

# DENKSCHRIFT

ÜBER

DIE VERBESSERUNG DER

# SCHIFFBARKEIT DER BAYERISCHEN DONAU

UND ÜBER

DIE DURCHFÜHRUNG DER

# GROSS-SCHIFFFAHRT BIS NACH ULM.

BEARBEITET VON EDUARD FABER, KGL. BAUAMTMANN.

MIT 8 KARTENBEILAGEN.

HERAUSGEGEBEN

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

---

DRUCK VON R. OLDENBOURG IN MÜNCHEN.

1905.

# Vorwort.

**D**er unter dem Protektorate **Seiner Königlichen Hoheit des Prinzen Ludwig von Bayern** stehende Verein für Hebung der Fluß- und Kanalschiffahrt in Bayern hat auf seiner Haupt-Versammlung in Augsburg am 12. Mai 1901 beschlossen, einen generellen Entwurf über die Verbesserung der Schiffbarkeit der bayerischen Donau und einen solchen über die Durchführung der Großschiffahrt bis nach Ulm und Neu-Ulm durch sein technisches Amt ausarbeiten zu lassen. Dieses Amt mit dem Sitze in Nürnberg hatte der Verein im Jahre 1899 für die Herstellung eines Entwurfes über eine neue Donau–Main–Wasserstraße von Kelheim über Nürnberg bis nach Aschaffenburg errichtet. Für die Leitung desselben hat die Kgl. Staatsregierung mit dankenswertem Entgegenkommen im Laufe der Zeit mehrere Beamte aus dem Staatsdienste beurlaubt. Die Arbeiten über die Wasserstraße von Kelheim bis nach Aschaffenburg, deren Ergebnisse in einer im Jahre 1903 von dem Vereine herausgegebenen Denkschrift niedergelegt sind, wurden am 15. März 1902 abgeschlossen; sodann wurde mit den Untersuchungen über die Donau begonnen.

Der Antrag, das technische Amt über seine ursprüngliche Aufgabe hinaus mit den Untersuchungen über die Möglichkeit einer Verbesserung der bayerischen Donau-Wasserstraße zu betrauen, ging von der Handelskammer Ulm aus, die in dieser Sache durch ihren Vorstand, Kommerzienrat Karl Engel, sodann durch den Geheimen Hofrat Dr. ing. Max von Eyth und durch den Geheimen Kommerzienrat Eduard Lang aus Blaubeuren beraten war und die sich in opferwilliger Weise für die Beschaffung der notwendigen Kosten verpflichtete. Der Antrag der Handelskammer Ulm fand auf der Hauptversammlung in Augsburg allgemeine Zustimmung, nachdem Stadtbaurat Braun aus Ulm in einem Vortrage über „Neue Gesichtspunkte für die Schiffahrt auf der Donau von

Kelheim bis Ulm–Neuulm“ die Bedeutung des Antrages eingehend erörtert hatte.

Die Verbesserung der Donau-Wasserstraße und die Möglichkeit eines lohnenden Betriebes der Schiffahrt über Regensburg hinaus wird seit Jahren angestrebt. Diese Bestrebungen fanden in Bayern ihre erste Vereinigung in dem am 7. Mai 1889 in Donauwörth gegründeten Süddeutschen Donau-Vereine, der unter seinen Vorständen, Direktor Ludwig Auer und Hofrat Bürgermeister Wilhelm Gebhardt in Donauwörth, unablässig bemüht war, die Agitation durch Wort und Schrift zu fördern. Diesem Zwecke diente vornehmlich eine vom Süddeutschen Donau-Vereine herausgegebene, von Professor Dr. Wilhelm Götz in München verfaßte Schrift über „Die Schiffahrt auf der oberen Donau“, die in überzeugender Weise die wirtschaftliche Bedeutung einer leistungsfähigen Donau-Wasserstraße für Bayern darlegt.

Auch unser Verein hat selbstredend die Verbesserung der Donau-Wasserstraße in sein Arbeitsprogramm aufgenommen. Auf der Hauptversammlung in Passau am 23. Mai 1897 erinnerte ich in meinen geschäftlichen Mitteilungen an die kurz vorher vollendete Regulierung des Eisernen Tores und sprach mich dahin aus, daß nach diesem gewaltigen Fortschritt in der Verbesserung der Schiffbarkeit der unteren und mittleren Donau nun unser Augenmerk umso mehr auf die Verbesserung der Schiffbarkeit der bayerischen Donau zu richten sei, um bald die ganze Donau, diese freie Tochter der Natur, zu der segenspendenden Vermittlerin der Völker des Westens und Ostens umzugestalten, zu der sie nach des Schöpfers Plan bestimmt zu sein scheint.

Die beiden Entwürfe über die Verbesserung der Donau-Wasserstraße in Bayern wurden von dem technischen Amte unter Leitung des Kgl. Bauamtmannes Eduard Faber in der Zeit vom 16. März 1902 bis zum 30. November 1903 ausgearbeitet. Als Hilfskraft bei diesen

Ausarbeitungen war bis zum 31. Mai 1903 der Kgl. Bauamtmann a. D. Karl Vogt im Dienste des Vereines tätig. Aus dem Personale des Bauamtes der Stadt Nürnberg waren dem technischen Amte zugeteilt: der Bauführer Franz Xaver Geyer sowie die technischen Gehilfen Karl von der Linden und Emil Greis. Am 14. Dezember 1903 wurden die Entwürfe den Vertretern der Handelskammer Ulm übergeben, deren volle Anerkennung sie gefunden haben.

Die Arbeiten des technischen Amtes über die Donau-Wasserstraße, die in der gleichen Weise wie bei dem Entwurf über eine neue Wasserstraße von Kelheim bis nach Aschaffenburg zur Durchführung kamen, veranlaßten einen Kostenaufwand von 34 000 Mark. Für die Ausarbeitung des Entwurfes über eine neue Donau-Main-Wasserstraße mit etwas mehr als der doppelten Arbeitsleistung sind 105 000 Mark — ohne die Kosten für die im Jahre 1903 herausgegebene Denkschrift — verausgabt worden. Der Kostenaufwand für die Donau ist so nach verhältnismäßig gering, was dem Umstande zu verdanken ist, daß ein großer Teil der Studien für die Donau-Main-Wasserstraße unmittelbare Anwendung bei dem Entwurf über den Schiffahrtskanal längs der Donau von Kelheim bis nach Ulm finden konnte.

Der Antrag der Handelskammer Ulm war in Augsburg in der Voraussetzung angenommen worden, daß die Kgl. Staatsregierung die Benützung der einschlägigen, von den Kgl. Straßen- und Flußbauämtern ausgeführten Messungen und Ausarbeitungen genehmigen werde. Auf Ansuchen des Vereines ist dies in der bereitwilligsten Weise geschehen. Ein reichhaltiges, sorgfältig bearbeitetes Material über die Donau, sowie das zu vergleichenden Studien über die Schiffbarkeit eines geschiefbeführenden Flusses zweckdienliche Material über den Inn und den Oberrhein wurde von den Kgl. Bauämtern Dillingen, Neuburg, Ingolstadt, Regensburg, Degendorf, Rosenheim und Speyer dem techni-

schen Amte zur Verfügung gestellt. Ferner hat die Kgl. Oberste Baubehörde dem Kgl. Bauamtmann Faber genehmigt, daß er seine in Verwendungsberichten an diese Behörde niedergelegten und auf amtliches Material gegründeten Studien über den Oberrhein aus den Jahren 1882 mit 1886 zur Ausarbeitung einer Denkschrift über die Donau-Wasserstraße benütze.

Als Vorsitzender des Vereines habe ich die angenehme Pflicht, der Kgl. Staatsregierung sowie der Kgl. Obersten Baubehörde für die wohlwollende Unterstützung der Bestrebungen des Vereines ehrerbietigst zu danken. Ebenso sei Dank gesagt den Beamten der vorgenannten Kgl. Straßen- und Flußbauämter und namentlich dem Herrn Bauamtmann Rapp, der als Vorstand des Kgl. Bauamtes Ingolstadt und später als solcher des Kgl. Bauamtes Rosenheim sich in besonderer Weise um die Förderung der Arbeiten des technischen Amtes bemüht hat. Gleichfalls zu danken habe ich dem Herrn Baurat Angele, Vorstand der Kgl. Württembergischen Bauinspektion Ulm, sowie dem Herrn Baurat Braun, Vorstand des Tiefbauamtes der Stadt Ulm, die beide dem technischen Amte vielfache Unterstützung gewährten.

Mit der vorliegenden Denkschrift, die sich auf die vom technischen Amte ausgearbeiteten Entwürfe gründet, die aber darüber hinaus eine eingehende Begründung der in diesen Entwürfen beobachteten Gesichtspunkte gibt, ist nunmehr die Grundlage geschaffen, von der aus die werbende Tätigkeit zur Verbesserung der Donau-Wasserstraße zielbewußt betrieben werden kann. Sie zeigt, ebenso wie die im Jahre 1903 veröffentlichte Denkschrift über die Donau-Main-Wasserstraße, daß die Bodenbeschaffenheit, der Zustand der Flußtäler sowie die klimatischen Verhältnisse Bayerns kein Hindernis bieten, die Verbesserung der natürlichen, sowie den Bau künstlicher Wasserstraßen in diesem Lande anzustreben.

NÜRNBERG, den 31. März 1905.

Der Vorsitzende

DR. V. SCHUH,

I. Bürgermeister, Kgl. Geheimer Hofrat.

# Inhaltsverzeichnis des Textes.

## I. Allgemeine Bemerkungen zu den vom technischen Amte ausgearbeiteten Entwürfen über die Verbesserung der Donau-Wasserstraße in Bayern.

	Seite
Die Untersuchungen über den Grad der Schiffbarkeit der Donau und die Aufstellung eines Entwurfes über die Verbesserung ihrer Schiffbarkeit . . . . .	1
Der Entwurf über einen Großschiffahrtskanal längs der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm . . . . .	2

## II. Die Donau als Schiffahrtsweg.

Die Schiffbarkeit der Donau unterhalb Passau . . . . .	4
Die Schiffbarkeit der bayerischen Donau . . . . .	7
Die bayerische Donau als Großschiffahrtsweg . . . . .	17
Die alte, steinerne Brücke bei Regensburg . . . . .	19

## III. Der Großschiffahrtsweg entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm für einen Verkehr von Schiffen bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit.

Die Kanalisierung der Donau . . . . .	21
Die Linienführung des Seitenkanales . . . . .	21
Die Abmessungen des Längenschnittes . . . . .	25
Der Querschnitt des Seitenkanales . . . . .	32
Die Kammerschleusen . . . . .	32
Die Wehranlagen in der Donau . . . . .	33
Die Wasserversorgung des Seitenkanales . . . . .	35

## IV. Die Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse durch die Anlage eines Schiffahrtskanales entlang der Donau und die Ausnützung der Wasserkräfte.

Die Besserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im allgemeinen . . . . .	37
Die Ausnützung der Wasserkraft an den Wehren der Donau . . . . .	37
Die Ausnützung des Wassers im Großschiffahrtskanale längs der Donau . . . . .	40
Die Ausnützung des Wassers in einem Schiffahrtskanale mit geringerem Verkehre . . . . .	46
Die Werkkanäle zur Ausnützung der Wasserkräfte größerer Flüsse in ihrer Beziehung zur Schiffahrt . . . . .	49

## V. Die Verbesserung der in einen beweglichen Boden eingebetteten, geschiebeführenden Flüsse.

Der Anlaß und die Bedeutung der im neunzehnten Jahrhundert vorgenommenen Verbesserung geschiebeführender Flüsse durch Abkürzung und kanalartige Gestaltung ihres Laufes . . . . .	50
Die Ursache der für die Schiffahrt ungünstigen Ausbildung des Talweges in den gekürzten, kanalartig gestalteten Flußläufen . . . . .	56

	Seite
Die allgemeinen Grundsätze für die Verbesserung geschiebeführender Flüsse nach den seither gewonnenen Erfahrungen . . . . .	58
Die baulichen Hilfsmittel zur Verbesserung geschiebeführender Flüsse . . . . .	60
Die Wolfsche Bauweise . . . . .	60
Die Grundswellen . . . . .	61
Die Buhnen . . . . .	62
Die Ausführung flach geböschter Bauten in geschiebeführenden Flüssen mit leicht beweglichem Boden und starkem Gefälle . . . . .	63
Das Zusammenwirken der einzelnen Bauausführungen zur Herstellung eines geschlossenen, in Windungen verlaufenden Flußbettes und die Notwendigkeit der Baggerungen . . . . .	66

## VI. Die Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau von Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm.

Die Veränderlichkeit in der Lage des Talweges der Donau	70
Die Tiefe über den Schwellen im Talwege der Donau von Ulm bis nächst unterhalb Kelheim . . . . .	72
Der Einfluß der Grundrißform auf die Ausbildung des Talweges . . . . .	73
Die Festlegung des Talweges der Donau zur Verbesserung der Schiffahrt . . . . .	76
Die Baggerungen mit Bezug auf die Schiffahrt . . . . .	82
Die Wassertiefe in der regulierten Donau zwischen Kelheim und Neu-Ulm . . . . .	83
Die Verbesserung der Ausmündung des Lechs . . . . .	84
Die Brücken über die Donau zwischen Kelheim und Neu-Ulm . . . . .	84

## VII. Die Ausführung von Versuchsbauten in den geschiebeführenden Flüssen und die Errichtung von Flußbau-Laboratorien zum Studium der Eigenschaften fließender Gewässer und zur Vervollkommnung der Flußbautechnik.

Die Ausführung von Versuchsbauten in den geschiebeführenden Flüssen . . . . .	85
Die Errichtung von Flußbau-Laboratorien . . . . .	88

## VIII. Die Kosten einer Verbesserung der Donau-Wasserstraße in Bayern.

Die Kosten einer Verbesserung der Niederwasserrinne zum Zwecke der Kleinschiffahrt von Kelheim bis nach Neu-Ulm . . . . .	92
Die Kosten einer Verbesserung der Niederwasserrinne zum Zwecke der Großschiffahrt von Hofkirchen bis nach Kelheim . . . . .	93
Die Kosten für den Bau der Großwasserstraße entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm . . . . .	93
<b>Schlußwort</b> . . . . .	95

# Inhaltsverzeichnis der Tabellen.

	Seite		Seite
1. Die wichtigsten Wasserstände an den Pegeln der bayerischen Donau . . . . .	101	16. Der Wasserbedarf für den Betrieb der Schifffahrt im Kanale längs der Donau von Ulm bis nach Saal unterhalb Kelheim, sodann die zur Ausnützung verfügbaren Wassermengen im Seitenkanale . . . . .	116
2. Die Wasserstände an den Pegeln der bayerischen Donau während der Niederwasserperioden vom 5. bis zum 12. März 1899 und vom 26. August bis zum 4. September 1899 . . . . .	102	17. Die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte der Donau am Wehre bei Kilometer 5,8 unterhalb der Städte Ulm und Neu-Ulm bei einer Stauhöhe bis auf 464,0 m + N. N. . . . .	118
Die mittlere Häufigkeit der Wasserstände der Donau in Tagen nach den Beobachtungen der 10 Jahre 1892 mit 1901:		18. Die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte der Donau am Wehre bei Kilometer 80,1 unterhalb Donauwörth bei einer Stauhöhe von 398,6 m + N. N. . . . .	119
3. an dem Pegel zu Neu-Ulm bei Kilometer 2,373 . . . . .	103	19. Die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte der Donau am Wehre bei Kilometer 112,1 unterhalb Neuburg bei einer Stauhöhe bis auf 378,0 m + N. N. . . . .	120
4. an dem Pegel zu Donauwörth bei Kilometer 78,493	104	20. Die Dauer, die Größe und die Kosten der nutzbaren Wasserkraft an den Wehren in der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg . . . . .	121
5. an dem Pegel zu Neuburg bei Kilometer 110,786 . . . . .	105	21. Die Ergebnisse der Versuche über Schleppwiderstand, ausgeführt im Moselkanale und in der gestauten Mosel von Baurat Schmitt, Vorstand der kaiserlichen Wasserbauinspektion in Colmar, in den Monaten August und September 1892 . . . . .	122
6. an dem Pegel zu Ingolstadt bei Kilometer 130,494 . . . . .	106	22. Die Längen und Höhen der Haltungen der projektierten Großwasserstraße von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm . . . . .	123
Die Anzahl der Tage mit Eisgang und Eisstand in der Donau nach den Beobachtungen in den 30 Winterperioden 1873/1874 bis 1902/1903:		Die Kosten der Großwasserstraße von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm:	
7. bei Neu-Ulm . . . . .	107	23. Titel I, Grunderwerbung für die Herstellung des Kanalbettes samt den Kammerschleusen . . . . .	124
8. bei Donauwörth . . . . .	108	24. Titel II, Erdarbeiten zur Herstellung des Kanalbettes . . . . .	125
9. bei Neuburg . . . . .	109	25. Titel III, Befestigung der Uferböschungen und Ziehwege des Kanales samt Schutz der Kanaldämme gegen Hochwasser . . . . .	126
10. bei Ingolstadt . . . . .	110	26. Titel IV, Kunstbauten ohne Wehranlagen und Kammerschleusen . . . . .	127
11. Die Anzahl und die mittlere Entfernung der Wechsel des Talweges der Donau von Neu-Ulm bis nächst unterhalb Kelheim, Kilometer 0 bis Kilometer 194, nach Aufnahmen aus den Jahren 1874 bis 1903 . . . . .	111	27. Titel V, Anpassung der Verkehrswege und der Wasserläufe an den Kanal . . . . .	128
12. Der Hochwasserabfluß bei den Wehranlagen in der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg . . . . .	112	28. Die gesamten Kosten der Großwasserstraße von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm . . . . .	129
13. Die Kosten für den Baugrubenaushub und die Spundwände, für die pneumatische Fundierung, für die Maurer- und Steinhauer-Arbeiten sowie für die Wasserförderung zur Herstellung der Widerlager, der Pfeiler und der Wehrrücken in den Wehranlagen der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg . . . . .	113		
14. Die Kosten der Widerlager, Pfeiler, Wehrrücken sowie des Fischpasses, sodann der Walzen für den Verschluß der Flutöffnungen in den Wehranlagen der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg . . . . .	114		
15. Die gesamten Kosten der Wehranlagen in der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg . . . . .	115		

# Verzeichnis der Kartenbeilagen.

---

- Blatt I. Übersichtskarte zu den Entwürfen über eine Verbesserung der Donau-Wasserstraße in Bayern mit Einzeichnung der für einen neuen Donau-Main-Kanal projektierten Linien.  $M = 1 : 2750000$ .  
Lageplan zu dem Entwurfe über eine Großwasserstraße entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Neu-Ulm.  $M = 1 : 400000$ .
- Blatt II. Längenschnitt der Großwasserstraße entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm, sodann der Längenschnitt der Teilstrecke des projektierten Donau-Main-Kanales von Kelheim über Neumarkt bis nach Nürnberg und ferner der Längenschnitt der Alternativlinie von der Donau bei Stepperg über Graben (Fossa Carolina) bis nach Nürnberg.
- Blatt III. Querschnitte durch die Wehranlagen in der Donau für den Betrieb der Großschiffahrt in dem Seitenkanale unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg.
- Blatt IV. Lageplan der Donau von Ulm bis Regensburg mit Darstellung über die Veränderlichkeit der Lage des Talweges von Kilometer 0 bis zu Kilometer 194 sowie über die Art seines Überganges von einem zum anderen Ufer.
- Blatt V. enthält für die Donau von Kilometer 0 bis zu Kilometer 194: das Zuflußgebiet, die sekundliche Niederwassermenge, das Gefälle des Wasserspiegels, die mittlere Wassertiefe im Querprofil, die Tiefe über den Schwellen im Talwege, eine vergleichende Darstellung der Wasserstände an den Pegeln der Donau von Neu-Ulm bis Kelheim und ferner zwei Längenschnitte des Talweges von Kilometer 38,0 bis zu Kilometer 65,5 nach Aufnahmen aus den Jahren 1880 und 1903.
- Blatt VI. enthält Darstellungen über den Talweg der Donau, des Oberrheines und des Inn, sodann einen Lageplan und einen Längenschnitt der Versuchsstrecke am Inn zwischen Kilometer 4,4 und 5,2; ferner einen Querschnitt des Inn bei Kilometer 4,610 und einen solchen bei Kilometer 15,133.
- Blatt VII. enthält Darstellungen, die sich auf die Herstellung einer Flügelbuhne im Oberrheine unterhalb Gernersheim in den Jahren 1880 und 1881 beziehen.
- Blatt VIII. Ein Vorschlag zur Verbesserung der Niederwasserinne des Oberrheines bei Gernersheim durch Querbauten (Grundschwellen und Buhnen), zugleich ein Vorschlag zur Erprobung einer Bauweise für die Verbesserung der Schiffbarkeit des Oberrheines, ausgearbeitet in dem Jahre 1884.
-

# I. Allgemeine Bemerkungen

## zu den vom technischen Amte ausgearbeiteten Entwürfen über die Verbesserung der Donau-Wasserstraße in Bayern.

Die Studien über eine leistungsfähige Wasserstraße, die das ganze südliche Bayern von Passau bis hinauf nach Neu-Ulm durchziehen soll, hatten sich mit zweierlei zu befassen. Zunächst mit der Donau selbst und zwar mit der Frage, ob und in welchem Maße ihre Schiffbarkeit nach den neueren Erfahrungen im Flußbaue zu bessern ist, sodann mit der Frage, was dort zu geschehen hat, wo in der Donau die für eine Großschiffahrt nötige Fahrtiefe durch eine Regulierung der Niederwasserrinne nicht geschaffen werden kann. Die auf Grund dieser Studien vom technischen Amte ausgearbeiteten Entwürfe sind genereller Art und geben darüber Aufschluß, in welcher Weise die Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau sowie der Großschiffahrtsweg auszuführen ist und mit welchen Kosten dies geschehen kann.

