19 440 000 Mk. genehmigt. Hievon entfallen etwa 14 000 000 Mk. auf die Herstellung des Bahnkörpers und der Schienenanlage. Da die Bahn eine Länge von 35,4 km hat, so berechnen sich die durchschnittlichen Kosten dieser Bauarbeiten für jeden Kilometer nahezu auf 400 000 Mk., das sind nur 25 000 Mk. weniger, als für die kilometrischen Kosten der Mainwasserstraße von Bamberg bis Aschaffenburg angegeben worden ist.

Bei diesem Bahnbau sind Einschnitte bis zu 26 m Tiefe und Dämme bis zu 23 m Höhe auszuführen, also Schwierigkeiten zu überwinden, wie sie kaum größer beim Umbau des Ludwig–Kanals auftreten würden. Die gesamte zu bewegende Erdmasse ist berechnet zu 3 850 000 cbm, das sind durchschnittlich für jeden Meter Eisenbahn 109 cbm nicht viel weniger, als für den Umbau des Ludwig–Kanals, bei dem dieses Einheitsmaß zu . 117 cbm bestimmt wurde.

Vorstehenden Angaben gegenüber erscheinen die Schwierigkeiten und die Kosten einer Donau–Main–Wasserstraße nicht mehr als etwas so aufsergewöhnliches, wie sie vielfach angesehen werden.

¹⁾ Prüssmann, a. a. O. S. 97.

Schlusswort.

Die Untersuchungen des technischen Amtes haben — kurz zusammengefasst — seither ergeben: Zur Herstellung einer Wasserstrasse für die Grossschiffahrt von Kelheim über Nürnberg nach Aschaffenburg ist eine Kostensumme von 250 Millionen Mark vorzusehen. Die Kostensumme bleibt annähernd dieselbe, welche Wege man dabei von Nürnberg aus einschlägt.

Die Bedenken hinsichtlich der Wasserversorgung, welche aus den geologischen und klimatischen Verhältnissen abgeleitet werden könnten, nämlich die Bedenken, dass durch die Wasserversorgung des Kanales das der Industrie und Landwirtschaft, sowie das für die städtischen Wasserversorgungen notwendige Wasser entzogen werden müsste, sind nicht gerechtfertigt. Zur Speisung eines neuen Donau-Main-Kanales ist hauptsächlich solches Wasser vorgesehen, dessen Benutzung der Verwaltung des Ludwig-Kanales zusteht, oder solches, das ungenützt oder gar schädlich zum Abfluss kommt. Nur in wenigen Fällen wird es notwendig werden, bereits nutzbar gemachte Wasserkräfte abzulösen, wofür dann andererseits wieder durch das aus einzelnen Haltungen überschüssig abfließende Wasser Kräfte zu gewinnen sind.

Ebenso kann allen Bedenken begegnet werden, die hinsichtlich der mechanischen Hebewerke bestehen. Sollten sich die Hoffnungen, die man nach den seitherigen Erfahrungen und Untersuchungen mit Recht auf die Leistungsfähigkeit mechanischer Hebewerke setzen kann, wider Erwarten nicht im vollen Masse erfüllen, dann ist es immerhin möglich, eine leistungsfähige Wasserstrasse zwischen Donau und Main mittelst Hebewerken herzustellen, deren Konstruktionen bereits erprobt sind.

Hinsichtlich der Ausführung der Wasserstrasse sei daran erinnert, was der Geheime Baurat Sympher auf der ersten Tagung des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt in Dresden im Jahre 1896 ausgesprochen hat:

Die Aufgabe, den Rhein mit der Donau durch Kanalisierung des Mains und Umbau des Ludwig-Kanales in leistungsfähige schiffbare Verbindung zu setzen, könnte für ein Land von der Grösse Bayerns, welches auch noch manchen anderen Verkehrsansprüchen zu genügen hat, schwer, vielleicht allzu bedeutend erscheinen, wenn ein wirtschaftlicher

Erfolg erst nach Vollendung des Ganzen zu erwarten wäre. Mancher möchte da vor den gewaltigen Aufgaben zurückschrecken, um so mehr, als die Wirkung neuer Verkehrswege sich nicht überall mit Bestimmtheit voraussehen lässt. Der Main-Donau-Kanal ist aber in der glücklichen Lage, dass er allmählich und stückweise zur Ausführung gebracht werden kann, dass jeder weitere Schritt einen neuen erheblichen wirtschaftlichen Nutzen in Aussicht stellt, und dass durch den gemachten Anfang ein unbedingter Zwang auf den Weiterbau nicht ausgeübt wird. Dieser letztere Umstand kann insbesondere zur Beruhigung derjenigen Abgeordneten dienen, welche demnächst die Gelder für die Kanalisierung der ersten, westlichen Mainstrecke zu bewilligen haben und dann befürchten könnten, mit dem ersten Schritt gleich an die Gewährung der gesamten Kosten gebunden zu sein. Das ist aber keineswegs der Fall. So sehr erwünscht und zweckmässig es ist, die Ausführung des Ganzen stets im Auge zu behalten und die Vorarbeiten gleich auf das Gesamtunternehmen auszudehnen, so ist es doch nicht nötig, überall zu gleicher Zeit mit dem Bau zu beginnen. Eine Überlegung über den zweckmässigsten Gang der Ausführung wird zu der Überzeugung führen, dass unter der obigen Voraussetzung die finanziellen Kräfte des Staates nur mässig beansprucht und die Lust zum Weiterbau durch die Zug um Zug erzielten Erfolge geweckt werden wird.

Das erste Stück der Arbeit besteht darin, die Zugänge zu dem zukünftigen Donau-Main-Kanal herzurichten. Es bleibt in Bayern für die Hebung und Förderung der Schifffahrt noch manches zu tun, ehe die Entscheidung über die Lage eines neuen Donau-Main-Kanales in seiner ganzen Erstreckung endgültig zu erfolgen hat, eine Entscheidung, welche abhängt von dem Verkehr auf Donau und Main, von der Entwicklung, die der Verkehr auf den Wasserstrassen außerhalb Bayerns nehmen wird, und nicht zum geringen Teil von den Erfahrungen, die man bis dahin mit den mechanischen Hebewerken gewonnen hat.

Zielbewufster jedoch sind die Bestrebungen für die Hebung der Flufs- und Kanalschiffahrt in Bayern, nachdem sicher erwiesen ist, dass die Ausführung einer neuen Donau-Main-Wasserstrasse mit Anwendung

längst erprobter Konstruktionen möglich ist, und daß den Anforderungen der modernen Kanalbautechnik, den Anforderungen der Großschiffahrt entsprochen werden kann, ohne daß die Kosten über das hinausgehen, was anderwärts zur Förderung der Schiffahrt geleistet wird.

Was die Höhe der Kosten betrifft, so ist zu berücksichtigen, daß die Ausführung einer neuen Donau-Main-Wasserstrasse vielfach eine bessere Regelung des Wasserabflusses zum Schutz gegen Hochwasser bedingen und Gelegenheit zur ausgiebigeren Benutzung der Wasserkräfte schaffen würde. Weiterhin macht es der Betrieb in den Schiffahrtskanälen notwendig, Anlagen für einen besseren Ausgleich zwischen Wasserüberfluß und Wassermangel herzustellen. Diese umfangreichen, wasserwirtschaftlichen Maßnahmen wirken für sich schon anregend und fördernd auf Landwirtschaft und Industrie in weiter Umgebung des Kanales, schaffen Werte, die den an der Wasserstrasse Wohnenden ohne ihr Zutun zugute kommen. Es ist daher zu hoffen, daß die Erkenntnis dieser Sachlage das Interesse für das geplante Unternehmen vielfach in Kreisen wachrufen wird, die demselben seither gleichgültig oder gar feindlich gegenübergestanden sind.

Wenn man die Zeit überblickt, in welcher sich vor der Erbauung des Ludwig-Kanales Nationalökonomien und Ingenieure um den Wert einer Donau-Main-Verbindung heftig gestritten haben, wenn man bedenkt, wie über diesem Streit die günstige Zeit gründlich verpaßt wurde, so wird man unwillkürlich daran erinnert, daß in unserer Zeit etwas Ähnliches vor sich geht, und daß für Bayern abermals die Gefahr droht, einen wichtigen Schritt nicht rechtzeitig zu tun.

Österreich ist in voller Tätigkeit, die Entwürfe für seine von Regierung und Parlament zur Ausführung bereits genehmigten Wasserstrassen auszuarbeiten. Preußen geht unverdrossen vorwärts, seine Wasserstrassen auszubauen. Durch die Regulierung des Oberrheins wird das elsafs-lothringische und weiterhin das französische Kanalnetz an den Mittel- und Unterrhein angeschlossen. Die Erweiterung des Verkehrsgebietes gibt den in Baden und Württemberg herrschenden Bestrebungen für die Kanalisierung des Neckars neuen Anreiz. Straßburg und das jüngst zur Rheinhafenstadt

gewordene Karlsruhe wetteifern mit Mannheim, den Schiffahrtsverkehr an sich zu ziehen. Der kleine Staat Lübeck, der zur Zeit wiederum Millionen opfert, um sich die See- und Küstenschiffahrt zu sichern, hat sich erst vor kurzer Zeit durch seinen Elbe-Trave-Kanal mit großen Kosten einen Weg zu den Binnenstrassen geschaffen.

All dies geschieht in der durch die Erfahrung gewonnenen Überzeugung, daß Eisenbahn und Wasserstrasse zusammenwirken müssen, dem stetig wachsenden Güterverkehr in ausreichender und billiger Weise zu genügen.

Das Heranwachsen der Industrie, die Notwendigkeit, dieselbe in örtlicher Beziehung möglichst unabhängig zu stellen, verlangt nach einer weniger starren Verkehrseinrichtung, als es die Eisenbahnen sind. Wir müssen Verkehrswege schaffen, deren Benutzung innerhalb weiter Grenzen dem freien Wettbewerb überlassen werden kann, Verkehrswege, die nach jeder in ihrer Nähe gelegenen Ortschaft, nach jeder einzelnen Fabrik einen Anschluß zulassen, auf denen Fahrzeuge der verschiedensten Größe und Ausstattung zu beliebigen Zeiten verkehren können.

Die Möglichkeit, bei den Wasserstrassen sich den jeweiligen Bedürfnissen und Gewohnheiten der Interessenten in unverhältnismäßig größerem Maße anzupassen, als dies bei der Eisenbahn mit ihren Geleisen und Weichen, mit ihren in verhältnismäßig weiter Entfernung voneinander festliegenden Lade- und Entladeplätzen, mit ihrem fest geregelten Verkehr möglich gemacht werden kann, erklärt wohl zum Teil die Tatsache, daß sich bei allen leistungsfähigen Wasserstrassen der Verkehr mit überraschender Schnelligkeit entwickelt hat.

Bei der regen Tätigkeit seiner Nachbarstaaten wird Bayern bald auf drei Seiten von Wasserstrassen umgeben sein, die sicher nicht zu seinem Vorteil dem Binnenverkehr die Wege bestimmen, und welche den Wettbewerb dieser Staaten in erheblichem Maße steigern werden.

Suchen wir der Bayern im Verkehr drohenden Abschließung mit allen Kräften zu begegnen, trachten wir danach, die Donau-Main-Wasserstrasse zu vollenden, ehe es wiederum heißen muß »zu spät!«

TABELLEN.

1. Länge und Höhe der Haltungen eines neuen Donau-Main-Kanales von Kelheim über Neumarkt und Nürnberg nach Bamberg. 600 Tonnen-Wasserstrafse.

Nummer der Haltung	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt bei der Mündung des Ludwig-Kanals in Kelheim (Donau-Kilometer 173,4)		Länge der Haltung in km	Höhe der Haltung in m + N.N.	Gefälle der Staustufe in m	Nummer der Staustufe	Örtliche Lage der Staustufe	Zur Berechnung des Wasserbedarfs bei aufsergewöhnlicher Trockenheit angenommen				Bei einem reinen Schleusenkanal	
	von km	bis km						Anzahl der Schleusen	Gefälle einer jeden Schleuse in m	Anzahl der Sparbecken bei jeder Schleuse	reduziertes Schleusen-gefälle in m	Anzahl der Schleusen bei jeder Staustufe	Gefälle jeder Schleuse in m
	Von der Mündung in die Donau bis zur 1. Staustufe		0,200	338,5*)									
1	0,000	0,200	0,200	338,5*)	1,6	1	Kelheim	1	1,6	—	1,60	1	1,6
2	0,200	2,000	1,800	340,1	7,9	2	Gronsdorf	1	7,9	2	3,95	1	7,9
3	2,000	16,840	14,840	348,0	20,0	3	Riedenburg	2	10,0	3	4,00	2	10,0
4	16,840	41,320	24,480	368,0	49,7	4	Beilngries	Querbahn mit 49,7 m Gefälle				5	49,7
5	41,320	89,720	48,400	417,7	59,7	5	Ochenbruck	Querbahn mit 59,7 m Gefälle				6	59,7
6	89,720	103,563	13,843	358,0									6
7	103,563	104,030	0,467	—	28,0	6	Worzeldorf	Längsbahn mit 28,0 m Gefälle				3	28,0
8	104,030	106,325	2,295	330,0	6,0	7	nächst oberhalb	1	6,0	2	3,00	1	6,0
9	106,325	106,615	0,290	324,0	6,2	8	Maiach	1	6,2	2	3,10	1	6,2
10	106,615	108,760	2,145	317,8	6,0	9	Maiach	1	6,0	2	3,00	1	6,0
11	108,760	110,380	1,620	311,8	6,0	10	Gibitzenhof	1	6,0	2	3,00	1	6,0
12	110,380	112,020	1,640	305,8	3,0	11	Nürnberg	1	3,0	—	3,00	1	3,0
13	112,020	113,900	1,880	302,8	3,0	12	Nürnberg	1	3,0	—	3,00	1	3,0
14	113,900	115,240	1,340	299,8	4,8	13	Doos bei Fürth	1	4,8	1	3,20	1	4,8
15	115,240	129,250	14,010	295,0	21,0	14	Bruck	3	7,0	2	3,50	3	7,0
16	129,250	137,500	8,250	274,0	10,0	15	Baiersdorf	1	10,0	4	3,33	1	10,0
17	137,500	149,360	11,860	264,0	15,0	16	Forchheim	2	7,5	2	3,75	2	7,5
18	149,360	173,740	24,380	249,0	8,0	17	Hallstadt unterhalb Bamberg	1	8,0	3	3,20	1	8,0
19	173,740	175,500	1,760	241,0	10,1	18	Hallstadt unterhalb Bamberg	1	10,1	4	3,37	1	10,1
	Gesamtlänge		177,500				Anzahl der Schleusen	19	Anzahl der Schleusen			33	
	Mittlere Länge der 17 Haltungen . . .		10,312 †)	Aufstieg	79,2		Anzahl der mechanischen Hebewerke . .	3	Mittleres Gefälle der Schleusen ohne die Schleuse in Kelheim			8,27	
				Abstieg	186,8		Anzahl der Staustufen	22					
Gesamtes Gefälle der Schleusen:													
	im Aufstieg				29,5								
	im Abstieg				99,1								
	zusammen				128,6								
Gesamtes Gefälle d. mechanischen Hebewerke					137,4								
	zusammen, wie oben				266,0								

*) Die Höhe der Donau bei der Ausmündung des Ludwig-Kanals mit 338,5 m + N.N. entspricht annähernd dem daselbst bisher beobachteten niedrigsten Wasserstand.

**) Der Oberwasserspiegel des Bischberger Wehres im Main liegt gleichfalls auf 230,9 m + N.N.

†) Rechnet man die Länge eines jeden Hebewerkes mit 100 m ab, dann ergibt sich die mittlere Länge der 17 Haltungen zu 10,206 km.

2. Länge und Höhe der Haltungen eines neuen Donau-Main-Kanales von Stepperg über Graben und Nürnberg nach Bamberg. 600 Tonnen-Wasserstrafse.

Nummer der Haltung	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donaubettes bei Stepperg (Donau-Kilometer 103,0)		Länge der Haltung in km	Höhe der Haltung in m + N.N.	Gefälle der Staustufe in m	Nummer der Staustufe	Die Staustufe liegt bei	Bei einem Schleusenkanal	
	von km	bis km						Anzahl der Schleusen bei jeder Staustufe	Gefälle jeder Schleuse in m
	Von der Mündung in die Donau bis zur 1. Staustufe								
	0,000	0,200	0,200	383,0 ^{*)}					
1	0,200	0,600	0,400	390,0	7,0	1	Stepperg	1	7,0
2	0,600	56,400	55,800	410,0	20,0	2	Stepperg	2	10,0
3	56,400	66,000	9,600	380,0	30,0	3	Pleinfeld	3	10,0
4	66,000	79,000	13,000	350,0	30,0	4	Niedermauck	3	10,0
5	79,000	93,200	14,200	330,0	20,0	5	Roth	2	10,0
6	93,200	100,380	7,180	311,8	18,2	6	Reichelsdorf	2	9,1
7	100,380	102,020	1,640	305,8	6,0	7	Gibitzenhof	1	6,0
8	102,020	103,900	1,880	302,8	3,0	8	Nürnberg	1	3,0
9	103,900	105,240	1,340	299,8	3,0	9	Nürnberg	1	3,0
10	105,240	119,250	14,010	295,0	4,8	10	Doos bei Fürth	1	4,8
11	119,250	127,500	8,250	274,0	21,0	11	Bruck	3	7,0
12	127,500	139,360	11,860	264,0	10,0	12	Baiersdorf	1	10,0
13	139,360	163,740	24,380	249,0	15,0	13	Forchheim	2	7,5
14	163,740	165,500	1,760	241,0	8,0	14	Hallstadt unterhalb Bamberg	1	8,0
	Von der 15. Staustufe bis zum Anschluss an die Main-Wasserstrafse gegenüber Bischberg								
	165,500	167,500	2,000	230,9 ^{**)}	10,1	15	Hallstadt unterhalb Bamberg	1	10,1
	Gesamtlänge		167,500	Gesamtgefälle	206,1		Anzahl der Schleusen	25	—
	Mittlere Länge der 14 Haltungen		11,807 †)	im Aufstieg	27,0		Mittleres Gefälle der Schleusen	—	8,24
				im Abstieg	179,1				

^{*)} Niederwasser der Donau bei Stepperg = 383,0 m + N.N.
Niederwasser der Donau bei Kelheim = 338,5 m + N.N.

Höhenunterschied 44,5 m

^{**)} Der Oberwasserspiegel des Bischberger Wehres im Main liegt gleichfalls 230,9 m + N.N.

†) Rechnet man die Länge eines jeden Hebewerkes mit 100 m ab, dann ergibt sich die mittlere Länge der 14 Haltungen zu 11,700 km.

3. Lage und Gefälle der im Main projektierten Wehre bei einer Kanalisierung von Bamberg bis Aschaffenburg. 1000 Tonnen-Wasserstrafe.

Laufende Nummer	Örtliche Lage des Wehres	Lage bei Fluß-Kilometer	Gegen- seitige Ent- fernung in km	Ober- wasser- spiegel bei normalem Stau in m + N.N.	Gefälle des Wehres bei normal. Stau in m	Laufende Nummer	Örtliche Lage des Wehres	Lage bei Fluß-Kilometer	Gegen- seitige Ent- fernung in km	Ober- wasser- spiegel bei normalem Stau in m + N.N.	Gefälle des Wehres bei normal. Stau in m
							Übertrag		154,8		70,8
1	Bischberg	0,2	7,0	230,9	2,8	31	Himmelstadt	159,0	4,0	160,4	1,7
2	Staffelbach	7,2	7,2	228,1	3,0	32	Laudenbach	163,0	4,0	158,7	1,7
3	Eltmann	14,4	4,8	225,1	2,8	33	Karlbürg	168,0	5,0	157,0	1,7
4	Limbach	19,2	7,8	222,3	2,5	34	Wernfeld	175,0	7,0	155,2	1,8
5	Knetzgau	27,0	7,0	219,8	3,3	35	Gemünden	180,0	5,0	152,8	2,4
6	Hafsfurt	34,0	5,8	216,5	3,0	36	Neuendorf	185,0	5,0	150,9	1,9
7	Ottendorf	39,8	7,2	213,5	2,7	37	Steinbach	190,6	5,6	149,1	1,8
8	Schonungen	47,0	6,0	210,8	3,1	38	Rodenbach	196,0	5,4	147,3	1,8
9	Schweinfurt	53,0	5,0	207,7	4,1	39	Neustadt	202,0	6,0	145,5	1,8
10	Bergrheinfeld	58,0	6,0	208,6	2,7	40	Markt-Heidenfeld . .	210,6	8,6	143,5	2,0
11	Heidenfeld	64,0	4,0	200,9	2,1	41	Lengfurt	216,3	5,7	141,5	2,0
12	Wipfeld	68,0	5,0	198,8	2,0	42	Bettingen	225,0	8,7	139,0	2,5
13	Fahr	73,0	6,0	196,8	2,0	43	Eichel	231,4	6,4	136,2	2,8
14	Volkach	79,0	3,0	194,8	2,0	44	Hafsloch	237,4	6,0	134,0	2,2
15	Nordheim	82,0	6,0	192,8	2,2	45	Faulbach	243,0	5,6	131,5	2,5
16	Sommerach	88,0	4,0	190,6	2,2	46	Dorfprozelten	247,6	4,6	129,6	1,9
17	Münster-Schwarzach	92,0	3,6	188,4	2,0	47	Fechenbach	253,0	5,4	127,8	1,8
18	Mainsondheim	95,6	4,2	186,4	1,8	48	Bürgstadt	264,0	11,0	125,7	2,1
19	Mainstockheim	99,8	6,2	184,6	1,8	49	Groß-Heubach	269,7	5,7	123,0	2,7
20	Kitzingen	106,0	4,8	182,8	2,4	50	Röllfeld	276,0	6,3	120,5	2,5
21	Marktsteft	110,8	7,2	180,4	2,4	51	Wörth	280,0	4,0	118,6	1,9
22	Frickenhausen	118,0	5,0	178,0	2,4	52	Obernburg	284,8	4,8	116,8	1,8
23	Gofsmannsdorf	123,0	4,5	175,6	2,3	53	Großwallstadt	288,4	3,6	115,0	1,8
24	Sommerhausen	127,5	4,0	173,3	1,7	54	Niedernberg	294,0	5,6	113,2	1,8
25	Randersacker	131,5	5,0	171,6	1,7	55	Nilkheimerhof	300,5	6,5	110,5	2,7
26	Heidingsfeld	136,5	4,9	169,9	2,4		oberhalb Aschaffenburg				2,1
27	Würzburg	141,4	5,1	167,5	2,0						
28	Veitshöchheim	146,5	3,5	165,5	1,7						
29	Erlabrunn	150,0	5,0	163,8	1,7						
30	Zellingen	155,0		162,1							
	zu übertragen		154,8		70,8						
							Gesamtlänge		300,3	Gesamt- gefälle	122,5
							Mittlere Länge der 54 Haltungen		5,56	Mittleres Gefälle der 55 Wehre	2,23

4. Länge der Seitenkanäle und der kanalisierten Flussstrecken für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg.

Laufende Nummer der Teilstrecke der Wasserstrafse	Bezeichnung der Endpunkte der Teilstrecke nach den nächst gelegenen Ortschaften		Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Länge der Teilstrecke in km	
	von	bis	von km	bis km	Seitenkanal	kanalisierte Mainstrecke
1	Bamberg	Hafsfurt	0,0	26,5	26,5	
2	Hafsfurt	oberhalb Wonfurt	26,5	29,0		2,5
3	oberhalb Wonfurt	Fahr	29,0	68,4	39,4	
4	Fahr	unterhalb Fahr	68,4	70,1		1,7
5	unterhalb Fahr	Escherndorf	70,1	71,2	1,1	
6	Escherndorf	Nordheim	71,2	72,6		1,4
7	Nordheim	oberhalb Kitzingen	72,6	89,0	16,4	
8	oberhalb Kitzingen	Kitzingen	89,0	91,1		2,1
9	Kitzingen	Marktbreit	91,1	98,7	7,6	
10	Marktbreit	Sommerhausen	98,7	110,8		12,1
11	Sommerhausen	Heidingsfeld	110,8	122,4	11,6	
12	Heidingsfeld	Würzburg	122,4	126,0		3,6
13	Würzburg	Karlstadt	126,0	149,5	23,5	
14	Karlstadt	unterhalb Karlburg	149,5	152,9		3,4
15	unterhalb Karlburg	Nantenbach	152,9	171,7	18,8	
16	Nantenbach	Lohr	171,7	177,5		5,8
17	Lohr	Bergrothenfels	177,5	190,5	13,0	
18	Bergrothenfels	Bettingen	190,5	209,8		19,3
19	Bettingen	Eichel	209,8	211,2	1,4	
20	Eichel	Kreuzwertheim	211,2	214,4		3,2
21	Kreuzwertheim	oberhalb Faulbach	214,4	222,3	7,9	
22	oberhalb Faulbach	Stadtprozelten	222,3	225,5		3,2
23	Stadtprozelten	Bürgstadt	225,5	243,5	18,0	
24	Bürgstadt	Grofs-Heubach	243,5	249,0		5,5
25	Grofs-Heubach	Klingenberg	249,0	257,3	8,3	
26	Klingenberg	Wörth	257,3	260,6		3,3
27	Wörth	Obernburg	260,6	265,6	5,0	
28	Obernburg	Kleinwallstadt	265,6	268,5		2,9
29	Kleinwallstadt	Niedernberg	268,5	274,4	5,9	
30	Niedernberg	Nilkheimerhof	274,4	280,5		6,1
31	Nilkheimerhof	Aschaffenburg*)	280,5	282,5		2,0
		zusammen	0,0	282,5	204,4	78,1
		in Prozenten der gesamten Länge der neuen Wasserstrafse			72,4 ⁰ / ₀	27,6 ⁰ / ₀

*) Von dem Wehre beim Nilkheimerhof abwärts ist die Flußsohle auf 2,0 km Länge zu vertiefen, um die normale Wassertiefe von 3,0 m zu erhalten.

Die Strafsenbrücke über den Main bei Aschaffenburg liegt nach der neuen Wasserstrafse bei km 283,125; nach der Einteilung des Flusses bei km 303,125.

Die Abkürzung durch die neue Wasserstrafse beträgt sonach 20,0 km.

Wegkürzung durch die Tunnels.

I. Länge der Flußwindung bei Fahr, Volkach , Escherndorf	8,5 km	
Länge der projektierten Wasserstrafse mit Benutzung des Tunnels	1,0 „	
sohin die Abkürzung	7,5 km	
II. Länge der Flußwindung bei Bettingen, Urphar , Eichel	7,3 km	
Länge der projektierten Wasserstrafse mit Benutzung des Tunnels	1,5 „	
sohin die Abkürzung	5,8 km	
gesamte Wegkürzung durch die Tunnels	13,3 km	

5. Lage, Lichtweite der Wehrröffnungen, Stau und Gefälle der im Main projektierten Wehre bei Anwendung von Seitenkanälen und kanalisierten Flusstrecken für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafe im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg.