Bei den **Untersuchungen über den Grad der Schiffbarkeit der Donau** und noch mehr bei der **Aufstellung eines Entwurfes über die Verbesserung ihrer Schiffbarkeit** waren besondere Schwierigkeiten vorauszusehen. Schon Oberbaurat Hensel und Bauamtmann Rapp, die auf den Versammlungen des bayerischen Kanalvereines über die Donau von Ulm bis Passau berichteten, haben ausdrücklich betont, daß eine sichere Grundlage zur Beurteilung der fluvialen Verhältnisse dieses Flusses mangelt und daß eine solche Grundlage nur mit großem Zeitaufwand zu beschaffen ist.<sup>1)</sup>

Die Donau ist mit Ausnahme einzelner Strecken in einen leicht beweglichen Boden eingebettet und

<sup>1)</sup> Hensel: Die Schiffbarkeit der Donau zwischen Regensburg und Passau. Bericht über die siebente, am 23. Mai 1897 zu Passau abgehaltene Hauptversammlung des Vereines für Hebung der Fluß- und Kanalschiffahrt in Bayern. — Die Donau von Kelheim bis Passau als Großschiffahrtsweg. Nr. XLII der Verbandsschriften des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt. Berlin 1899.

Rapp: Die Schiffbarkeit der Donau zwischen Ulm und Kelheim. Bericht über die neunte, am 28. Mai 1899 in Neu-Ulm abgehaltene Hauptversammlung des Vereines für Hebung der Fluß- und Kanalschiffahrt in Bayern.

diesem Boden entsprechend ein geschiebeführender Fluß. Die Vorgänge, die sich in solchen Flüssen unter dem Wechsel der Wasserführung und der Geschiebebewegung, unter der Einwirkung der Korrekionsbauten und der Baggerungen vollziehen, sind so verschiedenartig und ihre Beobachtung ist so außerordentlich schwierig, daß Ursache und Wirkung vielfach noch nicht erkannt und über einzelne, wichtige Fragen eine klare und bestimmte Antwort noch nicht gefunden werden konnte.

Zum großen Teil sind die Vorgänge in einem Flußbette der unmittelbaren Beobachtung entzogen. Dabei nehmen die Schwierigkeiten in der Ausführung der Messungen und Beobachtungen, die zur Bestimmung der Eigenschaften der Flüsse erforderlich sind, mit dem Gefälle und der Wasserführung, mit der Ausdehnung und Gliederung des Niederschlagsgebietes in erheblichem Maße zu. Neben kostspieligen Messungen und neben langjährigen Beobachtungen bedarf es dann noch zeitraubender Berechnungen, um die gewonnenen Ergebnisse nutzbar zu machen.

Das Studium der geschiebeführenden Flüsse wird besonders noch dadurch erschwert, daß es mit den derzeitigen Hilfsmitteln nicht möglich ist, die Messungen, die sich auf die Aufnahme der jeweiligen Gestalt eines größeren Strombettes beziehen, bei einer Wasserhöhe vorzunehmen, die wesentlich über einen mittleren Stand hinausgeht. Man ist sonach bei keinem einzigen Flusse in der Lage, ein vollständiges Bild der Änderungen seines Bettes zu geben, wie sie über eine Hochwasserperiode hinweg vor sich gegangen sind. Dabei zeigen die geschiebeführenden Flüsse unter der Einwirkung der Korrekionsbauten Erscheinungen, die bei den in natürlichem Zustande befindlichen Flüssen nicht beobachtet werden.

Bei solchen Schwierigkeiten ist es begreiflich, wenn lange Zeit hindurch die Flüsse in ihrem Verhalten unrichtig beurteilt wurden und wenn die Möglichkeit der Verbesserung eines Flusses mit beweglicher Sohle zum Zwecke der Schiffahrt auch jetzt

noch um so mehr in Zweifel gezogen wird, je mehr der Fluß gegenüber seinem natürlichen Zustande durch Korrektion geändert wurde.

Wie die seitherigen Erfahrungen beim Studium der geschiefbeführenden Flüsse gezeigt haben, können ihre Eigenschaften nur durch eingehenden Vergleich der Zustände in korrigierten Flüssen unter sich und mit den Zuständen in Flüssen, die sich noch ohne künstlichen Ausbau befinden, erkannt und somit erst die entsprechende Methode zu ihrer Behandlung gefunden werden. Es mußte daher bei der vorliegenden Arbeit Wert darauf gelegt werden, nicht allein die einzelnen Flußstrecken der Donau sondern auch andere Flüsse, die einer Korrektion unterstellt wurden, einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen. Neben der Donau werden daher auch der Inn und der deutsche Oberrhein eingehender behandelt werden.<sup>1)</sup>

In dem einschlägigen Kapitel wird daran erinnert werden, welche Verhältnisse zur Vornahme der Korrekturen genötigt haben, in welcher Weise diese Korrekturen ausgeführt wurden und welchen Nutzen sie gebracht haben. Sodann wird auf Grund vergleichender Untersuchungen gezeigt werden, in welcher Weise die Verwilderung der in einen beweglichen Boden eingebetteten und in natürlichen Zustande befindlichen Flüsse vor sich geht und in welcher Weise die Flüsse nach dem heutigen Stand der Technik wieder in Ordnung zu bringen sind.

Diese Betrachtungen und namentlich der geschichtliche Rückblick führen zu einem gerechten Urteil über den Wert der seitherigen Korrekturen, zeigen den Weg, auf dem eine Besserung der bestehenden Verhältnisse zu erwarten ist, und widerlegen die Bedenken, die nach manchen Erscheinungen in den korrigierten Flüssen gegen ihre Verbesserung zum Zwecke der Schifffahrt geltend gemacht werden.

Auch deshalb wurden neben der Donau der Inn und der Oberrhein einer eingehenderen Betrachtung unterzogen, weil vielfach die Meinung besteht, daß jedem Flusse eine besondere Behandlung zukomme. Es soll daher gezeigt werden, daß die Erscheinungen, die in den Flußbetten zutage treten, vollkommen einheitlicher Natur sind und daß mit dieser Erkenntnis sich auch der Charakter der Bauweise, der bis vor kurzer Zeit vorwiegend ein defensiver gewesen ist, geändert hat. Den Erfahrungen entsprechend sucht man nunmehr die Konstruktion der Bauten so einzurichten, daß sie nicht allein zum Schutze der Ufer, zum Schutze gegen die Ausschreitungen des Stromes wirken, sondern daß sie auch in einer ganz bestimmten Weise die Bewegung des Wassers und der Geschiebe beeinflussen und somit die Ausbildung einer bestimmten Form der Flußsohle veranlassen.

Das über die Donau von den Kgl. Straßen- und Flußbauämtern dem technischen Amte zur Verfü-

gestellte Material war derart vollständig, daß von seiten des technischen Amtes für seine besonderen Zwecke nur eine einzige Tiefenmessung im Talwege von Neu-Ulm bis Donauwörth vorzunehmen war. Es ist zu wünschen, daß das reichhaltige amtliche Material noch in weiterem Umfange, als dies seither geschehen ist, verarbeitet und veröffentlicht werde.

Einen großen Zeitaufwand erforderten die Aufnahmen für den **Entwurf über einen Schifffahrtskanal längs der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm**, dessen Notwendigkeit zur Durchführung der Großschifffahrt bis nach Ulm und Neu-Ulm sich nach den Untersuchungen über die Schifffahrt der Donau ergeben hat.

Zur Bestimmung der Lage und der Höhe der Haltungen, der Lage und der Größe der Durchlässe und der Kanalbrücken, zur Projektierung der Wegverlegungen, der Wegunterführungen und -überführungen, zur Berechnung der Erdmassenbewegung und der Grunderwerbung mußte die Höhenlage des Geländes auf eine Breite von etwa einem Kilometer, hie und da auch bis auf 3 Kilometer Breite, mit dem Nivellierinstrument bestimmt werden, nachdem vorher die Lage der zukünftigen Wasserstraße annähernd mit Hilfe der topographischen Karten ermittelt worden war. Die Ergebnisse der Messungen wurden in die im Maßstabe 1:5000 vorhandenen Steuerblätter eingetragen, die Kurven gleicher Höhe eingezeichnet und damit ein Kartenmaterial beschafft, aus dem mit genügender Sicherheit die Längenschnitte und Querschnitte der Großwasserstraße sich bestimmen ließen. Auch diese zeitraubende und namentlich in den Donau-niederungen mühevoll arbeit, die sich auf eine Länge von 170 Kilometern erstreckte, hätte trotz des großen Fleißes der Gehilfen des technischen Amtes in der für die Projektierung vorgesehenen Zeit nicht geleistet werden können, wenn nicht die bereits vorhandenen Nivellements der Staatsstraßen und Eisenbahnen sowie die der Fixpunkte längs der Donau die Aufnahme des Geländes erleichtert hätten.

Über die Preise der Grundstücke längs der Donau von Ulm bis Kelheim in der Nähe des projektierten Seitenkanales ergingen Anfragen an die betreffenden Gemeinden, die in dankbarer Weise eine eingehende Beantwortung gefunden haben.

Zur Bestimmung des Baugrundes dienten geologische Karten, sodann die von den Flußbauämtern und von den Eisenbahnbehörden vorgenommenen Bodenuntersuchungen, auch einzelne in der Nähe der Kanallinie vorhandene Schürfungen, so namentlich Lehmgruben, Kiesgruben und Steinbrüche. Über das Donaumoos zwischen Untereichingen und Riedhausen, das der Schifffahrtskanal mitten durchschneiden soll, verdankt das technische Amt eingehenden Aufschluß dem Herrn Geometer Röscheisen auf dem Schotthof.

Nur in einzelnen Fällen, so dort, wo tiefe Einschnitte zur Ausführung kommen sollen, dann ebenso bei den in der Donau zu erbauenden Wehren konnte die Art des Bodens nicht mit vollständiger Sicherheit festgestellt werden. Es mögen somit hie und da ungünstigere Annahmen vorliegen, als sie der Wirklichkeit entsprechen, und infolgedessen bei einzelnen

<sup>1)</sup> Faber: Über die Verbesserung der Schifffahrt des Oberrheins. Deutsche Bauzeitung. Berlin 1897. — Über neuere Methoden des Flußbaues. Danubius. Wien 1897. — Über die einheitliche Pflege der Hydrographie der Verbandsländer. Verbandsschrift Nr. XXXI des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1897. — Zur Frage der Regulierung geschiefbeführender Flüsse. Verbandsschrift Nr. XXIX. Berlin 1898.



Fällen höhere Kosten als erforderlich angenommen sein. Hierin vollständige Sicherheit zu schaffen, geht weit über die Höhe der für die Ausarbeitung eines generellen Entwurfes angemessenen Kosten hinaus. Auch kann die Lösung der noch offenen Fragen dem Detailentwurf um so mehr überlassen werden, als in keinem Falle das Ergebnis der vorliegenden Arbeit von den wenigen, nicht ganz feststehenden Annahmen beeinflußt werden kann.

Die Ausarbeitung des Entwurfes über den Seitenkanal von Kelheim bis nach Ulm geschah nach den gleichen Grundsätzen, wie sie für den Entwurf über einen neuen Donau-Main-Kanal maßgebend gewesen sind. Und wie für diesen Kanal, so dienten auch im vorliegenden Falle die Bauten der neueren Kanäle Norddeutschlands als Muster.

Die Kosten über die Dichtung des Kanalbettes, über die Sicherung der Kanalböschungen, über die Überführungen von Straßen und Eisenbahnen, über die Sicherheitstore, Kammerschleusen und Sparbecken sind den Anschlägen entnommen, die von Hensel, Vogt und Wöhrl für einen neuen Donau-Main-Kanal ausgearbeitet wurden.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Faber: Denkschrift zu dem technischen Entwurf einer neuen Donau-Main-Wasserstraße von Kelheim nach Aschaffenburg. Verlegt von dem Vereine für Hebung der Fluß- und Kanalschiffahrt in Bayern. 1903.

Soweit besondere Anschläge notwendig waren, so für die Kanalbrücken, für einen Kanaltunnel, für die Korrektion der durch den Kanal zu überquerenden Seitenflüsse der Donau, für die Wehranlagen in der Donau, für eine neue Straßenbrücke über die Donau bei Donauwörth, geschahen diese Ausarbeitungen durch den Kgl. Bauamtmann Vogt. Seine Tätigkeit beim technischen Amte erstreckte sich ferner noch auf die Bestimmung der Linienführung und der Höhenlage des Seitenkanales.

Der Anschlag über die gesamten Kosten des Schiffahrtskanales wurde in tabellarischer Form so gefaßt, daß eine möglichst vollständige und übersichtliche Wiedergabe seines Inhaltes in dieser Denkschrift geschehen konnte.

Mit dieser Veröffentlichung ist beabsichtigt, einen klaren Einblick in die Art der Kostenberechnung sowie eine allentfallige Änderung und Verbesserung dieser Berechnung leicht zu ermöglichen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Bearbeitung der technischen Entwürfe soll zunächst die Schiffbarkeit der Donau in Betracht gezogen werden und zwar in erster Linie die Schiffbarkeit der Donau unterhalb Passau um zu zeigen, welcher Verkehr von dort her auf der bayerischen Donau zu erwarten ist.

## II. Die Donau als Schiffahrtsweg.

**Die Schiffbarkeit der Donau unterhalb Passau.** — Nach Kapitän Suppán, Vorstand der Schiffahrtsabteilung der Ersten k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Wien, läßt sich die Donau unterhalb Passau bezüglich ihrer Schiffbarkeit in fünf Strecken teilen. Seinem im Jahre 1902 erschienenen Werke „Wasserstraßen und Binnenschiffahrt“ sind die

Betriebsleistungen auf denselben verschieden. Während ein Zugdampfer von 600 bis 700 indizierten Pferdekraften zwischen Gönyö und Drencova und ebenso zwischen Turn-Severin und Sulina in gleichmäßigem Gefälle geringer Stromgeschwindigkeit, sodann in Tiefen von nie unter 1,80 Meter, in großen Strombreiten und bei kaum nennenswerten

Bezeichnung der Teilstrecke der Donau	Länge in Kilometern	Geringste Strombreite in Metern	Geringste Fahrtiefe in Metern	Gefälle in Zentimetern auf 1000 Meter Flußlänge	Sekundliche Stromgeschwindigkeit in Metern	Die Anzahl der indizierten Pferdekraft der Zugdampfer	Zulässige Ladung der Schleppe
<b>Oberlauf:</b>							
1. Passau bis Wien	301	100	1,0 im Felsen- gehäuel unter- halb Aschach	300 bis 550	1,8 bis 2,5	Seitenrad- dampfer: 400 bis 600	Die 650 Tonnen-Schleppe fahren mit kaum Zweidrittel ihrer Ladefähigkeit.
2. Wien bis Gönyö.	147	150	1,4	250 bis 500	1,5 bis 2,2	Seitenrad- dampfer: 400 bis 700	Die 650 Tonnen-Schleppe verkehren mit Zweidrittel-Ladung.
<b>Mittellauf:</b>							
3. Gönyö bis Drencova	808	Gleichmäßig große Strombreite von wenigstens 190 Metern	1,8	21 bis 100	0,65 bis 1,2	Seitenrad- dampfer: 200 bis 800 Schraubendampfer: 100 bis 400	Die Eisenschleppe von 650 bis 800 Tonnen und die hölzernen Ruderschiffe von 300 bis 500 Tonnen Tragfähigkeit verkehren zumeist mit voller Ladung.
4. Drencova bis Turn-Severin . . . . .	84	Regulierte Kataraktenstrecke mit dem Eisernen Tor-Kanal			2,5 bis 5,0	Der Betrieb ist nur mit sehr starken Dampfmaschinen möglich. Um einen vollbeladenen 650 Tonnen-Schlepp durch den Eisernen Tor-Kanal ziehen zu können, ist die Maschinenkraft zweier Zugdampfer mit zusammen 1600 indizierten Pferdestärken notwendig.	
<b>Unterlauf:</b>							
5. Turn-Severin bis Sulina . . . . .	939	Die großen Strombreiten, die immer genügenden Fahrtiefen sowie die geringen Stromgeschwindigkeiten lassen die Verwendung aller Gattungen und Größen von Fahrzeugen zu. Hauptsächlich sind Schraubensboote im Betrieb. Die Schleppe haben bis 2000 Tonnen Tragvermögen. Ab Braila besteht Seeschiffahrt.					

Angaben der vorstehenden Tabelle über die Schiffahrtsverhältnisse dieser fünf Teilstrecken entnommen.<sup>1)</sup>

Über den Schiffahrtsbetrieb auf den angegebenen Teilstrecken der Donau spricht sich Suppán folgendermaßen aus:

Entsprechend den verschiedenartigen Zuständen der einzelnen Stromstrecken sind auch die

<sup>1)</sup> Suppán: Wasserstraßen und Binnenschiffahrt. Berlin 1902. S. 287.

Schiffahrtshindernissen keinen Schwierigkeiten begegnet, zu Tal mit beliebigem Anhang, zu Berg aber mit acht vollbeladenen 650 Tonnen-Schleppen, eine Nutzlast von 5200 Tonnen oder eine Gesamtlast von 6240 Tonnen mit 5 Kilometer Fahr- geschwindigkeit in der Stunde zurücklegt, kann derselbe auf den Strecken Wien-Gönyö und Passau-Wien wegen den großen Stromgeschwindigkeiten, der oft bewegten, in jähen Krümmungen gehenden

Fahrbahn, den Untiefen und Wechselströmungen nur bei günstigem Wasserstande zu Berg drei vollbeladene 650 Tonnen-Schleppe mit einer Nutzlast von 1950 oder einer Gesamtlast von 2280 Tonnen mit 5 Kilometer Fortgangsgeschwindigkeit ziehen und zu Tal nur vier halbbeladene Schleppe nehmen. Die Leistung des Zugdampfers wird demnach auf diesen Strecken fast auf ein Drittel verringert.

Auf der Kataraktenstrecke und am Eisernen Tore begegnet der Schifffahrtsbetrieb trotz der dort vorgenommenen Regulierungsarbeiten ganz besonderen Schwierigkeiten. Die beste Leistung durch den Kanal beim Eisernen Tore hatte bisher der Dampfer „Vindobona“, der am 12. Dezember 1900 einen 650 Tonnen-Schlepp mit 500 Tonnen Ladung, 1,74 Meter Tauchung, bei 320 Zentimeter Pegelstand in Orsova in 1 Stunde 12 Minuten durch den 1700 Meter langen Kanal schleppte.<sup>1)</sup>

Mit Rücksicht auf die außergewöhnliche Strömung, die in dem Eisernen Torkanale herrscht, besteht seit dem Jahre 1899 ein Tauerzug, während außerhalb des Kanales auf der ganzen Donau der Schleppzug ausschließlich durch freifahrende Dampfer besorgt wird.