Die Wehranlage liegt	Nummer der neu zu erbauenden Wehranlage	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber, bezw. bei der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Gegen- seitige Ent- fernung gemessen nach dem Fluslauf in km	Unge- stautes Hoch- wasser vom 28./30. XII. 1882 m + N.N.	Ober- wasser- spiegel bei normalem Stau in m + N.N.	Jede der beiden Öff- nungen im Wehr hat eine lichte Weite von in m	Stau über Hoch- wasser vom 28./30. XII. 1882 in cm	Gefälle der Stau- stufe in m	Angabe des Wasserspiegels, auf den sich die Gefällshöhe bei normalem Stau bezieht
		nach der neuen Wasserstrafe gemessen in km + m	nach dem Fluslauf gemessen in km							
bei Bischberg		+ 200								
(Wehr besteht bereits)		0,0	0,200		232,9	230,9	—	—	3,0	N. W. vom 23. VII. 1899
unterhalb Hafsfurt	1	29,0	33,300	33,100	218,3	216,0	40	14	2,2	wie voraus
unterhalb der Tunneleinmün- dung bei Fahr	2	+ 450		42,800						
		70,1	76,100	11,000	197,8	194,5	25	6	1,9	N.W. vom 6. IX. 1895
unterhalb Nordheim	3	+ 1500								
		72,6	87,100	18,600	193,1	190,8	30	14	2,6	wie voraus
bei Kitzingen	4	+ 700								
		91,1	105,700	16,100	185,0	182,0	30	0	1,7	wie voraus
bei Klein-Ochsenfurt	5	+ 000								
		107,4	121,800	4,050	179,0	176,8	30	12	2,8	Gefälle bei normalem Stau durch das Wehr bei Sommerhausen; Stau über N.W. vom 6. IX. 1895 = 3,4 m.
bei Sommerhausen	6	+ 500								
		110,8	125,850	15,550	177,5	174,0	45	14	2,1	N.W. vom 6. IX. 1895
unterhalb Würzburg	7	+ 700								
		126,0	141,400	27,500	170,5	167,5	30	0	2,2	wie voraus
unterhalb Karlburg	8	+ 350								
		152,9	168,900	24,700	160,3	157,1	40	15	2,4	wie voraus
unterhalb Lohr	9	+ 700								
		177,5	193,600	22,500	152,9	149,0	40	5	2,1	N.W. vom 25. VIII. 1898
oberhalb Lengfurt	10	+ 000								
		201,0	216,100	8,800	145,4	142,0	30	12	2,8	Gefälle bei normalem Stau durch das Wehr bei Bettingen; Stau über N.W. vom 25. VIII. 1898 = 3,0 m.
unterhalb der Tunneleinmün- dung bei Bettingen	11	+ 200								
		209,8	224,900	10,300	142,9	139,2	40	14	3,0	N.W. vom 25. VIII. 1898
bei Kreuz-Wertheim	12	+ 300								
		214,4	235,200	10,950	139,0	134,5	50	5	1,7	wie voraus
bei Stadt-Prozelten	13	+ 200								
		225,5	246,150	23,750	135,5	130,0	40	6	1,6	wie voraus
bei Grofs-Heubach	14	+ 500								
		249,0	269,900	11,150	126,3	123,0	40	3	2,6	wie voraus
unterhalb Wörth	15	+ 300								
		260,6	281,050	8,050	121,9	118,0	40	5	2,1	wie voraus
oberhalb Grofswallstadt	16	+ 400								
		268,5	289,100	11,400	118,6	115,0	50	9	2,0	wie voraus
beim Nilkheimerhof	17	+ 000								
(oberhalb Aschaffenburg)		280,5	300,500		114,5	110,5	50	4	2,1	Gefälle bei normalem Stau durch das Wehr bei Mainaschaff; Stau über N.W. vom 25. VIII. 1898 gleichfalls 2,1 m.
Gesamtgefälle									40,9	
Gesamtgefälle der neu zu erbauenden Wehre									37,9	
Mittleres Gefälle der Wehre Nr. 5, 10 und 17, welche zwischen je zwei kanalisierten Mainstrecken gelegen sind und neben denen sich eine Kammerschleuse mit 12,0 m lichter Weite befindet $(2,8 + 2,8 + 2,1) : 3 =$									2,57	
Mittleres Gefälle der übrigen neu zu erbauenden Wehre mit Kammerschleusen von 8,6 m lichter Weite $(37,9 - [2,8 + 2,8 + 2,1]) : (17 - 3) =$									2,15	

Pegel zu	bei Main-km	Main-Wasserstände in cm			bisher beobachteter niedrigster Wasserstand im Sommer 1898
		am 6. IX. 1895	am 25. VIII. 1898	am 23. VII. 1899	
Hafsfurt	30,500	65	73	71	38
Schweinfurt	54,000	60	73	72	38
Würzburg	139,571	84	72	73	52
Miltenberg	265,390	72	86	84	54
Aschaffenburg	303,120	82	100	94	56

6. Länge und Höhe der Haltungen
bei Anwendung von Seitenkanälen und kanalisierten Flusstrecken
für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg.

Nummer der Haltung	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Länge der Haltung in km	Höhe der Haltung bei normalem Stau in m + N. N.	Gefälle der Staustufe bei normalem Stau in m	Nummer der Staustufe bezw. der Kammer-schleuse	Die Kammer-schleuse zur Überwindung der nebenbezeichneten Staustufe liegt		Entfernung der Staustufe von Kelheim aus nach der projektierten Wasserstrafse in km
	von km	bis km							
	Vom Anschluß an den Donau-Main-Kanal bis zur 1. Staustufe								
1	0,000	11,500	11,500	230,9					
2	11,500	25,700	14,200	223,5	7,4	1	gegenüber	Eltmann	189,000
3	25,700	46,500	20,800	216,0	7,5	2	bei	Hafsfurt	203,200
4	46,500	54,870	8,370	207,7	8,3	3	bei	Sennfeld b. Schweinfurt	224,000
5	54,870	67,870	13,000	199,5	8,2	4	bei	Röthlein	232,370
6	67,870	70,940	3,070	194,5	5,0	5	bei	Fahr	245,370
7	70,940	87,000	16,060	190,8	3,7	6	gegenüber	Nordheim	248,440
8	87,000	98,200	11,200	182,0	8,8	7	bei	Albertshofen	264,500
9	98,200	107,400	9,200	176,8	5,2	8	oberhalb	Marktbreit	275,700
10	107,400	121,800	14,400	174,0	2,8	9	im Wehr bei	Klein-Ochsenfurt	284,900
11	121,800	138,800	17,000	167,5	6,5	10	gegenüber	Heidingsfeld	299,300
12	138,800	148,870	10,070	162,0	5,5	11	oberhalb	Retzbach	316,300
13	148,870	159,600	10,730	157,1	4,9	12	bei	Karlstadt	326,370
14	159,600	171,300	11,700	154,0	3,1	13	gegenüber	Wernfeld	337,100
15	171,300	190,100	18,800	149,0	5,0	14	gegenüber	Nantenbach oberh. Lohr	348,800
16	190,100	201,050	10,950	142,0	7,0	15	bei	Rothenfels	367,600
17	201,050	211,000	9,950	139,2	2,8	16	im Wehr oberh.	Lengfurt	378,550
18	211,000	221,700	10,700	134,5	4,7	17	gegenüber	Eichel	388,500
19	221,700	243,000	21,300	130,0	4,5	18	oberhalb	Faulbach	399,200
20	243,000	257,000	14,000	123,0	7,0	19	gegenüber	Bürgstadt	420,500
21	257,000	265,000	8,000	118,0	5,0	20	bei	Klingenberg	434,500
22	265,000	274,000	9,000	115,0	3,0	21	gegenüber	Obernburg	442,500
23	274,000	280,500	6,500	110,5	4,5	22	bei	Niedernberg	451,500
					2,1	23	im Wehr beim Nilkheimerhof.	oberhalb Aschaffenburg	458,000
	Von der 23. Staustufe bis zum Main-km 302,5								
	280,500	282,500	2,000	108,4					
	Gesamtlänge		282,500	Gesamt- gefälle	122,5			Die projektierte Wasserstrafse endet . .	460,000
				Mittleres Gefälle der Schleusen Nr. 9, 16 u. 23	2,57				
				Mittleres Gefälle der übrigen Schleusen	5,74				
Mittlere Länge der Haltungen ge- rechnet von der 18. Gefällsstufe des Donau-Main-Kanals bis zur 23. Gefällsstufe der Main-Wasser- strafse $\frac{2,0 + 280,5}{23} =$			12,283						

7. Der Main von Aschaffenburg bis zur Mündung in den Rhein. Länge und Gefälle der Haltungen.

Der Main gilt als kanalisiert bis zur Gemarkungsgrenze zwischen Offenbach und Bürgel,
das ist 4,2 km oberhalb des Oberrader Wehres.

Zur Weiterführung der Kanalisierung bis nach Aschaffenburg ist von Preußen und Bayern ein Projekt
ausgearbeitet worden, dem die nachstehenden Angaben entnommen sind.

Nummer der Haltung gezählt von der Mündung der Regnitz in den Main	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Länge der Haltung in km	Höhe der Haltung bei normalem Stau in m + N. N.	Gefälle der Staustufe bei normalem Stau in m	Nummer der Staunanlage	Die Staunanlage liegt	Entfernung der Staunanlage von Kelheim aus nach der projektierten Wasserstraße in km
	von km	bis km						
24	280,500	287,154	6,654	108,4				
25	287,154	292,105	4,951	106,025	2,375	24	oberhalb Mainaschaff	464,650
26	292,105	298,865	6,760	103,65	2,375	25	bei Kleinostheim	469,605
27	298,865	306,000	7,135	101,34	2,310	26	bei Großwelzheim	476,365
28	306,000	316,800	10,800	98,9	2,44	27	bei Krotzenburg	483,500
29	316,800	322,500	5,700	96,5	2,40	28	unterhalb Kesselstadt	494,300
30	322,500	331,700	9,200	94,2	2,3	29	oberhalb Mainkur	500,000
31	331,700	337,600	5,900	92,3	1,9	30	bei Oberrad	509,200
32	337,600	344,700	7,100	89,6	2,7	31	bei Frankfurt	515,100
33	344,700	351,000	6,300	87,8	1,8	32	oberhalb Höchst	522,200
34	351,000	358,300	7,300	86,0	1,8	33	oberhalb Okriftel	528,500
35	358,300	366,900	8,600	84,2	1,8	34	oberhalb Flörsheim	535,800
					2,3	35	oberhalb Kostheim	544,400
	Von der 35. Staustufe bis zur Mündung des Mains in den Rhein							
	366,900	370,200	3,300	81,3			Die Mündung des Mains liegt . . .	547,700
	Gesamtlänge		89,700	Gesamtgefälle	26,5			
	Mittlere Länge der Haltungen gerechnet von der 23. bis zur 35. Staustufe (89,7—3,3): 12 =		7,200	Mittleres Gefälle der 12 Wehranlagen	2,21			

8. Monats- und Jahressummen der Niederschläge in Millimetern, gemessen von der meteorologischen Station Bayreuth 345 m + N. N.

veröffentlicht im

I. Jahrbuch der meteorologischen Zentralstation München. 1879. S. 176.

A. Ältere Reihe 1814—1834.

Jahr der Beobachtung	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahressumme	Jahr der Beobachtung
1814	46,0	17,6	32,3	30,5	42,0	58,2	11,7	71,1	27,7	8,6	32,3	43,3	421,3	1814
15	10,6	58,9	72,4	14,4	28,2	81,4	62,3	74,9	45,3	25,9	23,9	7,2	505,4	15
16	19,4	14,4	18,4	7,7	21,7	72,9	74,2	70,6	65,0	34,1	66,1	46,2	510,7	16
17	28,2	75,6	70,8	35,4	68,6	30,2	78,7	60,5	72,2	46,9	12,4	36,5	616,0	17
18	62,0	44,9	48,5	6,8	83,0	28,9	58,7	103,8	74,0	35,4	32,0	16,5	594,5	18
19	33,6	60,7	26,6	14,9	30,7	61,4	45,3	58,2	13,1	56,8	50,3	68,4	520,0	19
1820	8,8	2,9	41,3	23,5	45,8	68,1	55,9	29,8	13,5	60,9	51,4	12,6	414,5	1820
21	48,0	12,6	72,2	44,2	76,0	81,9	92,3	52,3	91,1	21,2	69,5	80,1	741,4	21
22	49,6	12,4	61,4	14,0	41,3	7,7	14,7	98,8	107,4	1,4	27,7	0,5	436,9	22
23	27,7	58,0	41,1	19,4	28,2	91,8	47,8	25,7	19,2	26,2	26,2	41,3	452,6	23
24	41,3	14,2	24,6	32,3	54,8	108,1	107,6	48,5	96,5	81,7	94,1	36,8	740,5	24
25	44,2	35,6	28,2	32,0	32,8	65,0	11,3	66,8	35,6	54,0	88,7	51,0	545,8	25
26	1,4	41,7	19,9	34,5	79,9	65,4	109,9	42,0	26,2	20,3	45,6	48,0	533,9	26
27	70,6	36,1	90,7	16,7	66,1	98,1	4,1	90,7	38,3	67,9	65,9	63,8	709,0	27
28	90,2	37,9	74,4	64,5	45,8	81,7	90,0	105,6	12,2	34,7	17,8	50,8	706,5	28
29	24,1	28,9	0,7	63,6	51,4	45,8	108,3	80,8	101,1	39,5	38,1	11,3	593,6	29
1830	12,6	29,1	41,1	11,7	51,2	104,4	26,4	45,8	69,5	32,7	32,7	51,0	508,2	1830
31	21,2	39,0	91,1	35,9	88,9	106,7	109,7	81,0	83,0	5,2	89,6	37,9	789,2	31
32	10,6	4,7	16,7	12,2	28,9	89,3	28,0	13,1	13,5	5,4	74,7	65,4	362,5	32
33	17,1	50,5	18,7	68,4	18,7	38,3	69,9	111,4	62,9	18,9	64,5	104,9	644,2	33
1834	66,8	14,4	32,7	28,4	18,9	39,5	109,2	82,1	5,2	63,6	12,0	43,1	515,9	1834
Mittel	34,95	32,86	43,99	29,10	47,76	67,85	62,67	67,31	51,07	35,33	48,36	43,65	564,90	Mittel

9. Monats- und Jahressummen der Niederschläge in Millimetern, gemessen von der meteorologischen Station Bayreuth

und veröffentlicht im

1. Jahrbuch der meteorologischen Zentralstation München. 1879. S. 176.

Höhe der Station seit 1883 359 m + N.N., vorher 345 m + N.N.

B. Neuere Reihe 1851—1878.

Jahr der Beobachtung	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahressumme	Jahr der Beobachtung
1851	—	—	—	—	56,6	58,4	107,4	66,3	112,6	31,1	34,1	14,1	—	1851
52	46,9	88,2	28,6	13,3	72,6	79,0	30,0	79,2	53,0	51,2	69,5	38,8	650,3	52
53	60,5	34,7	24,1	55,7	58,2	178,4	67,0	56,8	53,2	54,1	24,6	16,0	683,3	53
54	26,2	58,4	18,7	57,3	41,7	85,3	104,0	107,6	6,5	105,8	83,5	128,8	823,8	54
55	31,8	61,1	36,8	51,7	54,1	66,5	65,2	71,1	24,1	100,2	28,0	47,1	637,7	55
56	62,3	35,9	10,6	61,6	106,5	120,2	26,6	62,5	41,1	8,6	93,2	37,4	666,5	56
57	24,8	3,4	36,1	35,4	72,6	45,3	60,7	108,1	31,1	18,7	10,6	18,0	464,8	57
58	35,6	14,0	18,0	28,6	126,3	32,5	151,8	88,7	19,6	49,6	45,8	45,8	656,3	58
59	19,9	45,6	42,9	92,3	33,2	55,7	8,1	75,1	67,0	51,7	58,0	45,1	594,6	59
1860	78,3	64,1	80,5	24,6	81,7	74,7	66,1	83,9	27,7	46,2	33,2	49,0	710,0	1860
61	23,2	9,0	82,6	8,3	49,6	109,6	98,6	57,7	99,7	25,0	149,3	40,4	753,0	61
62	125,6	70,2	18,9	26,4	63,6	95,0	77,4	106,2	31,6	54,1	24,8	75,6	769,4	62
63	69,5	27,7	71,5	30,5	27,7	183,6	38,1	—	—	—	31,6	—	—	63
64	12,0	25,3	60,5	27,5	—	—	—	42,6	59,1	15,3	50,5	0,9	—	64
65	64,1	37,0	66,1	—	44,0	42,4	34,1	76,7	9,0	98,6	69,0	6,3	—	65
66	50,5	148,4	52,6	59,8	70,2	62,3	120,7	140,1	—	—	122,0	180,2	—	66
67	106,0	135,3	68,1	164,0	97,9	67,0	87,1	18,5	12,9	76,7	39,9	101,1	974,5	67
68	59,6	60,2	81,9	86,2	34,5	101,7	47,1	80,8	27,3	59,1	85,7	136,9	861,0	68
69	33,2	103,1	17,8	32,7	73,5	67,9	20,5	51,9	55,5	78,1	195,4	72,4	802,0	69
1870	44,4	18,0	49,6	29,3	23,0	77,6	33,4	146,2	73,3	180,0	47,1	100,4	822,3	1870
71	17,4	45,1	14,2	106,9	29,8	137,8	57,7	42,9	38,8	64,7	17,6	14,7	587,6	71
72	23,5	40,2	36,5	32,7	82,8	92,9	54,6	82,8	28,6	44,7	98,6	69,3	687,2	72
73	61,8	49,4	52,1	67,2	87,1	193,6	174,8	96,8	95,9	39,0	39,0	17,8	974,5	73
74	28,4	18,7	43,5	27,3	109,2	99,5	19,2	44,2	40,8	19,2	50,3	69,3	569,6	74
75	88,9	21,0	48,5	47,1	57,5	140,5	113,9	32,3	72,4	91,8	177,3	58,7	949,9	75
76	12,0	142,3	131,7	23,2	35,2	121,4	91,6	45,1	134,4	22,1	47,6	79,6	886,2	76
77	64,5	161,5	79,9	37,0	51,0	23,5	121,6	63,2	65,0	32,0	88,9	69,5	857,6	77
1878	105,6	39,9	124,3	54,1	99,9	96,1	60,7	73,5	75,6	72,2	50,5	62,9	915,3	1878
Mittel	50,98	57,70	51,73	49,26	64,41	92,90	71,78	74,10	52,15	57,30	66,63	59,11	752,08	

10. Monats- und Jahressummen der Niederschläge in Millimetern,
gemessen von der meteorologischen Station im allgem. städt. Krankenhaus
in Nürnberg 315 m + N.N.

in den 22 Jahren 1879 mit 1900,

nach den Veröffentlichungen in den Jahrbüchern der meteorologischen Zentralstation München.

Jahr der Beobachtung	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahressumme	Jahr der Beobachtung
1879	32,5	77,6	26,2	51,5	110,5	65,2	87,7	42,3	65,7	33,6	62,6	31,3	686,7	1879
80	22,5	21,3	11,2	35,4	37,6	65,3	60,9	63,4	59,8	158,4	29,9	98,9	664,6	80
81	17,5	29,2	83,9	36,7	92,0	77,5	50,8	117,1	44,7	53,7	18,9	24,7	646,7	81
82	17,7	15,7	24,2	50,2	52,8	81,3	149,8	77,7	57,5	69,5	119,2	75,3	790,9	82
83	29,6	18,5	40,6	13,8	40,4	57,5	93,8	25,1	58,6	42,4	33,3	55,9	509,5	83
84	44,5	13,7	20,6	9,3	26,8	45,3	69,4	63,3	19,3	67,1	26,8	64,3	470,4	84
85	14,9	38,6	55,9	10,5	61,0	11,1	59,7	53,6	85,1	62,0	38,7	69,3	560,4	85
86	30,0	10,2	36,9	47,6	46,5	145,6	60,4	42,3	41,1	41,3	45,6	96,0	643,5	86
87	10,4	7,9	31,9	28,8	71,7	22,7	47,5	44,5	23,5	24,4	42,7	63,7	419,7	87
88	42,6	33,7	75,5	81,6	28,4	55,9	141,7	70,8	40,5	71,4	24,5	13,3	679,9	88
89	8,7	80,1	75,8	44,9	82,1	159,3	83,3	55,9	43,6	64,1	29,3	28,9	756,0	89
1890	75,5	5,2	22,5	29,3	70,6	48,6	74,7	116,3	47,1	71,6	49,7	2,0	613,1	1890
91	33,6	9,4	27,4	33,3	69,4	96,0	97,8	40,8	26,6	20,3	48,4	62,6	565,6	91
92	57,3	54,8	17,1	33,7	38,7	62,1	43,3	58,0	73,0	75,4	11,7	30,2	555,3	92
93	58,2	44,1	24,4	1,1	69,5	39,1	79,8	25,3	59,2	68,9	49,3	20,1	539,0	93
94	17,6	33,7	35,0	68,1	58,2	60,2	96,8	53,3	71,5	110,2	9,9	40,2	654,7	94
95	61,8	24,8	42,9	25,9	92,4	65,2	37,9	59,8	14,3	43,5	72,0	88,4	628,9	95
96	36,7	8,5	55,3	58,8	36,0	181,2	88,1	58,1	70,3	58,3	15,3	28,3	694,9	96
97	28,8	67,5	45,2	36,7	89,7	80,0	90,4	87,2	88,8	15,1	9,2	21,7	660,3	97
98	16,6	44,7	46,4	55,6	70,2	88,5	69,0	35,4	9,8	44,0	39,7	23,5	543,4	98
99	44,2	14,3	8,6	70,8	49,7	32,9	25,5	26,6	77,0	12,9	19,7	32,3	414,5	99
1900	90,5	50,4	35,7	30,2	78,7	67,3	72,0	39,0	42,0	49,4	23,6	46,6	635,4	1900
Mittel	35,99	32,00	38,33	38,81	62,37	73,08	76,38	57,08	50,86	57,16	37,73	46,24	606,13	Mittel

11. Monats- und Jahressummen der Niederschläge in Millimetern,
gemessen von der meteorologischen Station Altenfurth 325 m \pm N.N.
im Nürnberger Reichswald
in den 16 Jahren 1868 mit 1883,

nach Mitteilung der forstlichen Versuchsanstalt an der Kgl. Universität München.

Jahr der Beobachtung	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahressumme	Jahr der Beobachtung
1868	48,9	42,2	60,9	76,2	24,2	67,3	56,3	37,5	42,0	53,5	90,7	70,1	669,8	1868
69	28,9	27,2	32,6	41,3	97,7	67,6	20,9	69,9	51,2	65,9	122,1	67,4	692,7	69
1870	31,1	9,8	53,2	20,8	36,3	56,3	40,4	230,1	59,1	47,2	74,8	66,6	725,7	1870
71	18,0	34,6	20,7	104,3	31,2	171,0	79,5	59,5	11,3	63,0	22,4	8,8	624,3	71
72	19,5	28,9	35,7	20,9	163,3	122,5	15,2	98,5	21,3	40,5	63,0	74,6	703,9	72
73	13,4	57,6	56,6	50,8	48,2	99,3	65,3	51,0	94,0	41,9	28,2	36,0	642,3	73
74	11,9	18,4	33,4	35,6	124,0	102,4	43,0	56,7	32,1	13,5	69,4	70,7	611,1	74
75	82,7	19,5	39,9	18,1	66,0	131,6	74,9	43,0	65,4	45,3	102,9	73,3	762,6	75
76	24,2	92,4	74,7	13,3	31,9	67,3	69,3	50,0	94,7	29,6	60,5	38,6	646,5	76
77	51,3	83,6	56,1	34,5	69,7	64,4	95,5	63,5	76,1	23,9	44,1	91,6	759,3	77
78	62,0	35,0	65,2	28,8	138,4	81,2	89,6	59,3	68,7	41,5	32,1	48,4	750,2	78
79	26,7	68,4	11,5	46,4	79,6	65,1	74,5	48,7	59,2	38,9	41,7	52,0	612,7	79
1880	62,6	22,4	8,9	41,0	33,4	81,0	76,7	87,3	66,4	145,5	32,3	111,0	768,5	1880
81	12,3	24,4	76,9	49,6	36,2	137,7	62,4	107,0	53,2	41,6	24,7	28,5	654,5	81
82	17,0	15,4	19,6	57,0	58,8	77,6	166,2	107,1	64,5	79,7	116,6	83,8	863,3	82
83	35,6	19,2	45,6	21,0	57,7	77,9	110,9	33,0	72,7	-49,1	38,8	74,7	636,2	83
Mittel	34,1	37,4	43,2	41,2	68,5	91,9	71,3	75,1	58,2	51,6	60,3	62,3	695,1	Mittel

12. Jahressummen der Niederschläge in Millimetern
an den Stationen im Gebiete des Ludwig-Kanales,
nach den Veröffentlichungen des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus in München.

Jahr der Beobach- tung	Donau-		Main-Regnitz-Gebiet																
	Sulz	Laber	Vordere Schwarzach		Pegnitz								Schwabach		Wiesent			Bamberg bei der Mündun- der Regnitz in den Main	
	Pollanten	Dafswang	Wendelstein	¹⁾ Pfeffertshofen	²⁾ Nürnberg	²⁾ Krämersweiher	²⁾ Ursprung	Pommelsbrunn	Haid	²⁾ Berneck	Fischstein	⁴⁾ Heinersreuth	²⁾ Erlangen	Gräfenberg	Schönfeld	Königsfeld	Gölsweinstein		
	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.	m über N. N.		m über N. N.
1899	522,7	653,3	—	799,8	414,5 478,7	661,2	692,4	—	—	526,9	—	688,7	714,5	—	—	706,5	—		—
1900	734,5	750,8	—	913,1	636,4 695,4	831,6	816,3	800,2	759,5	570,9	—	805,2	913,4	966,8	847,4	842,2	—	—	663,4
1901	660,0	684,4	695,9	953,7	602,4 631,3	852,8	895,9	785,9	847,2	772,8	635,7	842,2	700,0	1182,2	861,6	849,6	1085,6	—	777,8

¹⁾ Die Station Pfeffertshofen liegt im Gebiet der Schwarzen Laber (Donau-Gebiet) am östlichen Rand des Gebietes der Pilsach und also an der Grenze der Donau-Main-Wasserscheide.

²⁾ Stationen von der meteorologischen Zentralstation München eingerichtet, die übrigen vom Hydrotechnischen Bureau in München.

³⁾ Die mit umfahrenden Zahlen beziehen sich auf die Beobachtungen der Station Nürnberg im Gebäude der Feuerwache mit 311 m + N.N., die darüber stehenden Zahlen auf die Beobachtungen der Station Nürnberg im städtischen Krankenhause 315 m + N.N.

⁴⁾ Heinersreuth liegt im Gebiete der Naab (Donau-Gebiet) nahe der Grenze zwischen diesem Gebiet und der Pegnitz.

13. Speisewasser-Zuflüsse zum Ludwig-Kanal von der 24. bis zur 98. Haltung.

Mittlerer jährlicher Zufluss in Sekunden-Litern

für die Trocken-Periode 1862—1866, sodann für das mittelmässige Jahr 1875 und für das wasserreiche Jahr 1878.

Jahr der Beobach- tung	Aus den Flussgebieten der Donau								Aus den Flussgebieten des Mains																	Gesamt- menge der Zuflüsse		
	die Sulz und Nebenflüsse der Sulz								Nebenflüsse der vorderen Schwarzach							Nebenflüsse der Rednitz						Nebenflüsse der Pegnitz		Reg-nitz			Nebenflüsse der Regnitz	
	Zufluss in die Haltung Nr. 24							30	32/33 Scheitelhaltung					64	71	73	74	76	77	78	81		91. Haltung		98			
	Einlaufs unterhalb Rappersdorf	Einlaufs oberhalb Rappersdorf	Po-lander Bach	Grasbauern Holz-bächl	Enten-bach	Link-seitiger Hinter-graben oberh. Schl. Nr. 25	Sulz	Greisel-bach	Woffenbach rechts links in der Richtung von Kelheim nach Bamberg		Einlaufs am Kanal-hafen	Schwar-zach-Leit-graben	Kolbe-brun-ner-bach	Hans-heimer	Ketten-bacher	Gauchs-bach	Kloster-bach	Brun-nen-bach	Schwarz-lach	Git-bitzen-hofer	Sand-reuther	Stein-bühler	Schil-lings-graben	Thoner Land-graben	Reg-nitz		Schlan-gen-bach	Am-ling-städter Bach
																				Leitgraben								
1862	2,2	2,7	4,1	1,8	8,7	6,0	53	6,6	11,0	85	1,5	243	29,0	21	71	53	6	5,7	5,0	8,5	4,1	26,0	23	3,2	365	72	—	1118
1863	2,0	3,4	3,6	2,8	4,3	5,5	90	6,1	5,1	66	1,0	241	16,0	17	58	38	18	3,4	4,6	1,3	3,6	7,6	22	2,9	394	12	15	1044
1864	1,4	2,3	2,9	1,7	1,1	6,0	49	3,8	4,1	40	0,8	237	5,2	11	39	33	16	0,7	2,7	0,9	3,6	2,8	35	1,6	406	3	—	911
1865	0,9	1,0	1,4	0,8	0,5	5,0	39	3,8	4,2	44	0,6	199	5,0	15	39	33	13	1,6	1,7	1,2	1,4	4,8	30	1,6	390	15	—	852
1866	3,9	4,1	4,4	2,0	1,0	9,0	7	4,9	2,4	55	0,8	234	3,2	21	65	38	14	2,0	4,0	1,1	1,5	1,3	33	1,3	361	—	—	875
Mittel	2,1	2,7	3,3	1,8	3,1	6,3	48	5,0	5,4	58	0,9	231	11,7	17	54	39	13	2,7	3,6	2,6	2,8	8,5	29	2,1	383	20	3	960
1875	4,0	4,1	4,1	4,1	0,3	8,7	8	5,5	8,9	89	2,4	304	2,4	22	64	52	14	4,2	2,9	5,5	4,0	8,6	19	3,2	386	24	29	1084
1878	4,1	3,3	4,5	6,0	5,2	15,0	—	1,1	14,0	261	5,6	421	8,2	28	79	72	5,7	5,5	2,2	7,0	6,8	32,0	36	3,6	315	59	—	1401

14. Wasserführung der Zuflüsse zur Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales.

Jahr der Beobachtung	Mittlerer jährlicher Zufluss in Sekunden-Litern							zusammen
	Woffenbach		Einlaß am Kanalhafen	Schwarzach- Leitgraben	Kolbe- brunner- bach	Hausheimer	Ketten- bacher	
	rechts	links				Leitgraben		
1859	6,1	64	2,1	342	17,0	40	83	554
1860	12,0	97	3,3	396	25,0	52	97	682
1	8,4	89	1,5	301	24,0	24	87	535
2	11,0	85	1,5	243	29,0	21	71	462
3	5,1	66	1,0	241	16,0	17	58	404
4	4,1	40	0,8	237	5,2	11	39	337
5	4,2	44	0,6	199	5,0	15	39	307
6	2,4	55	0,8	234	3,2	21	65	381
7	3,9	110	2,1	370	14,0	10	101	611
8	2,5	68	1,0	340	15,0	15	87	529
9	5,1	48	1,2	371	12,0	21	79	537
1870	5,8	80	2,0	392	11,0	29	91	611
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	6,5	46	1,3	259	6,9	19	71	410
3	3,9	59	1,9	337	14,0	28	95	539
4	8,9	74	1,6	263	2,6	18	67	435
5	8,9	89	2,4	304	2,4	22	64	493
6	9,9	117	1,6	302	5,9	19	63	518
7	11,0	191	1,5	294	6,5	24	64	592
8	14,0	261	5,6	421	8,2	28	79	817
9	10,0	260	6,3	357	8,2	29	77	747
1880	—	—	—	—	—	—	—	—
1	9,0	197	2,4	321	6,6	29	78	643
2	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	69	—	295	—	25	81	—
5	—	68	—	303	—	19	75	—
6	—	66	—	268	—	21	67	—
7	—	45	—	217	—	29	56	—
8	—	121	—	321	—	32	53	—
9	—	67	—	371	—	43	39	—
1890	—	173	—	323	—	53	37	—
1891	—	112	—	270	—	36	115	—
Mittel aus 17 Jahren der Periode 1860/78	7,2	91	1,7	301	11,0	21	72	505
Mittel aus 26 Jahren der Periode 1860/91	—	100	—	301	—	25	71	—

Bemerkung: Die schräg gedruckten Zahlen wurden bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt, da die Beobachtungen in den betreffenden Jahren nicht vollständig sind.