Die mittlere jährliche Dauer der Schifffahrt und die mittlere jährliche Anzahl der Tage mit einer für die Schifffahrt günstigen oder ungünstigen Fahrtiefe ergibt sich nach einer Angabe von Suppán im Mittel für jede der beiden vierjährigen Perioden 1889 mit 1892 und 1897 mit 1900 aus nachfolgender Zusammenstellung:<sup>2)</sup>

Bezeichnung der Teilstrecke und der Beobachtungsperiode	Mittl. jährliche Dauer			
	der Schifffahrt in Tagen	der für die Schifffahrt		
		günstigen - ungünstigen		
		Tage mit einer Fahrtiefe von		
	15 dm und mehr	14%, dm u. weniger		
Passau bis Wien, 301 Kilometer	-			
in den 4 Jahren 1889 mit 1892	290	219	71	
„ „ „ „ 1897 „ 1900	297	225	72	
Wien bis Gönyö, 147 Kilometer	-			
in den 4 Jahren 1889 mit 1892	290	212	78	
„ „ „ „ 1897 „ 1900	297	284	49	
Drencova bis Turn-Severin, 84 Kilometer (Katarakt und Eisernes Tor)	-			
in den 4 Jahren 1889 mit 1892	283	132	151	
„ „ „ „ 1897 „ 1900	297	244	53	

Nach der vorstehenden Angabe waren sowohl für die Stromstrecke von Wien bis Gönyö als auch für die Strecke von Drencova bis Turn-Severin in der zweiten Beobachtungsperiode 1897 mit 1900 wesentlich größere Fahrtiefen vorhanden als in der Beobachtungsperiode 1889 mit 1892. Besonders in der letzteren Strecke hat infolge der Regulierung der Stromschnellen die Anzahl der Tage mit einer für die Schifffahrt günstigen Fahrtiefe erheblich zugenommen.

<sup>1)</sup> A. a. O. S. 287 und 288.

<sup>2)</sup> A. a. O. S. 291 bis S. 294.

Über die Normalschleppe der Donau gibt Suppán an, daß es durch die Verschiedenheit der nutzbaren Fahrtiefen auf den einzelnen Strecken nicht möglich ist, für den durchlaufenden Donaubetrieb größere Schleppe als mit 600 Tonnen Tragfähigkeit zu verwenden. Im Jahre 1887 wurde von der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft ein Schlepp in den Betrieb gebracht, der 58 Meter lang, 7,97 Meter breit, 2,60 Meter hoch ist und der ohne Ladung einen Tiefgang von 0,40 Meter besitzt. Bei seiner größten zulässigen Tauchung von 2,10 Metern nimmt er 650 Tonnen Ladung.

Auf Grundlage der im Donaubetrieb durchgeführten Versuche über den Zugwiderstand wurde im Jahre 1900 ein neuer Schlepptyp in Betrieb gesetzt, der ein befriedigendes Ergebnis lieferte. Dieser Schlepp hat 63,00 Meter Länge, 8,20 Meter Breite, 2,40 Meter Höhe und ohne Ladung einen Tiefgang von nur 35 Zentimetern. Seine Ladung beträgt bei der größten zulässigen

	Tauchung von 1,90 Meter	674,9 Tonnen
bei einer Tauchung von 1,80 Meter		630,1 „
„ „ „ „ 1,70 „		585,6 „
„ „ „ „ 1,60 „		541,1 „
„ „ „ „ 1,50 „		496,8 „
„ „ „ „ 1,40 „		452,5 „
„ „ „ „ 1,30 „		408,5 „
„ „ „ „ 1,20 „		364,6 „
„ „ „ „ 1,10 „		320,8 „
„ „ „ „ 1,00 „		277,2 „
„ „ „ „ 0,90 „		233,7 „
„ „ „ „ 0,80 „		190,5 <sup>1)</sup> „

Entsprechend dem seit dem Jahre 1900 in Betrieb genommenen Normalschlepp der Donau bestimmte die Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Österreich die Ausmaße der zur Ausführung geplanten Schifffahrtskanäle, jedoch mit der Beschränkung, daß auf ihnen eine größte Tauchtiefe von nur 1,80 Meter zugelassen wird.

Bei dieser Tauchtiefe beträgt, wie vorstehend angegeben ist, die Traglast des Schiffes 630 Tonnen. Den Ausmaßen des österreichischen Normalschiffes entsprechen auch die Bedingungen, die dem Entwurfe für einen neuen Donau-Main-Kanal von dem technischen Amte zugrunde gelegt wurden.

Gegenüber den Schwierigkeiten, die die Schifffahrt auf der österreichischen und ungarischen Donau stellenweise findet, ist besonders die nachstehende Äußerung des Kapitäns Suppán über den Schleppzug auf der Donau bemerkenswert. Suppán schreibt:<sup>2)</sup>

Doch gerade diese Schwierigkeiten sind vom Standpunkte des Schifffahrtsbetriebes anregend und geben einen fortwährenden Ansporn, den Erschwernissen durch technische Ausbildung und Verbesserung der Fahrbetriebsmittel zu begegnen, um die Schifffahrt auch unter den ungünstigsten Verhältnissen aufrechterhalten zu können. Diese Umstände im Vereine mit den fortschreitenden Regulierungsarbeiten brachten es mit sich, daß in

<sup>1)</sup> A. a. O. S. 301 und 302.

<sup>2)</sup> A. a. O. S. 301.

der Donauschifffahrt heute eine große Anzahl zeitgemäß gebauter, eiserner Schleppe mit 650 Tonnen Tragvermögen und wirtschaftliche Dampfer mit Maschinenstärken bis zu 1000 indizierte Pferdekräfte in Betrieb stehen, während noch vor 14 Jahren keine größere Schleppe als solche mit 400 Tonnen und eine Reihe unwirtschaftlicher und schwacher Dampfer den Verkehr vermittelten.

Durch die Einführung solcher leistungsfähiger Betriebsmittel wurde die Wirtschaftlichkeit der Donau-Schifffahrt sehr gehoben. In auffälliger Weise wird dieses durch die Betriebsleistungen der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft erwiesen. Im Jahre 1887 benötigte sie zur Fortbewegung ihres damaligen Parkes von 735 Schleppen mit 236 400 Tonnen Tragfähigkeit 140 Zugdampfer mit 53 000 indizierten Pferdekräften und leistete mit dieser Flotte 817 Millionen Tonnenkilometer. Auf ein Schlepp entfiel im Mittel ein Tragvermögen von 321,6 und für den Zug von einer Tonne waren 0,2242 indizierte Pferdekräfte erforderlich. Im Jahre 1900 leisteten dagegen 114 Zugdampfer mit 49 000 indizierten Pferdekräften und 820 Schleppe mit 380 000 Tonnen Tragvermögen 1000 Millionen Tonnenkilometer. Auf einen Schlepp entfiel demnach ein Tragvermögen von 463,4 und für den Zug von einer Tonne waren nur mehr 0,1289 indizierte Pferdekräfte notwendig. Es wurde somit innerhalb 14 Jahren der Zug von einer Tonne um die Kosten von 0,0953 indizierten Pferdekräften verbilligt. Die Leistung der Zug- und Frachtdampfer ist für eine Fahrstunde von 2966 auf 4966 Tonnenkilometer gestiegen. Die 817 000 000 Tonnenkilometer des Jahres 1887 benötigten 219 687 Tonnen Kohle, die Milliarde des Jahres 1900 dagegen nur 178 881 Tonnen.

Dem Aufschwunge, den die Donau-Schifffahrt in den letzten Jahren genommen hat, entspricht die energische Tätigkeit, mit der Österreich und Ungarn an der Verbesserung der Donau-Wasserstraße unterhalb Passau arbeiten, einer Wasserstraße, von der aus in abschbarer Zeit eine Verbindung mit der Elbe, Oder und Weichsel bestehen wird.

Gelegentlich der Tagung des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt in Breslau im Jahre 1901 hat Oberbaurat Herbst eingehend über die österreichische Donau berichtet.<sup>1)</sup> Nach diesem Berichte veranstaltete das Ministerium des Innern in der Zeit vom 27. bis 30. Oktober 1890 erstmalig eine kommissionelle Befahrung der ober- und niederösterreichischen Donau von Passau bis Theben zu dem Zweck, die Beschaffenheit des Stromes und die Wirkung der zur Verbesserung der Fahrinne getroffenen Maßnahmen durch Augenschein wahrzunehmen, sowie die Hindernisse für den Schifffahrtsverkehr an Ort und Stelle zu untersuchen und hier-

durch die Grundlagen für die im Interesse der Donau-Schifffahrt gelegenen Vorkehrungen zu gewinnen. Die günstigen Ergebnisse der ersten Stromschauafahrt und des durch sie ermöglichten unmittelbaren Kontaktes mit den Schifffahrtsinteressenten gaben Veranlassung zur Wiederholung der gemeinschaftlichen Fahrt, die seither eine dauernde Einrichtung geworden ist und an der sich auch Vertreter der bayerischen Staatsregierung regelmäßig beteiligen.

Durch die kommissionelle Stromschauafahrt im November 1894 wurde als kleinste Wassertiefe in der Fahrinne zwischen Passau und Theben und zwar nächst Grein eine solche von 0,87 Meter bei dem kleinsten Schifffahrtswasserstande in dem genannten Jahre beobachtet. Dagegen fand sich im Jahre 1900 an der gleichen Stelle und bei gleicher Wassertiefe als Folge der vorgenommenen Korrektur eine Wassertiefe von 1,50 Meter. In welchem Maße die Fahrinne in der ganzen österreichischen Donau in den sechs Jahren von 1894 bis 1900 eine Besserung erfahren hat, geht daraus hervor, daß die Wassertiefe an den 15 seichtesten Stellen zwischen Passau und Theben im Jahre 1894 zwischen 0,87 und 1,50 Meter schwankte und im Mittel 1,16 Meter betrug, daß dagegen diese Tiefe bei gleichem Wasserstande im Jahre 1900 ein Schwanken zwischen 1,20 und 1,80 und ein mittleres Maß von 1,42 Meter zeigte, also bei letzterem Maße um 26 Zentimeter mehr als sechs Jahre früher.

Die Angaben im einzelnen gibt folgende Zusammenstellung.

Die geringste Fahrtiefe betrug:

	im Jahre 1894	im Jahre 1900
nächst dem Schildorfer Kachlet	1,0 m	1,8 m
nächst Schlägen . . . . .	1,4 "	1,5 "
nächst Windstoß . . . . .	1,5 "	1,6 "
beim Aschacher und Brandstättler Kachlet . . . . .	1,1 "	1,2 "
bei Ottensheim . . . . .	1,2 "	1,3 "
bei Abwinden . . . . .	1,4 "	1,6 "
unterhalb Mauthausen . . . . .	1,1 "	1,4 "
nächst Wallsee . . . . .	1,0 "	1,3 "
nächst Grein . . . . .	0,87 "	1,5 "
unterhalb Krems . . . . .	1,1 "	1,3 "
oberhalb Zwentendorf . . . . .	1,1 "	1,2 "
bei Zeiselmauer . . . . .	1,1 "	1,3 "
unterhalb Wien . . . . .	1,3 "	1,5 "
bei Fischamend . . . . .	1,1 "	1,3 "
bei Regelsbrunn . . . . .	1,15 "	1,5 "

Mit dieser wesentlichen Besserung der Wasserstraße steigerten sich, wie dies überall zu beobachten ist, auch die Ansprüche an die Schifffahrt. Noch auf der zweiten Stromschauafahrt im Jahre 1894 gingen die Wünsche der Interessenten dahin, in der Fahrinne bei dem niedersten Wasserstande eine kleinste Tauchtiefe von 1,70 Meter zu ermöglichen. Aber schon bei der dritten Fahrt im Jahre 1898 wurde eine kleinste Tauchtiefe von 1,80 Meter und damit eine kleinste Wassertiefe von 2,0 Metern gefordert. Nach den Untersuchungen des Oberbaurates Herbst steht nun fest, daß die Wassermenge der österreichischen Donau auch bei dem niedrigsten Schifffahrtswasser-

<sup>1)</sup> Herbst: Fortschritte in der Ausbildung der Fahrinne in der österreichischen Donau. Nr. VIII der Verbandsschriften des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1901.

Vergl. auch Stern: Ausbildung der Fahrinne der oberösterreichischen Donau. Nr. XXVI der Verbandsschriften des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1903.

stande hinreichend ist, um die verlangte Fahrtiefe von 2,0 Metern bei einer Fahrbahnbreite von mindestens 100 Metern durch eine Regulierung der Niederwasserlinie zu erzielen. Die erforderliche Regulierung, die mit verhältnismäßigen Kosten geschehen kann, wird voraussichtlich bis zum Jahre 1910 vollendet sein.

Oberbaurat Herbst schloß sein Referat mit folgenden Worten:<sup>1)</sup>

Die zielbewußte Aktion der Regierung bei der Schaffung des entsprechenden Wasserstraßennetzes in Österreich kommt auch bei der Behandlung der alten Fahrstraße der Donau zum Ausdruck. In absehbarer Zeit wird der mächtige Strom in jenen Zustand versetzt sein, der ihn tatsächlich zur Hauptarterie unseres Wasserstraßenverkehrs in seiner ganzen Ausdehnung gestaltet und derart zum Bindegliede des Verkehrs zwischen West- und Osteuropa befähigt sowie ihm jene hervorragende Wichtigkeit für die Großschifffahrt und den Handel unserer Zeit wiedergibt, die dieser Strom schon im Mittelalter für die damaligen Handelsverhältnisse hatte.

Die Zeit ist also längst vorüber, in der man sich gegenüber den Bestrebungen zur Verbesserung der Schiffbarkeit der bayerischen Donau darauf berufen konnte, daß die Beschaffenheit der Donau abwärts Passau und namentlich die Beschaffenheit der nächstgelegenen österreichischen Strecke keine besonderen Vorkehrungen oberhalb Passau rechtfertige. Wie bereits hervorgehoben wurde, hat sich Österreich und ebenso Ungarn durch die großen Schwierigkeiten, die die Donau dem Verkehre geboten hat und zum Teil noch bietet, nicht abschrecken lassen, kräftig Hand anzulegen zu einer Verbesserung der Schiffbarkeit dieses Stromes.

Die rasch fortschreitende Entwicklung der Donauschifffahrt zeigt den guten Erfolg, von dem die Arbeiten der österreichischen und ungarischen Ingenieure seither begleitet gewesen sind.

### Die Schiffbarkeit der bayerischen Donau.

Die nachfolgenden Angaben über die kilometrische Einteilung der Donau, über die Beschaffenheit des Donau-Tales sowie die Angaben über die Korrektur des Flusses sind dem von der Kgl. Obersten Baubehörde herausgegebenen Werke: „Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern“ entnommen.<sup>2)</sup> Nach den Angaben dieses Werkes wird die Donau mit der Einmündung der Iller nächst oberhalb der Stadt Neu-Ulm schiff- und floßbar und beginnt hiemit die große Bedeutung zu erlangen, die sie als internationaler Strom Europas besitzt. Von der Mündung der Iller an, woselbst die kilometrische Einteilung der Donau für Bayern beginnt, bildet der Fluß auf 8 Kilometer Länge die nasse Landesgrenze zwischen Bayern und Württemberg, tritt bei Oberthalingen mit beiden Ufern nach Bayern ein, verbleibt so bis zu Kilometer 365,0, zwei Kilometer unterhalb der bei Passau gelegenen

Mündungen der beiden Zuflüsse Ilz und Inn, und bildet von dort an bis zur deutschen Reichsgrenze bei Jochenstein — Kilometer 386,710 — die nasse Landesgrenze zwischen Bayern und Österreich.

Auf ihrem Laufe durch Baden und Württemberg durchbricht die Donau in bald engen bald weiten Längentälern das Kalkgebirge des Jura, tritt bei Erbach in ein weites Talbecken ein, durchzieht es mit einem durch Korrektur nunmehr gestreckten Laufe und erreicht oberhalb Ulm die Juraklüftungen der Rauhen Alb, die sie auf der kurzen Strecke bis Thalingen durchschneidet. Von ihrem Austritte aus der Rauhen Alb durchläuft die Donau in Bayern eine Talebene von ansehnlicher Ausdehnung in Länge und Breite und betritt bei Hofkirchen — Kilometer 331 — den Urgebirgsstock im südlichen Teile des Bayerischen Waldes, den sie bis über die deutsch-österreichische Grenze hinaus in eng geschlossenem Bette durchbricht. Die Stromstrecke zwischen Hofkirchen und Passau wird als Kachlet oder Gehachlet bezeichnet.

Durch zwei Einschnürungen, gebildet durch die das Donau-Tal begrenzenden Höhen, die eine zwischen Stepperg und Neuburg — Kilometer 101 und 113 —, die andere zwischen Weltenburg und Großprüfening — Kilometer 168 und 201 —, wird die Ebene von Thalingen bis Hofkirchen in drei Teile gegliedert, die unter sich als obere, mittlere und untere Donau-Ebene bezeichnet werden.

Die obere Donau-Ebene begleiten zur Linken die sanften Höhen des Schwäbischen und vom Tale der Würnitz bei Donauwörth ab die des Fränkischen Jura. Zwischen Gundelfingen und Donauwörth — Kilometer 40 bis 78 — tritt der Schwäbische Jura in flachem Bogen weit zurück und verursacht dadurch eine große Talabzweigung. Zur Rechten wird die Ebene von der flachen Hügelzone der aus mitteltertiären und quartären Gebilden bestehenden Schwäbischen Hochebene begrenzt, in die sich die Mündungsstrecken der Iller und des Lechs mit ihren jüngeren Anschüttungen in beträchtlicher Breite einschneiden. Außer den letzteren Mündungsstrecken und der eigentlichen Talrinne gehört noch der etwas höher gelegene alte Seeboden, das sogenannte Donauried, der oberen Donau-Ebene zu. Den Übergang von der oberen zur mittleren Donau-Ebene bildet das Donau-Tal von Stepperg bis Neuburg, eingerissen in die Ausläufer des Fränkischen Jura, der den Flußlauf mit hohen Ufern eng begrenzt.

Längs der mittleren Donau-Ebene setzen sich zur linken Seite die niederen Höhenzüge des Fränkischen Jura in weitem Bogen ausbiegend fort und treten bei Vohburg — Kilometer 145 — wieder an das Flußufer heran, das sie nach abwärts begleiten. Zur Rechten der Donau wird die weite Talebene von dem in großem Umfange bis unterhalb Ingolstadt — Kilometer 131 — sich ausdehnenden und durch seine Kulturgeschichte berühmt gewordenen Donau-Moos eingenommen, das im Süden die Hügelreihen derselben geognostischen Gebilde wie in der oberen Donau-Ebene sanft umwallen und das in seiner ganzen Umgrenzung an die uralte Seenatur des umfangreichen Talbeckens gemahnt. In ihrer unteren Hälfte dehnt sich die mittlere Donau-Ebene von Ingolstadt über Vohburg und Neuburg hinab als ein breites Tal aus

<sup>1)</sup> A. a. O. S. 37.

<sup>2)</sup> Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888, S. 7 bis 41.

und wird von da an zunehmend enger, bis endlich der Fluß von Weltenburg abwärts in die Ausläufer des Jura eintritt und sie bis gegen Großprüfening nächst oberhalb Regensburg durchströmt.

Die untere Donau-Ebene, auch niederbayerische Tiefebene genannt, erstreckt sich in größerer Ausdehnung auf beiden Seiten des Flusses als fruchtbares Land von Regensburg bis nach Hofkirchen, das ist vom Durchbruch der Juraklappen bis zum Querspalt des Urgebirgsstockes im Südabhange des Bayerischen Waldes.

Nicht ganz in Übereinstimmung mit der topographischen Beschaffenheit des Donau-Tales unterscheidet man in Bayern die obere, die mittlere und die untere Donau.

Die obere, auch schwäbische Donau genannt, umfaßt den Flußlauf im Regierungsbezirk Schwaben und Neuburg von Neu-Ulm bis zur schwäbisch-oberbayerischen Grenze bei Kilometer 121,070. Die mittlere Donau durchfließt Oberbayern, dann einen Teil von Niederbayern und zuletzt die Oberpfalz bis zur Einmündung des Regenflusses bei Regensburg, das ist bis zu Kilometer 209. Die untere Donau erstreckt sich durch den westlichen Teil der Oberpfalz bis zur deutsch-österreichischen Grenze bei Jochenstein — Kilometer 386,710.

Die Donau von Ulm bis nach Hofkirchen ist der Hauptsache nach in einen leicht beweglichen, aus quartärem Gerölle und aus Novärbildungen bestehenden, teilweise mit Lettenschichten durchzogenen Boden eingebettet. Nur da, wo das Juragebirge durchbrochen wird oder nahe an den Flußlauf herantritt, ist die Sohle zum Teil aus Felsen gebildet, der sich auch stellenweise nur seicht unter dem Geschiebe gelagert vorfindet.

Das Geschiebe der Donau besteht aus Kalk, selten aus Quarz. Seine Größe wechselt vom feinsten Gries bis zu Geröllen von 14 Zentimeter Länge, 8 Zentimeter Breite und 7 Zentimeter Stärke. Die letzteren finden sich an den Mündungen der Seitenflüsse Iller und Lech sowie je auf einer kurzen Strecke unterhalb der beiden Mündungen. Nächst oberhalb der Mündung des Lechs und ebenso unterhalb der Weltenburger Enge zeigen die größten Geschiebe nur etwa die Hälfte der angegebenen Ausmaße.

Wie die meisten der in beweglichen Boden eingebetteten Flußläufe, so befand sich auch die Donau, soweit sie die Ebenen durchfließt, gegen Ende des 18. Jahrhunderts streckenweise in einer trostlosen Verfassung. Doch wurde die Korrektur der Donau von Neu-Ulm abwärts der Hauptsache nach erst seit Mitte der 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts nach einem einheitlichen Plane durchgeführt, nachdem schon vom Jahre 1790 ab zahlreiche Durchstiche in der oberen Donau zur Ausläuterung gekommen waren. Alle Flußbau-Unternehmungen in der oberen Donau geschahen, wie das auch bei andern geschiebeführenden Flüssen zu Anfang des vorigen Jahrhunderts der Fall war, nur zum Schutze der anliegenden Ortschaften und Ländereien, zur Verbesserung des Wasserabflusses. Die Schifffahrt spielte hier keine Rolle. Zu den wichtigsten Unternehmungen dieser Art zählen die unter der

Leitung des Generaldirektors von Wiebeking in den Jahren 1806 bis 1814 ausgeführten drei Durchstiche zwischen Lauingen und Dillingen von Kilometer 46 bis zu Kilometer 50. Sie bilden zusammen den Karolinen-Kanal, so benannt zu Ehren der Königin Karoline von Bayern. Die Korrektur des bisher nur als ein verheerendes, unbezähmbares Element bekannten Stomes, so heißt es in dem Werke „Der Wasserbau“, war seinerzeit ein so staunenerregendes Unternehmen, daß der Karolinen-Kanal in den Lehrbüchern und in der Topographie Bayerns lange Zeit als besonders bemerkenswert erwähnt wurde.

Infolge der zahlreichen Durchstiche an der oberen Donau haben die geraden Flußstrecken zusammen eine Länge von 53,210 Kilometern, das sind 44 Prozent der gesamten Länge mit 121,070 Kilometern. Die längste Gerade befindet sich zwischen Thallingen und Nersingen, zwischen Kilometer 8,8 und 15,7, mit 6,9 Kilometer Länge. Die gekrümmten Flußstrecken, oft gleichfalls künstlich mittels Durchstichen hergestellt, verlaufen vielfach sehr flach mit Radien bis zu nahezu 5000 Metern. Nach einer von dem Kgl. Bauamtmann von Kern-Kernried ausgearbeiteten Karte wurde die obere Donau von Kilometer 0 bis zu Kilometer 73 um 30 Prozent ihrer früheren Länge gekürzt.

Die Korrekturbauten, die an der mittleren Donau in früheren Zeiten ausgeführt wurden, waren hauptsächlich auf die Sicherung der durch den unregelmäßigen Lauf angegriffenen Ufer gerichtet. Erst durch die allgemeine Ausdehnung der Dampfschifffahrt seit Mitte der 40er Jahre des vorigen Jahrhunderts und durch die damals im Bau begriffene Anlage des Ludwig-Donau-Main-Kanales wurde zugleich auch im Interesse der Schifffahrt eine Reihe von Durchstichen ausgeführt und zwar fast alle zwischen Kilometer 121 und 159. Die geraden Flußstrecken, welche sich vom oberen Ende der mittleren Donau bis nächst oberhalb Weltenburg vorfinden, also bis dahin, wo felsige Ufer die Ausschreitungen des Flusses verhindern, messen im ganzen 18 Kilometer, das sind 42 Prozent der gesamten Flußstrecke mit 43 Kilometer Länge. Sonach annähernd das gleiche Verhältnis wie auf der oberen Donau, jedoch haben dort die einzelnen geraden Flußstrecken vielfach eine wesentlich größere Länge. Die längste Gerade auf der mittleren Donau oberhalb Weltenburg befindet sich im Durchstiche unterhalb Ingolstadt zwischen Kilometer 133 und 135 mit einer Länge von 2000 Metern. Die Halbmesser der gekrümmten Flußstrecken haben meist eine Größe von 1000 Metern, nicht selten eine solche zwischen 3000 und 7000.

Der Lauf der unteren Donau erfuhr durch die Korrektur unwesentliche Änderungen. Von seinen zahlreichen Windungen in der niederbayerischen Tiefebene wurden nur wenige durchschnitten. Der Fluß war bei zumeist geschlossenem Laufe in einem verhältnismäßig guten Zustand. Seine Korrektur erstreckte sich hier vorwiegend auf den Ausbau der bestehenden, beweglichen Ufer. Abwärts der Tiefebene von Hofkirchen an war der Lauf der Donau durch die felsigen Ufer gesichert.

Eine Normalbreite für die Korrektur der Donau wurde für die Strecke von Neu-Ulm bis zur Mündung des Lechs im Jahre 1837 festgesetzt, von da abwärts erst seit dem Jahre 1851, während früher

für jeden einzelnen Durchstich oder für jede einzelne Korrektur die Breite besonders bestimmt wurde, so für die obere Donau zwischen 200 und 300 Fuß (= 58,4 und 87,6 Meter). Die nachstehende Zusammenstellung enthält die Normalbreite für die einzelnen Flußstrecken bezogen auf eine mittlere Wasserhöhe.

Bezüglich der Kosten der Korrektur sei auf untenstehende Zusammenstellung verwiesen, die dem Werke „Der Wasserbau in Bayern“ entnommen ist. Die Kosten betragen mit Einschluß des Jahres 1883 nahezu 16 Millionen Mark und sind bis jetzt auf mehr als 20 Millionen Mark gestiegen.<sup>1)</sup>

Bezeichnung der Donaustrücke		Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung der Donau		Normalbreite der Donau in Metern bei einer mittleren Wasserhöhe
oberer Endpunkt	unterer Endpunkt	von	bis	
Neu-Ulm . . . . .	Mündung des Lechs . .	0	91	75,88
Mündung des Lechs . .	Ingolstadt . . . . .	91	130	94,85
Ingolstadt . . . . .	Mündung der Ilm . . . .	130	154,73	102,20
Mündung der Ilm . . . .	Grenze zwischen Niederbayern und Oberbayern	154,73	194	116,74
Grenze zwischen Niederbayern und Oberbayern	Mündung des Regen . .	194	209	124,04
Mündung des Regen . .	Grenze zwischen Oberpfalz und Niederbayern	209	251	131,33
Grenze zwischen Oberpfalz und Niederbayern	Mündung der Isar . . . .	251	306	145,93
Mündung der Isar . . . .	Mündung des Inn . . . .	306	363	175,10
Mündung des Inn . . . .	Reichsgrenze . . . . .	363	386,71	233,50

Die Korrektur der Donau, wie sie im vorigen Jahrhundert begonnen und mit Parallelwerken durchgeführt wurde, ist der Hauptsache nach vollendet. Der Talweg befindet sich überall in der geplanten Flußbahn; die Ufer, in der Regel nicht unter der mittleren Wasserhöhe gelegen, sind durch Steinbauten gegen Abbruch gesichert, nur einzelne meist in Konvexen gelegene Ufer entbehren noch der Befestigung.

### Zusammenstellung der

### Kosten der Wasserbauten an der Donau in Bayern

vom Beginne der Donau-Dampfschiffahrt im Jahre 1837 bis zum Schlusse des Jahres 1883.

Bezeichnung der Flußstrecke	Länge der Flußstrecke in Kilometern	Länge der auf beiden Ufern befindlichen Korrekturbauten in Kilometern	Kosten der Bauausführung einschl. der Grunderwerbung für die Durchstiche in Mark	Kosten für jeden Meter Korrektionsbau in Mark
Obere Donau im Regierungsbezirk Schwaben km 0—121,070	121,070	204,379	7 756 408	38
Mittlere Donau in den Regierungsbezirken Oberbayern und Niederbayern km 121,070—194,000	72,930	111,444	3 605 100	32
Mittlere und untere Donau im Regierungsbezirk Oberpfalz km 194,000—251,000	57,000	65,845	3 482 945	53
Untere Donau in Niederbayern km 251,000—386,710	135,710	27,142	971 086	36
<b>zusammen</b>	<b>386,710</b>	<b>408 810</b>	<b>15 815 539</b>	<b>39</b>

Nach der Beschaffenheit des Bodens, in den die bayerische Donau eingebettet ist, sowie nach ihrer Grundrißform, das ist nach der Richtung ihrer Ufer, die, wie voraus angegeben ist, teils auf natürlichem Wege sich herausgebildet haben teils durch die Korrektur geschaffen wurden, können fünf unter sich wesentlich verschieden gestaltete Strecken unterschieden werden. Dabei soll die Stromstrecke, die unterhalb des bei Passau stehenden Kilometers 360,0 gelegen ist, außer Betracht bleiben. Sie steht bereits unter dem Einflusse des Inn, des größten Zuflusses der bayerischen Donau; es gilt hinsichtlich ihrer Schiffbarkeit dasselbe, was Oberbaurat Herbst über die österreichische Donau berichtet hat.

Von Kilometer 360 an aufwärts gerechnet endet die erste Teilstrecke, das sogenannte Kachlet, in der Nähe von Hofkirchen bei Kilometer 331,0. Der Strom bewegt sich hier in einer engen, meist langgestreckten Talfurche. Seine Sohle ist fast überall aus fest gelagertem Gneis gebildet, der nur hie und da mit Geschieben mäßig überdeckt ist. Das Strombett zeigt nach seiner Breite und nach seiner Höhenlage einen raschen Wechsel. Bei Niederwasser ragt stellenweise mitten aus der Strombahn die felsige Sohle hervor bald als eine einzige Kuppe bald mehrere Kuppen in nächster Nähe vereinigt. Dementsprechend hat die Fahrrinne durch das Kachlet eine sehr unregelmäßige Ausbildung. Die Untiefen und Stromschnellen verhinderten auch, die zu 175 Meter bestimmte Normalbreite gleichmäßig durchzuführen. Stellenweise mußte zur Ausgleichung des Wasserspiegelgefälles die Niederwasserrinne bis auf 90 Meter Breite eingeschränkt werden.

Ein vollständig anderes Bild bietet die Donau von Hofkirchen bis nach Neu-Ulm, die auf dieser Strecke mit kurzen Unterbrechungen in einen leicht beweglichen Boden eingebettet ist. Die Unterbrechungen

<sup>1)</sup> Der Wasserbau in Bayern. 1888. S. 39.

in der freien Beweglichkeit der Sohle, veranlaßt durch die Vorstöße des Fränkischen und Schwäbischen Jura, bedingen einen rasch aufeinanderfolgenden Wechsel in der Art der Grundrißform des Flusses zwischen Hofkirchen und Neu-Ulm und damit eine Viertelung dieser Flußstrecke.

Von Hofkirchen durch die untere Donau-Ebene hindurch und weiterhin bis zu Kilometer 168,0 nächst oberhalb Weltenburg zieht sich der Fluß in zahlreichen Windungen dahin und kann als die zweite Teilstrecke der bayerischen Donau betrachtet werden. Der Zustand dieser Strecke war von jeher bei meist geschlossenem Laufe verhältnismäßig gut.

Im Gegensatz hierzu hat die dritte Teilstrecke von Kilometer 168,0 oberhalb Weltenburg bis zu Kilometer 115,0 in der Nähe von Bergheim, also durch die mittlere Donau-Ebene hindurch, infolge der zahlreichen Durchstiche vielfach einen geraden oder nur schwach gekrümmten Lauf. An einzelnen Stellen, so bei Vohburg und Ingolstadt, sind aus rein örtlichen Gründen stärkere Krümmungen belassen worden.

Mehr den natürlichen, gewundenen Lauf zeigt die Donau in ihrer vierten Teilstrecke zwischen den beiden soeben geschilderten Strecken, also zwischen Kilometer 115,0 und Kilometer 73,0. Der hier nahe gelegene Jura hinderte den Fluß in seinem natürlichen Zustande an größeren Ausschreitungen, so daß kein Anlaß zu nennenswerten Änderungen in der Laufrichtung der Donau gegeben war.

Ebenso gestaltet wie die dritte ist auch die fünfte Teilstrecke von Kilometer 73,0 oberhalb Donauwörth bis nach Neu-Ulm, der gleichfalls durch die zahlreichen Durchstiche eine unnatürliche Grundrißform gegeben wurde. Auch hier bestehen einzelne stärkere Krümmungen, so bei Lauingen, Günzburg und Neu-Ulm.

Die nun folgenden Angaben über das Gefälle der Donau, über ihre Wasserführung sowie über ihre Tiefen im Talwege beziehen sich auf Messungen aus dem Jahre 1899. Sie wurden bei lang andauernden Niederwasserständen vorgenommen und lassen deshalb das gegenseitige Verhalten der einzelnen Strecken in bestimmter Weise erkennen. Auch entsprach das Niederwasser bei der Aufnahme mit Ausnahme der Flußstrecke zwischen Kilometer 121,070 und 194,0 einem Stande, unter den die Donau in der Regel nur an wenigen Tagen im Jahre herabsinkt.

Die Aufnahme der Wasserspiegelhöhe sowie der Tiefen im Talwege geschah für die Strecke:

von Kilometer 194,0 bis zu Kilometer 227,2 und ebenso für die Strecke von Kilometer 251,0 bis zur Reichsgrenze bei Kilometer 386,710 am 28. August 1899,  
 von Kilometer 227,2 bis zu Kilometer 251,0 . . . . . am 29. August 1899  
 und von Kilometer 0 bis zu Kilometer 121,070 . . . . . am 2. September 1899.

Die drei genannten Tage fallen in eine Zeit, in der der Wasserstand an allen Pegeln der Donau nur um wenige Zentimeter schwankte. Der nahezu beharrliche Stand dauerte vom 26. August bis zum 4. September 1899.

Dagegen geschahen die Messungen von Kilometer 121,070 bis zu Kilometer 173,0 . . . am 6. März und die von Kilometer 173,0 bis zu Kilometer 194,0 . . . . . am 7. März 1899 und zwar an beiden Tagen bei einem Wasserstand, der durchschnittlich um 30 Zentimeter höher war als in der Zeit vom 26. August bis zum 4. September 1899. Doch zeigte der Wasserstand auch im März nur geringe Schwankungen.

Die an den Pegeln der Donau von Neu-Ulm bis nach Oberzell täglich beobachteten Wasserstände für die Zeit vom 5. bis zum 12. März 1899 sowie vom 26. September bis zum 4. Oktober 1899 enthält die Tabelle 2 im Anhang.

Um die Tiefenmessungen vom 6. und 7. März mit denjenigen vom 28. und 29. August und ebenso mit der vom 2. September nachfolgend vergleichen zu können, wurden die am 6. und 7. März gefundenen Maße für die Tiefen über den Schwellen im Talweg, auf die es ja hauptsächlich ankommt, um 20 Zentimeter verkleinert.

Eine Verkleinerung um 30 Zentimeter, was dem Unterschiede in den Wasserständen entspräche, geschah deshalb nicht, weil die Erfahrung bestätigt, daß sich mit fallendem Wasser die Schwellen vertiefen. Jedenfalls entsteht mit dieser Verkleinerung kein Fehler, der den Vergleich der Tiefen im Talwege der Donau stören könnte.

Bei den nachfolgenden Untersuchungen wird der Beharrungsstand der Donau, der zu Ende August und zu Anfang September 1899 beobachtet wurde, als gewöhnliches Niederwasser bezeichnet. Er entspricht annähernd dem mittleren, alljährlich eintretenden niedrigsten Wasserstande.

Das Gefälle der Donau beträgt von der Mündung der Iller bei Neu-Ulm bis zur Reichsgrenze bei Jochenstein auf eine Länge von 386,710 Kilometern im ganzen 188,22 Meter, das sind durchschnittlich 0,486 Meter auf 1000 Meter Flußlänge. Mit einem Gefälle von 1,25‰ tritt der Fluß in Bayern ein und zeigt in der Nähe der Reichsgrenze zwischen Kilometer 383 und 385 durchschnittlich 0,253‰.

Wenn auch im großen und ganzen flußaufwärts das Gefälle kleiner wird, so zeigt es doch im einzelnen bedeutende Schwankungen in seiner Größe. Abgesehen von dem Gefälle bei den Übergängen der Flußrinne von einem zum anderen Ufer, findet sich dort die größte Unregelmäßigkeit in der Ausbildung des Gefälles, wo fest gelagerter Fels die Sohle bildet, wie dies im Kachlet der Fall ist. So bestand nach einer Messung, die am 10. März 1899 bei 40 Zentimeter über dem Nullpunkt des bei Vilshofen am oberen Ende des Kachlets gelegenen Pegels im Stromstrich mit Schwimmlatten durch das Kgl. Bauamt Deggendorf veranlaßt wurde, zwischen Kilometer 345,8435 und 345,8740, also auf eine Länge von 30,5 Metern, ein Gefälle von 166 Zentimetern, das sind 5,43 Meter auf 1000 Meter Länge.

Zwischen Kilometer 347,0 und 348,0 wurde ein durchschnittliches Gefälle von 0,248‰ und unmittelbar daran anschließend zwischen Kilometer 348 und 349,0 ein solches von 1,018‰ ermittelt.



Der erstere Gefällsbruch gab Veranlassung, entsprechend den Wünschen der österreichischen Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft, am linken Ufer unmittelbar unterhalb des Wasserabsturzes einen Einschränkungsbau mit 90 Meter Abstand vom rechtseitigen Leitwerk bis zu Kilometer 346,1 auszuführen. Der Erfolg dieser Einschränkung zeigte sich zunächst in der Tatsache, daß das Wasserspiegelgefälle zwischen den obengenannten Kilometerpunkten nach einer Messung vom 23. August 1901 bei einem Wasserstande von 36 Zentimetern über dem Nullpunkt des Vilshofener Pegels, also bei nahezu dem gleichen Stande wie am 10. März 1899, auf 8,5 Zentimeter zurückgegangen war und demnach nur noch 2,81<sup>0</sup>/<sub>100</sub> betrug. Die Länge des Absturzes jedoch hatte sich von 100 Meter Länge auf rund 200 Meter vergrößert; auch war oberhalb des Absturzes eine Überstauung von etwa 15 Zentimetern eingetreten.

Weitaus weniger schroff sind die Gefällsbrüche bei den Mündungsstellen der größeren Zuflüsse, welche durch die aus früheren Jahrhunderten stammenden Aufschotterungen des Donau-Tales veranlaßt sind. So betrug nach den Aufnahmen aus dem Jahre 1899 das Gefälle nächst oberhalb der Mündung des Lechs 0,47<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, nächst unterhalb 0,77<sup>0</sup>/<sub>100</sub> und bei der Mündung der Isar oberhalb 0,11<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, unterhalb 0,42<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

Neben den Gefällsbrüchen, die durch die natürlichen Umbildungen des Flußbettes entstanden sind, besteht auch ein auf künstlichem Wege geschaffener Gefällsbruch und zwar bei der alten Brücke in Regensburg. Näheres darüber wird bei der nachfolgenden Besprechung dieser Brücke mitgeteilt werden.

Das Gefälle der Donau von Kilometer 0 bis zu Kilometer 194,0 ist auf Blatt V dargestellt.

Die Wasserstandsbewegung der bayerischen Donau steht vorherrschend unter dem Einfluß der aus dem hohen Mittelgebirge sowie aus den Vorbergen des alpinen Hochgebirges kommenden Gewässer. Sie zeigt daher im allgemeinen niedrigen Wasserstand während der kalten, höheren Wasserstand während der warmen Jahreszeit.<sup>1)</sup> Nach den Beobachtungen der zehn Jahre 1890 mit 1899 fällt der mittlere niedrigste Monatswasserstand bei allen Pegelstationen der Donau von Neu-Ulm bis gegen Vilshofen auf den Monat Dezember, bei letzterer Station auf den November, bei Passau und Ilzstadt auf den Januar. Beim Pegel Oberzell hat der bezeichnete Wasserstand in den Monaten Dezember und Januar den gleichen Wert. Der mittlere höchste Monatswasserstand wurde von den Stationen teils im Mai teils im Juni beobachtet.