15. Zufluss aus der Regnitz nach der 91. Haltung des Ludwig-Kanales.

Jahr der Beobachtung	Mittlerer Zufluss in Sek.-Litern		Größter Zufluss während des Jahres	
	Mittlerer jährlicher Zufluss berechnet für 365 Tage im Jahr	berechnet nur für die Anzahl der Tage, an denen der Zulauf geöffnet war	Zeit der Beobachtung	Zufluss in Litern pro Sekunde
1859	401	471	19.—30. XI.	975
1860	396	424	7.—13. X.	975
1	380	388	1.—13. IV.	689
2	365	407	5.—11. IV.	689
3	394	418	15.—21. II.	975
4	406	406	4.—10. X.	654
5	390	415	22. IV. — 5. V.	689
6	361	361	8.—14. IX.	716
7	410	451	8.—14. X.	919
8	435	435	15.—21. IX.	797
9	434	434	22.—28. II.	1172
1870	346	405	15.—21. IV.	689
1	143	215	1.—7. XI.	689
2	462	528	8.—14. VI.	2432
3	467	477	8.—14. VII.	4428
4	442	461	15.—21. III.	947
5	386	386	1.—7. XI.	1396
6	378	403	22.—31. XII.	1012
7	525	548	22.—30. XI.	1238
1878	315	344	15.—21. XI.	662
Mittel aus 17 Jahren der Periode 1860/78	409	429	Mittel aus 17 Jahren der Periode 1860/78	1199

Bemerkung: Die schräg gedruckten Zahlen wurden bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt, da die Beobachtungen in den betreffenden Jahren nicht vollständig sind.

16. Gesamter Zufluss zum Ludwig-Kanal von der 24. bis zur 98. Haltung.

Jahr der Beobachtung	Mittlerer jährlicher Zufluss in Sekunden-Litern		
	im ganzen ohne die 3 Leitgräben der Scheitelhaltung	Zufluss der 3 Leitgräben der Scheitelhaltung	gesamter Zufluss
1859	676	465	1141
1860	766	545	1311
1	689	412	1101
2	783	335	1118
3	728	316	1044
4	624	287	911
5	599	253	852
6	555	320	875
7	622	481	1103
8	726	442	1168
9	757	471	1228
1870	555	512	1067
1	—	—	—
2	661	349	1010
3	720	460	1180
4	655	348	1003
5	694	390	1084
6	750	384	1134
7	945	382	1327
1878	873	528	1401
Mittel aus 17 Jahren der Periode 1860/78	715	394	1109

Bemerkung: Die schräg gedruckten Zahlen wurden bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt, da die Beobachtungen in den betreffenden Jahren nicht vollständig sind.

17. Mittlere Wasserführung
des linkseitigen Woffenbachs nach der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales
in Sekunden-Litern für jede Woche
der 5 Jahre 1862—1866.

Nummer der Woche	Zufluss aus dem linkseitigen Woffenbach in die Scheitelhaltung						Nummer der Woche	Zufluss aus dem linkseitigen Woffenbach in die Scheitelhaltung							
	in den Jahren					im Mittel		in den Jahren					im Mittel		
	1862	1863	1864	1865	1866			1862	1863	1864	1865	1866			
1	157	79	30	3	3	54	Winter	27	61	14	73	3	40	38	Sommer
2	317	112	22	22	14	97		28	85	22	85	—	14	41	
3	50	189	3	85	157	97		29	22	22	85	—	8	27	
4	709	173	61	379	40	272		30	14	3	73	—	3	19	
5	511	142	4	357	73	217		31	30	—	30	—	22	16	
6	98	142	4	173	243	132		32	22	—	8	3	14	9	
7	85	85	85	14	157	85		33	73	—	3	—	30	21	
8	98	73	30	14	173	78		34	61	—	8	8	8	17	
9	134	73	85	112	85	98		35	30	—	8	3	14	11	
10	85	85	173	40	30	83	36	50	—	8	—	8	13	Herbst	
11	73	126	85	22	40	69	37	14	3	14	—	8	8		
12	85	85	73	14	40	59	38	8	22	14	—	22	13		
13	90	173	98	14	157	106	39	14	14	8	—	3	8		
14	61	73	242	206	112	139	40	14	14	3	—	3	7		
15	61	61	61	414	30	125	41	22	14	3	—	3	8		
16	73	73	40	142	30	72	42	50	14	8	—	3	15		
17	61	98	22	22	14	43	43	50	8	14	3	3	16		
18	14	85	50	8	30	37	44	30	61	8	8	3	22		
19	22	30	61	8	14	27	45	40	112	14	22	8	39		
20	85	61	30	14	14	41	46	30	50	22	14	14	26		
21	40	73	8	14	7	28	47	30	50	30	22	40	35		
22	14	30	14	8	14	16	48	35	40	30	22	243	74		
23	14	22	22	8	14	16	49	30	85	22	22	40	40		
24	22	98	50	8	7	37	50	126	112	22	8	357	125		
25	50	189	61	3	7	62	51	98	112	14	14	189	85		
26	66	40	61	—	3	34	52	206	173	—	8	243	126		
							im Mittel	85	66	40	44	55	58	Winter	

18. Mittlere Wasserführung
des Schwarzach-Leitgrabens nach der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales
in Sekunden-Litern für jede Woche
der 5 Jahre 1862—1866.

Nummer der Woche	Zufluss aus dem Schwarzach-Leitgraben in die Scheitelhaltung						Nummer der Woche	Zufluss aus dem Schwarzach-Leitgraben in die Scheitelhaltung							
	in den Jahren					im Mittel		in den Jahren					im Mittel		
	1862	1863	1864	1865	1866			1862	1863	1864	1865	1866			
1	623	290	438	137	181	334	Winter	27	183	140	345	119	163	190	Sommer
2	237	266	315	345	259	284		28	210	140	290	100	169	182	
3	666	411	309	237	571	439		29	135	130	277	84	121	149	
4	441	571	380	418	235	409		30	140	127	219	140	121	149	
5	282	628	317	392	290	382		31	210	103	185	133	148	156	
6	770	515	315	301	424	465		32	196	95	163	165	163	156	
7	290	343	474	301	354	352		33	206	105	161	130	187	158	
8	271	295	285	204	386	288		34	159	111	181	202	146	160	
9	256	262	395	453	275	328		35	198	114	171	137	157	155	
10	256	290	351	183	198	256		36	185	130	179	148	165	161	
11	229	312	262	179	246	246	37	155	132	210	122	154	154		
12	241	253	271	163	202	226	38	155	173	177	113	200	163		
13	241	323	292	177	312	269	39	159	141	167	105	157	146		
14	183	235	343	405	282	290	40	159	161	161	109	145	147		
15	198	232	241	738	229	328	41	196	167	181	113	148	161		
16	206	237	191	421	189	249	42	241	167	196	117	155	175		
17	171	206	167	266	171	196	43	200	181	191	167	143	176		
18	146	202	211	215	251	205	44	194	282	210	154	130	194		
19	173	159	194	138	169	167	45	206	334	179	196	145	212		
20	253	189	165	177	165	190	46	171	234	177	169	154	181		
21	171	165	148	152	167	161	47	169	223	200	210	226	206		
22	171	129	171	145	179	159	48	282	191	187	187	424	254		
23	163	140	198	145	189	167	49	282	285	210	161	348	257		
24	312	269	323	121	140	233	50	329	392	196	150	666	247		
25	239	345	234	113	137	214	51	235	329	137	154	571	285		
26	239	198	266	113	129	189	52	253	467	137	150	424	286		
							im Mittel	243	241	237	199	234	231		

19. Mittlere monatliche und jährliche Abflussmengen in Sekunden-Litern aus dem 33 qkm großen Gebiet der Pilsach, gemessen in der Verteilungsschleuse beim Beginn des Schwarzach-Leitgrabens, sodann mittlere monatliche und jährliche Niederschlagshöhen in mm der Station Pfeffertshofen 553 m + N.N. am östlichen Rand des Gebietes der Pilsach nach den Beobachtungen der Jahre 1899, 1900 und 1901.

Monat	1899		1900		1901	
	mittlerer sekundl. Abfluss der Pilsach in Litern	Niederschlags-höhe der Station Pfeffertshofen in mm	mittlerer sekundl. Abfluss der Pilsach in Litern	Niederschlags-höhe der Station Pfeffertshofen in mm	mittlerer sekundl. Abfluss der Pilsach in Litern	Niederschlags-höhe der Station Pfeffertshofen in mm
Januar	429	140,5	735	187,4	390	55,3
Februar	259	32,1	566	66,0	247	52,0
März	243	30,4	738	75,1	708	57,0
April	253	94,4	655	49,4	348	79,5
Mai	317	82,4	314	75,8	271	40,1
Juni	216	37,5	279	66,8	271	83,1
Juli	216	48,7	290	111,2	296	146,3
August	196	79,0	247	44,2	389	118,7
September	255	116,6	238	51,1	293	62,0
Oktober	246	36,1	254	73,2	372	87,6
November	244	38,7	241	31,3	305	88,9
Dezember	260	63,4	416	81,6	385	83,2
im Jahr	261	799,8	415	913,1	358	953,7

20. Monatliche und jährliche Abflussmengen in Mill. cbm aus dem 33 qkm großen Gebiet der Pilsach
 nach den Messungen in der Verteilungsschleuse beim Beginn des Schwarzach-Leitgrabens,
 sodann monatliche und jährliche Niederschlagsmengen in Mill. cbm
 nach den Beobachtungen der Station Pfeffertshofen 553 m + N.N. am östlichen Rand
 des Gebietes der Pilsach
 für die 3 Jahre 1899, 1900 und 1901.

Monat	1899			1900			1901			Im Mittel der 3 Jahre 1899/1901		
	Abfluss- menge der Pilsach	Nieder- schlags- menge nach den Messungen der Station Pfeffert- hofen	Abfluss in Prozenten der Nieder- schlags- menge									
	Mill. cbm			Mill. cbm			Mill. cbm			Mill. cbm		
Januar	1,14	4,64	25	1,97	6,18	32	1,05	1,82	58	1,39	4,21	33
Februar	0,63	1,06	59	1,37	2,18	63	0,60	1,72	35	0,87	1,65	53
März	0,65	1,00	65	1,98	2,48	80	1,90	1,88	101	1,51	1,79	84
April	0,65	3,11	21	1,70	1,63	102	0,91	2,62	35	1,09	2,45	44
Mai	0,85	2,72	31	0,84	2,50	34	0,72	1,32	55	0,80	2,18	37
Juni	0,56	1,24	45	0,73	2,20	33	0,71	2,74	26	0,67	2,06	33
Juli	0,58	1,61	36	0,78	3,67	21	0,79	4,83	16	0,72	3,37	21
August	0,52	2,60	20	0,67	1,46	46	1,04	3,93	26	0,74	2,66	28
September	0,66	3,85	17	0,62	1,69	37	0,76	2,05	37	0,68	2,53	27
Oktober	0,66	1,19	55	0,68	2,42	28	0,99	2,89	34	0,78	2,17	36
November	0,63	1,28	49	0,63	1,03	61	0,79	2,93	27	0,68	1,75	39
Dezember	0,70	2,09	33	1,12	2,69	42	1,03	2,74	38	0,95	2,51	38
zusammen im Jahr	8,23	26,39	31	13,09	30,13	43	11,29	31,47	36	10,88	29,33	37

Die Station Pfeffertshofen 553 m + N. N. liegt im Gebiet der schwarzen Laber (Donau-Gebiet) am östlichen Rand des Gebietes der Pilsach und also an der Grenze der Donau-Main-Wasserscheide. Die Beobachtungen der hoch gelegenen Station ergeben größere Niederschläge, als sie durchschnittlich im ganzen Gebiet der Pilsach gefallen sind. Doch lassen diese Beobachtungen den Gang der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschlagsmengen für das Gebiet der Pilsach im allgemeinen erkennen.

21. Die wichtigsten Abmessungen der projektierten Sammelweiher, sowie deren Kosten und Wasserlieferung.

Die Höhe des normalen Wasserspiegels in den Stauweihern liegt über N.N.: bei Labersricht 436 m, bei Kettenbach 418 m, bei der Bäckermühle 452 m, bei Unterölsbach 414 m und bei Hagenhausen 412 m.

Nummer des Sammelweihers	Der Staudamm liegt bei	Bezeichnung der Zuflüsse in den Sammelweiher	Niederschlagsgebiet des Sammelweihers in qkm	Länge des Staudammes in m	Fläche des Sammelweihers in ha	Mittlere Wassertiefe des Sammelweihers in m	Wassertiefe am Fuße des Staudammes in m	Fassungsraum des Sammelweihers in Mill. cbm		Die Wasserlieferung in Sek.-Litern berechnet für						Länge des Leitgrabens in m	Kosten des Leitgrabens in Mark	Kosten des Sammelweihers samt Leitgraben in Mark	Kosten eines 8.-L. Wasser berechnet für ein aufsergewöhnlich trockenes Jahr, für 270 Betriebstage und nach Abzug von 20% Verlust für Versickerung und Verdunstung in Mark	Wasserlieferung in einem aufsergewöhnlich trockenen Jahr während 270 Betriebstage und nach Abzug von 20% Verlust durch Versickerung und Verdunstung		Kosten des Sammelweihers ohne die Kosten für die Leitgräben in Mark	Baukosten für 1 cbm gestautes Wasser ohne die Kosten für die Leitgräben in Pfennig
								im ganzen	für Ausgleich der 5 Jahre 1862/66 bei Nr. 1, 2, 4 u. 5; bei Nr. 3 für Jahres-Ausgleich 1864/65	ein aufsergewöhnlich trockenes Jahr			für ein mittleres Jahr							in Mark	in Pfennig pro cbm		
										an 365 Tagen im Jahr	während der Schifffahrtsperiode: 270 Tage im Jahr		an 365 Tagen im Jahr	während der Schifffahrtsperiode: 270 Tage im Jahr									
											ohne Abzug	mit 20% Abzug bei Nr. 1, 2, 4 u. 5		ohne Abzug	mit 20% Abzug								
1	Labersricht	{ Pilsach und Ottersauerbach }	41	1200	182,5	8,1	18,0	15,0	10,0	353	477	382	545	737	590	2850	115 640	3 176 500	8 315	8,911	34,6	3 060 860	20,4
2	Kettenbach	{ Gruberbach mit Kettenbach und Hausheimerbach }	15	720	76,0	6,6	17,0	5,0	3,7	129	174	139	199	269	215	—	—	817 300	5 880	3,243	25,2	817 300	16,3
3	Bäckermühle	{ Deininger Laber mit Fischbach }	63	435	126,0	5,2	15,0	6,5	6,5	416	562	562	838	1133	906	4300 einschliesslich eines 1350 m langen Stollens	966 100	2 791 000	4 966	13,110	21,3	1 824 900	28,1
4	Unterölsbach	{ Rohrenstädterbach }	16	600	46,1	9,8	20,0	4,5	3,9	138	187	150	213	288	230	3000*)	82 050	1 147 550	7 650	3,499	32,8	1 065 500	23,7
5	Hagenhausen	{ Traunfelder Bach u. Raschbach }	29	730	133,0	10,2	25,0	13,5	7,1	249	337	270	386	522	418		147 690	2 402 590	8 921	6,299	38,1	2 254 900	16,7
Summen und mittlere Werte für die Kosten der sekundlichen Wasserlieferung			164					44,5	31,2				1503		2359		1 311 480	10 334 940	6 877	35,062	29,4	9 023 460	20,3
ohne die Angaben für den Sammelweiher bei der Bäckermühle			101					38,0	24,7				941		1453		245 380	7 543 940	8 017	21,952	34,4	7 198 560	18,9

*) Das Wasser aus den Sammelweiern bei Unterölsbach und Hagenhausen wird in die vordere Schwarzach eingelassen, läuft in diesem Flüschen bis gegen Burgthann und von da mittels eines 3 km langen Leitgrabens zum neuen Kanal in die Haltung zwischen der Querbahn bei Ochenbruck und der Längsbahn bei Worzeldorf. Die Kosten des Leitgrabens betragen 229 740 Mark und sind den Kosten für die Sammelweiher bei Unterölsbach und Hagenhausen im Verhältnis ihrer Wasserlieferung zugeschlagen.

22. Übersicht der Schiffe, welche, von dem Rhein kommend, nach dem Main durchgegangen sind, desgleichen der Schiffe, welche, nach dem Rhein gehend, von dem Main durchgegangen sind und zwar nach den Aufzeichnungen für die Schleuse im Main bei Kostheim in den 4 Jahren 1897—1900.

Nach Tabelle Vb und VIb in den Jahresberichten der Zentral-Kommission für die Rheinschifffahrt.

Jahr	Zu Berg oder zu Tal	Dampfschiffe								Segelschiffe						Gesamt- zahl der durch- ge- gangenen Schiffe	Gesamte Trag- fähigkeit der Güterschiffe und Segelschiffe in Tonnen	Gesamt- gewicht der durch- gegangenen Güter in Tonnen	Ladung pro Schiff in Tonnen	Anzahl der Transport- schiffe (Dampf- schiffe und Segel- schiffe)	Trag- fähigkeit pro Trans- port- schiff in Tonnen	La- dung pro Trans- port- schiff	La- dung in % der Trag- fähig- keit	Anzahl der Transport- schiffe im Verhältnis der gesamten Anzahl der durch die Schleuse gegangenen Schiffe	
		Per- sonen- schiffe	Schlep- per	Tau- (Ketten-) Schiffe	Güterschiffe				leer	be- laden	Tragfähigkeit in Tonnen		Ladung												
					leer	be- laden	Tragfähigkeit in Tonnen				Ladung														
							im ganzen	pro Schiff			im ganzen in Tonnen	in % der Trag- fähig- keit	im ganzen	pro Schiff	im ganzen										in % der Trag- fähig- keit
1897	Zu Berg	vom Rhein zum Main:																							
		56	1 813	5	2	121	41 335	336	18 719	45	869	2 430	1 221 219	370	1 007 147	82	5 296	1 262 554	1 025 866	194	3 422	369	300	81	65
	Zu Tal	vom Main zum Rhein:																							
	54	1 817	5	3	120	40 041	326	7 729	19	1 842	1 401	1 244 147	382	315 851	25	5 242	1 284 188	323 580	62	3 366	382	96	25	64	
	zusammen	110	3 630	10	5	241	81 376	331	26 448	32	2 711	3 831	2 465 366	377	1 322 998	54	10 538	2 546 742	1 349 446	128	6 788	375	199	53	64
1898	Zu Berg	vom Rhein zum Main:																							
		102	2 208	5	9	173	71 723	394	27 677	39	758	3 401	1 810 891	435	1 250 534	69	6 656	1 882 614	1 278 211	192	4 341	434	294	68	65
	Zu Tal	vom Main zum Rhein:																							
	100	2 185	4	8	173	71 445	395	11 384	16	2 630	1 505	1 800 064	435	350 667	19	6 605	1 871 509	362 051	55	4 316	434	84	19	65	
	zusammen	202	4 393	9	17	346	143 168	394	39 061	27	3 388	4 906	3 610 955	435	1 601 201	44	13 261	3 754 123	1 640 262	124	8 657	434	189	44	65
1899	Zu Berg	vom Rhein zum Main:																							
		78	2 195	1	10	159	74 861	443	29 541	39	821	3 987	1 864 028	388	1 308 442	70	7 251	1 938 889	1 337 983	185	4 977	390	269	69	69
	Zu Tal	vom Main zum Rhein:																							
	73	2 197	1	1	162	72 225	443	11 206	16	3 160	1 628	1 840 879	384	375 124	20	7 222	1 913 104	386 330	53	4 951	386	78	22	69	
	zusammen	151	4 392	2	11	321	147 086	443	40 747	28	3 981	5 615	3 704 907	386	1 683 566	45	14 473	3 851 993	1 724 313	118	9 928	388	174	45	69
1900	Zu Berg	vom Rhein zum Main:																							
		68	2 693	6	8	145	67 184	439	28 014	42	789	5 220	2 208 452	368	1 597 593	72	8 929	2 275 636	1 625 607	182	6 162	369	264	72	69
	Zu Tal	vom Main zum Rhein:																							
	69	2 645	7	12	144	68 334	438	9 137	13	4 241	1 640	2 148 457	365	397 629	19	8 758	2 216 791	406 766	46	6 037	367	67	18	69	
	zusammen	137	5 338	13	20	289	135 518	438	37 151	27	5 030	6 860	4 356 909	367	1 995 222	46	17 687	4 492 427	2 032 373	115	12 199	368	167	45	69

23. Verkehr der Schiffe der Aktiengesellschaft »Mainkette«
nach den Stationen des kanalisiertens Mains
zwischen Mainz und Frankfurt in den 4 Jahren 1897—1900.

Nach den Jahresberichten der Zentral-Kommission für die Rheinschiffahrt.

Jahr	Zu Berg oder zu Tal	Mainfahrzeuge						Rheinfahrzeuge					
		leer	beladen	Tragfähigkeit in Tonnen		Ladung		leer	beladen	Tragfähigkeit in Tonnen		Ladung	
				im ganzen	pro Schiff	im ganzen in Tonnen	in % der Trag- fähig- keit			im ganzen	pro Schiff	im ganzen in Tonnen	in % der Trag- fähig- keit
1897	Zu Berg	von Mainz ab:											
		250	139	30 323	78	8 954	30	9	284	216 667	739	168 031	78
	Zu Tal	von Frankfurt a. M. ab:											
	69	61	16 778	129	4 890	29	140	68	150 598	724	23 530	16	
	zusammen	319	200	47 101	91	13 844	30	149	352	367 265	733	191 561	52
1898	Zu Berg	von Mainz ab:											
		132	119	26 452	105	9 070	34	5	390	297 746	754	213 465	72
	Zu Tal	von Frankfurt a. M. ab:											
	63	32	9 372	99	2 865	31	195	82	205 647	742	32 256	16	
	zusammen	195	151	35 824	104	11 935	33	200	472	503 393	749	245 721	49
1899	Zu Berg	von Mainz ab:											
		121	72	21 789	112	6 512	30	21	324	278 165	806	182 525	66
	Zu Tal	von Frankfurt a. M. ab:											
	37	35	8 821	122	2 905	33	143	107	182 887	732	25 824	14	
	zusammen	158	107	30 610	116	9 417	31	164	431	461 052	775	208 349	46
1900	Zu Berg	von Mainz ab:											
		185	167	35 161	100	12 314	35	21	500	404 596	777	295 235	73
	Zu Tal	von Frankfurt a. M. ab:											
	72	59	13 370	102	4 345	32	319	116	339 944	781	41 948	12	
	zusammen	257	226	48 531	101	16 659	34	340	616	744 540	779	337 183	45

24. Übersicht der Schiffe, welche im Jahre 1900 in den Rheinhäfen Ludwigshafen, Mannheim und Köln angekommen und abgegangen sind.

Nach Tabelle Va und VIa in den Jahresberichten der Zentral-Kommission für die Rheinschiffahrt.

Zu Berg oder zu Tal	Dampfschiffe									Segelschiffe				Gesamt- zahl der durchge- gangenen Güter- schiffe	Gesamte Tragfähigkeit der Güterschiffe und Segelschiffe in Tonnen	Gesamt- gewicht der durch- gegangenen Güter in Tonnen	Ladung in % der Trag- fähigkeit der Schiffe	Ladung pro Schiff in Tonnen		
	Per- sonen- schiffe	Schlepper	Tau- (Ketten-) Schiffe	Güterschiffe						leer	beladen	Tragfähigkeit in Tonnen							Ladung	
				leer	beladen	Tragfähigkeit in Tonnen		Ladung				im ganzen	pro Schiff						im ganzen in Tonnen	in % der Trag- fähig- keit
Ludwigshafen a. Rh. angekommen																				
zu Berg	—	1 480	—	95	1 202	421 164	—	24 588	—	405	3 537	3 661 445	—	1 429 042	—	5 239	4 082 609	1 453 630	—	—
zu Tal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 213	50 995	—	48 918	—	1 213	50 995	48 918	—	—
zusammen angekommen	—	1 480	—	95	1 202	421 164	324	24 588	6	405	4 750	3 712 440	720	1 477 960	40	6 452	4 133 604	1 502 548	36	233
abgegangen																				
zu Berg	—	86	—	1	3	1 813	—	58	—	1 233	106	151 749	—	11 827	—	1 343	153 562	11 885	—	—
zu Tal	—	1 397	—	177	1 121	421 457	—	33 500	—	2 861	1 010	3 587 411	—	229 178	—	5 169	4 008 868	262 678	—	—
zusammen abgegangen	—	1 483	—	178	1 124	423 270	325	33 558	8	4 094	1 116	3 739 160	718	242 005	6	6 512	4 162 430	274 563	7	42
Im ganzen	—	2 963	—	273	2 326	844 434	325	58 146	7	4 499	5 866	7 451 600	719	1 719 965	23	12 964	8 296 034	1 777 111	21	137
Mannheim																				
angekommen																				
zu Berg	783	1 650	—	—	579	448 874	—	119 730	—	—	7 565	6 844 355	—	3 797 107	—	8 144	7 293 229	3 916 837	—	—
zu Tal	—	125	—	3	20	8 128	—	147	—	—	6 336	394 875	—	320 968	—	6 359	403 003	321 115	—	—
zusammen angekommen	783	1 775	—	3	599	457 002	759	119 877	26	—	13 901	7 239 230	521	4 118 075	57	14 503	7 696 232	4 237 952	55	294
abgegangen																				
zu Berg	—	125	—	—	23	8 128	—	2 571	—	6 094	242	394 875	—	82 523	—	6 359	403 003	86 094	—	—
zu Tal	783	1 650	—	18	561	448 874	—	94 936	—	5 952	1 613	6 844 355	—	434 453	—	8 144	7 293 229	529 389	—	—
zusammen abgegangen	783	1 775	—	18	584	457 002	759	97 507	21	12 046	1 855	7 239 230	521	516 976	7	14 503	7 696 232	615 483	8	42
Im ganzen	1 566	3 550	—	21	1 183	914 004	759	217 384	24	12 046	15 756	14 478 460	521	4 635 051	32	29 006	15 392 464	4 853 435	32	167
Köln																				
angekommen																				
zu Berg	620	—	—	—	742	378 751	—	82 254	—	—	1 076	412 440	—	316 331	—	1 818	791 191	398 585	—	—
zu Tal	1 721	—	—	—	738	352 551	—	62 970	—	—	946	251 687	—	130 006	—	1 684	604 238	192 976	—	—
zusammen angekommen	2 341	—	—	—	1 480	731 302	494	145 224	20	—	2 022	664 127	328	446 337	68	3 502	1 395 429	591 561	42	169
abgegangen																				
zu Berg	2 226	—	—	—	851	120 162	—	75 500	—	—	276	96 471	—	60 223	—	1 127	216 633	135 723	—	—
zu Tal	779	—	—	—	1 141	121 737	—	66 142	—	—	370	95 273	—	64 935	—	1 511	217 010	131 077	—	—
zusammen abgegangen	3 005	—	—	—	1 992	241 899	121	141 642	59	—	646	191 744	297	125 158	65	2 638	433 643	266 800	61	101
Im ganzen	5 346	—	—	—	3 472	973 201	280	286 866	29	—	2 668	855 871	321	571 495	67	6 140	1 829 072	858 361	47	90

25. Normale Kosten der wichtigsten Bauarbeiten für einen neuen Donau-Main-Kanal. 600 Tonnen-Wasserstrafse.

Bezeichnung der Bauarbeiten	Einheitspreis in Mark	Bezeichnung der Bauarbeiten	Einheitspreis in Mark
Dichtung des Kanalbettes.		Eingleisige Hauptbahnen, Art der Konstruktion wie voraus:	
Einheitspreis berechnet für den lfd. m Kanal.		mit einer Stützweite von	38 m 41 000
0,5 m starker Tonschlag und 0,5 m starke Sand- und Geröllüberdeckung in Dämmen	70	» » » »	40 » 44 000
0,3 m starker Tonschlag und 0,5 m starke Sand- und Geröllüberdeckung:		» » » »	42 » 47 000
in Einschnitten mit ungebundenem Material	80	» » » »	45 » 52 000
in Einschnitten mit gebundenem Material	130	» » » »	48 » 58 000
Einschlämmen von Ton	10	» » » »	80 » 140 000
Unterführungen von Strafsen.¹⁾		Überbrückungen des Unterhauptes einer 8,6 m weiten Kammerschleuse.	
Einheitspreis berechnet für den lfd. m Unterführung.		Einheitspreis berechnet für das Stück.	
Feldwege, 4,0 m weit und 4,0 m hoch:		Eiserne Balkenbrücke mit 12,4 m Stützweite.	
ohne Pfahlrost	680	Feldwege mit 3,5 m Lichtweite zwischen den Geländern, Fahrbahn mit Bohlenbelag	
mit Pfahlrost	800		
Hauptstraßen, 8,0 m weit und 4,85 m hoch:		Ortsverbindungswege und Distriktsstraßen, 5,0 m Lichtweite zwischen den Geländern, beschottert:	
ohne Pfahlrost	1 300	ohne Fußwege	
mit Pfahlrost	1 450	mit beiderseits je 1,0 m breiten Fußwegen	
Überführungen von Strafsen und Eisenbahnen auf freier Strecke.²⁾		Staatsstraßen bei schwächerem Verkehr, 5,0 m Fahrbahnbreite, beiderseits 1,5 m breite Fußwege, beschottert.	
Einheitspreis berechnet für das Stück.			
Feldwege, 2 steinerne Widerlager, eisernes Fachwerk mit 38 m Stützweite, 3,5 m Lichtweite zwischen den Geländern, Fahrbahn mit Bohlenbelag	19 000	Staatsstraßen bei stärkerem Verkehr und Strafsen in Städten, 7,0 m Fahrbahnbreite, beiderseits 2,0 m breite Fußwege, beschottert	
Ortverbindungswege und Distriktsstraßen, 5,0 m Lichtweite zwischen den Geländern, Fahrbahn beschottert, im übrigen wie voraus:			
ohne Fußwege	33 000	Sicherheitstore.	
mit beiderseits je 1,0 m breiten Fußwegen	40 000	2 Durchfahrtsöffnungen von je 8,6 m lichter Weite und selbsttätiger Verschlussvorrichtung, für das Stück	
Staatsstraßen bei schwächerem Verkehr, 5,0 m Lichtweite zwischen den Tragwänden, beiderseits auskragende Fußwege von je 1,5 m Breite, im übrigen wie voraus	51 000		
Staatsstraßen bei stärkerem Verkehr und Strafsen in Städten, 7,0 m Lichtweite zwischen den Tragwänden, beiderseits auskragende Fußwege von je 2,0 m Breite, Fahrbahn gepflastert, im übrigen wie voraus	74 000	Kammerschleusen.³⁾	
Lokalbahnen, 2 steinerne Widerlager, eisernes Fachwerk, Fahrbahn zwischen den 4,6 m weit abstehenden Hauptträgern:		Einheitspreis berechnet für das Stück.	
mit einer Stützweite von	37 000	8,6 m Lichtweite in Toren und Kammer, 74,5 m Entfernung zwischen den Toren gemessen in der Achse der Schleuse, um 9,0 m verlängertes Unterhaupt zur Überführung einer Strafe, maschinelle Einrichtung zur Bewegung der Tore, Schützen und Spills:	
» » » »	39 000	bei 3,0 m Gefälle	
» » » »	42 000	bei 4,5 m Gefälle	
» » » »	45 000	bei 6,0 m Gefälle	
» » » »	48 000	Allgemein betragen die Baukosten K bei h m Gefälle: $K = (319\,059 + 6637 h + 2670 h^2)$ Mark.	
		Bemerkung. Die Kosten für die maschinellen Betriebseinrichtungen der Schleusen sind einem Kostenschlag der Firma Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. in Hamburg entnommen.	
		Sparbecken.	
		Einheitspreis berechnet für das Stück.	
		1 Sparbecken zur Ersparung von $\frac{1}{8}$ Schleusenwasser	
		2 Sparbecken zur Ersparung der Hälfte des Schleusenwassers	

¹⁾ Als Länge des Objektes ist die Länge des Fundaments genommen zur Berücksichtigung der Mehrkosten für die Stirnen.