Die Wasserzuführung aus den höheren Gebietslagen vermag sonach in der Regel auch während der warmen Jahreszeit die Donau kräftig zu speisen. Dieser für die Schifffahrt günstige Umstand läßt sich auch aus der Häufigkeit des Auftretens der niedrigsten und höchsten Jahreswasserstände in den einzelnen Monaten einer längeren Beobachtungsreihe erkennen.

Für die Pegelstation Neu-Ulm und für die unterhalb der Mündung des Lechs gelegene Station Neuburg ergibt sich diese Häufigkeit nach den Beobachtungen der 77 Jahre 1826 mit 1902, wie in der nachstehenden Tabelle angegeben ist.

Monat	Neu-Ulm		Neuburg	
	Häufigkeit des niedrigsten Wasserstandes im Jahre	Häufigkeit des höchsten Wasserstandes im Jahre	Häufigkeit des niedrigsten Wasserstandes im Jahre	Häufigkeit des höchsten Wasserstandes im Jahre
Januar . . . . .	15	10	21	11
Februar . . . . .	8	6	14	13
März . . . . .	3	6	4	11
April . . . . .	—	10	—	4
Mai . . . . .	—	6	—	5
Juni . . . . .	—	6	—	9
Juli . . . . .	3	6	2	5
August . . . . .	4	5	3	4
September . . . . .	11	8	3	8
Oktober . . . . .	12	2	6	1
November . . . . .	8	3	6	2
Dezember . . . . .	13	9	18	4

Auch der bekannt niedrigste Wasserstand an den Pegelstationen der Donau wurde, wie die Tabelle 1 angibt, in den Wintermonaten Dezember, Januar oder Februar beobachtet mit Ausnahme der Stationen Neu-Ulm und Dillingen. Für letztere Stationen findet er sich im Monate September angegeben.

Nach der gleichen Tabelle fällt der bekannt höchste Wasserstand der Donau nach den Aufzeichnungen der 22 bayerischen Pegelstationen

auf den Monat Dezember . . . . .	3 mal
„ „ „ Januar . . . . .	1 „
„ „ „ Februar . . . . .	7 „
„ „ „ März . . . . .	6 „
„ „ „ April . . . . .	1 „
„ „ „ September . . . . .	4 „

Was die Höhe betrifft, um welche sich alljährlich das Hochwasser der Donau über das Niederwasser erhebt, so erreicht oder übersteigt sie bis gegen Passau hin selten das Maß von 4 Metern. Erst mit der Einmündung des Inn wächst die Anschwellungshöhe bis nahezu 8 Meter. Mit Bezug auf den bekannt niedrigsten und bekannt höchsten Wasserstand berechnet sich für die Pegelstationen oberhalb Passau der kleinste Höhenunterschied zu 3,40 Meter bei Großmehring und der größte Unterschied zu 6,35 Meter bei Vilshofen. Dem letzteren Maße am nächsten steht das für Neuburg mit 6,23 Metern. Von Passau abwärts finden sich beträchtlich höhere Unterschiede, so für die Pegelstation Passau 10,23 und für Oberzell 10,29 Meter. Sonach zeigen oberhalb Passau die Schwankungen des Wasserstandes besonders günstige Verhältnisse für den Betrieb der Schifffahrt.

Die Niederwassermenge der Donau, bezogen auf den niederen Beharrungswasserstand von Ende August und Anfang September 1899, ergibt sich aus nachstehender Zusammenstellung, die nach dem Werke „Der Wasserbau in Bayern“ sowie nach den Jahrbüchern des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus bearbeitet ist. Nur der Angabe für Neu-Ulm liegt

<sup>1)</sup> Faber: Über die Wasserstandsbewegung der offen fließenden Gewässer in ihrer Abhängigkeit von Boden und Klima. Zeitschrift „Gaea“ 1890. Seite 208.

eine Wassermessung der Kgl. Bauinspektion Ulm zugrunde, die der Kgl. Baurat Angele dem technischen Amte in gütiger Weise zur Verfügung gestellt hat. Diese Angabe ist einer Reihe von Messungen entnommen, die in der Zeit vom 30. April 1899 bis zum 10. April 1901 in der Nähe des Donau-Kilometers 3,0, etwa 620 Meter unterhalb der Pegelstation Neu-Ulm, vorgenommen wurden.

Um den Inhalt der nachfolgenden Zusammenstellung zu erweitern, ist in ihr auch die Größe des Niederschlagsgebietes der Donau, der Abfluß für jeden Quadratkilometer, sodann die Normalbreite des Flusses aufgenommen.

über dem Nullpunkt des Donauwürtter Pegels, ebenso eine sekundliche Wassermenge von 125 Kubikmetern bei Neuburg einem Wasserstand von 73 Zentimetern unter dem Nullpunkt des Neuburger Pegels und etwa von 15 Zentimetern unter dem Nullpunkt am Pegel zu Ingolstadt.

Was die Hochwassermengen betrifft, so bestimmt sich nach den Messungen von Baurat Angele aus den Jahren 1899 bis 1901 für den bekannt höchsten Stand der Donau bei Neu-Ulm mit 465 Zentimetern über dem Nullpunkt des dortigen Pegels eine sekundliche Wassermenge von 1469 Kubikmetern, also annähernd die gleiche Menge, wie sie in der nach-

Name der Pegelstation oder des Seitenflusses der Donau	Lage der Pegelstation oder der Mündungs- stelle des Seitenflusses, bezogen auf die kilo- metrische Einteilung der Donau	Niederwasser zu Ende August und zu An- fang September 1899		Niederschlagsgebiet in Quadratkilometern nach Angabe des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus in München	Sekundlicher Abfluß für jedes Quadratkilo- meter Nieder- schlagsgebiet in Litern	Normalbreite der Donau bei mittlerem Wasserstand in Metern
		Pegelstand in Zentimetern	Sekundliche Wassermenge in Kubikmetern			
Iller . . . . .	0	—	—	Donau 5 378,15	—	76
				Iller 2 193,25		
				zus. 7 571,40		
Neu-Ulm . . . .	2,373	— 20	51	8 050,47	6,3	76
Dillingen . . . .	49,976	— 58	72	11 310,68	6,4	76
Donauwörth . . .	78,493	— 7	78	13 965,75	5,6	76
Lech . . . . .	91,0	—	—	Donau 15 131,86	—	95
				Lech 4 131,70		
				zus. 19 263,56		
Neuburg . . . . .	110,786	— 68	132	19 864,95	6,6	95
Ingolstadt . . . .	130,494	— 9	134	20 022,55	6,7	102
Kelheim . . . . .	173,890	17	155	22 959,71	6,7	117
Regensburg . . .	209,0	— 7	—	32 503,79	—	124
Deggendorf . . .	303,537	— 3	190	38 028,98	5,0	146
Isar . . . . .	307,0	—	—	Donau 38 140,19	—	175
				Isar 8 970,63		
				zus. 47 110,82		
Vilshofen . . . .	339,200	11	300	47 675,58	6,3	175
Passau . . . . .	361,514	162	In Stau des Inn	49 648,65	—	175
Inn . . . . .	363,0	—	—	Donau 50 500,83	—	233
				Inn 26 103,84		
				zus. 76 604,67		

Die sekundlichen Wassermengen der Donau bei mittlerem und hohem Stande sind nach dem Werke „Der Wasserbau in Bayern“ in nachfolgender Zusammenstellung angegeben. Außerdem enthält die Zusammenstellung für die Strecke von Neu-Ulm bis zur Mündung der Isar auch die den Wassermengen entsprechenden mittleren Wassergeschwindigkeiten ebenso die mittleren Geschwindigkeiten bei Niederwasser mit den bezüglichen Niederwassermengen und ferner der Vollständigkeit halber auch die Niederwassermenge bei Passau. Diese aus den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts stammenden Angaben entsprechen nicht mehr der heutigen Höhenlage der Flußsohle, wie schon ein Vergleich der Niederwasserstände in der Tabelle 5 vom März 1883 mit denen vom September 1899 und November 1901 erkennen läßt. Nach den vom Kgl. Hydrotechnischen Bureau in den Jahren 1899 bis 1901 vorgenommenen Messungen entspricht eine sekundliche Wassermenge von 95 Kubikmetern bei Donauwörth, wie sie in der folgenden Zusammenstellung angegeben ist, einem Wasserstand von 5 Zentimetern

folgenden Zusammenstellung angegeben ist. Für die Donau bei Regensburg hat Baurat Schildhauer in seinem Vortrage über die alte Donaubrücke zwischen Regensburg und Stadtamhof auf der zehnten Hauptversammlung des Bayerischen Kanal-Vereines zu Straubing im Jahre 1900 angegeben, daß die sekundliche Hochwassermenge für den bekannt höchsten Stand im März 1845 mit 508 Zentimetern am Pegel zu Regensburg und zwar für den gleichen Querschnitt, wie er in der nachfolgenden Zusammenstellung angegeben ist, zu 3200 Kubikmeter sowie für einen Querschnitt 4 Kilometer unterhalb der alten Regensburger Brücke, also mit Einschluß des Regens, zu 3700 Kubikmeter nach Berechnung gefunden wurde. Von den 3200 Kubikmetern der oberen Messungsstelle nahmen 3000 Kubikmeter ihren Abfluß durch die alte Brücke, während 200 Kubikmeter über den Protzenweiher durch die Talmulde zwischen Stadtamhof und Steinweg abflossen. Die Angaben aus den 80er Jahren über die Wasserführung der Donau, die mit den neueren Messungen nicht vollständig übereinstimmen, genügen immerhin für einen allgemeinen Überblick.

Bezeichnung der Donaustrücke, auf der nebenangegebene Wassermenge annähernd vorhanden ist, und Angabe des Ortes, bei dem die Wassermenge gemessen wurde	Maßgebender Pegel	Niederwasser			Mittelwasser			Hochwasser		
		Pegelstand in cm	Sekundl. Wassermenge in cbm	Mittl. Geschwindigkeit in m	Pegelstand in cm	Sekundl. Wassermenge in cbm	Mittl. Geschwindigkeit in m	Pegelstand in cm	Sekundl. Wassermenge in cbm	Mittl. Geschwindigkeit in m
Zwischen Iller und Lech, gemessen nächst oberhalb Donauwörth	Donauwörth	60	95	1,22	131	230	1,58	380	1450	2,60
Zwischen Lech und Altmühl, gemessen bei Ingolstadt	Ingolstadt	— 40	125	1,11	22	300	1,47	389	2100	2,83
Zwischen Altmühl und Isar, gemessen bei Niederwinzer oberhalb Regensburg	Regensburg	0	240	0,87	117	430	0,93	508	2600	1,59
Zwischen Isar und Inn, gemessen nächst oberhalb Passau	Passau	— 58	280	—	248	1260	—	648	3690	—
Unterhalb der Mündung des Inn	Passau	— 58	410	—	248	2480	—	648	4830	—

Hinsichtlich der Wassergeschwindigkeit der Donau wäre noch darauf hinzuweisen, daß sie zwischen Neu-Ulm und der Mündung der Isar keine derartige Größe erreicht, daß für die Schifffahrt außergewöhnliche Schwierigkeiten entstehen könnten. Dies hat auch die Erste k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft auf eine diesbezügliche Anfrage des technischen Amtes bestätigt. Nur in den Stromschnellen im Kachlet findet die Schifffahrt größere Schwierigkeiten, die jedoch mit dem Fortschritt der Regulierungsarbeiten mehr und mehr abgeschwächt werden.

Dem Vorausgehenden werden am besten die Angaben über die Unterbrechungen, die die Schifffahrt durch Hochwasser und Eis erleidet, unmittelbar angereiht und dann erst die Wassertiefe der Donau besprochen. Die Einstellung der Dampfschiffahrt wegen Hochwasser erfolgt, wenn die Donau entweder ihre Ufer stark überschreitet oder wenn sie so hoch angestiegen ist, daß die Dampfer unter den Brücken nicht mehr passieren können. Für die Strecke Passau-Regensburg gibt Oberbaurat Hensel in seinem im Jahre 1897 auf der siebenten Hauptversammlung des Bayerischen Kanal-Vereines gehaltenen Vortrage folgendes an.

Die niederste Brücke zwischen Passau und Regensburg ist die zu Deggendorf, deren Unterkante 760 Zentimeter über dem Nullpunkt des dortigen Pegels liegt. Der niederste zurzeit auf der Donau gehende Dampfer bedarf einer Lichthöhe von 4,60 Metern. Es muß also die Schifffahrt auf der Strecke Passau-Regensburg eingestellt werden, wenn der Pegel zu Deggendorf 300 Zentimeter über Null zeigt. Dieser Wasserhöhe entspricht zu Vilshofen ein Pegelstand von 235 Zentimetern über Null. Dieser und noch höhere Stände traten zu Vilshofen in den zehn Jahren von 1885 mit 1894 im ganzen nur an 30 Tagen ein. Die Schifffahrt kann sonach in jedem Jahre durchschnittlich nur an drei Tagen nicht betrieben werden.

Die Wasserstandshöhen, über die hinaus die Fahrt von Dampfschiffen auf der bayerischen Donau nach der Verordnung vom 1. Januar 1901 untersagt ist, sind in der Tabelle I angegeben. Betrachtet man

die Flußstrecke oberhalb Regensburg mit Rücksicht auf diese Höhenmarken, dann ergibt sich, daß die Dampfschiffahrt unterbrochen werden muß, wenn der Wasserstand erreicht hat

am Pegel zu:

Ingolstadt	eine Höhe von 2,20 Metern über Null,
Neuburg	" " " 3,20 " " "
Donauwörth	" " " 2,90 " " "

Wie die Tabellen 4, 5 und 6 angeben, werden nach den Beobachtungen der zehn Jahre 1892 mit 1901 diese Wasserstände durchschnittlich im Jahre überschritten

am Pegel zu:	in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar	in den 9 Monaten März mit November	im ganzen Jahre
Ingolstadt an	0,2	4,2	6,2 Tagen,
Neuburg "	0	0,3	0,3 "
Donauwörth "	1,2	2,0	3,2 "

Auch für die obere Strecke der bayerischen Donau ergibt sich, daß die Unterbrechung der Schifffahrt durch Hochwasser ohne Belang ist. Sie währt am längsten bei Ingolstadt, auf einer Flußstrecke mit verhältnismäßig niedrigem Ufergelände, aber auch in diesem ungünstigen Falle durchschnittlich nur 4 bis 5 Tage im Jahre.

Von wesentlich längerer Dauer ist die alljährliche Unterbrechung der Schifffahrt infolge von Treibeis oder Eisstand. Über die Eisverhältnisse in der Donau zwischen Passau und Regensburg hat Oberbaurat Hensel in seinem voraus genannten Vortrage folgendes angegeben.

In der Donau zwischen Passau und Regensburg treten ziemlich häufig Eisverstopfungen ein. In der Regel bildet sich der erste Eisstoß gleich oberhalb Passau an einer engen Stelle des Kachlets, die nach einem dort im Donaubett liegenden mächtigen Felsblocke der Hönigstein genannt wird. Dieser ersten Eisstoßbildung folgen dann weiter oberhalb alsbald noch zwei bis drei selbständige Bildungen in der Regel in Stromstrecken mit starker Krümmung, in denen sich das massenhaft treibende Eis zusammendrängt.

Dies ist der Fall gleich oberhalb Straubing an der sog. Wundermühle. Von solchen Engstellen aus baut sich dann der Eisstoß aufwärts weiter. Nicht selten kommt es dann vor, daß die ganze Donau von Passau aufwärts bis Regensburg und weit über diese Stadt hinaus in Eis erstarrt ist.

Die Strecke unterhalb Passau bis Linz und Wien ist in der Regel frei von Eis. Die Ursache dieser letzteren Erscheinung liegt wohl darin, daß die Eisstöße der Donau und des Inn sich in der Regel gleichzeitig unweit Passau bilden. Damit hört die Eiszufuhr von Passau abwärts auf, und da die mit großem Gefälle und großer Geschwindigkeit ausgerüsteten, zwischen Passau und Wien einmündenden beiden Hauptzflüsse Traun und Enns nur wenig Eis bringen, so ist die Donau von Passau bis Wien zur Bildung eines Eisstoßes nur auf ihre eigene Eisproduktion angewiesen, die jedoch nicht auszureichen scheint, selbständige Eisstöße zu erzeugen.

In den zwanzig Jahren 1877 mit 1897 bildeten sich zwischen Passau und Regensburg elf Eisstöße, sonach durchschnittlich einer in zwei Jahren. Die Dauer dieser Eisstöße schwankte zwischen 4 und 82 Tagen. Die elf Eisstöße zusammen hatten eine Dauer von 459 Tagen, so daß auf einen Eisstoß im Mittel eine Dauer von 42 Tagen trifft. Die früheste Bildung erfolgte im Winter 1879/80 am 7. Dezember, die späteste 1880/81 am 23. Januar. Der früheste Abgang erfolgte 1877/78 am 21. Januar, der späteste 1894/95 am 22. März.

Rechnet man zu den Tagen mit zugefrorener Donau die Tage mit Treibeis, dann ergibt sich die mittlere jährliche Dauer der durch Eis veranlaßten Unterbrechung der Schifffahrt durchschnittlich zu

55 Tagen. Im allgemeinen beginnt die Unterbrechung nach Mitte Dezember und endet Mitte Februar.

Über die Eisverhältnisse auf der Donau oberhalb Regensburg geben die Tabellen 7, 8, 9 und 10 näheren Aufschluß. Ihre Angaben beziehen sich auf die Beobachtungen an den Pegelstationen Ingolstadt, Neuburg, Donauwörth und Neu-Ulm in den dreißig Winterperioden 1873/74 mit 1902/03. Es beträgt die durchschnittliche Anzahl der Tage im Jahre

bei der Pegelstation:	mit treibendem Eis	mit stehendem Eis	im ganzen
Ingolstadt . . . . .	11,80	7,50	19,30
Neuburg . . . . .	13,23	4,07	17,30
Donauwörth . . . . .	14,57	2,43	17,00
Neu-Ulm . . . . .	13,90	0,13	14,03

Wie sich die Eisverhältnisse auf der bayerischen Donau im einzelnen abspielen, macht die untenstehende Zusammenstellung ersichtlich.

Aus den vorstehenden Angaben folgt, daß die Donau oberhalb Regensburg selten und dann auch nur während einer kürzeren Zeit zugefroren ist als unterhalb Regensburg, ein Umstand, der auf die gegen Ulm hin zunehmende Wassergeschwindigkeit zurückzuführen ist. Zieht man auch die Tage mit Treibeis in Betracht, dann ergibt sich im allgemeinen, daß die Störungen der Schifffahrt durch Eis auch auf der oberen Strecke der bayerischen Donau kein Hindernis für einen lohnenden Betrieb der Schifffahrt bieten.

Die Fahrinne der Donau, auch Talweg genannt, bewegt sich je nach Grundrißform und je nach der Beweglichkeit des Flußbettes in einer mehr

Bezeichnung der Pegelstation der Donau nach der nächst beim Pegel gelegenen Ortschaft	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung der Donau	Anzahl der Tage mit															
		1. Januar mit 7. März 1901			19. mit 26. November 1902			6. mit 20. Dezember 1902			15. mit 27. Januar 1903			28. Dez. 1903 mit 12. Januar 1904			
		fließendem Eis (Treibeis)	stehendem Eis (Eisstoß)	Abgang oder Durchgang eines Eisstoßes	fließendem Eis (Treibeis)	stehendem Eis (Eisstoß)	Abgang oder Durchgang eines Eisstoßes	fließendem Eis (Treibeis)	stehendem Eis (Eisstoß)	Abgang oder Durchgang eines Eisstoßes	fließendem Eis (Treibeis)	stehendem Eis (Eisstoß)	Abgang oder Durchgang eines Eisstoßes	fließendem Eis (Treibeis)	stehendem Eis (Eisstoß)	Abgang oder Durchgang eines Eisstoßes	
Neu-Ulm . . . . .	2,373	24	—	—	—	—	—	—	10	—	—	10	—	—	4	—	—
Donauwörth . . . . .	78,493	31	—	—	1	—	—	8	—	—	9	—	—	8	—	—	
Neuburg . . . . .	110,786	25	9	2	1	—	—	10	—	—	8	—	—	6	—	—	
Ingolstadt . . . . .	130,494	12	29	2	1	—	—	8	4	1	11	—	—	9	—	—	
Kelheim . . . . .	173,890	7	40	2	1	—	—	3	10	1	11	—	—	9	—	—	
Regensburg . . . . .	209,000	20	34	4	—	—	—	11	2	1	8	—	—	7	—	—	
Deggendorf . . . . .	303,537	4	59	3	7	—	—	8	4	2	12	—	—	15	—	—	
Vilshofen . . . . .	339,200	10	51	3	5	—	—	3	8	2	9	2 <sup>1)</sup>	1	13	—	—	
Passau . . . . .	361,514	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	5	—	—	2	—	2	8	3 <sup>1)</sup>	1	14	—	—	
Oberzell . . . . .	379,478	32	—	2	6	—	—	12	—	3	8	3 <sup>1)</sup>	2	12	—	—	

<sup>1)</sup> Im Januar 1901 wurde bei Passau an 3 Tagen Treibeis beobachtet, im Februar war der Fluß frei von Eis, sodann war er zugefroren vom 1. mit 4 März.