²⁾ Zur Berechnung der normalen Kosten der Überführungen ist der Wasserspiegel des Kanales auf Höhe des natürlichen Geländes angenommen.

Die Kosten für Grunderwerb sind bei Titel I, die Kosten für die Rampen bei Titel V verrechnet, vergl. die nachfolgenden Tabellen 27 und 28.

³⁾ Die Kosten für Grunderwerb bei den Kammerschleusen sind unter Titel I vorgesehen, vergl. die Tabellen 27 und 28.

26. Kosten einzelner, größerer Bauobjekte für den Umbau des Ludwig-Kanales.

Laufende Nummer	Bezeichnung des Bauobjektes	Kosten in Mark
	Die Schiffs-Hebwerke ausgenommen, sind in nachgenannten Kosten solche für Grunderwerbung nicht enthalten. Dieselben sind unter Titel I verrechnet. Vergl. die nachfolgenden Tabellen 27 und 28.	
	Kanalbrücken.	
1	über das Schwarzachtal bei km 90,500, gewölbt, 4 Öffnungen von je 12 m lichter Weite, gesamte Länge 67,0 m	285 000
2	über das Gauchsbachtal bei km 95,700, gewölbt, 7 Öffnungen von je 3,0 m lichter Weite und 2,0 m lichter Höhe, gesamte Länge 46,3 m	212 000
3	über die Pegnitz bei Doos bei km 116,680, ein 30,5 m weit gespanntes Gewölbe mit 4,4 m Pfeilhöhe, gesamte Länge 41,0 m	223 400
4	über die Eisenbahn „Nürnberg—Bamberg“ bei km 129,030, ein 17,2 m weit gespanntes Gewölbe mit 4,0 m Pfeilhöhe, gesamte Länge 44,0 m	147 400
5	über die Schwabach bei Erlangen bei km 133,380, 3 gewölbte Öffnungen mit je 24 qm Durchflußfläche, gesamte Länge 52,0 m	278 300
6	über den Hechtbach bei km 145,350, wie voraus	278 300
7	über den Truppbach bei km 145,650, 4 gewölbte Öffnungen mit je 24 qm Durchflußfläche, gesamte Länge 64,0 m	338 700
8	Flutbrücke zugleich Durchfahrt bei km 146,300, 8,0 m Weite und 4,85 m Höhe, berechnet nach dem Normalanschlag: 70 × 1450 M. + 2500 M. für Graben und Pflaster (hier aufgenommen, weil diese Brücke im Zusammenhang mit der folgenden steht)	104 000
9	über die Wiesent bei km 146,370, 5 gewölbte Öffnungen von je 13 qm Durchflußfläche, gesamte Länge 49,0 m	255 800
10	über den Mühlbach bei Forehheim bei km 146,460, 3 gewölbte Öffnungen mit je 9 qm Durchflußfläche, gesamte Länge 37,0 m	191 600
11	über den Main bei Hallstadt bei km 175,100, 8 gewölbte Öffnungen zu je 17,5 m Lichtweite und 3,0 m Pfeilhöhe, gesamte Länge 193 m	1 040 000
	Eisenbahnbrücke.	
12	Doppelbahn Nürnberg—Regensburg bei Ochenbruck, bei km 91,085, 10,8 m hohe Widerlager, 2 eiserne Fachwerke, 48,0 m Stützweite	207 000
	Schiffs-Hebwerke auf geneigten Ebenen mit Gegengewichtsausgleichung.	
13	Querbahn bei Beilngries km 41,320, Hubhöhe 49,7 m, horizontale Fahrbahnlänge 346 m, Neigung 14,38 ‰, gesamte Kosten	5 960 000
	Hievon treffen auf die Eisenkonstruktion und die Betriebseinrichtungen	3 870 050
14	Querbahn bei Ochenbruck km 89,720, Hubhöhe 59,7 m, horizontale Fahrbahnlänge 317 m, Neigung 18,8 ‰, gesamte Kosten	5 690 000
	Hievon treffen auf die Eisenkonstruktion und die Betriebseinrichtungen	3 718 150
15	Längsbahn bei Worzeldorf zwischen km 103,563 und 104,030, Hubhöhe 28 m, horizontale Fahrbahnlänge 467 m, Neigung 6 ‰, gesamte Kosten	2 990 000
	Hievon treffen auf die Eisenkonstruktion und die Betriebseinrichtungen	1 610 170
	Gesamte Kosten der mechanischen Hebwerke einschließlic Grunderwerbung	14 640 000

Bemerkung: Die oben genannten Kosten für die Eisenkonstruktion und für die Betriebseinrichtungen bei den **Querbahnen** sind einem Anschlag der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals Breitfeld, Daněk & Comp. in Prag-Karolinenthal entnommen. Bei der **Längsbahn** wurden die betreffenden Kosten nach dem Werk von A. Riedler, „Neuere Schiffshebwerke“, Berlin 1897, S. 110/111, berechnet. Der dortigen Kostenberechnung lag ein Entwurf für eine Längsbahn von 50 m Hubhöhe der Firma Haniel & Lueg in Düsseldorf zu Grunde.

27. Kosten für den Umbau des Ludwig-Kanales von Kelheim über Neumarkt und Nürnberg nach Bamberg, ohne Hebewerke, Wasserversorgung und Betriebseinrichtungen.
600 Tonnen-Wasserstrafse.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt bei der Mündung des Ludwig-Kanales in die Donau bei Kelheim Donaukilometer 173,4)		Länge der nebenbezeichneten Teilstrecke in km	Titel I Grunderwerbung für die Anlage des Kanalbettes selbst, einschließlich der Grunderwerbung für die Kammerschleusen			Titel II Erdarbeiten nur für die Anlage des Kanalbettes selbst			Titel III Befestigung der Uferböschungen u. Ziehwege samt Schutz der Kanaldämme gegen Hochwasser			Titel IV Kunstbauten ohne Kammerschleusen und ohne mechanische Hebewerke			Titel V Verlegungen von Strafsen u. Eisenbahnen (ohne die im Kanalkörper liegenden Kunstbauten), sodann Flufskorrekturen			Kosten der Bauarbeiten Titel I mit V	
		von	bis		Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark			
I.	Von der Donau b. Kelheim bis zur Querbahn bei Beilngries	0	41,320	41,320	963 900	23 328	7,0	9 145 600	221 336	66,7	935 500	22 640	6,8	1 765 200	42 720	12,9	910 200	22 028	6,6	13 720 400	332 052
II.	Von der Querbahn bei Beilngries bis zur Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales . .	41,320	62,000	20,680	710 700	34 367	7,5	6 774 500	327 587	71,6	456 100	22 055	4,8	1 281 200	61 954	13,5	245 500	11 871	2,6	9 468 000	457 834
III.	Vom Beginn bis z. Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales	62,000	86,000	24,000	329 400	13 725	4,2	4 684 500	195 188	60,2	495 400	20 642	6,4	2 079 300	86 638	26,7	198 100	8 254	2,5	7 786 700	324 446
IV.	Vom Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales bis zur Querbahn b. Ochenbruck	86,000	89,720	3,720	91 800	24 677	4,9	1 547 800	416 075	82,1	86 500	23 253	4,6	135 700	36 478	7,2	23 000	6 183	1,2	1 884 800	506 667
V.	Von der Querbahn bei Ochenbruck bis zur Längsbahn bei Worzeldorf (Oberwasser)	89,720	103,520	13,800	325 700	23 601	5,8	3 592 900	260 355	64,2	308 700	22 370	5,5	1 175 800	85 203	21,0	198 000	14 348	3,5	5 601 100	405 877
VI.	Von der Längsbahn b. Worzeldorf (Unterwasser) bis nach Gibitzenhof bei der südlichen Grenze d. Stadt Nürnberg ¹⁾	104,040	110,000	5,960	115 800	19 430	6,9	905 300	151 898	54,4	233 100	39 111	14,0	381 600	64 027	23,0	27 500	4 614	1,7	1 663 300	279 076
VII.	Von Gibitzenhof durch Nürnberg bis z. Übergang d. Kanales über die Pegnitz bei Doos	110,000	116,600	6,600	1 702 900	258 015	31,6	1 798 000	272 424	33,3	238 900	36 197	4,4	1 479 000	224 091	27,4	178 900	27 106	3,3	5 397 700	817 833
VIII.	Vom Übergang über die Pegnitz bei Doos bis zum Anschluß an die Main—Wasserstrafse gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg	116,600	177,500	60,900	3 511 400	57 658	12,4	13 726 800	225 399	48,5	2 872 600	47 169	10,2	7 474 200	122 729	26,4	696 000	11 428	2,5	28 281 000	464 384
Zusammen				176,980	7 751 600	43 799	10,5	42 175 400	238 306	57,1	5 626 800	31 793	7,6	15 772 000	88 835	21,4	2 477 200	13 997	3,4	73 803 000	415 792
Hiezu die horizont. Länge der geneigten Ebene bei Worzeldorf samt Ober- und Unterhaupt				520																	
Die ganze Länge des Kanales				177,500																	
																			Kosten der Bauarbeiten Titel I mit V in % der gesamten Baukosten mit 130 Mill. Mark:		56,8

¹⁾ Bei km 110 zweigt die Linie über Graben zur Donau bei Stepperg ab.

28. Kosten eines Schiffahrtskanales von der Donau bei Stepperg über Graben bis zur südlichen Grenze der Stadt Nürnberg, ohne Hebewerke, Wasserversorgung und Betriebseinrichtungen.

600 Tonnen-Wasserstrafse.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donaubettes bei Stepperg (Donaukilometer 103)		Länge der nebenbezeichneten Teilstrecke in km	Titel I Grunderwerbung für die Anlage des Kanalbettes selbst, einschließlich der Grunderwerbung für die Kammerschleusen			Titel II Erdarbeiten nur für die Anlage des Kanalbettes selbst			Titel III Befestigung der Uferböschungen u. Ziehwege samt Schutz der Kanaldämme gegen Hochwasser			Tit. IV Kunstabauten einschl. der Tunnel in der II. Strecke, jedoch ohne Kammerschleusen und ohne mechanische Hebewerke			Titel V Verlegungen von Strafsen u. Eisenbahnen (ohne die im Kanalkörper liegenden Kunstabauten), sodann Flufskorrekturen			Kosten der Bauarbeiten unter Titel I mit V	
		von	bis		Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark
		I.	Von der Donau bei Stepperg bis zur Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein		1,000	23,300	22,300	695 200	31 175	5,9	9 030 900	404 973	76,4	489 100	21 933	4,1	1 450 800	65 058	12,3	153 000	6 861
II.	Von der Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein bis zum Ende des Tunnels der Wasserstrafse bei Dietfurt	23,300	38,000	14,700	721 400	49 075	5,1	4 897 100	333 136	35,0	304 800	20 735	2,2	7 581 700	515 762	54,1	502 500	34 184	3,6	14 007 500	952 891
III.	Vom Ende des Tunnels bei Dietfurt über die Fossa-Karolina bis zum Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) . .	38,000	56,400	18,400	860 600	46 772	10,4	5 184 000	281 739	62,6	574 200	31 207	6,9	1 333 000	72 446	16,1	332 000	18 043	4,0	8 283 800	450 207
IV.	Vom Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) bis zum Hebewerk bei Niedermauk	56,400	66,000	9,600	269 100	28 031	8,3	2 288 500	238 385	70,8	268 400	27 958	8,3	343 300	35 760	10,6	63 300	6 594	2,0	3 232 600	336 729
V.	Vom Hebewerk bei Niedermauk bis zum Hebewerk bei Roth	66,000	79,000	13,000	488 400	37 569	9,9	3 072 600	236 354	62,5	294 200	22 631	6,0	853 100	65 623	17,3	211 800	16 292	4,3	4 920 100	378 469
VI.	Vom Hebewerk bei Roth bis zum Hebewerk bei Reichelsdorf	79,000	93,200	14,200	342 200	24 099	7,6	2 521 800	177 592	55,8	486 400	34 254	10,8	857 900	60 415	19,0	305 800	21 535	6,8	4 514 100	317 894
VII.	Vom Hebewerk bei Reichelsdorf bis Gitzzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg	93,200	100,000	6,800	180 000	26 471	14,4	521 700	76 721	41,9	278 500	40 956	22,4	261 900	38 515	21,0	3 900	574	0,3	1 246 000	183 235
	Zusammen			99,000	3 556 900	35 928	7,4	27 516 600	277 945	57,3	2 695 600	27 228	5,6	12 681 700	128 098	26,4	1 572 300	15 881	3,3	48 023 100	485 081

29. Vergleichende Zusammenstellung

der in den Tabellen 27 und 28 angegebenen Kosten
eines Kanales von der Donau bei Kelheim, bzw. bei Stepperg
bis zur südlichen Grenze der Stadt Nürnberg.

600 Tonnen-Wasserstraßen.

Bezeichnung der Bauarbeiten	Kelheim—Nürnberg 110 km lang		Stepperg—Nürnberg 99 km lang*)	
	Gesamtkosten in Mark	Kosten für den Kilometer in Mark	Gesamtkosten in Mark	Kosten für den Kilometer in Mark
I. Grunderwerbung	2 537 300	23 066	3 556 900	35 929
II. Erdarbeiten	26 650 600	242 278	27 516 600	277 944
III. Befestigung der Uferböschungen und Ziehwege samt Schutz der Kanaldämme gegen Hochwasser	2 515 300	22 866	2 695 600	27 228
IV. Kunstbauten ohne Kammerschleusen und mechanische Hebewerke	6 818 800	61 989	12 681 700	128 097
V. Verlegungen von Straßen und Eisen- bahnen (ohne die im Kanalkörper liegenden Kunstbauten), sowie Flufs- korrekturen	1 602 300	14 566	1 572 300	15 882
Kosten der Bauarbeiten Titel I mit V	40 124 300	364 766	48 023 100	485 081
		100 %		133,0 %

*) Der Nullpunkt der kilometrischen Einteilung der Steppenger Linie ist inmitten der Donau gegenüber dem Stromkilometer 103 und der Anschluß an die Donau-Wasserstraße (Seitenkanal) 1 km von der Strommitte entfernt angenommen. In der Tabelle 28 ist daher als Länge des Kanales »Stepperg—Nürnberg« 99 km eingesetzt. Dagegen sind in den Kosten für die einzelnen Gefällsstufen auch diejenigen Kosten enthalten, welche sich für den Abstieg von der Scheitelhaltung mit 410 m + N.N. bis auf das N.W. der Donau mit 383 m + N.N. ergeben. Zur Berechnung der kilometrischen Kosten der Titel VI mit X sowie der Gesamtkosten Titel I mit X in der Tabelle 30 ist sonach die Entfernung von der Strommitte aus mit 167,5 km zu Grunde gelegt.

30. Vergleichende Zusammenstellung der gesamten Kosten
eines neuen Donau-Main-Kanales
von der Donau bei Kelheim, bzw. bei Stepperg bis Bamberg.
600 Tonnen Wasserstrafe.

Bezeichnung der Bauarbeiten	Kelheim—Bamberg		Stepperg—Bamberg	
	Gesamtkosten in Mark	Kosten für den Kilometer in Mark	Gesamtkosten in Mark	Kosten für den Kilometer in Mark
I mit V, wie in der Tabelle 29, von der Donau bis nach Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg auf 110 bzw. 99 km Länge*)	40 124 300	364 766	48 023 100	485 081
I mit V, von Gibitzenhof bis zum Ende des Donau-Main-Kanales bei Bamberg auf 67,5 km Länge	33 678 700	498 944	33 678 700	498 944
Summe I mit V	73 803 000	415 792	81 701 800	490 690
VI. Kammerschleusen ohne Grunderwerb und Betriebsgebäude mit einem gesamten Gefälle von:				
1. Kelheimer Linie 128,6 m	11 602 000	(90 218) †)		
2. Steppergener Linie 206,1 m	—	—	17 367 000	(84 265) †)
VII. 3 Schiffs-Hebwerke auf geeigneten Ebenen einschließlich Grunderwerb und Betriebsgebäude mit einem gesamten Gefälle von 137,4 m	14 640 000	(106 550) †)		
Summe VI und VII bei einem Höhenunterschied im Auf- und Abstieg von:				
1. Kelheimer Linie 266,0 m	26 242 000	147 842	—	—
2. Steppergener Linie 206,1 m	—	—	17 367 000	103 684
VIII. Wasserversorgung	17 400 000	98 028	7 451 000	44 484
IX. Einrichtungen für den Betrieb, Wohngebäude, Magazine und Telephonanlage	1 001 000	5 639	1 181 000	7 051
X. Ausarbeitung des Detailentwurfs, Bauleitung und Bauführung, Unterhaltung der Bauanlagen während der Bauzeit, sodann Reserve für Unvorhergesehenes, nahezu 10% der Kosten für die Bauarbeiten I mit IX	11 554 000	65 093	10 299 200	61 488
Gesamtkosten Titel I mit X	180 000 000	732 394	118 000 000	704 478
		100%		96,2%

*) Vergl. die Angaben zur Tabelle 29.

†) Mittlere Kosten für jeden Meter Gefälle.

31. Gröfse der zu erwerbenden Grundflächen für den Umbau des Ludwig-Kanales

und zwar für die Anlage des Kanalbettes selbst, einschließlic der Grunderwerbung für die Kammerschleusen.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilo- metrische Einteilung mit Nullpunkt bei der Mündung des Ludwig-Kanals in die Donau bei Kelheim (Donau- kilometer 173,4)		Länge der neben- bezeichneten Teilstrecke in km	Grundfläche in Hektaren	
		von km	bis km		für die ganze Strecke	für jeden km
I.	Von der Donau bei Kelheim bis zur Querbahn bei Beilngries	0	41,320	41,320	261,39	6,33
II.	Von der Querbahn bei Beilngries bis zur Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales	41,320	62,000	20,680	167,80	8,11
III.	Vom Beginn bis zum Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales	62,000	86,000	24,000	75,00	3,13
IV.	Vom Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales bis zur Querbahn bei Ochenbruck	86,000	89,720	3,720	31,15	8,37
V.	Von der Querbahn bei Ochenbruck bis zur Längsbahn bei Worzeldorf (Oberwasser)	89,720	103,520	13,800	101,35	7,34
VI.	Von der Längsbahn bei Worzeldorf (Unterwasser) bis nach Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg	104,040	110,000	5,960	24,55	4,12
VII.	Von Gibitzenhof durch Nürnberg bis zum Übergang des Kanales über die Pegnitz bei Doos	110,000	116,600	6,600	11,80	1,79
VIII.	Vom Übergang über die Pegnitz bei Doos bis zum Anschluß an die Main-Wasserstrafse gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg	116,600	177,500	60,900	316,47	5,20
	Zusammen			176,980	989,51	5,59
	Hiezu die horizontale Länge der geeigneten Ebene bei Worzeldorf samt Ober- und Unterhaupt	103,520	104,040	0,520		
	Die ganze Länge des Kanales			177,500		

33. Längen der zu dichtenden Kanalstrecken und Kosten der Dichtung für den Umbau des Ludwig-Kanales.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt bei der Mündung des Ludwig-Kanales in die Donau bei Kelheim (Donaukilometer 173,4)		Länge der nebenbezeichneten Teilstrecke in km	Länge des zu dichtenden Kanales in m und Art der Dichtung				Kosten der Dichtung des Kanales in Mark	
		von	bis		mittelst Lehm-schlag	mittelst Ein-schlämmen von Ton	im ganzen	in Prozenten der Teilstrecke	im ganzen	für jeden km
		I.	Von der Donau bei Kelheim bis zur Querbahn bei Beilngries		0	41,320	41,320	26 300	2 300	28 600
II.	Von der Querbahn bei Beilngries bis zur Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales	41,320	62,000	20,680	10 900	5 000	15 900	76,9	1 135 200	54 894
III.	Vom Beginn bis zum Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales	62,000	86,000	24,000	16 000	—	16 000	66,7	1 780 000	74 167
IV.	Vom Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales bis zur Querbahn bei Ochenbruck .	86,000	89,720	3,720	2 290	1 140	3 430	92,2	211 300	56 801
V.	Von der Querbahn bei Ochenbruck bis zur Längsbahn bei Worzeldorf (Oberwasser) . .	89,720	103,520	13,800	11 560	2 440	14 000*)	101,4*)	1 149 200	83 275
VI.	Von der Längsbahn bei Worzeldorf (Unterwasser) bis nach Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg .	104,040	110,000	5,960	1 600	1 360	2 960	49,7	125 600	21 074
VII.	Von Gibitzenhof durch Nürnberg bis zum Übergang des Kanales über die Pegnitz bei Doos .	110,000	116,600	6,600	5 000	—	5 000	75,8	400 000	60 606
VIII.	Vom Übergang über die Pegnitz bei Doos bis zum Anschluß an die Main-Wasserstrafse gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg	116,600	177,500	60,900	58 900	—	58 900	96,7	4 712 000	77 373
	Zusammen			176,980	132 550	12 240	144 790	81,8	10 867 300	61 404
	Hiezu die horizontale Länge der geneigten Ebene bei Worzeldorf samt Ober- und Unterhaupt	103,520	104,040	0,520						
	Die ganze Länge des Kanales .			177,500						

*) Einschließlich der Kanalverlängerung mit 200 m beim Oberhaupt der Querbahn.

35. Längenmaße der Verlegungen von Straßen und Eisenbahnen

sowie der Flussskorrekturen für den Umbau des Ludwig-Kanales.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilo- metrische Einteilung mit Nullpunkt bei der Mündung des Ludwig-Kanales in die Donau bei Kelheim (Donaukilometer 173,4)		Länge der neben- bezeichneten Teilstrecke in km	Feld- wege	Ortsver- bindungswege		Distrikts- straßen		Staatsstraßen		Eisen- bahnen Länge multi- pliziert mit der Anzahl der Geleise	Flufs- korrek- tionen
		von	bis			in freiem Felde	in der Nähe von Städten	in freiem Felde	in der Nähe von Städten	in freiem Felde	in der Nähe von Städten		
		Längen in m											
I.	Von der Donau bei Kelheim bis zur Querbahn bei Beilngries	0	41,320	41,320	3 350	—	—	4 730	—	950	—	400	9 600
II.	Von der Querbahn bei Beilngries bis zur Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales	41,320	62,000	20,680	12 300	—	—	—	700	—	1 000	—	—
III.	Vom Beginn bis zum Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales	62,000	86,000	24,000	—	1 270	—	100	—	2 300	2 400	—	—
IV.	Vom Ende der Scheitelhaltung des Ludwig-Kanales bis zur Quer- bahn bei Ochenbruck	86,000	89,720	3,720	2 300	—	—	—	—	—	—	—	—
V.	Von der Querbahn bei Ochenbruck bis zur Längsbahn bei Worzel- dorf (Oberwasser)	89,720	103,520	13,800	9 000	—	—	—	1 600	—	500	1 000	—
VI.	Von der Längsbahn bei Worzeldorf (Unterwasser) bis nach Gibitzen- hof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg	104,040	110,000	5,960	1 550	—	—	—	200	—	—	—	—
VII.	Von Gibitzenhof durch Nürnberg bis zum Übergang des Kanales über die Pegnitz bei Doos	110,000	116,600	6,600	1 000	—	—	—	400	—	2 340	4 980	—
VIII.	Vom Übergang über die Pegnitz bei Doos bis zum Anschluß an die Mainwasserstraße gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg	116,600	177,500	60,900	6 200	—	6 400	—	2 100	—	3 600	2 950	800
	Zusammen			176,980	35 700	1 270	6 400	4 830	5 000	3 250	9 840	9 330	10 400
	Hiezu die horizontale Länge der geneigten Ebene bei Worzeldorf samt Ober- und Unterhaupt	103,520	104,040	0,520									
	Die ganze Länge des Kanales			177,500									

Tabelle 35.

36. Gröfse der zu erwerbenden Grundflächen für die Linie Stepperger—Nürnberg

und zwar für die Anlage des Kanalbettes selbst, einschliesslich der Grunderwerbung für die Kammerschleusen.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilo- metrische Einteilung mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donaubettes bei Stepperger (Donaukilometer 103)		Länge der neben- bezeichneten Teilstrecke in km	Grundfläche in Hektaren	
		von	bis		für die ganze Strecke	für jeden km
I.	Von der Donau bei Stepperger bis zur Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein	1,000	23,300	22,300	155,5	6,97
II.	Von Dollnstein bis zum Ende des Tunnels der Wasser- strafse bei Dietfurt	23,300	38,000	14,700	93,3	6,35
III.	Vom Ende des Tunnels bei Dietfurt über die Fossa Karolina bis zum Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung)	38,000	56,400	18,400	122,6	6,67
IV.	Vom Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) bis zum Hebewerk bei Niedermauk	56,400	66,000	9,600	67,0	6,99
V.	Vom Hebewerk bei Niedermauk bis zum Hebewerk bei Roth	66,000	79,000	13,000	91,1	7,01
VI.	Vom Hebewerk bei Roth bis zum Hebewerk bei Reichels- dorf	79,000	93,200	14,200	90,9	6,40
VII.	Vom Hebewerk bei Reichelsdorf bis Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg	93,200	100,000	6,800	39,5	5,81
	Zusammen			99,000	659,9	6,67

37. Erdmassen in cbm und Kosten ihrer Förderung und Bewegung

für die Linie Stepperg—Nürnberg

und zwar nur für die Anlage des Kanalbettes selbst.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donaubettes bei Stepperg (Donaukilometer 103)		Länge der nebenbezeichneten Teilstrecke in km	Abtrag in cbm					Gesamter Auftrag in cbm		Überschüssiger Abtrag in cbm		Kosten der Förderung und Bewegung in Mark	
		von	bis		Abtrag aus Einschnitten		ungebundener Abtrag aus Füllgruben	Gesamter Abtrag		für die ganze Strecke	für jeden km	für die ganze Strecke	für jeden km	für die ganze Strecke	für jeden km
					ungebunden	gebunden		für die ganze Strecke	für jeden km						
I.	Von der Donau bei Stepperg bis zur Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein	1,000	23,300	22,300	1 319 000	2 426 000	658 000	4 403 000	197 444	4 403 000	197 444	—	—	7 444 200	333 821
II.	Von der Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein bis zum Ende des Tunnels der Wasserstrasse bei Dietfurt	23,300	38,000	14,700	481 000	1 474 000 *) 232 000	395 000	2 582 000	175 646	2 582 000	175 646	—	—	3 567 600 *)	242 694 *)
III.	Vom Ende des Tunnels bei Dietfurt über die Fossa Karolina bis zum Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) . . .	38,000	56,400	18,400	3 695 000	561 000	—	4 256 000	231 304	2 032 000	110 434	2 224 000	120 870	4 322 300	234 908
IV.	Vom Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) bis zum Hebewerk bei Niedermauk	56,400	66,000	9,600	684 000	276 000	616 000	1 576 000	164 167	1 576 000	164 167	—	—	1 537 200	160 125
V.	Vom Hebewerk bei Niedermauk bis zum Hebewerk bei Roth . . .	66,000	79,000	13,000	1 129 000	623 000	105 000	1 857 000	142 846	1 857 000	142 846	—	—	2 068 800	159 138
VI.	Vom Hebewerk bei Roth bis zum Hebewerk bei Reichelsdorf . . .	79,000	93,200	14,200	1 138 000	85 000	319 000	1 542 000	108 592	1 542 000	108 592	—	—	1 587 600	111 803
VII.	Vom Hebewerk bei Reichelsdorf bis Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg . . .	93,200	100,00	6,800	365 000	—	123 000	488 000	71 765	488 000	71 765	—	—	366 200	53 853
	Zusammen			99,000	8 811 000	5 677 000	2 216 000	16 704 000	168 727	14 480 000	146 263	2 224 000	22 465	20 893 900	211 049

*) Der Abtrag von 232 000 cbm wird bei der Anlage der beiden Tunnels gewonnen. Die Kosten für die Förderung des Ausbruches, sowie die Kosten für den Transport zu den Ablagerungsplätzen sind im Anschlag für die Tunnels vorgesehen.

38. Längen der zu dichtenden Kanalstrecken und Kosten der Dichtung für die Linie Stepperg—Nürnberg.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donaubettes bei Stepperg (Donaukilometer 103)		Länge der nebenbezeichneten Teilstrecke in km	Länge des zu dichtenden Kanales in m und Art der Dichtung				Kosten der Dichtung des Kanales in Mark	
		von	bis		mittelst Lehm-schlag	mittelst Ein-schläm-men von Ton	im ganzen	in Prozenten der Kanal-strecke	im ganzen	für jeden km
		I.	Von der Donau bei Stepperg bis zur Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein . . .		1,000	23,300	22,300	10 260	1 400	11 660
II.	Von Dollnstein bis zum Ende des Tunnels der Wasserstrafse bei Dietfurt	23,300	38,000	14,700	12 940	—	12 940	88,0	1 095 400	74 517
III.	Vom Ende des Tunnels bei Dietfurt über die Fossa Karolina bis zum Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung)	38,000	56,400	18,400	3 060	6 260	9 320	50,7	348 800	18 957
IV.	Vom Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) bis zum Hebewerk bei Niedermauk	56,400	66,000	9,600	3 120	6 200	9 320	97,1	316 400	32 958
V.	Vom Hebewerk bei Niedermauk bis zum Hebewerk bei Roth	66,000	79,000	13,000	5 660	5 960	11 620	89,4	568 200	43 708
VI.	Vom Hebewerk bei Roth bis zum Hebewerk bei Reichelsdorf	79,000	93,200	14,200	5 040	6 340	11 380	80,1	128 400	9 042
VII.	Vom Hebewerk bei Reichelsdorf bis Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg	93,200	100,000	6,800	—	—	—	—	—	—
	Zusammen			99,000	40 080	26 160	66 240	66,9	3 526 600	35 622

39. Verzeichnis der Kunstbauten ohne Hebewerke und Tunnel für die Linie Stepperg—Nürnberg.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donaubettes bei Stepperg (Donaukilometer 103)		Länge der nebenbezeichneten Teilstrecke in km	Kanalbrücken	Durchlässe und Dächer				Unterführungen			Überführungen					Ufermauern am Kanal ohne Berme im Querprofil mit einer Höhe von 4,6 m über der Fundamentsohle	Einläufe		Grundblasse 2 m weit, 3,5 m hoch	Sicherheitsstore mit 2 Durchfabrtöffnungen von je 8,6 m lichter Weite	Wehranlage in der Rezat		
		von km	bis km			Lichte Weite und Höhe jeder Öffnung				Feldwege	Ortsverbindungswege und Distriktsstraßen	Staatsstraßen	Feldwege	Ortsverbindungswege und Distriktsstraßen	Staatsstraßen	Lokalbahnen	Hauptbahnen		eine Öffnung	zwei Öffnungen					
						1,0/1,0	2,0/2,0	3,0/1,5	3,0/3,0	Lichte Weite und Höhe in m			Lichte Breite zwischen den Geländern				Stützweite in m			Lichte Weite und Höhe der einzelnen Öffnungen					
										4,0/4,0	8,0/4,85	8,0/4,85	3,5	5,0	7,0	8,0	38,0		45,5	50,0				2,0/2,5	2,0/2,5
						Länge in m									Anzahl der Objekte				Anzahl der überzuführenden Geleise	Länge in m				Anzahl der Objekte	
I.	Von der Donau bei Stepperg bis zur Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein	1,000	23,300	22,300	—	566 (8)	178 (3)	—	273 (3)	267 (3)	240 (2)	—	9	2	—	—	—	—	300	—	—	2	6	—	
II.	Von Dollnstein bis zum Ende des Tunnels der Wasserstrafse bei Dietfurt	23,300	38,000	14,700	190 (2)	202 (3)	146 (2)	206 (4)	—	146 (2)	—	—	7	—	2	—	—	—	2790	—	—	1	—	—	
III.	Vom Ende des Tunnels bei Dietfurt über die Fossa-Karolina bis zum Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) . .	38,000	56,400	18,400	—	134 (2)	90 (1)	—	137 (2)	—	162 (2)	76 (1)	5	3	1	1	—	—	200	1	1	2	2	—	
IV.	Vom Hebewerk bei Pleinfeld Ende der Scheitelhaltung bis zum Hebewerk bei Niedermauk .	56,400	66,000	9,600	—	373 (5)	122 (2)	—	—	76 (1)	—	—	5	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	
V.	Vom Hebewerk bei Niedermauk bis zum Hebewerk bei Roth	66,000	79,000	13,000	75 (1)	519 (8)	66 (1)	—	—	—	—	—	5	2	—	1	1	—	—	—	1	—	—	1	
VI.	Vom Hebewerk bei Roth bis zum Hebewerk bei Reichelsdorf	79,000	93,200	14,200	85 (2)	252 (4)	126 (2)	—	—	—	—	—	7	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	
VII.	Vom Hebewerk bei Reichelsdorf bis Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg	93,200	100,000	6,800	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	4 (1)	—	—	1	1	—	—	—
Zusammen				99,000	350 (5)	2046 (30)	728 (11)	206 (4)	410 (5)	413 (5)	478 (5)	76 (1)	40	9	3	3	1	4 (1)	4 (2)	3290	3	2	8	8	1

Die unter den Längenmaßen in () stehenden Zahlen geben die Stückzahl der Objekte an.

40. Längenmaße der Verlegungen von Strafsen und Eisenbahnen
sowie der Flussskorrekturen
für die Linie Stepperg—Nürnberg.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donau- Bettes bei Stepperg (Donaukilometer 108)		Länge der neben- bezeich- neten Teilstrecke in km	Feld- wege	Orts- verbin- dungs- wege	Distrikts- strassen	Staats- strassen	Eisen- bahnen. Länge multipliziert mit der Anzahl der Geleise	Fluss- korrek- turen
		von	bis							
I.	Von der Donau bei Stepperg bis zur Einmündung in das Tal der Altmühl bei Dollnstein	1,000	23,300	22,300	7 900	1 350	2 150	—	—	—
II.	Von Dollnstein bis zum Ende des Tunnels der Wasserstrasse bei Dietfurt	23,300	38,000	14,700	2 250	—	2 850	350	2 600	4 650
III.	Vom Ende des Tunnels bei Dietfurt über die Fossa Karolina bis zum Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) . .	38,000	56,400	18,400	1 100	2 200	1 500	1 200	3 800	5 000
IV.	Vom Hebewerk bei Pleinfeld (Ende der Scheitelhaltung) bis zum Hebewerk bei Niedermauk	56,400	66,000	9,600	1 200	500	—	1 150	—	100
V.	Vom Hebewerk bei Niedermauk bis zum Hebewerk bei Roth .	66,000	79,000	13,000	2 450	300	2 300	900	1 400	1 080
VI.	Vom Hebewerk bei Roth bis zum Hebewerk bei Reichelsdorf . .	79,000	93,200	14,200	2 750	—	850	4 000	—	1 300
VII.	Vom Hebewerk bei Reichelsdorf bis Gibitzenhof bei der südlichen Grenze der Stadt Nürnberg	93,200	100,000	6,800	300	60	—	—	—	—
	Zusammen			99,000	17 950	4 410	9 650	7 600	7 800	12 130

41. Normale Kosten der wichtigsten Bauarbeiten für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg.

Bezeichnung der Bauarbeiten	Einheitspreis in Mark	Bezeichnung der Bauarbeiten	Einheitspreis in Mark
<p style="text-align: center;">Dichtung der Seitenkanäle.</p> <p>Einheitspreis berechnet für den lfd. m Kanal.</p> <p>0,5 m starker Tonschlag und 0,5 m starke Sand- und Geröllüberdeckung 70</p> <p>Einschlämmen von Ton 12</p>		<p style="text-align: center;">Kammerschleusen in den Seitenkanälen.²⁾</p> <p>Einheitspreis berechnet für das Stück.</p> <p>12,0 m Lichtweite in Toren und Kammer, senkrechte Wände, 117,2 m zwischen den Toren gemessen in der Achse der Schleuse, um 5,0 m verlängertes Unterhaupt zur Überführung einer Strafsse, maschinelle Einrichtung zur Bewegung der Tore, Schützen und Spills:</p> <p style="padding-left: 40px;">bei 2,0 m Gefälle 427 000</p> <p style="padding-left: 40px;">bei 4,5 m „ 530 000</p> <p style="padding-left: 40px;">bei 9,0 m „ 721 000</p> <p>Allgemein betragen die Baukosten K bei h m Gefälle: $K = (377\,500 + 20\,900 h + 1920 h^2)$ Mark.</p>	
<p style="text-align: center;">Überführungen von Strafsen auf freier Strecke der Seitenkanäle.¹⁾</p> <p>Einheitspreis berechnet für das Stück.</p> <p>Feldwege, 2 steinerne Widerlager, eisernes Fachwerk mit 44,0 m Stützweite, 3,5 m Lichtweite zwischen den Geländern, Fahrbahn mit Bohlenbelag 24 000</p> <p>Ortsverbindungswege und Distriktsstrafsen, 5,0 m Lichtweite zwischen den Geländern, Fahrbahn beschottert, im übrigen wie voraus:</p> <p style="padding-left: 40px;">ohne Fußwege 42 000</p> <p style="padding-left: 40px;">mit beiderseits 1,0 m breiten Fußwegen 50 000</p> <p>Distriktsstrafsen und Staatsstrafsen, 5,0 m Lichtweite zwischen den Hauptträgern, beiderseits je 1,5 m auskragende Fußwege, im übrigen wie voraus 64 000</p>		<p style="text-align: center;">Wehranlagen im Main.</p> <p>Einheitspreis berechnet für das Stück.</p> <p>Nadelwehr, mittlere Stauhöhe 2,3 m, 12 m weites Trommelwehr, Flosrinne und Fischpafs, 2 Öffnungen von je 40 m Lichtweite, getrennt durch einen hochwasserfreien Turbinenpfeiler 507 000</p> <p>Nadelwehr wie voraus, jedoch mit gewöhnlichem, 30 cm über dem höchsten schiffbaren Wasserstand gelegenen Mittelpfeiler 347 000</p> <p style="padding-left: 40px;">Bemerkte wird, dafs der vorstehende Einheitspreis mit 347 000 M. in die Kostenberechnung für die Nadelwehre (Tabelle 45) eingesetzt worden ist.</p> <p>Normalschleuse für 600 Tonnenschiffe und für ein mittleres Wehrgefälle von 2,15 m (nach Tabelle 5) entsprechend dem Einheitspreis für eine Kammer- schleuse des projektierten Donau-Main-Kanales. 346 000</p>	
<p style="text-align: center;">Überbrückungen des Unterhauptes einer 12,0 m weiten Kammerschleuse.</p> <p>Einheitspreis berechnet für das Stück.</p> <p>Eiserne Balkenbrücke mit 15,8 m Stützweite.</p> <p>Feldwege, 3,5 m Lichtweite zwischen den Geländern, Fahrbahn mit Bohlenbelag 4 000</p> <p>Distriktsstrafsen, 5,0 m Lichtweite zwischen den Geländern, beschotterte Fahrbahn 8 400</p>		<p style="text-align: center;">Tunnels in den Seitenkanälen.</p> <p>Tunnel in geschichtetem Kalkstein ohne Seitendruck, sowie in anderem, ähnlich beschaffenem Gebirge, 12 m Lichtweite zwischen den beiden, von eisernen Pfosten getragenen, je 2,0 m breiten Ziehwegen, Scheitelhöhe 7,0 m über dem Wasserspiegel, Wassertiefe 5,0 m in der Mitte des Tunnels. Die gewölbte 50 cm starke Betonsohle hat eine Stichhöhe von 50 cm. Für den lfd. m Tunnel 3 500</p> <p>Portale bei den Tunnelen, mittlere Tiefe 1,5 m, samt Entwässerung im ganzen für je ein Portal 9 260</p> <p>Ufermauern an den Voreinschnitten auf beiden Seiten des Kanals je 25 m lang, im ganzen für je einen Endpunkt des Tunnels 11 250</p> <p style="padding-left: 40px;">Bemerkte wird, dafs den Kosten für die Tunnels im Altmühltal der Linie »Stepperg-Nürnberg« die voraus angegebenen Einheitspreise zu Grunde gelegt wurden, wenn auch die Wassertiefe in der Mitte dieser Tunnels nur 4,0 m beträgt.</p>	
<p style="text-align: center;">Sicherheitstore in den Seitenkanälen.</p> <p>Einheitspreis berechnet für das Stück.</p> <p>2 Durchfahrtsöffnungen von je 12 m Lichtweite und selbsttätiger Verschlussvorrichtung:</p> <p style="padding-left: 40px;">Tore gegen Eintritt von Hochwasser in die Seitenkanäle 75 000</p> <p style="padding-left: 40px;">gewöhnliche Sicherheitstore gegen Auslauf bei Dambruch 62 000</p>			

¹⁾ Zur Berechnung der normalen Kosten der Überführungen ist der Wasserspiegel des Kanals auf Höhe des natürlichen Geländes angenommen.
 Die Kosten für Grunderwerbung sind bei Titel I, die Kosten für die Rampen bei Titel V vorgesehen, vergl. die nachfolgenden Tabellen.

²⁾ Die Kosten für Grunderwerbung zu den Kammerschleusen sind unter Titel I vorgesehen, vergl. die nachfolgenden Tabellen.

42. Kosten einzelner größerer Bauobjekte
für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg.

Laufende Nummer	Bezeichnung des Bauobjekts	Kosten in Mark
1.	<p>Unterführung der Schwarzach bei km 83.</p> <p>Zu den Kosten Titel IV der Seitenkanäle gehörig:</p> <p style="padding-left: 40px;">Kanalbrücke, 7 gewölbte Öffnungen mit je 11 qm Durchflußöffnung, gesamte Länge 60 m 274 600 <i>M</i></p> <p style="padding-left: 40px;">Korrektion der Schwarzach auf 3,4 m Länge 290 400 <i>M</i></p> <p style="padding-left: 40px;">Überführung der Staatsstrafse Bamberg-Dettelbach 51 000 <i>M</i></p> <hr style="width: 20%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> <p style="text-align: right; padding-right: 20px;">zusammen</p>	616 000
2.	<p>Umbau der Mainbrücke in Ochsenfurt bei km 106.</p> <p>Zu den Kosten Titel IV der kanalisierten Mainstrecken gehörig</p>	500 000
3.	<p>Überführung der Eisenbahnlinie Würzburg-Heidingsfeld bei km 122.</p> <p>Zu den Kosten Titel IV der Seitenkanäle gehörig</p>	200 000

43. Kosten der Seitenkanäle einer 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg ohne Anschlußkanäle, Tunnels und Betriebseinrichtungen.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke		Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Auf der nebenbezeichneten Teilstrecke sind Seitenkanäle anzulegen km	Titel I Grunderwerbung für die Anlage des Kanalbettes selbst, einschließlich der Grunderwerbung für die Kammerschleusen			Titel II Erdarbeiten nur für die Anlage des Kanalbettes selbst			Titel III Befestigung der Uferböschungen u. Ziehwege, Schutz gegen Hochwasser			Titel IV Kunstabauten ohne Kammerschleusen			Titel V Verlegungen von Strafen u. Eisenbahnen (ohne die im Kanalkörper liegenden Kunstbauten), sodann Flußkorrekturen			Kosten der Bauarbeiten Titel I mit V	
			von	bis		Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark			
I.	Vom Ende des Donau-Main-Kanales gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels der Wasserstrafse bei Fahr oberhalb Volkach .		0,000	70,100	65,900	3 018 700	45 807	15,4	10 388 600	157 642	53,2	2 487 300	37 743	12,7	2 666 200	40 458	13,6	974 200	14 783	5,0	19 535 000	296 433
II.	Vom Beginn des Tunnels bei Fahr bis zur Staustufe Nr. 10 gegenüber Heidingsfeld oberhalb Würzburg		70,100	121,800	36,100	2 227 700	61 710	16,9	5 727 500	158 657	43,4	1 810 000	50 138	13,8	2 175 700	60 268	16,5	1 239 500	34 335	9,4	13 180 400	365 108
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis zur Staustufe Nr. 14 gegenüber Nantenbach oberhalb Lohr . .		121,800	171,300	42,500	3 298 600	77 614	22,5	6 786 000	159 671	46,6	2 132 700	50 181	14,6	1 437 300	33 819	9,8	949 800	22 348	6,5	14 604 400	343 633
IV.	Von der Staustufe Nr. 14 bis zum Ende der Wasserstrafse bei Aschaffenburg .		171,300	282,500	59,900	4 649 100	77 614	22,3	9 564 300	159 671	46,0	3 268 000	54 558	15,8	1 901 800	31 749	9,1	1 413 500	23 598	6,8	20 796 700	347 190
	Zusammen				204,400	13 194 100	64 550	19,3	32 466 400	158 838	47,6	9 698 000	47 447	14,2	8 181 000	40 024	12,1	4 577 000	22 392	6,8	68 116 500	333 251

Die mit umfahrenden Zahlen sind nach den Berechnungen für die Strecken I und III geschätzt.

44. Kosten der kanalisierten Flussstrecken einer 1000 Tonnen-Wasserstrasse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg
ohne Wehranlagen und Betriebseinrichtungen.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke		Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Auf der nebenbezeichneten Teilstrecke sind zu kanalisieren km	Titel I Grunderwerbungen ohne Grunderwerbungen für die unter Titel V vorgesehenen Bauarbeiten			Titel II Erdarbeiten zur Herrichtung der Fahrinne			Titel III Befestigung der Uferböschungen und Ziehwege			Titel IV Brückenbauten			Titel V Verlegungen von Strafen bei den Wehranlagen und Korrekturen der Seitenflüsse			Kosten der Bauarbeiten Titel I mit V	
			von	bis		Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark	in % der gesamten Kosten der Strecke	Kosten im ganzen in Mark	für jeden Kilometer in Mark

A. Kanalisierte Mainstrecken bei Anwendung des gemischten Bausystems.

I.	Vom Ende des Donau-Main-Kanales gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels der Wasserstrasse bei Fahr oberh. Volkach	0,000	70,100	4,200	61 400	14 619	6,3	735 800	175 190	75,3	173 500	41 310	17,7	—	—	—	7 000	1 667	0,7	977 700	232 786
II.	Vom Beginn d. Tunnels bei Fahr bis zur Staustufe Nr. 10 gegenüber Heidingsfeld oberhalb Würzburg	70,100	121,800	15,600	221 900	14 225	6,5	1 957 100	125 455	57,3	726 400	46 564	21,3	500 000 (Umbau der Brücke bei Osenfurt)	32 051	14,6	11 500	737	0,3	3 416 900	219 032
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis zur Staustufe Nr. 14 gegenüber Nantenbach oberhalb Lohr	121,800	171,300	7,000	36 000	5 143	1,9	1 571 500	224 500	84,3	251 000	35 857	13,5	—	—	—	6 000	858	0,3	1 864 500	266 358
IV.	Von der Staustufe Nr. 14 bis zum Ende der Wasserstrasse bei Aschaffenburg . . .	171,300	282,500	51,300	210 900	4 111	4,3	3 618 200	70 530	73,5	1 066 300	20 786	21,6	—	—	—	28 000	546	0,6	4 923 400	95 973
	Zusammen			78,100	530 200	6 789	4,7	7 882 600	100 931	70,5	2 217 200	28 388	19,8	500 000	6 402	4,5	52 500	672	0,5	11 182 500	143 182

B. Kanalisierung des ganzen Flusses.

Von Bischberg unterhalb Bamberg bis Aschaffenburg .	(Nach dem Flußlauf gemessen.)	0,000	302,500	302,500	2 246 100	7 425	5,1	32 977 300	109 016	74,8	8 142 200	26 916	18,5	500 000	1 653	1,2	165 000	546	0,4	44 030 600	145 556
---	-------------------------------	-------	---------	---------	-----------	-------	-----	------------	---------	------	-----------	--------	------	---------	-------	-----	---------	-----	-----	------------	---------

45. Kosten aller Bauarbeiten
einer 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg.

Bezeichnung der Bauarbeiten	Wasserstrafse im Maintal mit Anwendung des gemischten Bau-Systems				Kanalisierung des ganzen Flusses	
	Seitenkanäle mit einer Länge von 204,4 km		Kanalisierte Flufstrecken mit einer Länge von 78,1 km		Gesamtkosten in Mark	Kosten für den Kilometer in Mark
	Gesamtkosten in Mark	Kosten für den Kilometer in Mark	Gesamtkosten in Mark	Kosten für den Kilometer in Mark		
I mit V, wie in den Tabellen 43 u 44, vom Ende des Donau-Main-Kanales gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg bis zum Ende der Wasserstrafse bei Aschaffenburg	68 116 500	333 251	11 182 500	143 182	44 030 600	145 556
VI. Die beiden Tunnels, unterhalb Fahr und unterhalb Bettingen	4 698 000	22 984	—	—	—	—
VII. Wehranlagen im Main samt je einer Kammer- schleuse, je einem Flosdurchlaß und Fischpafs	—	—	12 080 000	154 673	41 773 000	138 092
VIII. Kammerschleusen in den Seitenkanälen	11 325 000	55 406	—	—	—	—
IX. Anschlußkanäle bei Bamberg und Schweinfurt .	531 000	2 598	—	—	—	—
X. Einrichtungen für den Betrieb, Wohngebäude, Magazine und Telephonanlagen	1 261 000	6 169	537 000	6 876	1 690 000	5 587
XI. Ausarbeitung des Detail Entwurfs, Bauleitung und Bauführung, Unterhaltung der Bauanlage während der Bauzeit, sodann Reserve für Un- vorhergesehenes bei den Seitenkanälen 9,4 % bei den kanalisierten Mainstrecken 9,3 % und bei der reinen Kanalierung 8,6 % der Kosten für die Bauarbeiten I mit X	8 068 500	39 474	2 200 500	28 175	7 506 400	24 814
Kosten Titel I mit XI	94 000 000	459 882	26 000 000	332 906	95 000 000	314 049
hiezuz	26 000 000					
Gesamtkosten der Wasserstrafse mit einer Länge von 282,5 km	120 000 000	424 779				

46. Größe der zu erwerbenden Grundflächen
für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg
bei Anwendung des gemischten Bau-Systems.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Ein- teilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in d n Main unterhalb Bamberg		Länge der neben- bezeich- neten Teil- strecke in km	Seiten- kanäle	Kanali- sierte Main- strecken	Seitenkanäle		Kanalisierte Mainstrecken	
		Grundfläche in Hektaren								
		von	bis				Kilometer		für die ganze Strecke	für jeden km
I.	Vom Ende des Donau-Main-Kanales gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels der Wasserstrafse bei Fahr oberhalb Volkach	0,000	70,100	70,100	65,900	4,200	415,5	6,3	7,4	1,3
II.	Vom Beginn des Tunnels bei Fahr bis zur Staustufe Nr. 10 gegen- über Heidingsfeld oberhalb Würzburg	70,100	121,800	51,700	36,100	15,600	216,6	6,0	17,4	1,1
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis zur Staustufe Nr. 14 gegenüber Nantenbach oberhalb Lohr . . .	121,800	171,300	49,500	42,500	7,000	237,0	5,6	2,0	0,3
IV.	Von der Staustufe Nr. 14 bis zum Ende der Wasserstrafse bei Aschaffenburg.	171,300	282,500	111,200	59,900	51,300	335,4	5,6	8,7	0,2
	Zusammen			282,500	204,400	78,100	1204,5	5,9	35,5	0,5

Die mit umfahrenden Zahlen sind nach den Berechnungen für die Strecken I und III geschätzt.

47. Erdmassen in cbm und Kosten ihrer Förderung und Bewegung bei den Seitenkanälen
für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Ein- teilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Auf der neben- bezeich- neten strecke sind Seiten- kanäle anzulegen km	Abtrag in cbm				Gesamter Auftrag in cbm		Überschüssiger Abtrag in cbm		Kosten der Förderung und Bewegung in Mark		
		von	bis		Abtrag aus Einschnitten		unge- bundener Abtrag aus Fällgruben	Gesamter Abtrag		für die ganze Strecke	für jeden km	für die ganze Strecke	für jeden km	für die ganze Strecke	für jeden km
					ungebunden	gebunden		für die ganze Strecke	für jeden km						
I.	Vom Ende des Douau-Main- Kanales gegenüber Bisch- berg unterhalb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels der Wasserstrafse bei Fahr oberhalb Volkach	0,000	70,100	65,900	5 395 800	442 200	1 506 400	7 344 400	111 448	3 488 500	52 937	3 855 900	58 511	7 671 900	116 417
II.	Vom Beginn des Tunnels bis zur Staustufe Nr. 10 gegen- über Heidingsfeld oberhalb Würzburg	70,100	121,800	36,100	3 191 600	281 300	541 900	4 014 800	111 211	1 736 500	48 102	2 278 300	63 109	4 262 500	118 074
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis zur Staustufe Nr. 14 gegen- über Nantenbach oberhalb Lohr	121,800	171,300	42,500	4 034 900	377 100	304 400	4 716 400	110 974	1 838 900	43 268	2 877 500	67 706	5 088 600	119 732
IV.	Von der Staustufe Nr. 14 bis zum Ende der Wasserstrafse bei Aschaffenburg	171,300	282,500	59,900	5 686 900	531 500	429 000	6 647 400	110 974	2 591 800	43 268	4 055 600	67 706	7 172 000	119 732
	Zusammen			204,400	18 309 200	1 632 100	2 781 700	22 723 000	111 169	9 655 700	47 239	13 067 300	63 930	24 195 000	118 371

Die mit umfahrenden Zahlen sind nach den Berechnungen der Strecken I und III geschätzt.