<sup>2)</sup> Bei Passau und Oberzell hatte sich das Eis am 23. Januar 1903 gestellt, bei Vilshofen erst am folgenden Tage.

oder weniger regelmäßig verlaufenden Richtung. Dabei finden sich in den Flußstrecken mit beweglicher Sohle die größten Tiefen stets längs der Ufer, die kleinsten Tiefen dagegen in der Mitte des Flusses über den sog. Schwellen. Bekanntlich bestimmen die Tiefen über den Schwellen im Talwege vorwiegend den Grad der Schiffbarkeit eines Flusses. Selbstverständlich ist auch die Breite der Fahrrinne bei dieser Bestimmung maßgebend. Doch besteht bei den natürlichen Flüssen und so auch bei der Donau zwischen der Fahrtiefe und der Fahrbreite im allgemeinen ein derartiges Verhältnis, daß Schiffe, die der kleinsten Fahrtiefe entsprechen, auch die nötige Fahrbreite vorfinden.

Ein klares Bild von dem Verlauf der Tiefe über den Schwellen im Talwege der Donau gewinnt man nach den Messungen, die bei dem bereits besprochenen, lang andauernden Niederwasser im Jahre 1899 vorgenommen wurden. Hiernach ergibt sich die kleinste Tiefe im Talwege in den einzelnen Flußstrecken bezogen auf den gleichen, als gewöhnliches Niederwasser bezeichneten Stand wie folgt.

In der Strecke zwischen Passau und Hofkirchen, also im Kachlet, war bei dem gewöhnlichen Niederwasser mit rund 10 Zentimetern über dem Nullpunkte des Pegels zu Vilshofen und mit etwa 300 Kubikmetern in der Sekunde eine kleinste Fahrtiefe von 1,10 Meter vorhanden.

Die gleiche Minimaltiefe wurde zwischen Hofkirchen und Regensburg gefunden, und zwar bei Kilometer 233,4, also erst 74 Kilometer oberhalb der Mündung der Isar, in einer Flußstelle, in der die Niedermenge der Donau nur zwei Drittel derjenigen Wassermenge beträgt, die zu gleicher Zeit im Kachlet unterhalb der Mündung der Isar abfließt. Auch lagen zwischen Hofkirchen und Regensburg mehr als die Hälfte der Schwellen 1,50 Meter und noch tiefer unter dem Wasserspiegel, während im Kachlet seltener eine Tiefe von 1,50 Meter erreicht oder überschritten wurde.

Von Regensburg bis nächst oberhalb Weltenburg wurde eine kleinste Tiefe von 1,0 Meter bei Kilometer 205 und nochmals bei Kilometer 194,6 gemessen; doch fanden sich auch hier eine größere Anzahl Schwellen mit einer Wassertiefe von 1,50 Meter und darüber.

Von Weltenburg aufwärts und zwar mit Beginn des künstlich gestreckten Flußlaufes bis gegen Bergheim oberhalb Ingolstadt finden sich nun mit einem Male wesentlich schlechtere Verhältnisse. Wiederholt wurden über den Schwellen im Talwege nur 60 Zentimeter gemessen, so bei Kilometer 167,5, 142,4, 141,6, 139,0 und 133,0, und in den meisten Fällen betrug die Tiefe nicht mehr als 1,0 Meter.

Dagegen lagen von Bergheim bis nächst oberhalb Donauwörth, also in der Strecke, deren natürliche Laufrichtung nur wenig Änderung erfahren hat, die Schwellen meist tiefer als 1,0 Meter und die kleinste Tiefe mit 0,75 Meter fand sich nur ein einziges Mal und zwar bei Kilometer 93.

Wie in der dritten Teilstrecke zwischen Weltenburg und Bergheim, so waren auch in der fünften, gleichfalls stark gekürzten Teilstrecke von nächst oberhalb Donauwörth bis gegen Ulm auffallend kleine Tiefen vorhanden. Die kleinste Tiefe im Talwege betrug nur 20 Zentimeter bei Kilometer 23, dann folgte eine

solche mit 25 Zentimetern bei Kilometer 20, 21 und 56. Diesen außergewöhnlich kleinen Tiefen gegenüber ist es besonders bemerkenswert, daß über den Schwellen in den vereinzelt noch vorhandenen gewundenen Flußstrecken Tiefen von 1,0 Meter und darüber gemessen wurden, so namentlich auch bei Neu-Ulm.

Abgesehen von der besonderen, durch die felsige Beschaffenheit der Flußsohle bedingten Ausbildung des Talweges im Kachlet ergibt sich im allgemeinen, daß in der oberen Donau wie auch in der der mittleren Donau angehörigen Strecke zwischen Weltenburg und Bergheim die Tiefen über den Schwellen im Talwege stärker zurückgehen, als dies nach der Abnahme der Wassermenge sowie nach der Zunahme des Gefälles gegenüber der Donau zwischen Hofkirchen und Weltenburg zu erwarten ist. Besonders darauf soll noch hingewiesen werden, daß es sich beide Male um Flußstrecken handelt, die durch zahlreiche Durchstiche gekürzt wurden.

Mit Ausnahme der Kachletstrecke und zum Teil auch der Strecke zwischen Hofkirchen und Regensburg sind die Fahrwasserverhältnisse auf der Donau heute nicht wesentlich besser, als sie im Jahre 1899 gewesen sind. Wesentlich besser ist es im Kachlet geworden, wo man schon seit dem Jahre 1890 rüstig an der Arbeit ist, eine tiefere und in ihrem Wasserspiegelgefälle mehr ausgeglichene Fahrrinne herzustellen. Nach dem Bauprogramme, das nach den jeweils gewonnenen Erfahrungen geändert und erweitert wurde, sollte die Fahrrinne durch Sprengungen und Stauungen bis auf 1,30 Meter unter den mit dem Nullpunkt des Pegels bei Vilshofen zusammenfallenden Wasserstand vertieft werden, also bis auf 1,40 Meter bei gewöhnlichem Niederwasser.

Wie Hensel in seinem Vortrage auf der Hauptversammlung des Kanalvereines in Passau im Jahre 1897 angegeben hat, war damals in der Fahrrinne durch das Kachlet eine kleinste Wassertiefe von 1,0 Meter bei Null Vilshofener Pegel vorhanden, eine Tiefe, die, wie voraus angegeben, auch im Spätjahre 1899 noch gefunden wurde.<sup>1)</sup> Nunmehr ist nach einer Mitteilung des Kgl. Bauamtmannes Wiedenmann auf der Hauptversammlung des Kanalvereines in Landshut im Jahre 1904 das Bauprogramm vom Jahre 1890 vollständig durchgeführt.<sup>2)</sup> Gegenwärtig besteht durch das Kachlet hindurch eine Fahrrinne von 42 Meter Breite mit einer der Schifffahrt entsprechenden Richtung, in der die felsige Sohle mit ihren Spitzen und Kugeln bis auf eine Tiefe von 1,30 Meter unter den Nullwasserstand des Vilshofener Pegels ausgesprengt und geräumt ist.

Ermutigt durch die wesentlichen Erfolge der Regulierung und gestützt auf die seitherigen Erfahrungen, sucht man zurzeit über das aus dem Jahre 1890 stammende Programm hinauszugehen und die Fahrtiefe im Kachlet noch weiter zu vergrößern. Inwieweit dies gelingen wird, läßt sich noch nicht genau be-

<sup>1)</sup> Hensel: Die Schiffbarkeit der Donau zwischen Regensburg und Passau. Bericht über die siebente Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereines zu Passau im Jahre 1897. S. 5 bis 12.

<sup>2)</sup> Wiedenmann: Die Regulierung der Donau zwischen Regensburg und Passau. Bericht über die vierzehnte Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereines zu Landshut im Jahre 1904. S. 7 bis 9 und S. 11 bis 12.

stimmen. Im allgemeinen gibt Wiedenmann über das Vorgehen bei den Regulierungsarbeiten folgendes an.

Wollte man durch das ganze Kachlet hindurch eine gleichmäßig ausgebildete Fahrrinne mit 2 Meter Tiefe bei dem gewöhnlichen Niederwasser (also bei 10 Zentimeter über dem Nullpunkt des Pegels bei Vilshofen) schaffen, dann müßte man dieser Rinne nach den darüber angestellten Berechnungen eine Breite von 90 Metern geben. Die mittlere sekundliche Wassergeschwindigkeit berechnet sich dabei zu 1,70 Meter. Solche Breite und solche Geschwindigkeit, auf das 29 Kilometer lange Kachlet ausgedehnt, ist für die Schifffahrt nicht geeignet.

Da nun die felsige Stromsohle durch das Kachlet hindurch eine große Anzahl langgestreckter, beckenartiger Vertiefungen zwischen seichten Stromstrecken zeigt, so sucht man einen Teil des Strombettes in seinem dermaligen Zustande tunlichst zu belassen. Die beckenartigen Vertiefungen sollen als Ausweich- und Wendeplätze, soweit dies für die Schifffahrt notwendig ist, benutzbar bleiben und nur die dazwischen gelegenen seichten Stromstrecken kanalartig ausgebildet werden.

Zwischen Passau und Sandbach beträgt die gesamte Länge der beckenartigen Vertiefungen 9,7 Kilometer, während die dazwischen gelegenen seichten Stromstrecken eine Länge von 6,3 Kilometern aufweisen. Zur Berechnung der Wirkung der Bauten für die kanalartig auszubildenden Stromstrecken wurde nach den seitherigen Erfahrungen ein Gefälle von 80 Zentimetern und für die freien, beckenartigen Stromstrecken ein solches von 21 Zentimetern auf 1000 Meter Länge angenommen. Soll in den Kanälen bei dem angegebenen Gefälle und bei einem Wasserstand von 10 Zentimetern über dem Nullpunkt des Vilshofener Pegels, bei dem eine sekundliche Wassermenge von 300 Kubikmetern abfließt, eine Wassertiefe von 2 Metern vorhanden sein, dann ist ihre Breite auf 73 Meter zu bemessen. Außerdem sind die über 2 Meter tiefen Auskolkungen für den Wasserabschluß durch Grundschwellen nach Möglichkeit zu beschränken. Auf diese Weise — teils durch Einschränkung der Fahrrinne mit Längsbauten teils durch eine Durchquerung der Kolke mit Grundschwellen — soll der Wasserspiegel gehoben, die Gefällsbrüche und Stromschwellen in ihrer Stärke gemindert werden. Bei diesem Vorgehen sind zwischen Passau und Sandbach größere Felssprengungen zu vermeiden. Gefälle und Geschwindigkeit in den kanalartigen Stromstrecken werden nicht größer sein als schon gegenwärtig in den besseren Stellen im Kachlet. Ein solcher Zustand entspräche den Bedürfnissen der Schifffahrt vollkommen. Wiedenmann empfiehlt die Hebung des Wasserspiegels nicht nur durch eine Beschränkung mit Längsbauten sondern auch durch eine Beschränkung mit buhnenartigen Einbauten zu versuchen.

Von Sandbach aufwärts kann voraussichtlich nur durch Sprengung geholfen werden. Das Wasserspiegelgefälle ist hier, im Gegensatz zu der Ausbildung des Gefälles zwischen Sandbach und Passau, in der graphischen Darstellung seines Längenschnittes nach abwärts gekrümmt, so daß sich eine Hebung des Wasserspiegels nur auf eine verhältnismäßig geringe Entfernung stromaufwärts bemerkbar machen

würde; auch wäre ein stärkerer Aufstau wegen der Nähe der Ortschaften nicht zulässig. Die gesamte Länge der Becken mit Tiefen von über 2 Metern bei dem gewöhnlichen Niederwasser beträgt oberhalb Sandbach 7,5 Kilometer, die der seichten Stromstrecken 5,5 Kilometer. Auf dieser Kachletstrecke müßten nach der Berechnung die Kanäle 81 Meter breit angelegt und von 1,30 bis auf 1,90 Meter unter Null Vilshofener Pegel ausgesprengt werden, wobei sich eine Felsmasse von etwa 250 000 Kubikmetern ergäbe.

Die interessanteste Regulierungsstrecke ist zurzeit die zwischen Sandbach und Gaishofen nächst oberhalb der Löwenwand, zwischen Kilometer 345,8 und 351,0 gelegen. Durch Parallelwerke, die zwischen Sandbach und Seestetten, zwischen Kilometer 345,8 und 349,0, bis auf eine Höhe von 20 Zentimetern über dem Nullpunkt des Vilshofener Pegels ausgeführt werden, sowie durch Grundschwellen, die man bei Kilometer 349,0, 350,0 und 351,0 quer durch das Strombett einlegt, soll der Niederwasserspiegel mit 10 Zentimeter Höhe über Null am Vilshofener Pegel bis zu 40 Zentimeter Höhe gehoben und damit die Gefällsbrüche zwischen Kilometer 348,3 und 349,0, und zwischen Kilometer 345,875 und 346,0 gemindert werden. Für den letzteren Gefällsbruch ist berechnet, daß er sich infolge der Korrektionsbauten von 3 Meter Promille auf 2 Meter Promille ermäßigen wird. Die Einengungsbauten sowie die Grundschwellen sind zum Teil schon ausgeführt. Der seitherige Erfolg ist ein befriedigender.

Den aus dem Jahre 1902 stammenden Entwurf über die Bauten zur Hebung des Wasserspiegels hat der damalige Kgl. Bauamtsassessor Raithel, jetzt Chef-Ingenieur der badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen a. Rh., verfaßt, was Bauamtmann Wiedenmann in seinem Vortrage anerkennend hervorgehoben hat. Zurzeit leitet der Kgl. Bauamtsassessor Krenzer die Bauarbeiten im Kachlet.

Bezüglich der Donau-Strecke zwischen Hofkirchen und Regensburg gibt Wiedenmann in seinem Landshuter Vortrage an, daß alle seichten Stellen über den Schwellen im Talwege durch Baggerung bis auf 1,40 Meter unter einen, dem Nullstand des Vilshofener Pegels entsprechenden Wasserspiegel vertieft wurden. Bei dieser Wasserhöhe ist sonach die kleinste Fahrtiefe um 10 Zentimeter größer als im Kachlet. Die ausgebagerte Tiefe sucht man durch Korrektionsbauten zu erhalten.

Die Handelsschifffahrt auf der Donau erstreckt sich stromaufwärts bis zur alten Brücke zwischen Regensburg und Stadtamhof, wo sie durch die schmalen Durchflußöffnungen und durch den hohen Stau dieser Brücke in ihrem weiteren Laufe gehemmt wird. Bei freier Donau könnte die Schifffahrt ebensogut wie bis Regensburg noch 35 Kilometer weiter bis nach Kelheim und damit bis zur Abzweigung des Ludwig-Donau-Main-Kanales verkehren.

Die Abmessungen und Tonnengehalte der auf der Donau zwischen Passau und Regensburg üblichen Fahrbetriebsmittel sind nach einer Angabe von Suppán der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

Die Seitenraddampfer, die den Schleppdienst besorgen, haben 300 bis 400 indizierte Pferdekräfte.<sup>1)</sup>

Gattung der Fahrzeuge	Länge	Breite	Höhe	Tiefgang mit Ladung	Tragfähigkeit in Tonnen
Plätten und Talruder-schiffe aus Holz.	25–34	4–6	0,8–1,5	0,6–1,3	56–105
Bretter-Baumflöße	17–65	3–4	0,6–0,8	0,4–0,8	67–100
Raddampfer	bis 52	14	2,3	bis 1,0	—
Eiserne Schleppe	25–58	4–8	1,1–2,5	0,9–1,8	90–650

Über die Zunahme, welche die Tragfähigkeit der Schiffe erfahren hat, gibt Hensel folgendes an.<sup>2)</sup>

Vor dem Jahre 1879 verkehrten auf der bayerischen Donau nur kleine Schleppboote. Mit diesem Jahre begann die österreichische Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft den Bau größerer Schleppboote. Das größte Schleppboot hatte vor 1879 bei einem Tiefgang von 90 Zentimetern eine größte Tragfähigkeit von 100 Tonnen. Heutzutage hat das größte auf der bayerischen Donau bei Niederwasser noch verkehrende Schleppboot bei derselben Tauchtiefe von 90 Zentimetern eine Tragfähigkeit von mindestens 170 Tonnen. Es wurde also die Ladefähigkeit der Schleppboote durch deren Vergrößerung um 70 Prozent erhöht.

Bei höheren Wasserständen wurden vor dem Jahre 1879 Schleppboote mit 170 Zentimeter Tiefgang und etwa 340 Tonnen Ladung von Passau bis Regensburg gebracht; heute verkehren bei höheren Wasserständen Schleppboote mit 650 Tonnen Ladung bei einem Tiefgange von 190 Zentimetern, es ist also bei höheren Wasserständen infolge der Vergrößerung der Schleppboote und infolge der Zunahme ihrer Tauchtiefe die Leistung gegen früher um 90 Prozent gestiegen. Es wird daher nicht zuviel gesagt sein, wenn man behauptet, daß seit dem Jahre 1879 die Leistungsfähigkeit der Schifffahrt auf der Strecke von Passau bis Regensburg um 80 Prozent gegen früher zugenommen hat.

Oberhalb Regensburg bestand vor dem Bau der Eisenbahnen ein mehr oder weniger regelmäßiger Verkehr, der aber mit Rücksicht auf die ungünstigen Stromverhältnisse auch zu der Zeit, in der die Eisenbahnen ihren Einfluß auf den Verkehr noch nicht geltend machten, zu keiner bedeutenden Entwicklung gelangen konnte. Auch an Versuchen, die Dampfschifffahrt bis nach Donauwörth hinauf auszudehnen, hat es nicht gefehlt. Am weitesten voran war der von Ulm ausgehende Verkehr mit den sog. Ulmer Schachteln. Auf der Werft in Ulm aus Fichtenholz ohne Kiel und Segelvorrichtung erbaut und mit einem oder mehreren Gabelrudern zum Zwecke ihrer Steuerung versehen, wurden sie nur zur einmaligen Talfahrt benutzt, an ihrem Bestimmungsort abgetragen und als Holzwerk veräußert. Sie beförderten hauptsächlich Zement, Holz und Gips.<sup>3)</sup>

Die Ulmer Schachteln waren 17 bis 30 Meter lang, besaßen eine Bodenbreite von 0,93 bis 1,16 Meter,

eine Tragfähigkeit von 500 bis 3000 Zentnern, gleich 25 bis 150 Tonnen, und fuhren mit einer Geschwindigkeit von 7 bis 8 Kilometern in der Stunde zu Tal. In der Regel hatten diese Schiffe von Ulm ab nur eine halbe Ladung, die sie unterwegs mit Zunahme der Fahrwassertiefe bis Ingolstadt vergrößerten und zwar bis auf . . . . . 70 Tonnen. Bis Regensburg betrug sodann ihre größte Ladung . . . . . 100 Tonnen, von Regensburg bis Passau und weiter abwärts . . . . . 125 bis 150 Tonnen.

Die Tauchtiefe der Ulmer Schachteln betrug bei einer Ladung:

von 40 Tonnen	. . . . .	0,30 bis 0,40 Meter,
" 70 "	. . . . .	0,55 " 0,60 "
" 100 "	. . . . .	0,87 "
" 125 bis 150 Tonnen.	. . . . .	1,05 " 1,20 "

Von Jahr zu Jahr ist der Verkehr von Ulm ab auf der Donau immer mehr zurückgegangen. Es gingen zu Tal:

im Jahre 1893	. . . . .	2513 Tonnen,
" " 1894	. . . . .	1760 "
" " 1895	. . . . .	919 "

und im April 1897 ist die letzte Ulmer Schachtel donauabwärts gefahren.<sup>1)</sup>

**Die bayerische Donau als Großschifffahrtsweg.** — Zum Betriebe der Großschifffahrt über Passau hinaus muß die Wasserstraße, sei es nun die offene Donau oder eine künstliche Wasserstraße, so beschaffen sein, daß Schiffe mit etwa 600 Tonnen Ladung während der Schifffahrtsperiode, das ist im allgemeinen in den neun Monaten März mit November, mit nur seltener Unterbrechung verkehren können.