48. Erdmassen in cbm und Kosten ihrer Förderung und Bewegung
bei den kanalisierten Flussstrecken
für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Ein- teilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Auf der nebenbe- zeichneten Teilstrecke sind zu kanali- sieren km	Abtrag in cbm			Gesamter Abtrag in cbm		Kosten der Förderung und Bewegung in Mark	
		von	bis		Baggerungen im Flussbett		unge- bundener Abtrag infolge Korrektion des Mains	für die ganze Strecke	für jeden km	für die ganze Strecke	für jeden km
					un- gebunden	ge- bunden					

A. Kanalisierte Mainstrecken bei Anwendung des gemischten Bausystems.

I.	Vom Ende des Donau- Main-Kanals gegen- über Bischberg unter- halb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels bei Fahr oberhalb Volkach	0,000	70,100	4,200	93 700	12 200	279 500	385 400	91 762	735 800	175 190
II.	Vom Beginn des Tun- nels oberhalb Vol- kach bis zur Stau- stufe Nr. 10 gegen- über Heidingsfeld oberhalb Würzburg .	70,100	121,800	15,600	479 600	—	587 000	1 066 600	68 372	1 957 100	125 455
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis z. Staustufe Nr. 14 gegenüber Nanten- bach oberhalb Lohr	121,800	171,300	7,000	271 300	107 300	226 500	605 100	86 443	1 571 500	224 500
VI.	Von der Staustufe Nr. 14 bis zum Ende der Wasserstrafse bei Aschaffenburg . . .	171,300	282,500	51,300	1 075 300	18 000	799 700	1 893 000	36 901	3 618 200	70 530
	Zusammen			78,100	1 919 900	137 500	1 892 700	3 950 100	50 577	7 882 600	100 930

B. Kanalisierung des ganzen Flusses.

Von Bischberg unterhalb Bam- berg bis Aschaffenburg . . .	(Nach dem Flußlauf gemessen.)	0,000	302,500	302,500	7 452 500	816 000	7 641 800	15 910 300	52 595	32 977 300	109 016
--	----------------------------------	-------	---------	---------	-----------	---------	-----------	------------	--------	------------	---------

49. Längen der zu dichtenden Kanalstrecken und Kosten der Dichtung
bei den Seitenkanälen
für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafse im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Ein- teilung mit Nullpunkt gegenüber der Mün- dung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Länge der neben- bezeich- neten Teil- strecke in km	Länge der Seiten- kanäle in km	Länge des zu dichtenden Kanales in km				Kosten der Dichtung des Kanales in Mark	
		von	bis			mittelst Lehm- schlag	mittelst Ein- schlamm von Ton	im ganzen	in Prozenten der Kanal- strecke	im ganzen	für jeden km
I.	Vom Ende des Donau- Main-Kanales gegen- über Bischberg unterhalb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels der Wasser- strafse bei Fahr ober- halb Volkach	0,000	70,100	70,100	65,900	10,830	54,420	65,250	99,0	1 411 100	21 413
II.	Vom Beginn des Tunnels bis zur Staustufe Nr. 10 gegenüber Heidingsfeld oberhalb Würzburg . . .	70,100	121,800	51,700	36,100	6,700	28,690	35,390	98,0	813 300	22 530
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis zur Staustufe Nr. 14 gegenüber Nantenbach oberhalb Lohr	121,800	171,300	49,500	42,500	4,000	37,980	41,980	98,8	735 800	17 313
IV.	Von der Staustufe Nr. 14 bis zum Ende der Wasser- strafse bei Aschaffen- burg	171,300	282,500	111,200	59,900	6,800	51,410	57,710	96,3	1 057 900	17 659
	Zusammen			282,500	204,400	27,830	172,500	200,330	98,0	4 018 100	19 658

50. Verzeichnis der Kunstbauten bei den Seitenkanälen für eine 1000 Tonnen-Wasserstrasse im Maintal von Bamberg bis Aschaffenburg ohne Kammerschleusen und Tunnels.

Nummer der Teilstrecke	Bezeichnung der Teilstrecke		Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Auf der nebenbezeichneten Teilstrecke sind Seitenkanäle anzulegen	Durchlässe und Dicker					Überführungen					Überbrückungen des Unterhauptes der Kammerschleusen		Ufermauern am Kanal		Einläufe			Grundablässe			Sicherheitstore			
						eine Öffnung	zwei Öffnungen		vier Öffnungen	Feldwege	Ortsverbindungswege und Distriktsstraßen			Staatsstraßen	Zweigeleisige Eisenbahn bei Heidingsfeld	Feldwege	Distriktsstraßen	bei Belassung einer Berme	ohne Berme im Querprofil	eine Öffnung	zwei Öffnungen	vier Öffnungen	eine Öffnung	zwei Öffnungen	vier Öffnungen	zwei Durchfahrtsöffnungen von je 12,0 m Breite			
							Lichte Weite und Höhe der einzelnen Öffnungen					Lichte Breite zwischen den Geländern in m														Lichte Breite zwischen den Geländern in m		Lichte Weite und Höhe der einzelnen Öffnungen	
						von	bis	km	1,0/1,0	2,0/2,0	2,0/2,0	4,5/2,5	4,5/2,5	Stützweite = 44,0 m					Stützweite = 15,8 m		2,1	5,6	2,0/2,5	2,0/2,5	2,0/2,5	2,0/3,5	2,0/3,5	2,0/3,5	
						Länge in m					Anzahl der Objekte										Länge in m		Anzahl der Objekte						
I.	Vom Ende des Donau-Main-Kanals gegenüber Bischberg unterhalb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels der Wasserstrasse bei Fahr oberhalb Volkach . . .		0,000	70,100	65,900	—	480 (7)	429 (6)	357 (5)	143 (2)	—	12	7	7	2	1	—	2	1	—	550	9	2	5	5	10	—	4	4
II.	Vom Beginn des Tunnels bis zur Staustufe Nr. 10 gegenüber Heidingsfeld oberhalb Würzburg . .		70,100	121,800	36,100	60	274 (4)	215 (3)	—	143 (2)	—	1	4	3	—	1	1	1	—	400	870	1	2	—	1	3	—	4	2
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis zur Staustufe Nr. 14 gegenüber Nantenbach oberhalb Lohr		121,800	171,300	42,500	—	—	429 (6)	286 (4)	—	—	5	3	3	—	—	—	2	—	200	930	9	3	2	—	3	1	2	3
IV.	Von der Staustufe Nr. 14 bis z. Ende der Wasserstrasse bei Aschaffenburg		171,300	282,500	59,900	—	342 (5)	286 (4)	143 (2)	72 (1)	72 (1)	5	2	2	—	—	—	3	—	450	1900	17	2	3	3	3	—	7	2
Zusammen					204,400	60	1096 (16)	1359 (19)	786 (11)	358 (5)	72 (1)	23	16	15	2	2	1	8	1	1050	4250	36	9	10	9	19	1	17	11

Die unter den Längenmaßen in () stehenden Zahlen geben die Stückzahl der Objekte an.

51. Längenmaße der Verlegungen von Strafsen und Eisenbahnen
sowie der Flussskorrekturen
bei den Seitenkanälen
für eine 1000 Tonnen-Wasserstrafe im Maintal
von Bamberg bis Aschaffenburg.

Nummer der Teil- strecke	Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung mit Nullpunkt gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main bei Bischberg unterhalb Bamberg		Auf der nebenbe- zeichneten Teilstrecke sind Seiten- kanäle anzulegen	Feld- wege	Orts- verbin- dungs- wege und Distrikts- strafe	Staats- strafen	Flufs- ver- legungen
		von	bis					
I.	Vom Ende des Donau-Main-Kanales gegen- über Bischberg unterhalb Bamberg bis zum Beginn des Tunnels der Wasserstrafe bei Fahr oberhalb Volkach	0,000	70,100	65,900	35 000	7 900	200	2 900
II.	Vom Beginn des Tunnels bis zur Staustufe Nr. 10 gegenüber Heidingsfeld oberhalb Würzburg	70,100	121,800	36,100	11 500	2 800	200	3 600
III.	Von der Staustufe Nr. 10 bis zur Staustufe Nr. 14 gegenüber Nantenbach oberhalb Lohr	121,800	171,300	42,500	13 700	1 200	—	4 200
IV.	Von der Staustufe Nr. 14 bis zum Ende der Wasserstrafe bei Aschaffenburg	171,300	282,500	59,900	17 900	1 500	—	4 500
	Zusammen			204,400	78 100	13 400	400	15 200

52. Mittlere Häufigkeit der Wasserstände des Mains

nach den Beobachtungen der 10 Jahre 1879—1888 am Pegel zu Schweinfurt
bei km 54,0.

Wasserstand in cm		Anzahl der Tage															
von	bis	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember Januar und Februar	März mit November	im ganzen Jahr	
64	70	—	—	—	—	—	—	—	0,3	3,4	0,2	—	—	—	3,9	3,9	
71	80	—	0,1	—	—	—	—	2,1	4,6	3,9	5,9	3,6	1,7	0,1	21,8	21,9	
81	90	0,6	0,1	0,1	—	—	3,0	3,4	4,5	2,8	6,8	2,0	1,3	0,8	23,8	24,6	
91	100	1,8	0,7	0,3	0,6	0,9	7,5	7,9	5,4	5,2	4,7	3,0	6,1	2,8	41,3	44,1	
101	110	1,9	0,5	3,5	1,3	2,6	3,5	5,7	5,0	3,1	4,1	5,3	2,4	5,9	33,0	38,9	
111	120	2,3	5,0	2,6	0,5	5,3	4,7	5,1	2,0	3,2	3,2	5,1	2,8	9,9	31,9	41,8	
121	130	3,5	4,1	2,3	3,6	4,1	3,0	2,4	2,0	3,7	1,9	2,1	2,5	9,9	25,3	35,2	
131	140	1,5	3,4	1,2	2,8	3,7	1,3	1,3	1,0	1,6	0,8	2,1	1,4	6,1	16,0	22,1	
141	150	3,8	2,5	1,9	2,6	2,8	2,6	1,0	1,2	1,4	0,5	1,2	0,9	8,2	14,2	22,4	
151	160	1,8	2,4	1,0	2,6	1,2	1,7	0,5	1,1	0,6	0,4	1,1	1,3	5,2	10,5	15,7	
161	170	0,9	1,8	3,3	1,9	1,5	1,4	0,2	0,8	0,5	0,1	1,1	1,3	6,0	8,8	14,8	
171	180	1,9	2,4	2,0	2,7	2,1	0,7	0,3	1,3	0,2	0,3	0,2	1,3	6,3	9,1	15,4	
181	190	0,8	1,4	1,8	1,6	1,3	0,3	0,1	0,6	0,2	0,7	0,6	1,1	4,0	6,5	10,5	
191	200	0,9	1,3	1,9	1,1	0,8	0,3	—	0,4	0,1	0,1	0,6	0,6	4,1	4,0	8,1	
201	210	1,0	0,7	1,9	1,1	0,9	0,2	—	0,2	0,2	—	0,6	0,6	3,6	3,8	7,4	
211	220	1,2	0,6	1,0	0,8	0,3	—	—	0,4	0,1	0,1	0,7	0,7	2,8	3,1	5,9	
221	230	1,0	0,4	0,2	0,6	0,5	0,2	—	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	1,6	2,3	3,9	
231	240	0,7	0,5	0,2	0,8	0,3	0,4	—	—	—	0,1	0,3	0,5	1,4	2,4	3,8	
241	250	1,0	0,2	0,6	1,0	0,4	0,1	—	—	0,1	—	0,2	0,5	1,8	2,3	4,1	
251	260	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	—	—	—	—	—	0,2	0,5	1,4	1,4	2,8	
261	270	0,5	0,1	0,3	0,7	—	—	—	—	0,4	—	0,1	0,2	0,9	1,4	2,3	
271	280	0,5	0,2	0,3	0,8	0,7	0,1	—	—	—	—	0,1	0,2	1,0	1,9	2,9	
281	290	0,2	0,3	0,1	0,3	—	—	—	—	0,2	—	0,1	0,2	0,6	0,8	1,4	
291	300	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,5	0,8	1,3	
301	310	0,5	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,5	0,5	1,0	
311	320	0,4	—	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,5	0,4	0,9	
321	330	0,4	0,2	0,3	0,5	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,9	0,7	1,6	
331	340	0,1	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	0,3	0,4	
341	350	—	0,2	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,4	0,2	0,6	
351	360	—	0,2	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,2	0,5	
361	370	0,2	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,4	0,1	0,5	
371	380	0,2	0,1	0,3	0,3	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,6	0,4	1,0	
381	390	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	0,4	0,4	
391	400	—	—	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	
401	410	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	
411	420	0,1	0,2	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,3	0,6	
421	430	—	0,1	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	
431	440	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	
441	450	0,1	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	
451	460	0,1	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	
461	470	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	0,1	
471	480	—	0,1	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,2	
481	490	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	
491	500	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	
501	510	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	
511	520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
521	530	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	
531	540	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	0,2	
541	550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	0,1	
551	560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	0,1	
561	570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,1	0,1	
571	574	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,3	0,1	0,4	
Anzahl d. Tage mit einem Wasserstand von über 370 cm		0,9	1,0	0,4	1,5	—	—	—	—	—	—	0,1	0,7	2,3	2,3	4,6	

Bemerkungen.

Niedrigster Wasserstand während der 10 Jahre 1879—1888: 64 cm am 10./12. und 16./17. August 1887.

Höchster Wasserstand während der 10 Jahre 1879—1888: 574 cm am 28. Dezember 1882.

Höchster schiffbarer Wasserstand: 370 cm.

53. Eisgang und Eisstand im Main bei Schweinfurt nach den Beobachtungen in den 20 Winterperioden 1879/80 bis 1898/99.

Winterperiode	Eisgang					Eisstand oberhalb des Wehres im gestauten Main					Eisgang und Eisstand zusammen	Nach den Beobachtungen über Eisgang und Eisstand hätten die Wehre gelegt werden müssen	
	November	Dezember	Januar	Februar	März	November	Dezember	Januar	Februar	März		Häufigkeit	Anzahl der Tage mit niedergel. Wehren
	Anzahl der Tage												
1879/80	3	3	5	1	—	—	28	13	20	—	73	2mal	80*)
80/81	—	—	7	2	—	—	—	16	—	—	25	2	34
81/82	—	1	7	2	—	—	—	—	1	—	11	3	27
82/83	—	—	6	—	2	—	—	—	—	—	8	2	13
83/84	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	6
1884/85	5	4	11	2	—	1	1	11	3	—	38	2	45
85/86	5	5	10	6	11	1	—	3	2	1	44	6	62
86/87	—	2	12	12	1	—	—	15	10	—	52	3	62
87/88	—	2	15	5	3	—	7	16	14	4	66	1	79
88/89	4	3	1	14	9	—	—	28	10	—	69	3	81
1889/90	—	6	5	2	2	—	7	—	—	7	29	5	45
90/91	4	1	—	1	—	—	21	28	20	—	75	2	85
91/92	—	7	6	2	5	—	—	7	—	—	27	3	5
92/93	2	13	23	6	—	1	1	—	—	—	46	2	57
93/94	—	2	9	5	—	—	2	—	—	—	18	3	32
1894/95	—	1	10	7	3	—	—	17	21	13	72	2	84
95/96	—	2	3	3	—	—	2	10	4	—	24	3	33
96/97	1	5	4	1	—	—	7	18	—	—	36	4	48
97/98	—	3	5	—	—	—	—	—	—	—	8	2	15
1898/99	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—	3	2	9
zusammen in 20 Jahren	24	65	139	72	36	3	76	182	105	25	727	53	948
im Mittel pro Jahr	1,20	3,75	6,95	3,60	1,80	0,15	3,80	9,10	5,25	1,25	36,35	2,65	47,4

Ergebnis: Nach den Beobachtungen bei Schweinfurt müßten die Wehre im Main in jedem Winter nach dem Mittel der 20jährigen Beobachtungsreihe 3 mal gelegt werden und würden im ganzen 48 Tage niedergelegt sein.

*) Bei der Bestimmung der Anzahl der Tage mit niedergelegten Wehren wurde vorausgesetzt, daß die Wehre im allgemeinen zwei Tage vor dem Eisgang niedergelegt und einen Tag nach dem Eisgang wieder aufgerichtet werden. War zwischen zwei Eisgangperioden ein Zeitintervall bis zu 5 Tagen, dann wurde angenommen, daß die Wehre niedergelegt blieben.

54. Ausnützung der Wasserkräfte des Mains in den Seitenkanälen, hier

die Berechnung der verfügbaren Wassermenge unter Berücksichtigung der
für den Betrieb der Schifffahrt in den Seitenkanälen
sowie für den Betrieb der Flößerei und der Kleinschifffahrt im Main notwendigen
Wassermenge
auf Grund der im Main bei Schweinfurt in den 10 Jahren 1879—1888
vorgenommenen Messungen und Beobachtungen.

Wasserstand in cm am Pegel zu Schweinfurt		Mittlere Anzahl der Tage im Jahr	Der nebenbezeichneten Anzahl von Tagen entspricht im Mittel		In den Seitenkanälen nutzbare Wassermenge in Sek.-cbm an jedem Tag	Produkt aus der nutzbaren Wassermenge und ihrer jährlichen Dauer.
von	bis		ein Pegelstand von in cm	eine Wasser- menge von in Sek.-cbm		
a) in den 9 Monaten März mit November:						
64	70	4	67	28	—	—
71	80	22	75	31	—	—
81	90	24	85	37	—	—
91	100	41	95	45	5	205
101	110	33	105	55	15	495
Zusammen		124				700
Hiezu die Tage mit über 100 cm Pegelstand .		151				2265
Im ganzen		275				2965
Sohin die sekundliche in den Seitenkanälen nutzbare Wasser- menge durchschnittlich in den 9 Monaten					10,4	
b) in den 3 Monaten Dezember, Januar und Februar:						
81	90	1	85	37	14	14
91	100	3	95	45	20	60
Zusammen		4				74
Wehre niedergelegt .		48*)			20	760
Verbleiben		38			10	480
Im ganzen		90				1314
Sohin die sekundliche in den Seitenkanälen nutzbare Wasser- menge durchschnitt- lich in den 3 Monaten					13,5	—
Gesamtsumme		365				4279
Sohin die sekundliche in den Seitenkanälen nutzbare Wasser- menge durchschnittlich für das ganze Jahr					11,2	

*) Der Einfachheit halber wurde die durchschnittliche Anzahl der Tage, an denen die Wehre wegen Eisgang und Eisstand alljährlich niedergelegt werden müßten, bei den drei Monaten Dezember, Januar und Februar in Anrechnung gebracht.

55. Ausnützung der Wasserkräfte an den Wehren zwischen je zwei kanalisierten Mainstrecken, hier die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte unter Berücksichtigung der für den Betrieb der Schifffahrt und Flößerei im Main notwendigen Wassermenge auf Grund der im Main bei Schweinfurt in den Jahren 1879—1888 vorgenommenen Messungen und Beobachtungen.

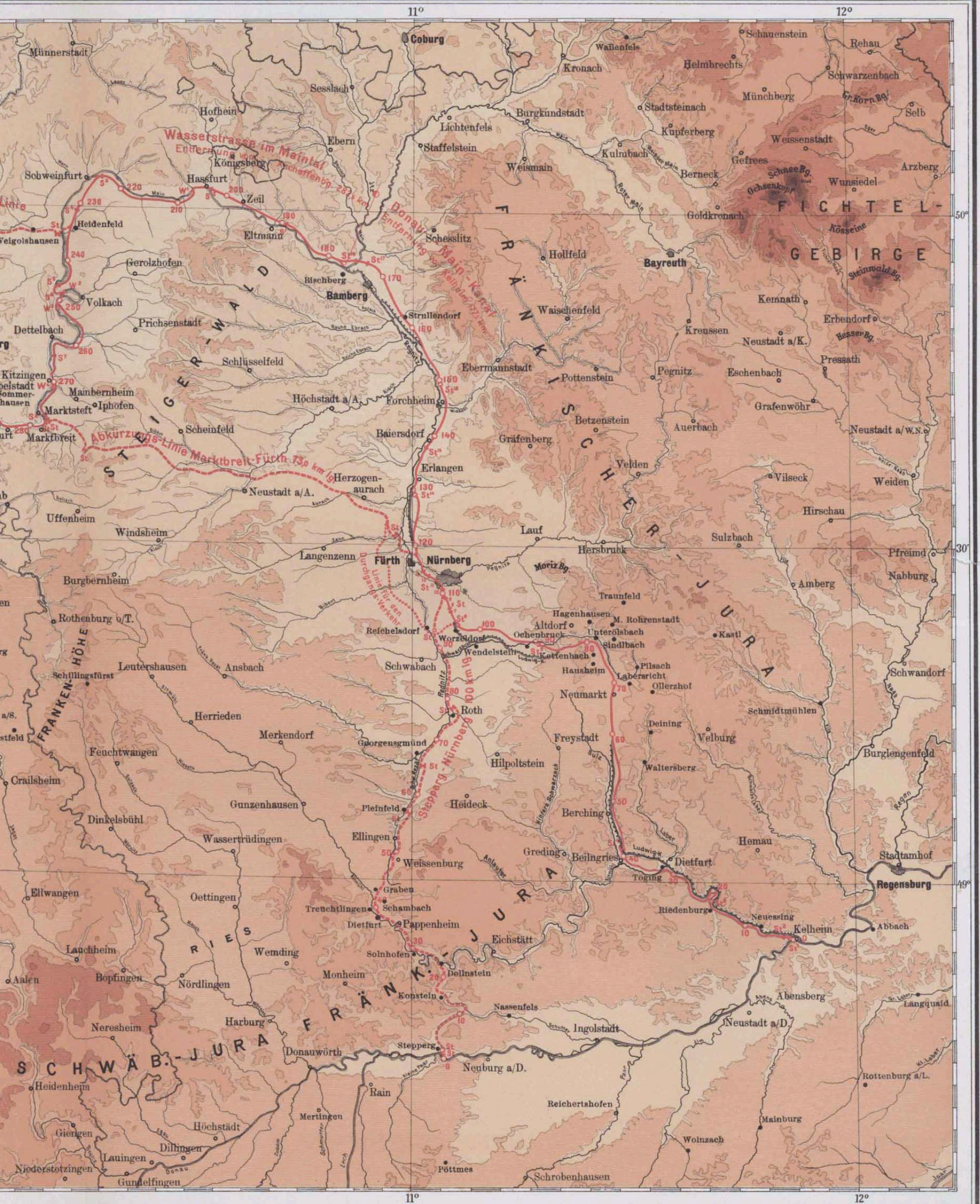
Wasserstand in cm am Pegel zu Schweinfurt		Mittlere Anzahl der Tage im Jahr	Der nebenstehenden Anzahl von Tagen entspricht im Mittel		Am Wehre nutzbare Wassermenge für jeden Tag in Sek.-cbm	Wehrgefälle beim mittleren Wasserstand in cm	Sekundliche Wasserkraft bei 75% Nutzeffekt der Turbinen		Produkt aus der verwertbaren Wasserkraft und ihrer jährlichen Dauer
von	bis		ein Pegelstand von in cm	eine Wassermenge von in Sek.-cbm			vorhandene Wasserkraft PS	verwertbare Wasserkraft PS	
a) in den 9 Monaten März mit November:									
64	70	4	67	28	20	260	520	520	2 080
71	80	22	75	31	23	255	586	586	12 892
81	90	24	85	37	29	245	710	710	17 040
91	100	41	95	45	37	235	869	869	35 629
101	110	33	105	55	47	225	1 057	1 000	33 000
111	120	32	115	66	58	215	1 247	1 000	32 000
121	130	25	125	80	72	205	1 476	1 000	25 000
131	140	16	135	95	87	195	1 696	1 000	16 000
141	150	14	145	110	102	185	1 887	1 000	14 000
151	160	11	155	125	117	175	2 047	1 000	11 000
161	170	9	165	141	133	165	2 204	1 000	9 000
171	180	9	175	158	150	155	2 325	1 000	9 000
181	190	7	185	174	166	145	2 407	1 000	7 000
191	200	4	195	191	183	135	2 470	1 000	4 000
201	210	4	205	210	202	125	2 525	950	3 800
211	220	3	215	227	219	115	2 518	850	2 550
221	230	2	225	245	237	105	2 488	750	1 500
231	240	2	235	264	256	95	2 432	650	1 300
241	250	2	245	283	275	85	2 337	550	1 100
251	260	2	255	305	297	75	2 227	450	900
261	270	1	265	324	316	65	2 054	350	350
271	280	2	275	344	336	55	1 848	250	500
Zusammen		269							239 641
Hiezu die Anzahl der Tage mit über 280 cm Pegelstand		6							
Im ganzen		275							
Sohin die sekundliche verwertbare Wasserkraft durchschnittlich in den 9 Monaten März mit November.								871	
b) in den 3 Monaten Dezember, Januar und Februar:									
81	90	1	85	37	29	245	710	710	710
91	100	3	95	45	37	235	869	869	2 607
101	110	6	105	55	47	225	1 057	1 000	6 000
111	120	10	115	66	58	215	1 247	1 000	10 000
121	130	10	125	80	72	205	1 476	1 000	10 000
131	140	6	135	95	87	195	1 696	1 000	6 000
141	150	8	145	110	102	185	1 887	1 000	8 000
151	160	5	155	125	117	175	2 047	1 000	5 000
161	170	6	165	141	133	165	2 204	1 000	6 000
171	180	6	175	158	150	155	2 325	1 000	6 000
181	190	4	185	174	166	145	2 407	1 000	4 000
191	200	4	195	191	183	135	2 470	1 000	4 000
201	210	4	205	210	202	125	2 525	950	3 800
211	220	3	215	227	219	115	2 518	850	2 550
221	230	2	225	245	237	105	2 488	750	1 500
231	240	1	235	264	256	95	2 432	650	650
241	250	2	245	283	275	85	2 337	550	1 100
251	260	1	255	305	297	75	2 227	450	450
261	270	1	265	324	316	65	2 054	350	350
271	280	1	275	344	336	55	1 848	250	250
Zusammen		84							78 967
Hiezu die Anzahl der Tage mit über 280 cm Pegelstand		6							
Im ganzen		90							
Sohin durchschnittlich in den 3 Monaten								877	
Da das Wehr an 48 Tagen niedergelegt ist, so gehen von obiger Summe ab: 877×48									42 096
Verbleiben									36 871
und sohin die sekundliche verwertbare Wasserkraft durchschnittlich in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar								410	
Hiezu wie unter a									239 641
Im ganzen									276 512
Sohin die sekundliche verwertbare Wasserkraft durchschnittlich für das ganze Jahr								758	

56. Ausnützung der Wasserkräfte

an den für die Wasserversorgung der Seitenkanäle notwendigen Wehren im Main,
hier

die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte unter Berücksichtigung der
für den Betrieb der Flößerei und der Kleinschiffahrt im Main notwendigen Wassermenge,
auf Grund der im Main bei Schweinfurt in den Jahren 1879—1888
vorgenommenen Messungen und Beobachtungen.

Wasserstand in cm am Pegel zu Schweinfurt		Mittlere Anzahl der Tage im Jahr	der nebenstehenden Anzahl von Tagen entspricht im Mittel		Am Wehre nutzbare Wassermenge für jeden Tag in Sek.-cbm	Wehr- gefälle beim mittleren Wasserstand in cm	Sekundliche Wasserkraft bei 75% Nutzeffekt der Turbinen		Produkt aus der verwertbaren Wasserkraft und ihrer jährlichen Dauer	
von	bis		ein Pegelstand von in cm	eine Wasser- menge von in Sek.-cbm			vorhandene Wasserkraft PS.	verwertbare Wasserkraft PS.		
a) in den 9 Monaten März mit November:										
64	70	4	67	28	15	218	327	327	1 308	
71	80	22	75	31	18	210	378	378	8 316	
81	90	24	85	37	24	200	480	480	11 520	
91	100	41	95	45	27	190	513	513	21 033	
101	110	33	105	55	27	180	486	486	16 038	
111	120	32	115	66	38	170	646	600	19 200	
121	130	25	125	80	52	160	832	600	15 000	
131	140	16	135	95	67	150	1 005	600	9 600	
141	150	14	145	110	82	140	1 148	600	8 400	
151	160	11	155	125	97	130	1 261	600	6 600	
161	170	9	165	141	113	120	1 356	550	4 950	
171	180	9	175	158	130	110	1 430	500	4 500	
181	190	7	185	174	146	100	1 460	450	3 150	
191	200	4	195	191	163	90	1 467	400	1 600	
201	210	4	205	210	182	80	1 456	350	1 400	
211	220	3	215	227	199	70	1 393	300	900	
221	230	2	225	245	217	60	1 302	250	500	
231	240	2	235	264	236	50	1 180	200	400	
Zusammen		262								134 415
Hiezu die Anzahl der Tage mit über 240 cm Pegelstand		13								
Im ganzen		275	Sohin die sekundliche verwertbare Wasserkraft durchschnittlich in den 9 Monaten März mit November					489		
b) in den 3 Monaten Dezember, Januar und Februar:										
81	90	1	85	37	10	200	200	200	200	
91	100	3	95	45	12	190	228	228	684	
101	110	6	105	55	22	180	396	396	2 376	
111	120	10	115	66	33	170	561	561	5 610	
121	130	10	125	80	47	160	752	600	6 000	
131	140	6	135	95	62	150	930	600	3 600	
141	150	8	145	110	77	140	1 078	600	4 800	
151	160	5	155	125	92	130	1 196	600	3 000	
161	170	6	165	141	108	120	1 296	550	3 300	
171	180	6	175	158	125	110	1 375	500	3 000	
181	190	4	185	174	141	100	1 410	450	1 800	
191	200	4	195	191	158	90	1 422	400	1 600	
201	210	4	205	210	177	80	1 416	350	1 400	
211	220	3	215	227	194	70	1 358	300	900	
221	230	2	225	245	212	60	1 272	250	500	
231	240	1	235	264	231	50	1 155	200	200	
Zusammen		79								38 970
Hiezu die Anzahl der Tage mit über 240 cm Pegelstand		11								
Im ganzen		90	Sohin durchschnittlich in den 3 Monaten					433		
Da das Wehr an 48 Tagen niedergelegt ist, so gehen von obiger Summe ab: 433×48										20 784
										18 186
und sohin die sekundliche, verwertbare Wasserkraft durchschnittlich in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar								202		
										134 415
										152 601
Sohin die sekundliche verwertbare Wasserkraft durchschnittlich für das ganze Jahr								418		



N O R D - S E E

O S T



Zur Ausarbeitung dieser Karte wurden benutzt:

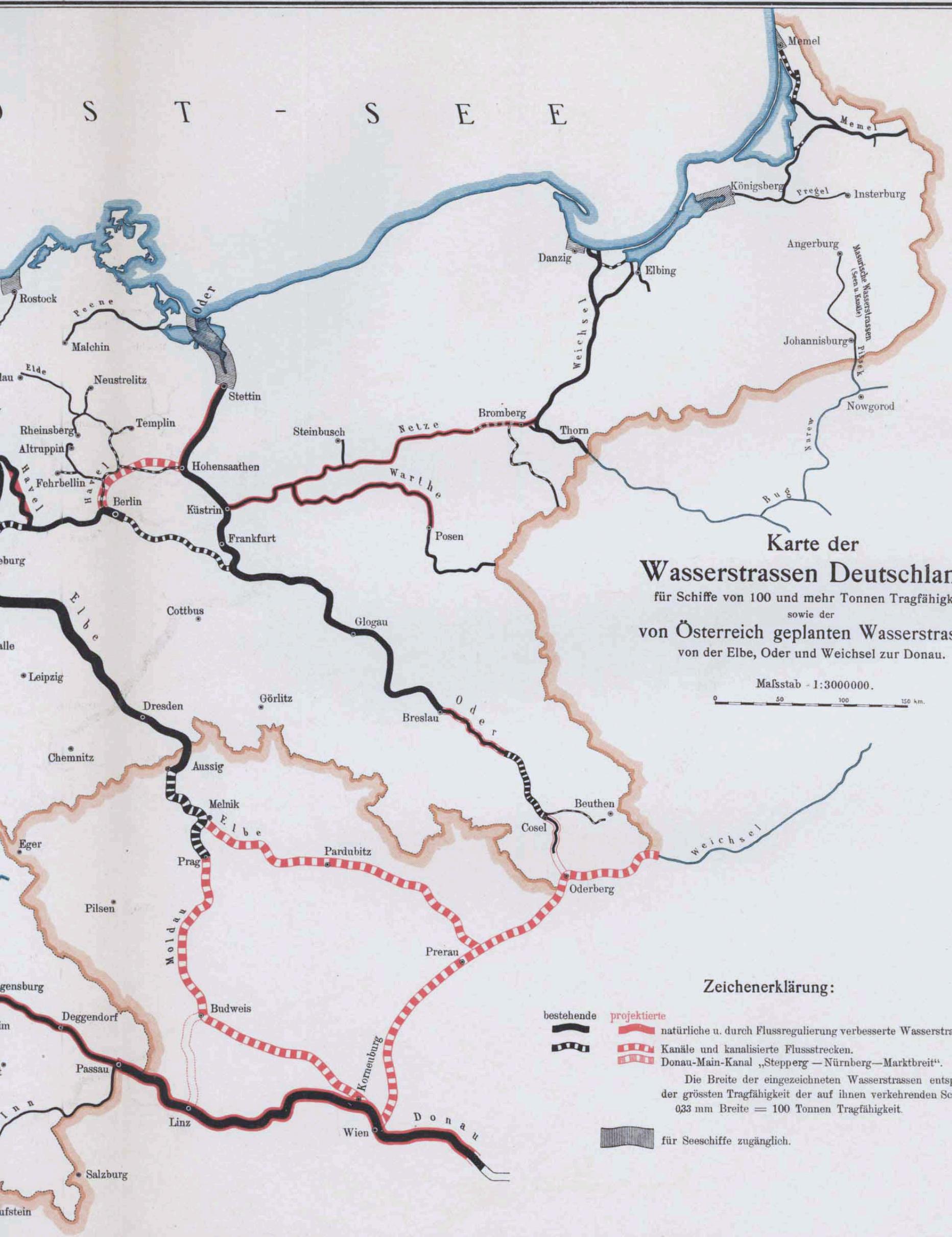
Die Karten der flössbaren und schiffbaren Wasserstrassen des Deutschen Reiches im M. = 1:1000000 entworfen und gezeichnet von Victor Kurs, Berlin 1894, sodann die Karte der Wasserstrassen Deutschlands, welche der Sympher'schen Abhandlung „Die wasserwirtschaftliche Vorlage“, Berlin 1901, beigegeben ist.