Wie bereits angegeben wurde, ist im Kachlet zurzeit eine kleinste nutzbare Wassertiefe von 1,30 Meter unter dem Nullpunkt des Vilshofener Pegels, das ist 1,40 Meter bei gewöhnlichem Niederwasser, vorhanden. Bei einer solchen Wassertiefe könnte nach den Wasserstandsbeobachtungen an dem genannten Pegel in den sechs Jahren 1896 mit 1901 der Normalschlepp der Donau, der bei seiner größten Ladung mit 675 Tonnen einen Tiefgang von 1,90 Meter besitzt, durchschnittlich an 123 Tagen während der Schifffahrtsperiode nicht mit voller Ladung verkehren. Dabei ist vorausgesetzt, daß ein Spielraum von 20 Zentimetern zwischen dem Boden des Schiffes und der Flußsohle besteht. Bei dem kleinsten in der genannten sechsjährigen Beobachtungsperiode aufgetretenen Wasserstand mit 3 Zentimetern über dem Nullpunkt des Vilshofener Pegels hätte der Normalschlepp noch eine Ladung von 332 Tonnen, also nahezu 50 Prozent seiner zulässigen Ladung, aufnehmen können.

Für den 325 Tonnen-Schlepp, gleichfalls ein üblicher Typ im Donau-Verkehr, der bei voller Ladung 1,40 Meter tief eintaucht, bestände die Beschränkung während der Schifffahrtsperiode nach den vorausge-

<sup>1)</sup> A. a. O. 1902. S. 298 und 299.

<sup>2)</sup> Hensel in seinem Passauer Vortrage im Jahre 1897, a. a. O. S. 11 und 12.

<sup>3)</sup> Der Wasserbau in Bayern. 1888. S. 10.

<sup>1)</sup> Leibbrand: Die Schiffbarkeit der Donau in Württemberg. Verbandsschrift Nr. XXVII des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1897.

nannten Beobachtungen nur an 45 Tagen. Die kleinste Ladung betrüge 244 Tonnen, in diesem Falle 75 Prozent der Tragfähigkeit.

Nach den seitherigen, bei den Regulierungsarbeiten zwischen Hofkirchen und Passau gewonnenen Erfahrungen ist zu erwarten, daß die Wassertiefe noch wesentlich über das angegebene Maß hinaus vergrößert werden kann. Ließen sich nur noch 30 Zentimeter gewinnen, so daß also die kleinste nutzbare Wassertiefe 1,70 Meter bei gewöhnlichem Niederwasser betragen würde, dann bestände für die Normalschleppe nur an 79 Tagen eine Beschränkung und die Schiffe könnten schon an 196 Tagen während der Schifffahrtsperiode, also zwei Monate länger als bei einer um 30 Zentimeter geringeren Wassertiefe, die volle Ladung mit 675 Tonnen aufnehmen und bei kleinstem Wasserstande immer noch eine Ladung von 466 Tonnen. Eine Beschränkung unter 600 Tonnen wäre durchschnittlich nur an etwa 45 Tagen notwendig. Der 325 Tonnen-Schlepp könnte in dem gedachten Falle stets mit voller Ladung verkehren. In welcher Weise die Beschränkung in der Ladung der Schiffe mit steigendem Wasser abnimmt, ergibt für die beiden bezeichneten Schleppe die nachfolgende Zusammenstellung.

Der angegebenen Beschränkung in der Ausnützung der Ladefähigkeit der Schiffe steht jedoch die Tatsache gegenüber, daß der Verkehr mit voller Ladung nicht die Regel bildet und daß schon die voraus genannte Ladung von 466 Tonnen, das sind 69 Prozent der größten zulässigen Ladung des Normalschiffes, eine hohe Ausnützung bedeutet. Vielfach geht sie durchschnittlich nicht über 50 Prozent hinaus. Die notwendige Beschränkung in der Beladung der im Kachlet verkehrenden Schiffe hält sich daher in solchen Grenzen, daß die Donau auch dann noch für einen Großschiffahrtsverkehr geeignet wäre, wenn eine kleinste Wassertiefe von nur 1,70 Meter bei gewöhnlichem Niederwasser bestände.

Sollte sich diese Wassertiefe nach Vollendung der im Gange befindlichen Regulierungsarbeiten nicht einstellen oder erforderte in Zukunft der Zustand der österreichischen Donau und das dann herrschende Verkehrsbedürfnis eine geringere Beschränkung in der Ausnützung der Ladefähigkeit des Normalschleppes, als sie bei der durch die Regulierung erreichten Wassertiefe vorhanden ist, dann müßten im Kachlet entlang den der Schifffahrt nicht entsprechenden Stromstrecken und außerhalb des Flutbettes der Donau Schifffahrtskanäle hergestellt werden. Unter allen Umständen wird es sonach der Technik gelingen, die Großschifffahrt in dem Umfange, wie sie von Ungarn und Österreich her bis Passau betrieben werden kann und wie sie der zukünftige Donau-Main-Kanal erfordert, durch das Kachlet hindurch fortzusetzen.

Wesentlich günstiger für eine Regulierung zum Zwecke der Großschifffahrt, als dies bei der vorausbezeichneten Donaustrecke der Fall ist, liegen die Verhältnisse von Hofkirchen bis Kelheim. Ihr gegenwärtiger Zustand läßt mit Bestimmtheit erkennen, daß eine kleinste nutzbare Wassertiefe von 1,70 Meter bei gewöhnlichem Niederwasser, also die für den Betrieb der Großschifffahrt noch ausreichende Fahrtiefe, bis zur Abzweigung des Ludwig-Donau-Main-Kanales bei Kelheim — Kilometer 173,4 — mit billigen Kosten geschaffen und erhalten werden kann, ohne damit, wenigstens für die Strecke von Hofkirchen bis nach Regensburg, an die Grenze gekommen zu sein, bis zu der eine Verbesserung der Schifffahrt möglich ist.

Schon auf Seite 15 wurde erwähnt, daß sich zwischen Hofkirchen und Kelheim nach der Aufnahme zu Ende August 1899 bei einer größeren Anzahl Schwellen Wassertiefen von 1,50 Meter und darüber vorgefunden haben. Ohne den späteren Ausführungen

Wasserhöhe der Donau in Zentimetern über Null am Pegel zu Vilshofen bei Kilometer 439,2		Mittlere Häufigkeit der Wasserstände in Tagen während der Schifffahrtsperiode März mit November	Bei einer kleinsten Wassertiefe in der Fahrtrinne im Kachlet unter dem Null-Wasserstand am Pegel zu Vilshofen von							
			1,30 Meter				1,60 Meter			
			Der 675 Tonnen-Schlepp mit 1,90 Meter Tauchtiefe bei voller Ladung		Der 325 Tonnen-Schlepp mit 1,40 Meter Tauchtiefe bei voller Ladung		Der 675 Tonnen-Schlepp mit 1,90 Meter Tauchtiefe bei voller Ladung		Der 325 Tonnen-Schlepp mit 1,40 Meter Tauchtiefe bei voller Ladung	
von	bis	Mittlere Tauchtiefe in Metern	Ladung in Tonnen	Mittlere Tauchtiefe in Metern	Ladung in Tonnen	Mittlere Tauchtiefe in Metern	Ladung in Tonnen	Mittlere Tauchtiefe in Metern	Ladung in Tonnen	
1	10	6	1,15	343	1,15	250	1,45	475	volle Ladung	
11	20	15	1,25	387	1,25	280	1,55	519		
21	30	16	1,35	431	1,35	310	1,65	563		
31	40	17	1,45	475	volle Ladung		1,75	608		
41	50	19	1,55	519			1,85	653		
51	60	12	1,65	563			volle Ladung			
61	70	12	1,75	608						
71	80	18	1,85	653						
81	90	15	volle Ladung							
Anzahl der Tage mit Beschränkung der Ladung . . .		. . . . .	123 <sup>1)</sup>	. . .	45	. . . .	79	. . .	0	

<sup>1)</sup> Die Anzahl der Tage wurde in folgender Weise berechnet:

$$\left(6 + 15 + 16 + 17 + 19 + 12 + 12 + 18 + \frac{15}{2}\right) = 123 \text{ Tage.}$$



vorzugreifen, sei darauf hingewiesen, daß diese günstige Ausbildung mit der geringen Veränderlichkeit in der Lage des Talweges zusammenhängt. Nur streckenweise, zumeist bei den Übergängen, wird dem Niederwasser ein engeres Bett anzuweisen sein, wodurch mit einer stabileren Lage des Talweges auch eine größere Wassertiefe erzielt werden wird. Auch mehrere scharfe Stromkrümmungen sind zu verflachen, außerdem ist Vorsorge zu treffen, daß bei Hochwasser infolge der scharfen Krümmungen keine der Ausbildung des Talweges schädlichen Querströmungen entstehen. In jedem Falle bedarf es nur einfacher, in ihrer Wirkung durchaus erprobter Bauten, nämlich flach abfallender Bühnen oder vollwandiger Längsbauten, um die für die Schifffahrt nötige Fahrtiefe zu gewinnen. Bei den Übergängen des Talweges von einem zum anderen Ufer werden zur Regulierung der Niederwasserrinne Bühnen insoweit genügen, als der Strom eine gerade Richtung verfolgt. Zur Überleitung des Talweges vom Ufer in die gerade Strecke des Überganges und von dieser Strecke weg zum anderen Ufer werden zur Vermeidung schädlicher Kolkbewegungen voraussichtlich geschlossene Ufer, also vollwandige Längsbauten herzustellen sein. Näheres über die Bauweise wird in dem Kapitel über die Regulierung der Donau oberhalb Kelheim angegeben werden.

Oberhalb Kelheim von Kilometer 168 ab verschlechtern sich, wie dies aus den Angaben auf Seite 15 hervorgeht, die Flußverhältnisse in rasch ansteigendem Maße. Bei der starken Zunahme des Gefälles würde die vorhandene Niederwassermenge bald nicht mehr genügen, die für die Großschifffahrt notwendige Fahrtiefe noch weniger die Fahrbreite mit 70 bis 80 Metern durch eine Regulierung der Niederwasserrinne zu schaffen. Allerdings bei höheren Wasserständen wäre nicht ausgeschlossen, daß auf einer regulierten Donau auch größere Schiffe bis nach Donauwörth hinauf verkehren könnten. Der Betrieb der regelmäßigen Großschifffahrt auf der freien, regulierten Donau findet jedoch bei Kelheim mit der Abzweigung des Ludwig-Donau-Main-Kanales sein Ende.

Selbstverständlich ist dabei vorausgesetzt, daß die alte Brücke bei Regensburg in der Weise umgebaut wird, wie es die Kgl. Staatsregierung beabsichtigt.

Über die so viel umstrittene alte Regensburger Brücke, die für die Schifffahrt ein Hindernis bildet, wie es in gleich hohem Maße bei einem künstlich geschaffenen Zustande wohl selten besteht, sei hier aus einem Vortrage, den der Kgl. Baurat Schildhauer auf der Hauptversammlung des Kanalvereines in Straubing im Jahre 1900 gehalten hat, nachstehendes mitgeteilt.<sup>1)</sup>

Die steinerne Donau-Brücke zu Regensburg wurde an Stelle einer alten, schon durch Kaiser Karl den Großen im Jahre 792 geschlagenen Schiffbrücke unter der Regierung des bayerischen Herzoges Heinrich

des Stolzen in den Jahren 1135 bis 1146 erbaut. Der architektonisch höchst einfache und schmucklose Charakter dieses altherwürdigen Bauwerkes, das innerhalb eines Zeitraumes von siebeneinhalb Jahrhunderten den Angriffen von Wasser und Eis Trotz zu bieten vermochte, ist bis heute nahezu unverändert erhalten geblieben.

Die Brücke besitzt 2 Widerlager und 14 Pfeiler, zwischen denen 15 Segmentbögen von 10,45 bis 16,70 Meter Lichtweite gespannt sind. Die einzelnen Brückenpfeiler, deren Stärke zwischen 5,85 und 7,43 Metern wechselt, sind auf Steinschüttungen fundiert, die durch vorgebaute Beschlächte gegen Unterkolkung und Abtreiben gesichert werden. Die Weite der einzelnen Durchflußöffnungen zwischen den Vorbeschlächten wechselt zwischen 4,95 und 10,42 Metern.

Die Länge der Brücke vom Brückentor des alten, auf der Regensburger Seite stehenden Schuldurmes bis zur Ufermauer bei Stadtamhof beträgt 308,71 Meter. Von dieser Länge nehmen die massigen Brückenpfeiler mit einer Gesamtstärke von 94,19 Metern ungefähr 30 Prozent ein. Nahezu das gleiche Maß, nämlich 94,37 Meter, erreichen die Gesamtdurchflußöffnungen zwischen den Pfeilervorbeschlächten, so daß also die Gesamtstärke der Pfeiler der Gesamtlichtweite zwischen den Vorbeschlächten gleichkommt.

Eine ähnliche Beziehung besteht zwischen der Gesamtbreite der Pfeilervorbeschlächte und der Durchflußweite über den Vorbeschlächten, indem die erstere 214,34 Meter, die letztere, also die Gesamtweite der steinernen Bögen über den Vorbeschlächten 214,52 Meter, ungefähr 70 Prozent der Brückenlänge, beträgt.

Neben der Konstruktion gibt die Art der Verteilung, in welcher das Wasser seinen Abfluß durch die Brücke findet, Anlaß zu Mißständen. Zwei Kilometer oberhalb der Brücke am sogenannten Wehrloch teilt sich die Donau in zwei Arme, deren Vereinigung ungefähr 1,8 Kilometer unterhalb der Brücke erfolgt. Die beiden Donau-Arme werden durch zwei Inseln, von denen die eine oberhalb, die andere unterhalb der Brücke gelegen ist, geschieden. Vom Wehrloch abwärts zieht sich nördlich des linkseitigen Donau-Armes durch die Fluren von Winzer, dann zwischen Stadtamhof und Steinweg eine nach dem Regen zu verlaufende Terrainmulde, welche den Teil des Hochwassers abführt, der vermöge der Höhenlage des nördlichen Flußufers seine Richtung nordwärts über den sogenannten Pfaffensteiner Weg genommen hat. Diese Terrainmulde wird am sogenannten Protzenweiher von der durch Steinweg nach Stadtamhof und Regensburg führenden Staatsstraße in einer Höhe von 346 Zentimetern über dem Nullpunkt des Regensburger Pegels überschritten. Diese Überschreitungsstelle bildet zugleich den höchsten Teil der Flutmulde, welche, für den Hochwasserablauf unerlässlich, von alters her durch keinerlei Anlagen eingeschränkt oder durch Einbauten beschränkt wurde. Die entlastende Wirkung der Flutmulde über den Protzenweiher für die Brücke kommt insbesondere bei Eisstopfungen zur Geltung. In solchen Fällen bildet die Flutmulde ein Sicherheitsventil, das schon manch drohende Gefahr von Regensburg und Stadtamhof sowie von der Brücke abgewendet und das den Bestand der Brücke bis auf den heutigen Tag ermöglicht hat.

<sup>1)</sup> Schildhauer: Die Schifffahrtshindernisse bei der alten Brücke in Regensburg und die Mittel zur Beseitigung dieser Mißstände. Bericht über die zehnte, am 20. Mai 1900 zu Straubing abgehaltene Hauptversammlung des Vereines für Hebung der Fluß- und Kanalschifffahrt in Bayern.

Die Schifffahrt verkehrt auf den beiden Donau-Armen. Für den rechtseitigen Arm wurden genaue Erhebungen über den Stau bei der Brücke angestellt. Darnach verursacht die Brücke schon bei dem sehr niedrigen Wasserstand von 3 Zentimetern über Null Regensburger Pegel einen Aufstau von 40 Zentimetern, der sich bei wachsendem Wasser erhöht und bei einem Pegelstande von 220 Zentimetern seine größte Höhe mit 68 Zentimetern erreicht. Für das höchste bekannte Hochwasser im Jahre 1845 mit einem Pegelstande von 508 Zentimetern wurde der Stau zu 35 Zentimeter berechnet. Diese Ermäßigung des Staues ist hauptsächlich der Einwirkung der den Protzenweiher durchziehenden Flutmulde zu verdanken.

Infolge der Stauwirkung durch die Brücke werden die Gefahren des Hochwassers und des Eisganges für Regensburg und Stadtamhof in erheblichem Maße gesteigert. Die Brücke selbst ist stets gewaltigen Angriffen ausgesetzt. Die gewöhnlichen Unterhaltungen sowie die besonderen Instandsetzungen, die namentlich durch die Wucht der Eisgänge veranlaßt werden, erfordern denn auch große Kosten.

Was die Schifffahrt durch die Brücke betrifft, so kommen bei der Talfahrt hauptsächlich die Gefährlichkeit des Einfahrens in die engen Öffnungen, dann die vorhandenen Wechselströmungen unterhalb der Brücke in Betracht. Jedes Fahrzeug bedarf daher zum richtigen Einfahren besonders verlässiger, mit den Verhältnissen wohlvertrauter Steuerleute und sachkundiger und gewandter Besatzung. Für die Bergfahrt bildet der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser, also das Gefälle unter der Brücke, das sich gerade für die der Schifffahrt günstigsten Wasserstände seinem Maximum nähert, ein Haupthindernis, das selbst Dampfschiffe nur unter Verwendung von Pferdevorspann überwinden können.

Von den zu Tal gehenden Ruderschiffen wird meist nur die erste Brückenöffnung auf der Seite gegen Regensburg benützt, die sich an die rechtseitige Ufermauer anschließt und damit für das Einfahren mehr Sicherheit bietet. Sie kann aber nur bis zu einem Pegelstande von höchstens 180 Zentimetern befahren werden. Die zweite Öffnung hat zwar größere Breite, doch ist sie wegen der Höhenlage der Vorbeschlächte nur bis zu einem Pegelstande von 100

Zentimetern zu benützen und wird außerdem von den meisten Schifffahrern wegen des unsicheren Einfahrens und der unmittelbar links unterhalb der Wechselströmung eingelagerten, ziemlich hohen Kiesbank als gefährlich gemieden. Die elfte Brückenöffnung im linkseitigen Donau-Arme kann erst bei Wasserständen von über 60 Zentimeter Regensburger Pegel benützt und bei Wasserständen von über 220 Zentimetern schon nicht mehr mit beladenen Schiffen befahren werden, weil bei diesem Pegelstande die Einfahrt am Wehrloch wieder unsicher wird.

Die Schleppboote der bis Regensburg fahrenden Schifffahrtsgesellschaften mit einer Tragfähigkeit bis zu 650 Tonnen haben meist eine Breite von 8 Metern. Ihr höchster Festpunkt liegt 5,50 bis 5,80 Meter über dem Schiffsboden.

Die Dampfer dieser Gesellschaften, ausschließlich Raddampfer, besitzen eine Breite bis zu 14 Metern mit einem höchsten Festpunkte von 6,00 bis 6,50 Metern über dem Schiffsboden. Für derartige Fahrzeuge müßten also die Brückenöffnungen eine kleinste Lichtweite von nahezu 20 Metern und eine freie Durchfahrthöhe von 8,50 Metern über Null Regensburger Pegel besitzen, wenn die Ausübung der Dampfschifffahrt bis zum höchsten Schifffahrtswasserstande mit 300 Zentimetern stattfinden soll, wobei ohnedies nur ein geringer Spielraum zwischen dem Bogenscheitel und dem höchsten Festpunkte frei bliebe.

Baurat Schildhauer führte sodann noch eingehend aus, daß die bestehende Brücke auch dem Verkehre zu Lande nicht entspricht. Zu den zeitweisen Störungen des Verkehres über die Brücke zwischen Regensburg und Stadtamhof bei Eintritt von Hochwasser über 346 Zentimeter Pegelstand gesellen sich noch diejenigen Belästigungen, welche der Personen- und Fuhrwerksverkehr durch die knappen Ausmaße des Querschnittes der Brücke erleidet. Baurat Schildhauer kommt zu dem Schluß, daß nur durch eine gänzliche Beseitigung des alten, teuer zu erhaltenden und gefährlichen Bauwerkes und durch Herstellung einer neuen Brücke über die beiden Donau-Arme die Großschifffahrt über Regensburg hinaus fortgesetzt und eine Verbesserung für den Wasserabfluß und für den zu Wasser und zu Lande bestehenden Verkehr herbeigeführt werden kann.