Kanal über Nancy längs der nicht schiffbaren Mosel

Wasserscheide zwischen Donau, Neckar und Main

Rhône-Rhein-Kanal

S T - S E E



**Karte der
Wasserstrassen Deutschlands**
für Schiffe von 100 und mehr Tonnen Tragfähigkeit
sowie der
von Österreich geplanten Wasserstrassen
von der Elbe, Oder und Weichsel zur Donau.

Mafsstab - 1:3000000.



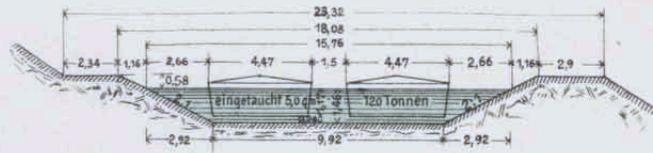
Zeichenerklärung:

- bestehende natürliche u. durch Flussregulierung verbesserte Wasserstrassen.
- Kanäle und kanalisierte Flussstrecken.
- Donau-Main-Kanal „Stepperg—Nürnberg—Marktbreit“.

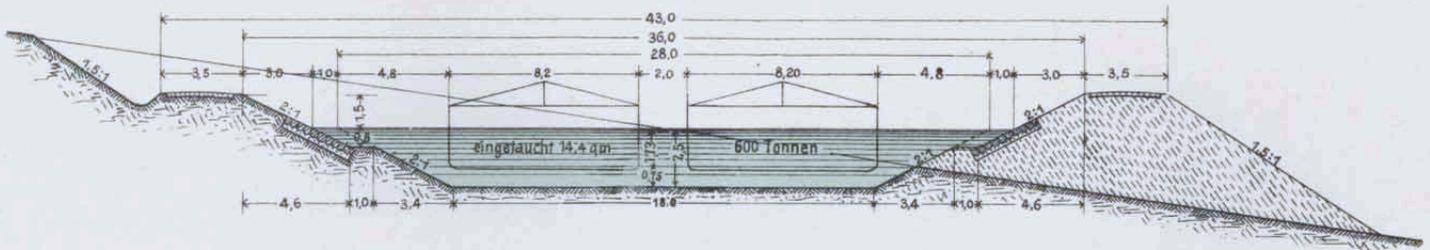
Die Breite der eingezeichneten Wasserstrassen entspricht der grössten Tragfähigkeit der auf ihnen verkehrenden Schiffe.
0,33 m Breite = 100 Tonnen Tragfähigkeit.

für Seeschiffe zugänglich.

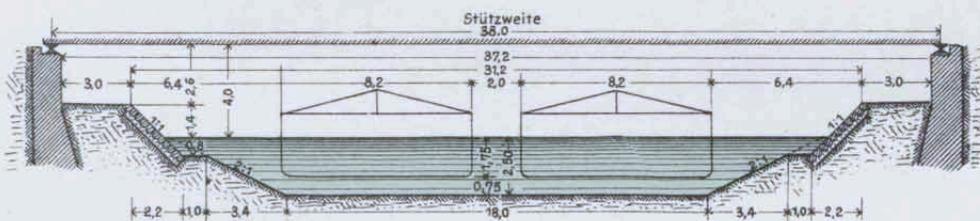
Normalquerschnitt des Ludwig-Kanals.



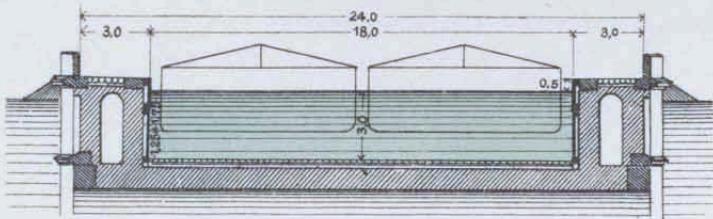
Normalquerschnitte des projektierten Donau-Main-Kanals.
Kanal auf freier Strecke.



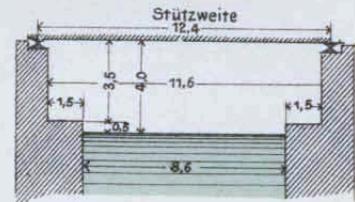
Kanal bei einer Überbrückung.



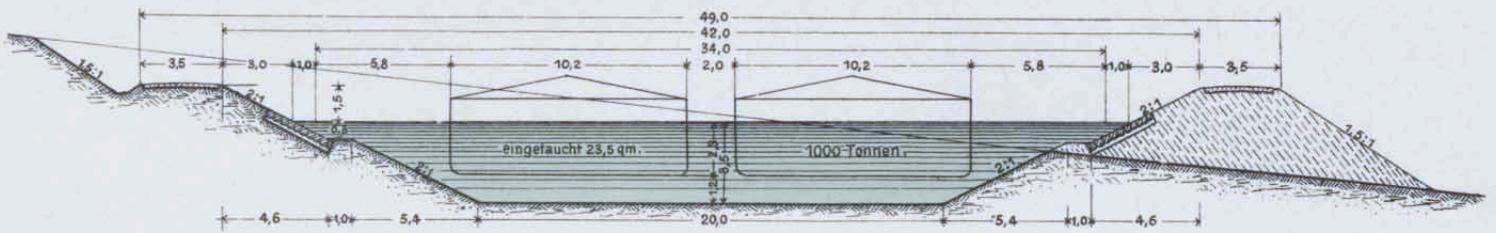
Querschnitt durch den Scheitel einer Kanalbrücke.



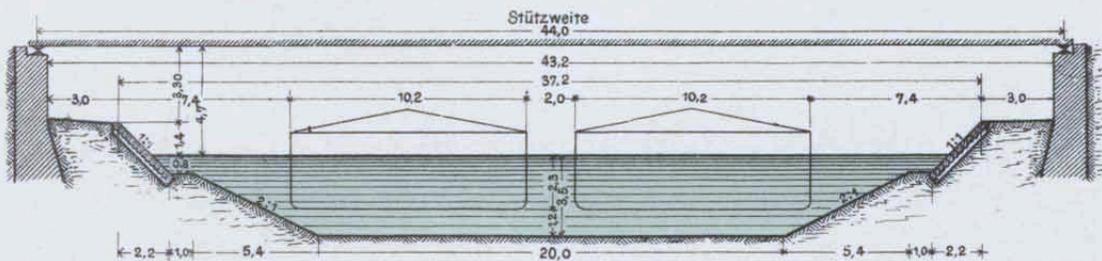
Querschnitt durch das Unterhaupt einer Kammerschleuse mit Überbrückung.



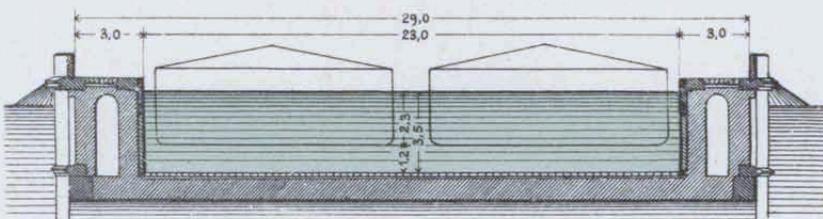
Normalquerschnitte der projektierten Seitenkanäle längs des Mains.
Kanal auf freier Strecke.



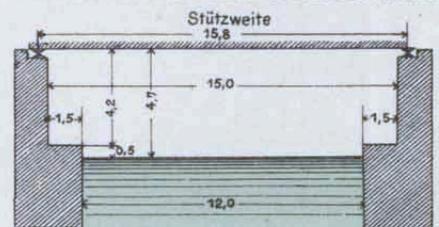
Kanal bei einer Überbrückung.

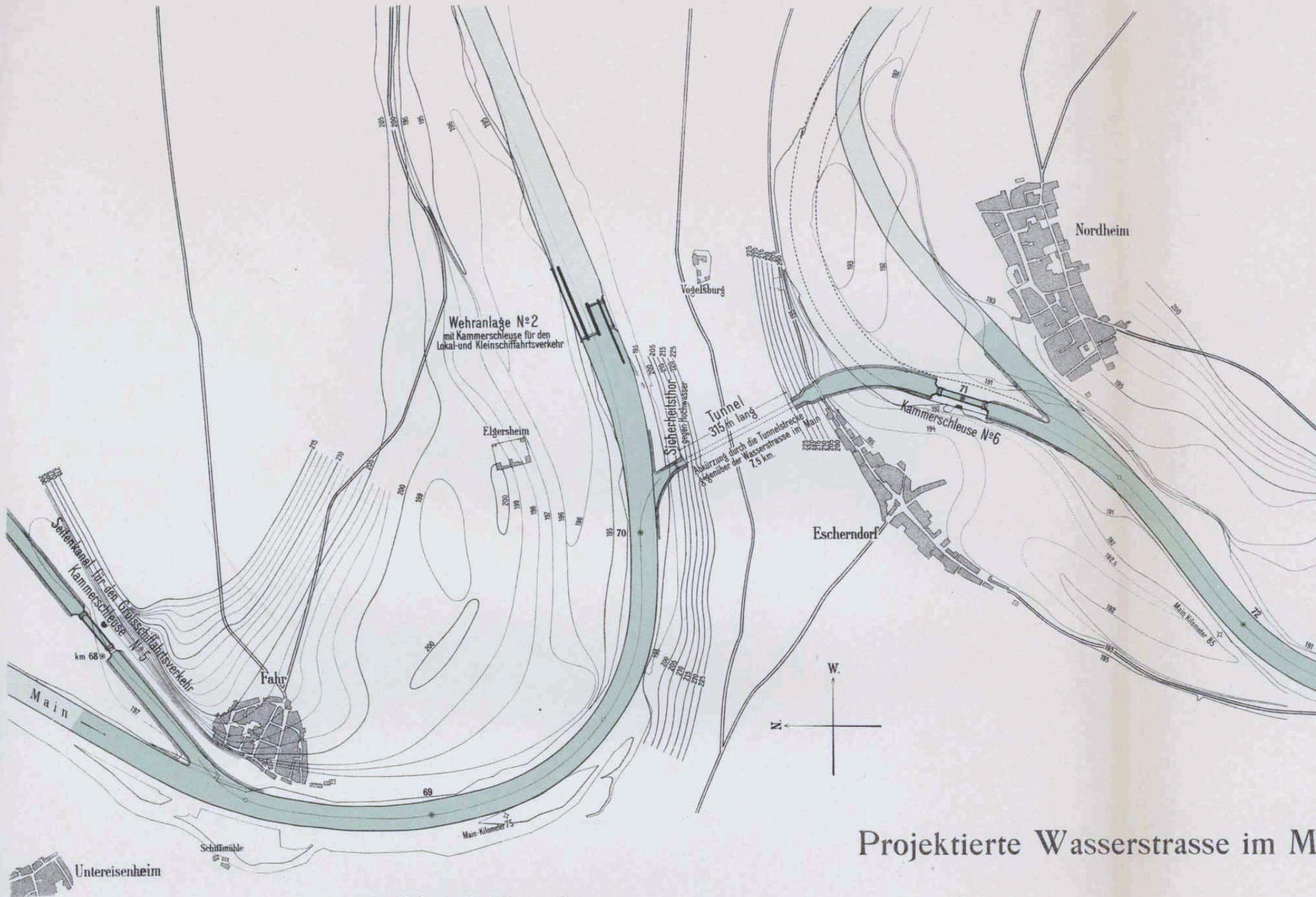


Querschnitt durch den Scheitel einer Kanalbrücke.



Querschnitt durch das Unterhaupt einer Kammerschleuse mit Überbrückung.

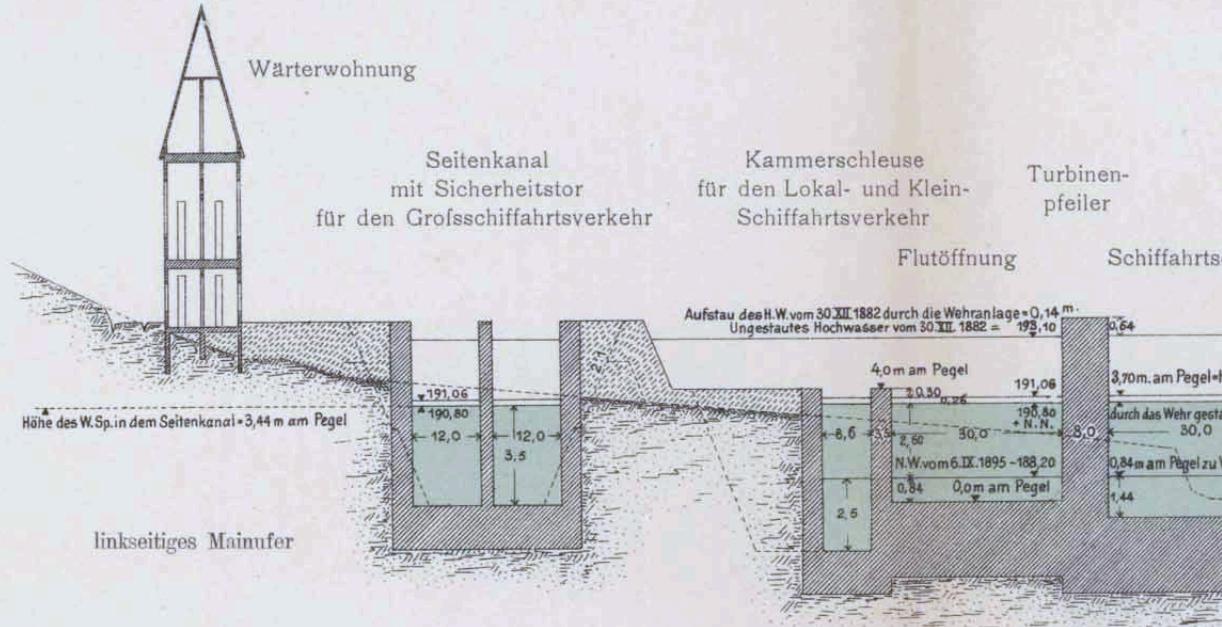
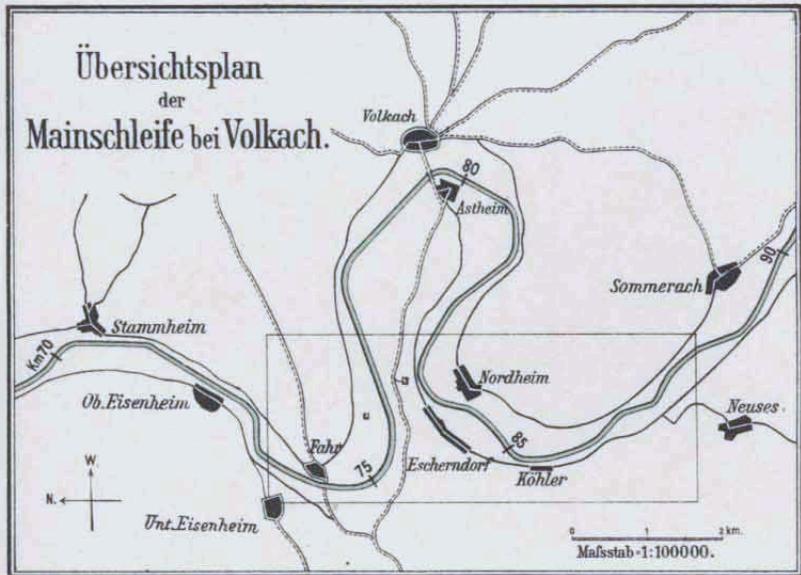


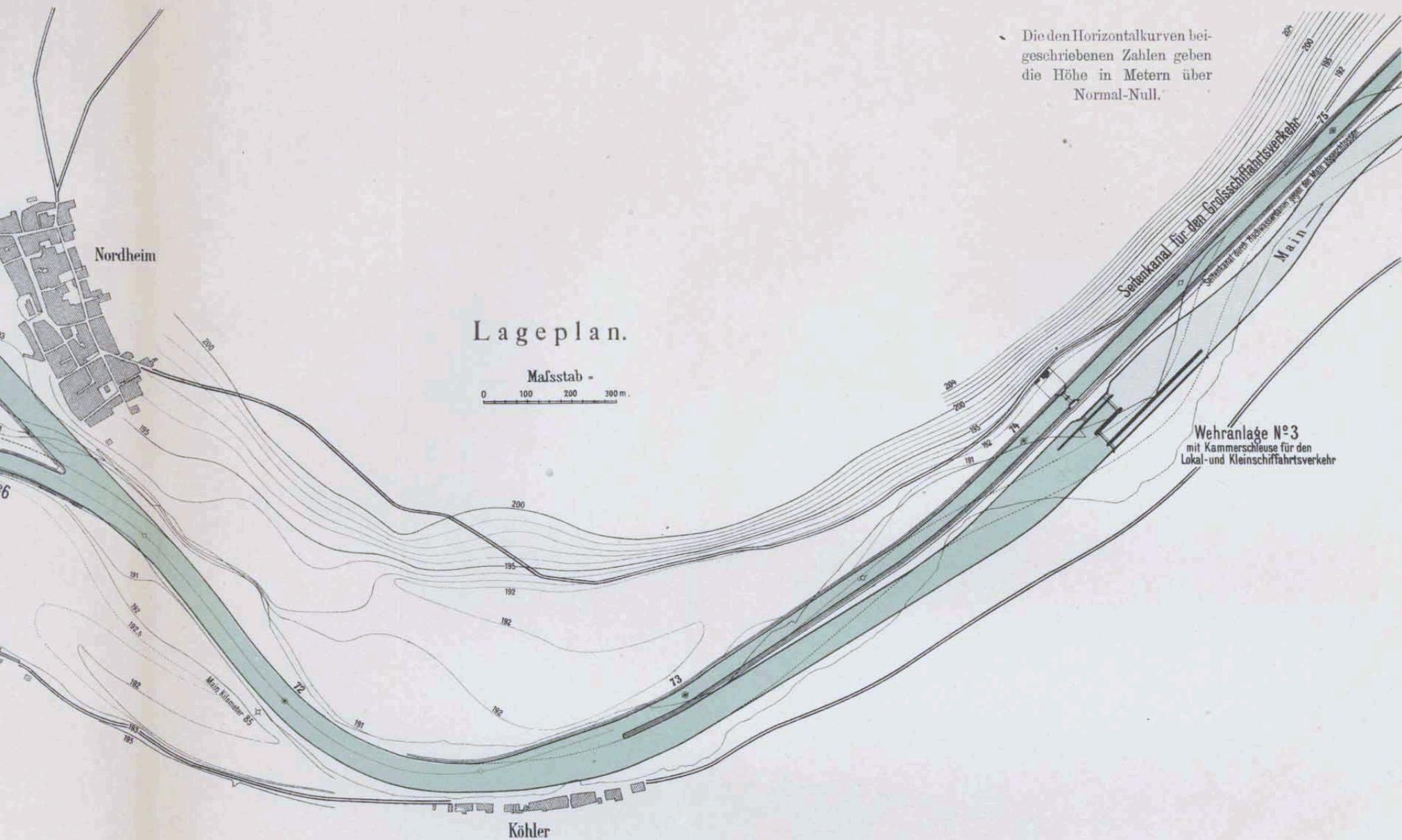


Projektierte Wasserstrasse im M

Der Nullpunkt der Kilometer-Einteilung liegt für die projektierte Wasserstrasse gegenüber der Mündung der Regnitz in den Main, für den Main selbst bei dieser Mündung.

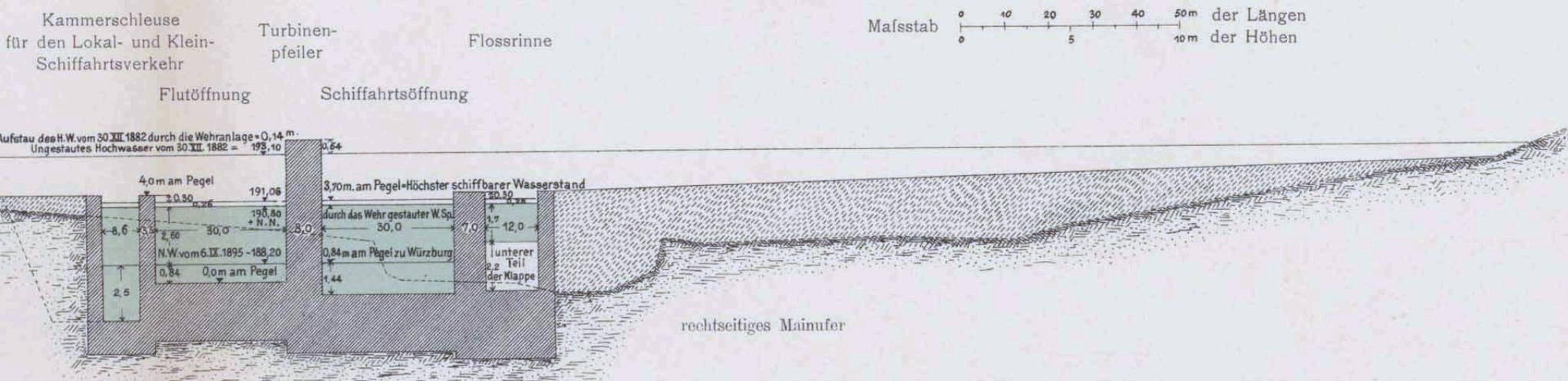
Querschnitt durch die Wehranlage i unterhalb No

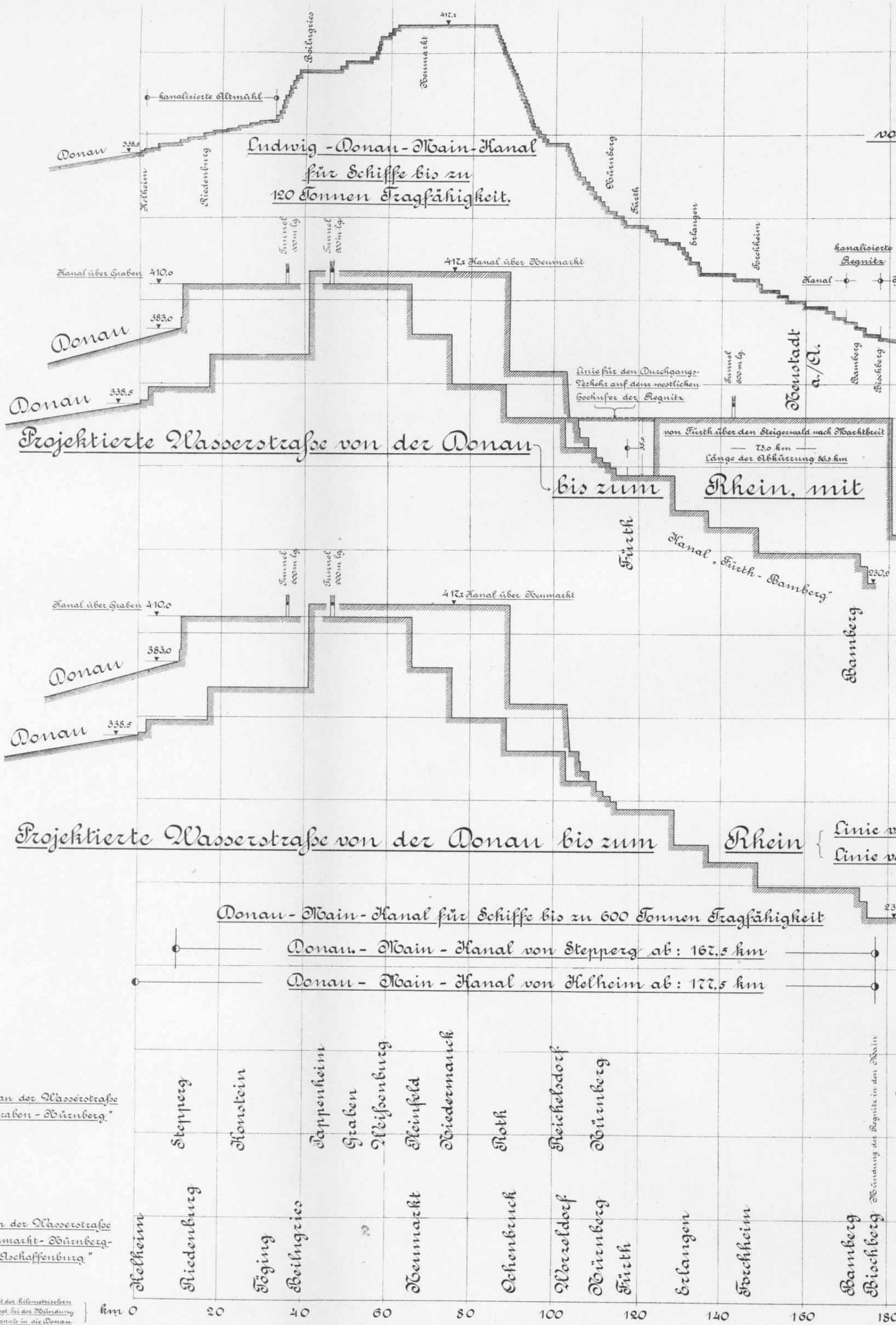




erte Wasserstrasse im Maintal von Fahr bis unterhalb Nordheim, km 67,5—75,0.

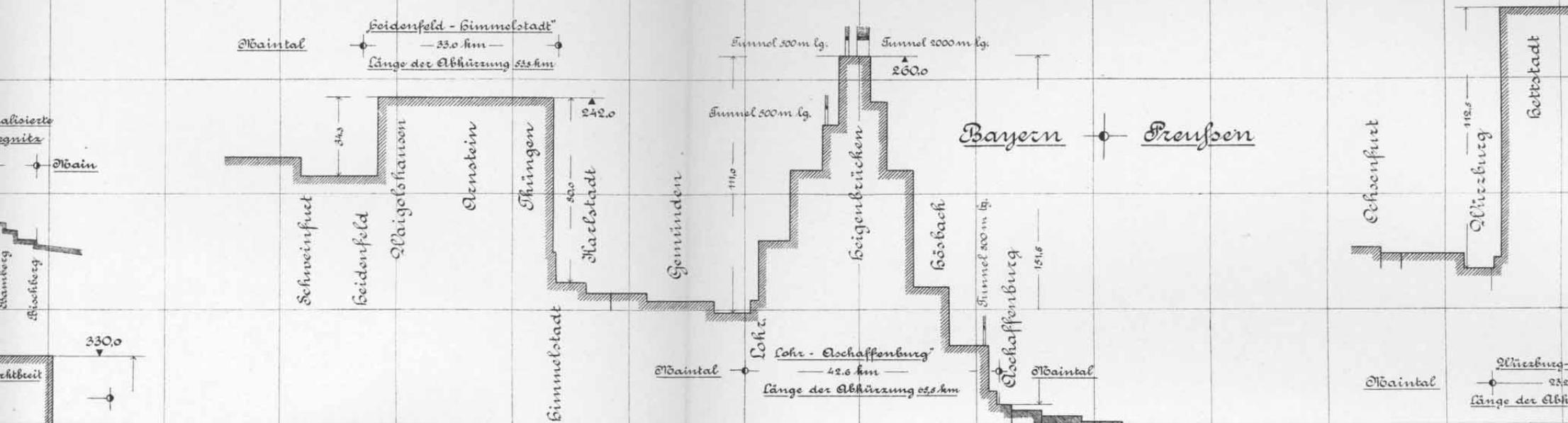
erschnitt durch die Wehranlage im Main und durch den Seitenkanal auf dem linkseitigen Ufer unterhalb Nordheim bei dem Main-Kilometer 87,1.





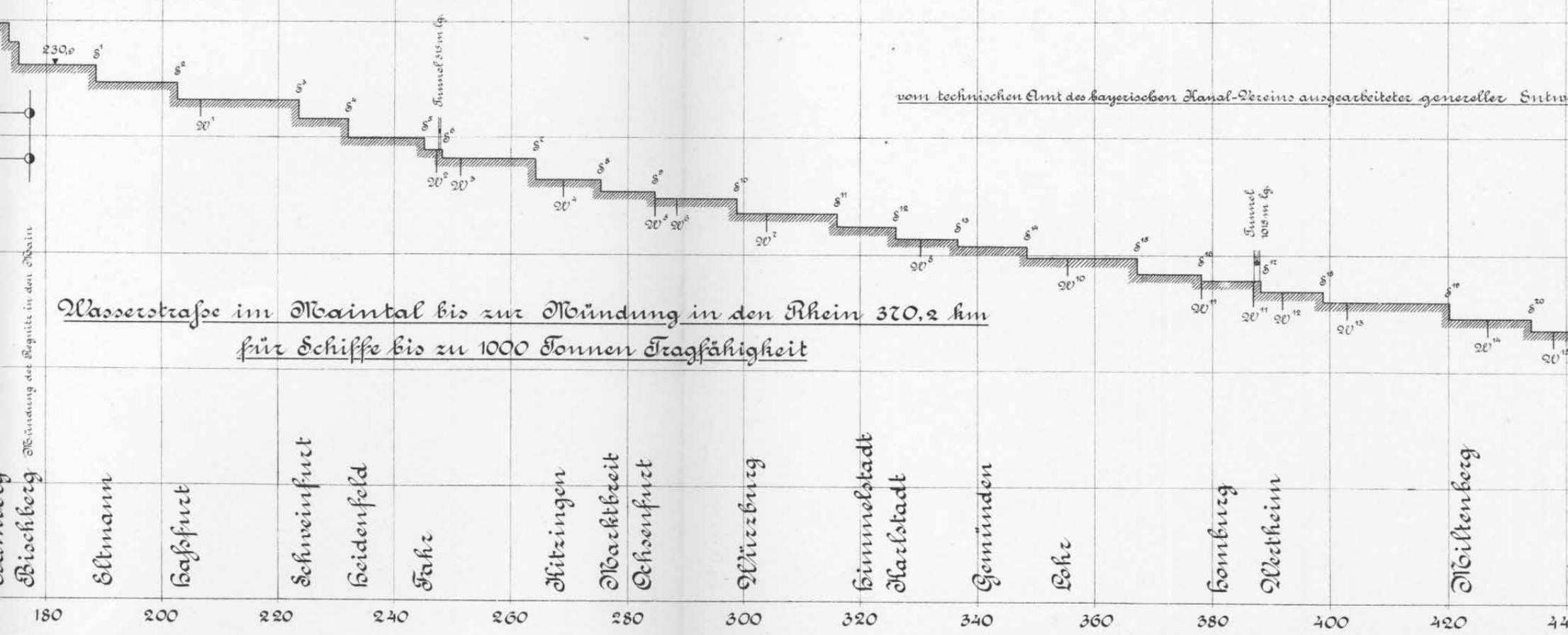
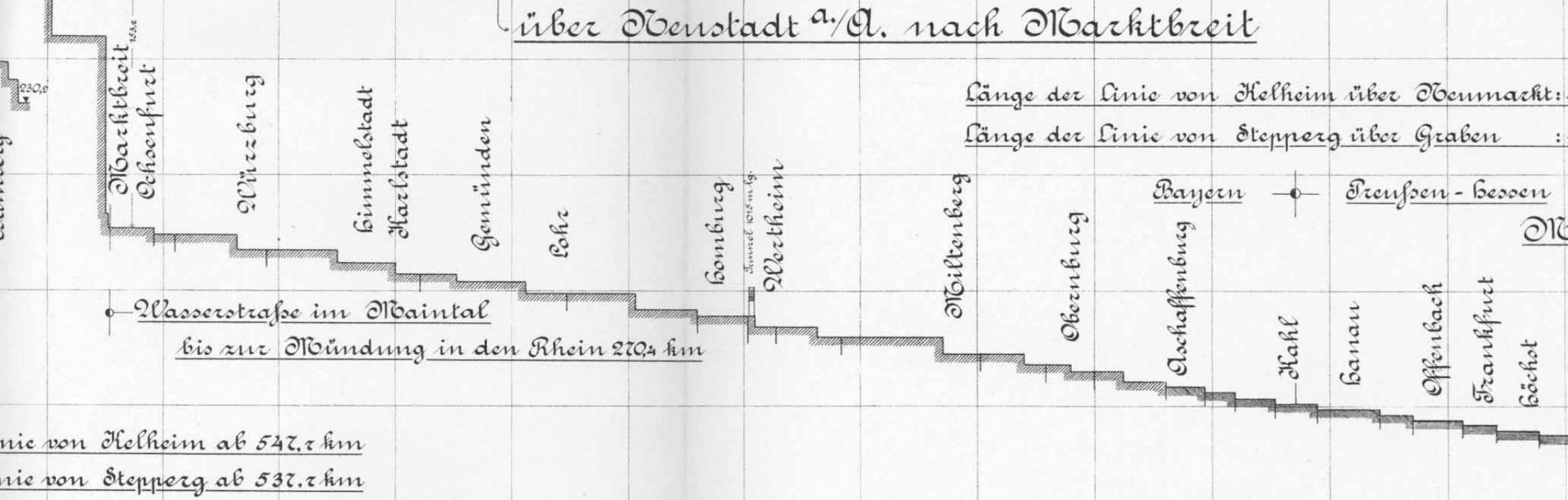
Main - Wasserstrasse mit Abkürzungen:

von Heidenfeld über Arnstein nach Himmelstadt und von Lohr über den Spessart nach Aschaffenburg // von Würzburg

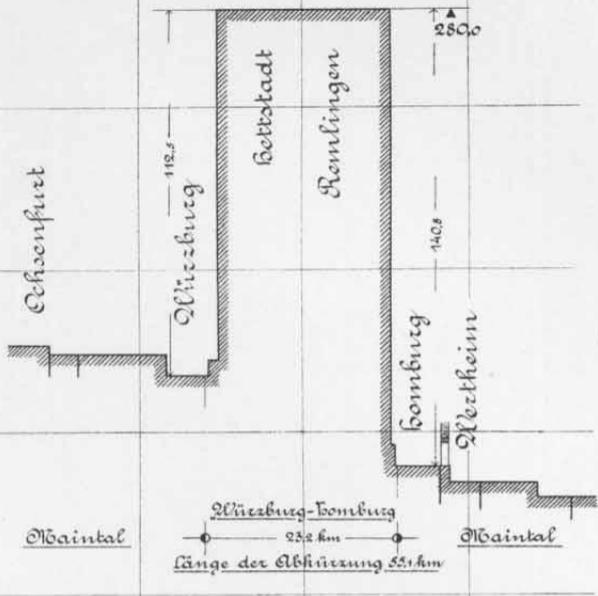


Abkürzung von Fürth

über Venstadt a./A. nach Marktbreit



en:
|| von Würzburg über Bettstadt nach Kromburg



Wasserstrasse von der Donau bis zum Rhein

Längenschnitte

Maßstab der Längen



Maßstab der Höhen



Die Höhen sind bezogen auf Normal-Null.

über Neumarkt: 461,4 km
 über Graben : 451,4 km

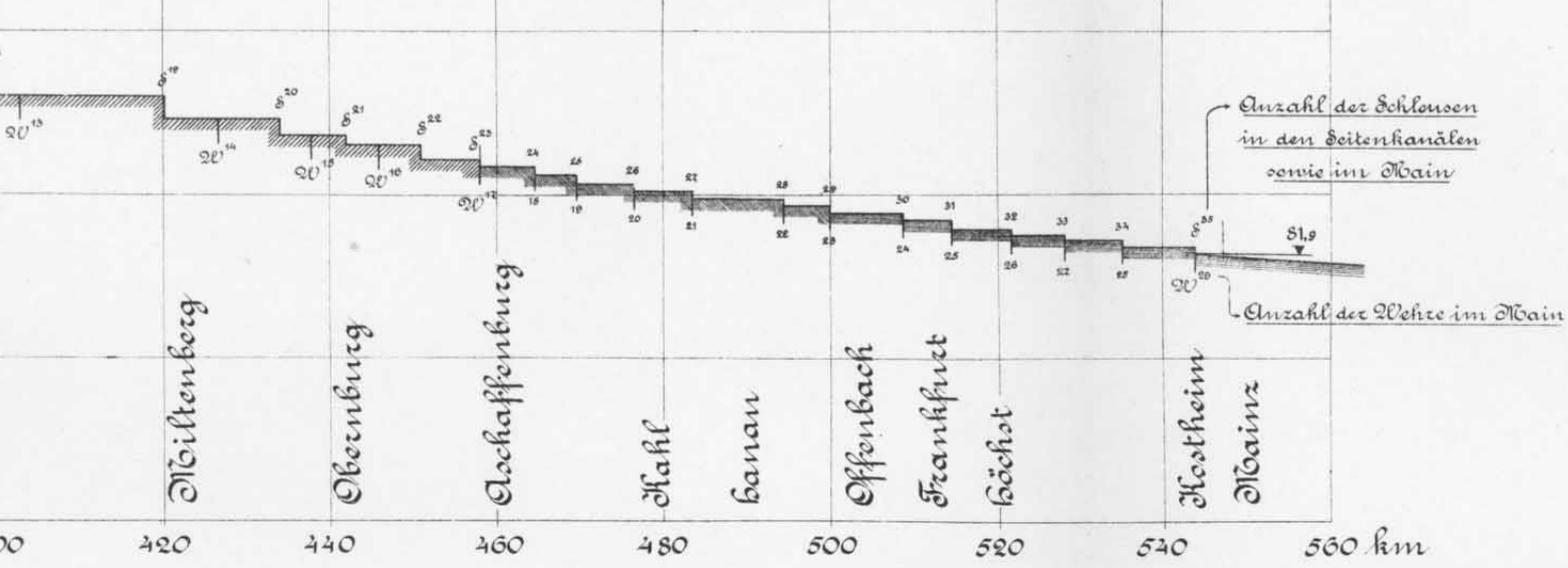
Preußen - Hessen



von Bayern und Preußen projektierte Kanalisierung — 42.0 km —
 von Hessen und Preußen kanalisierte Flußstrecke — 44.4 km —

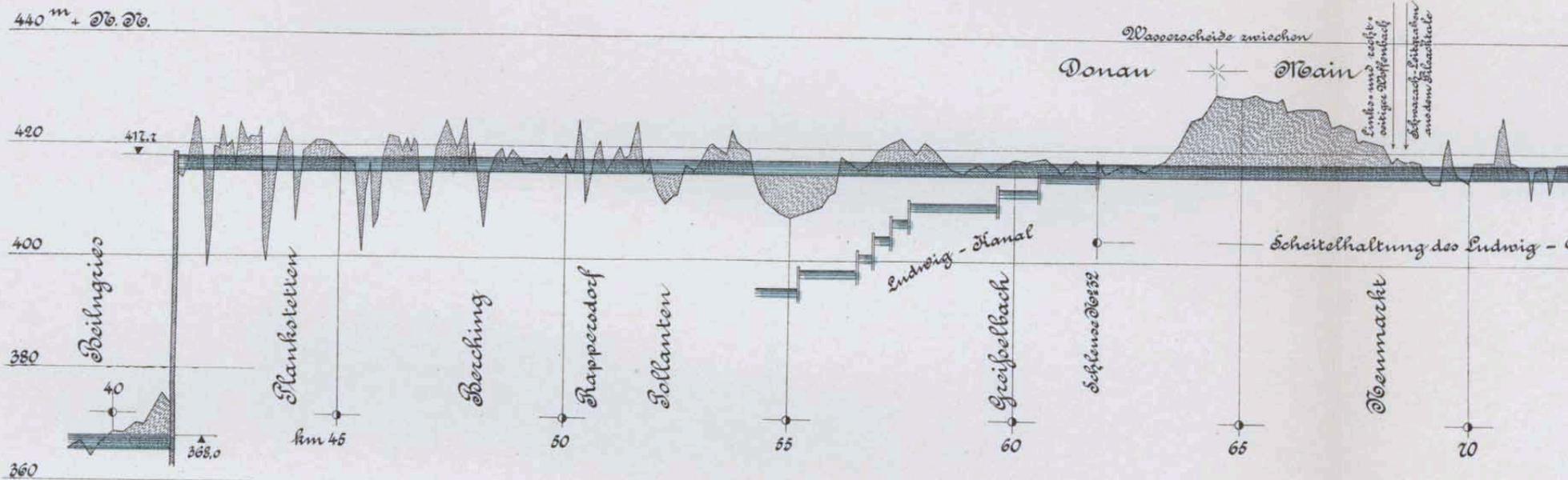
Bayern — Preußen-Hessen

Main — Rhein

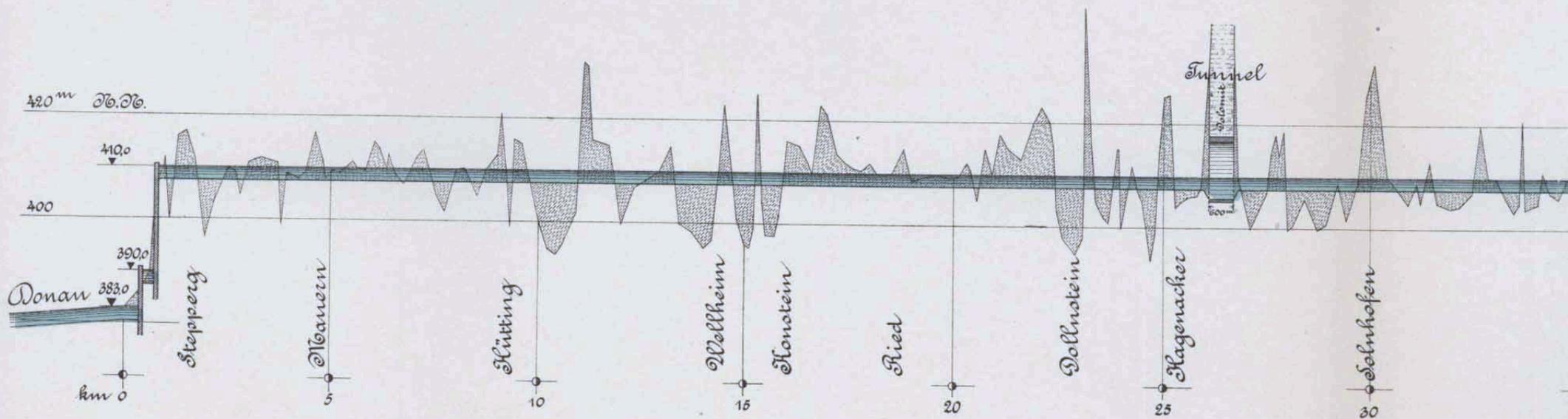


Laengenschnitte der Scheitel für einen neuen Donau - Main - Kanal von

Scheitelhaltung der Linie Kelheim - Nürnberg



Scheitelhaltung der Linie Stepperg - Nürnberg



Maßstab der Laengen 0 1 2 3 4 5 km

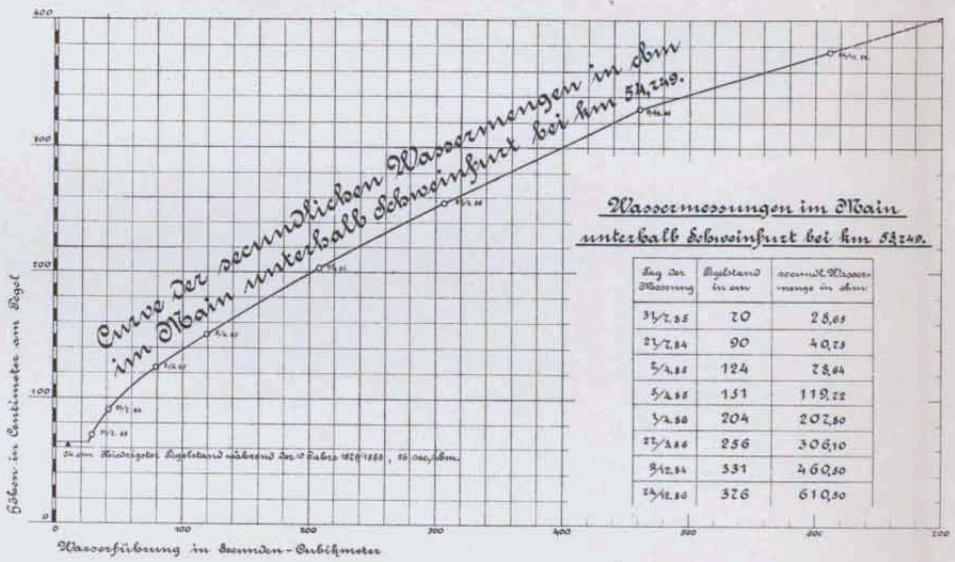
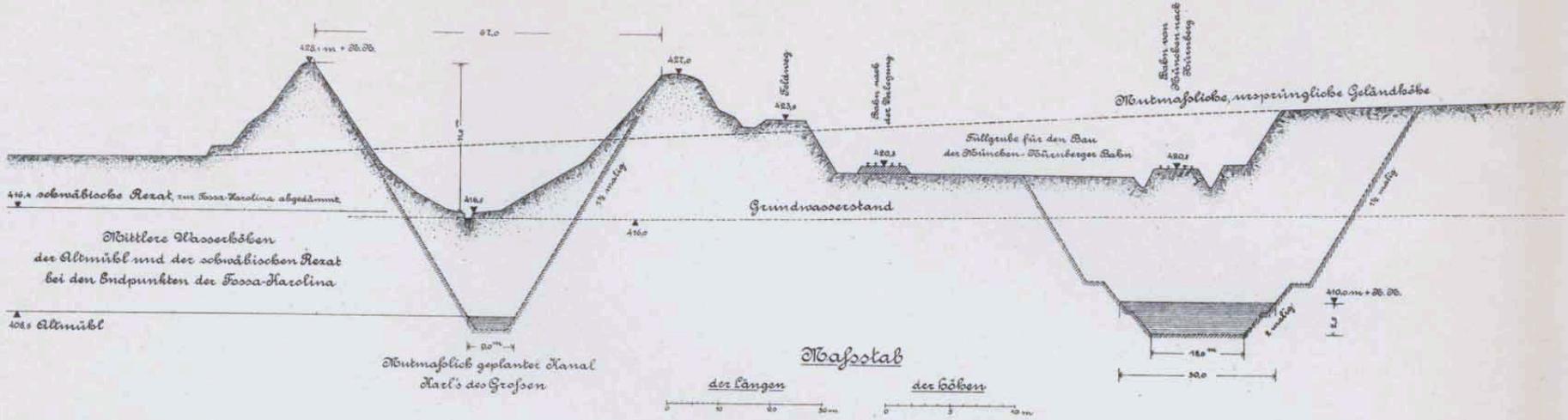
Maß

Querschnitt in der Wasserscheide zwischen der Altmühl und der schwäbischen Rezat

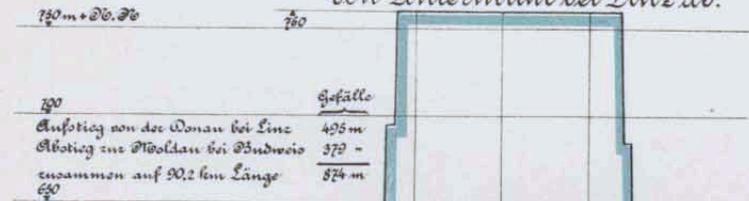
Fossa-Karolina

Projektiertes Donau-Main-Kanal

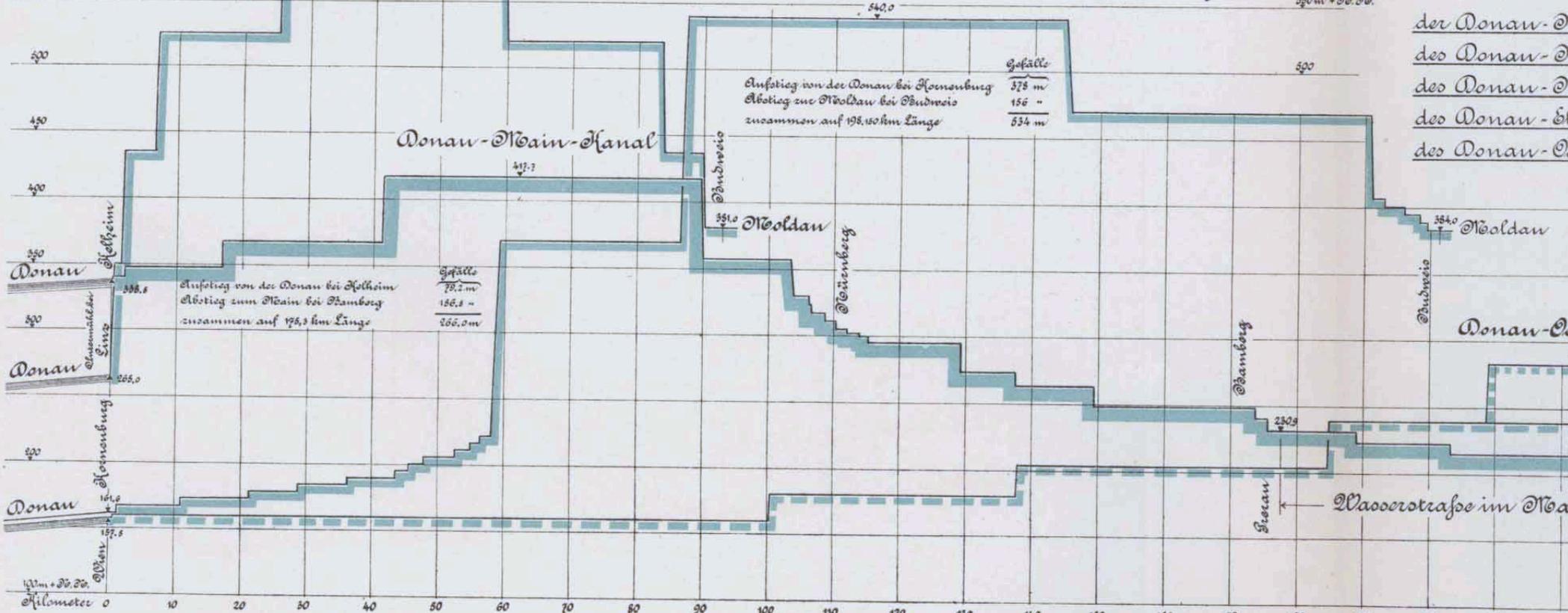
von der Donau bei Stepperg über Nürnberg nach Bamberg



Donau-Moldau-Kanal
von Untermühl bei Linz ab.



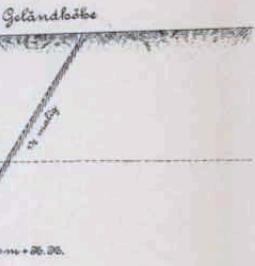
Donau-Moldau-Kanal von Hornenburg ab.



Höhen in Centimeter am Pegel, Standort bei km 54,0 der Flußeinleitung.

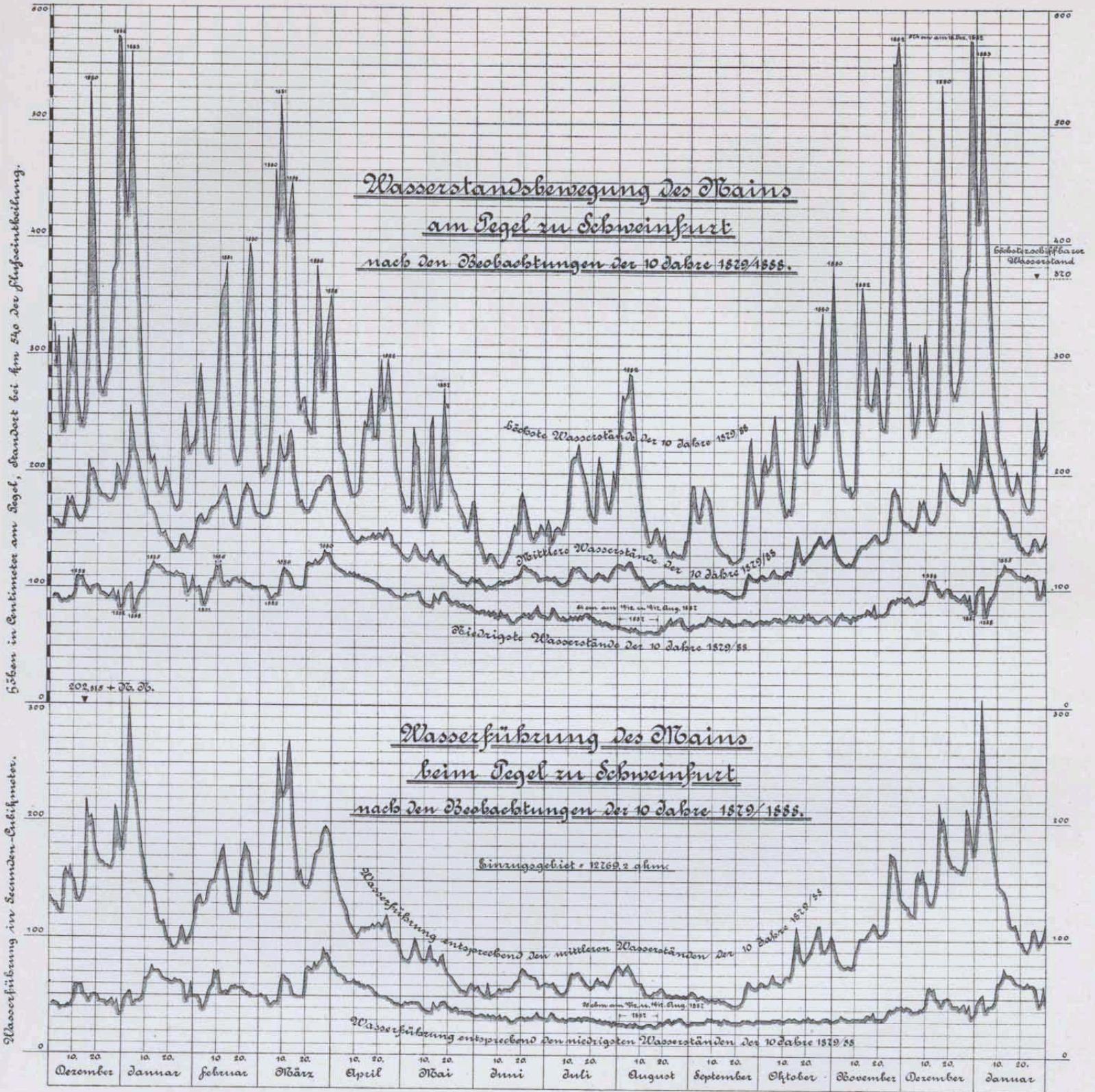
Vergleich
der Donau-...
des Donau-...
des Donau-...
des Donau-...

- Kanal
nach Bamberg



messungen im Main
Schweinfurt bei km 52,70.

Wasserstand in cm	gemessene Wassermenge in cbm
70	28,67
90	40,75
124	78,88
151	119,72
204	207,50
256	306,10
331	460,50
376	610,50



ung ab.

560 m + 26. 26.

Vergleichende Darstellung der Laengenschnitte

der Donau-Main-Wassertrasse von Kelheim über Bamberg bis Lohr,
des Donau-Moldau-Kanals von Untermühl bei Linz bis Budweis,
des Donau-Moldau-Kanals von Kornenburg bis Budweis,
des Donau-Elbe-Kanals von Wien bis Tardubitz und
des Donau-Oder-Kanals von Wien bis Oderberg.