# III. Der Großschiffahrtsweg

## entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm.

Bei dem Vorhaben, der Großschiffahrt über Kelheim hinaus bis nach Ulm und Neu-Ulm einen Weg zu bahnen, liegt es nahe, zuerst an eine Kanalisierung der Donau zu denken, wie sie mit großem Erfolge auf dem unteren Main zur Anwendung gekommen ist. Nach der Höhenlage der Ufer der Donau dürfte es im allgemeinen kaum zulässig sein, den Wasserspiegel mehr als um 2,5 Meter über das gewöhnliche Niederwasser zu stauen, wie es dem Niederwasserstande vom 2. September 1899 entspricht.<sup>1)</sup> Um sodann bei kleinster Wasserführung und bei gestautem, horizontal gedachtem Wasserspiegel auch in dem oberen Teil einer jeden Haltung eine Wassertiefe von mindestens 1,70 Meter zu besitzen, wird es mit Rücksicht auf die Geschiebebewegung notwendig sein, die Wehre so zu legen, daß in jedem Falle der Unterwasserspiegel bei einer Staustufe mindestens durchschnittlich einen halben Meter über dem gewöhnlichen Niederwasser gehalten werden kann. Als durchschnittliches Gefälle von Haltung zu Haltung werden daher kaum mehr als 2,0 Meter in Betracht kommen können. Da das Gefälle der Donau zwischen Kelheim und Neu-Ulm auf eine Flußlänge von 171 Kilometern rund 126 Meter beträgt, so wären im ganzen 63 Wehre erforderlich, die in einer mittleren Entfernung von 2714 Metern aufeinander folgten.

Abgesehen von den hohen Kosten für den Bau und die Erhaltung der vielen Wehranlagen, die ja wohl zum Teil durch die gewonnenen, nach und nach auch verwertbaren Wasserkräfte gedeckt werden könnten, würde der Betrieb auf einer kanalisierten Donau durch die kurzen Haltungen in unzulässiger Weise verzögert werden. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die durchschnittliche Länge der Haltungen des von Kostheim bis Offenbach kanalisierten Maines 7,4 Kilometer beträgt. Ohne weiteres geht aus den gemachten Andeutungen hervor, daß mit Rücksicht auf die zahlreichen Wehranlagen und die kurzen Haltungen, die durch das starke Gefälle und die leicht bewegliche Flußsohle bedingt sind, eine Kanalisierung der Donau praktisch undurchführbar ist. Ausdrücklich möge noch hervorgehoben werden, daß die Ge-

schiebebewegung an und für sich kein Hindernis für eine Kanalisierung bildet.

Aus den gleichen Gründen wie bei dem Entwurf über einen Großschiffahrtsweg im Main-Tale von Aschaffenburg bis Bamberg, ist auch hier das technische Amt zu der Anschauung gekommen, daß die Durchführung der Großschiffahrt von Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm nur durch einen Kanal längs der Donau möglich ist. Während jedoch im Entwurf über die Main-Straße stellenweise auch der gestaute Main als Großschiffahrtsweg vorgesehen ist, soll dies bei der Donau nur dort der Fall sein, wo der Fluß durch den Großschiffahrtsweg gekreuzt werden muß.

### Die Linienführung des Seitenkanales. —

Bei der Bestimmung der Linienführung des Seitenkanales, dessen Lageplan Blatt I enthält, wurde als oberster Grundsatz festgehalten, nach Möglichkeit die Niederung der Donau zu vermeiden und den Kanal auf die dem Flusse entlang sich ausdehnende Hochebene zu verlegen. In technischer und wirtschaftlicher Hinsicht war dabei maßgebend, daß mit Benützung des Hochgestades die Gefälle stärker zu konzentrieren und somit längere Haltungen zu schaffen sind und daß die Entwässerung des Hinterlandes nach der Donau zu leichter geschehen kann. Auch bietet ein Kanal auf hochwasserfreiem Gelände eine bequemere Verbindung mit Straßen und Eisenbahnen sowie mit der gesamten Umgebung und erleichtert deshalb die Ausführung industrieller Anlagen. Ferner kann der Kanal auf den weit ausgedehnten Hochebenen durch die Möglichkeit, ihn zur Bewässerung oder zur Entwässerung der Ländereien dienstbar zu machen, in weit höherem Maße der Landwirtschaft nützlich gemacht werden, als wenn er seine Lage in den eng begrenzten Donau-Niederungen hätte. Die Verbindung der Großwasserstraße mit der Donau kann je nach Bedarf durch Stichkanäle leicht hergestellt werden.

Was den Beginn des Seitenkanales anlangt, so waren zwei Möglichkeiten ins Auge zu fassen. Am nächsten lag der Gedanke, den Großschiffahrtsweg über Kelheim hinaus bis nach Eining oberhalb der

<sup>1)</sup> Vergl. S. 10 dieser Denkschrift.

Weltenburger Enge auf der Donau zu belassen und ihn von Eining aus bei Kilometer 161,0 — 12,4 Kilometer oberhalb der Abzweigung des Ludwig-Donau-Main-Kanales — auf dem rechten Ufer zwischen den Städten Abensberg und Neustadt hindurch und sodann südlich der von Regensburg kommenden Eisenbahn nach Ingolstadt weiterzuführen.

Das linke Ufer der Donau kommt für die Anlage des Seitenkanales nicht in Betracht. Zunächst bietet das vielfach wellige, vom Fränkischen Jura auslaufende Gelände, über das der Seitenkanal geführt werden müßte, wesentlich größere Schwierigkeiten, als sie auf dem gegenüberliegenden Ufer bestehen. Der Hauptgrund ist aber der, daß unter allen Umständen eine wesentlich kräftigere wirtschaftliche Entwicklung auf dem rechtseitigen, nach den Städten Landshut, München und Augsburg sich erstreckenden Gelände zu erwarten ist.

Die Entscheidung über die Bauwürdigkeit eines bei Eining abzweigenden Kanales hängt davon ab, welche Tiefe in der Donau durch eine Regulierung der Niederwasserrinne sich erreichen und in wie weit sich die Weltenburger Enge für einen Großschiffahrtsweg einrichten läßt, allenfalls mit Anlage eines Wehres beim Ausgange der Weltenburger Enge. Nötigenfalls könnte der Seitenkanal schon bei Stauring zwischen Kilometer 166 und 167 aus der Donau abzweigt und an dem rechtseitigen Hochufer entlang an Eining vorübergeführt werden.

Da die bei einer Führung der Großwasserstraße durch die Weltenburger Enge in Betracht kommenden Fragen nur durch eingehende Untersuchungen zu entscheiden und sonach dem Detail-Entwurfe zu überlassen sind, so wurde in dem Entwurfe des technischen Amtes nach einem Vorschlage des Kgl. Bauamtmannes Vogt die Abzweigstelle des Seitenkanales aus der Donau auf dem rechtseitigen Ufer am Fuße der Jura-Höhe, welche die untere von der mittleren Donau-Ebene trennt, angenommen. Von hier aus soll dann der Kanal in seiner Hauptrichtung der von Regensburg nach Ingolstadt führenden Bahn folgen. Der Schnittpunkt der Mittellinie der Donau mit der Mittellinie des Seitenkanales liegt bei dem Donau-Kilometer 177,6 und gilt als Nullpunkt der kilometrischen Einteilung des Seitenkanales. Derselbe liegt gegenüber der Bahnstation Saal und 4,2 Kilometer unterhalb der Abzweigung des Ludwig-Donau-Main-Kanales bei Kelheim.

Von der Donau weg überquert der Kanal auf dem kürzesten Wege die Niederung, untergeht die von Saal nach Kehlheim abzweigende Bahn, sodann die Bahn von Regensburg nach Ingolstadt und erhebt sich 2,4 Kilometer von seinem Anfangspunkt entfernt auf den Ausläufer des Fränkischen Jura. Dieser Ausläufer, den bei Kelheim die weithin sichtbare Befreiungshalle krönt, zeigt südwärts der Donauenge zwischen Weltenburg und Kelheim und zwar von letzterem Orte nur zwei Kilometer entfernt einen zweiten, gleichfalls stark gewundenen Durchbruch, durch den die Bahn Regensburg-Ingolstadt ihren Weg hinauf zur mittleren Donau-Ebene nimmt. Der Bergkegel, der dem Durchbruch seine Entstehung verdankt und mit steiler Böschung sich aus der Donau-Niederung erhebt, wird auf eine Länge von 1,4 Kilometer durchfahren

und zwar mit Einschnitten bis zu 25 Meter Höhe sowie zwischen Kilometer 4,4 und 5,0 mit einem 600 Meter langen Tunnel, der zwei Kilometer nordwestlich vom Mittelpunkt der Ortschaft Berghofen zu liegen kommt. Auf diese Weise wird gegenüber einer Umfahrung des Berges, wie dies durch die Eisenbahn geschieht, ein Weg von 1,9 Kilometer Länge erspart; außerdem werden mehrere Windungen vermieden. Die endgültige Entscheidung darüber, ob der schwierigere Weg um den Kopf des Berges herum die Anlage eines Tunnels rechtfertigt, muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Im weiteren Verlauf durchzieht der Seitenkanal die ganze mittlere Donau-Ebene, stets südlich der Eisenbahn bis gegen Neuburg und in nächster Nähe vorbei an Arnhofen, Abensberg, Ullrain, Mühlhausen, Geibenstetten, Ilmendorf, Ernsgaden, Manching, sodann vorüber am Hauptbahnhof Ingolstadt, an den Ortschaften Zuchering, Hagau, Lichtenau, Weichering und Bruck.

Die Höhenlage, die für den Kanal mit Rücksicht auf die Entwässerung des Hinterlandes angenommen wurde, machte es notwendig, von Ullrain bis 4 Kilometer von Ilmendorf entfernt den Kanal von der Bahn weiter entfernt auf das höhere Gelände beim Dürrenbucher Forst zu verlegen.

Auch in diesem Falle kann erst durch eine eingehendere Untersuchung entschieden werden, ob es sich nicht durch eine tiefere Lage der Kanalhaltung ermöglichen läßt, den Großschiffahrtsweg der Stadt Neustadt, von der er nach dem ausgearbeiteten Entwurfe drei Kilometer entfernt liegt, näher zu bringen.

Bei Ingolstadt wurde der Kanal dem Hauptbahnhofs so nahe gelegt, daß er gerade noch die Eisenbahnen nach München und Augsburg unterfahren kann, ohne daß die notwendige Erhöhung der beiden Bahndämme in das Gebiet des Hauptbahnhofes hineinreicht. Auf der östlichen Seite des Hauptbahnhofes bietet sich zwischen Kanal und Donau, die 4 Kilometer voneinander entfernt zu liegen kommen, ein günstiges Gelände für einen Hafen und für alle dem Güterumschlag dienenden Einrichtungen ebenso für industrielle Anlagen. Auch könnte von dem Hafen weg eine Verbindung zur Donau hergestellt und somit den auf dem Flusse verkehrenden Schiffen die Benützung des Hafens und die Befahrung des Kanales ermöglicht werden, wie anderseits auch die großen, in der Regel auf dem Kanale verkehrenden Schiffe durch den Stichkanal zur Tallahrt in die Donau gelangen könnten.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei eingehenderer Untersuchung über die Möglichkeit einer hinreichenden Entwässerung des Hinterlandes zwischen Abensberg und Manching der Wasserspiegel des Kanales bei Ingolstadt tiefer gelegt werden kann, als dies im generellen Entwurfe angenommen ist, und daß sich damit eine für die Stadt und den Hauptbahnhof noch günstigere Lage der Großwasserstraße ergibt.

Jedoch sollte man nicht davon abgehen, den Kanal südlich der nach Neuburg führenden Eisenbahn zu legen, da er bei einer Lage zwischen Eisenbahn und Donau in seiner Zugänglichkeit wesentlich beschränkt wäre und wohl auch den Bedürfnissen

des zwischen Ingolstadt und Neuburg gegen Süden sich erstreckenden Donau-Mooses schwerer dienstbar gemacht werden könnte.

Bei Neuburg wird es wiederum fraglich, auf welche Seite der Donau der Großschiffahrtsweg gelegt werden soll. Für die wirtschaftliche Entwicklung des dem Kanale zunächst gelegenen Gebietes wäre es vorzuziehen, ihn auf dem rechten Ufer der Donau zu belassen und das linke, eng begrenzte Ufer mit den bis nach Donauwörth nahe an den Fluß herantretenden Höhen des Fränkischen Jura zu vermeiden. Jedoch war weiterhin zu berücksichtigen, daß der Vorschlag besteht, im Interesse des südwestlichen Bayerns den vom Main zur Donau projektierten Großschiffahrtsweg über Nürnberg und über die Fossa Karolina durch die den Fränkischen Jura durchquerenden Täler von Treuchtlingen über Dollnstein an die Donau bei Stepperg, 9 Kilometer oberhalb Neuburg, zu führen.<sup>1)</sup> Ebenso war Rücksicht zu nehmen auf die schon seit langer Zeit bestehenden und in jüngster Zeit wieder energischer aufgenommenen Bestrebungen, vom Rhein bei Mannheim durch das Tal des Neckars, der Rems und der Brenz zum Tale der Donau bei Gundellingen einen Großschiffahrtsweg zu erbauen. Nach all diesen Erwägungen wurde daher im vorliegenden Entwurf die Überführung des Kanales bei Neuburg auf das linke Ufer der Donau und die Beibehaltung dieser Uferseite bis nach Ulm hinauf angenommen. Eine nächst unterhalb Neuburg bei Kilometer 121,1 zu erbauende Stauanlage soll es ermöglichen, daß alle beladenen Schiffe auch bei Kleinwasser die Donau kreuzen können.

So wünschenswert es gewesen wäre, auch das rechte Ufer der Donau von Neuburg bis nach Neu-Ulm hinauf einer genauen Untersuchung zu unterziehen, wie dies für das linke Ufer geschehen ist, und die auf beiden Ufern bestehenden Interessen im einzelnen abzuwägen, so ließ sich dies doch nicht im Rahmen der dem technischen Amte gestellten Aufgabe durchführen. Dagegen wird bei der Ausarbeitung des endgültigen Bauentwurfes zu prüfen sein, welche Schwierigkeiten der unmittelbar bei Neuburg aufsteigende, die mittlere und obere Donau-Ebene trennende Höhenzug der Anlage eines Kanales bietet und ob es mit verhältnismäßigen Kosten möglich ist, den Lech mit einem Schiffahrtskanale zu überqueren und zugleich für ihn einen guten Anschluß an die Eisenbahnen und die Donau bei Donauwörth zu erreichen. Dieser Anschluß müßte gefordert werden, da sich die Bedeutung Donauwörths als Umschlagsplatz mit der Eröffnung der Bahn nach Treuchtlingen noch wesentlich erhöhen wird.

Was Augsburg betrifft, das nie anders als durch einen Stichkanal zu erreichen ist, so läßt sich in jedem Falle eine Verbindung zum Großschiffahrtsweg längs der Donau herstellen. Am einfachsten erfolgt der Anschluß, wenn der Großschiffahrtsweg auf dem rechten Donau-Ufer gelegen ist, ob nun der Verbin-

dungskanal von Augsburg her dem Lech entlang verläuft, oder ob er mit Benutzung der das Lechtal rechts begrenzenden Hochufer gegen Burgheim seine Richtung nimmt. Liegt dagegen der Großschiffahrtsweg auf dem linken Donau-Ufer, dann gestaltet sich der Anschluß am bequemsten für einen Verbindungskanal, der das rechtseitige Lech-Hochufer benützt. Durch eine Überbrückung der Donau könnte zugleich ein guter Anschluß an einen bei Stepperg einmündenden Main-Donau-Kanal erreicht werden. Im anderen Falle, bei einem Verbindungskanale längs des Lechs, müßte die Donau für eine Kreuzung mit den Normalschiffen der Großwasserstraße durch eine Wehranlage tauglich gemacht werden. Auch könnte der Anschluß an den Donau-Seitenkanal wahrscheinlich nicht unmittelbar, sondern nur durch eine Kammer-schleuse erfolgen.

Bei der Führung des Seitenkanales auf dem linken Ufer der Donau war zunächst zu erwägen, ob der Seitenkanal bei Stepperg zur Höhe der Scheitelhaltung des projektierten Donau-Main-Kanales ansteigen und in dieser Höhe an den Gehängen des Fränkischen und Schwäbischen Jura bis über Donauwörth hinaus verbleiben soll oder ob man auf diese hohe Lage verzichten und den Seitenkanal in der Niederung belassen will. Bei dem erstmaligen Studium dieser Frage erschien es einfacher, mit einem hochgelegenen Kanal bei Donauwörth vorüberzukommen und Wörnitz und Eisenbahn zu überbrücken. Auch wären hinsichtlich der Entwässerung des Binnenlandes auf diesem Wege alle Schwierigkeiten zu vermeiden, die sich einem Kanale im Überschwemmungsgebiete der Donau entgegenstellen.

Eine nähere Untersuchung hat jedoch ergeben, daß sich die genannten Vorteile nur mit außergewöhnlich hohen Kosten erreichen lassen. Die von tiefen und breiten Talfurchen zerrissenen, aus der Donau-Niederung steil ansteigenden, von sandigem Lehm überdeckten Gehänge des Fränkischen Jura bieten der Anlage eines Kanales große Schwierigkeiten. Zur Vermeidung einer zu eng gewundenen Linie müßte bei Marxheim ein 500 Meter langer Tunnel hergestellt werden. Ebenso wäre ein 200 Meter langer Tunnel unter dem Kalvarienberg bei Donauwörth erforderlich. Der Kanaldamm zur Überquerung des Tales der Wörnitz würde bei einer Höhe bis zu 12 Metern eine Länge von 1,8 Kilometer erhalten, die ganze Berglinie eine solche von 23,1 Kilometern und damit um 3,1 Kilometer länger sein als eine in der Niederung verlaufende Linie.

Soweit der generelle Entwurf es feststellen ließ, erscheint es besser, die Höhe der Scheitelhaltung eines bei Stepperg beginnenden Donau-Main-Kanales nicht über Stepperg hinaus beizubehalten. Da zudem ähnliche Gründe, wie sie gegen die hohe Lage des Kanales oberhalb Stepperg bestehen, auch bei den Jura-Höhen unterhalb Stepperg sich geltend machen, so ist es besser, den Seitenkanal zwischen Neuburg und Donauwörth ganz in die Niederung zu verlegen und auf diesem Wege die Großwasserstraße in eine innige und bequeme Verbindung mit Stadt und Bahnhof Donauwörth sowie mit der Donau zu bringen.

<sup>1)</sup> Denkschrift über die Donau-Main-Wasserstraße. 1903. S. 52 bis 55.

Bei dieser Lage könnte der Aufstieg zu einem neuen, über Treuchtlingen kommenden Donau-Main-Kanal bei Kilometer 75 des Seitenkanales in der Nähe des Antoniberges bei Stepperg geschehen.

Verhältnismäßig günstig beschaffen für die Anlage der Wasserstraße ist die Niederung von Neuburg bis unmittelbar vor Donauwörth. Gegen die Hochfluten der Donau kann ausreichender Schutz gegeben werden und an zwei Orten, an denen für den Kanal sowie für einen Flutgraben zur Entwässerung des Hinterlandes kein Platz zwischen der Donau und den Gehängen des Jura verbleibt und an denen es auch nicht angeht, die steilen, felsigen Gehänge anzuschneiden, läßt sich der notwendige Platz durch eine Verflachung der an beiden Orten mit konkaven Ufern anliegenden, stark gekrümmten Donau leicht gewinnen. Das ist der Fall zwischen Donau-Kilometer 101,1 und 102,6 am Fuße des Antoniberges, der eine Grabkapelle trägt, sowie bei Lechsend und zwischen dem Donau-Kilometer 88,8 und 89,7.

Bei Donauwörth treten der Anlage eines Seitenkanales größere Schwierigkeiten entgegen. Die erste Schwierigkeit liegt darin, daß sich die Stadt am linken Ufer der Wörnitz bis an den Fuß des Fränkischen Jura und bis zur Donau hinzieht. Nach Westen zu, wohin sich das Tal erweitert, liegt dann der Bahnhof dem Flusse gleichfalls so nahe, daß auch hier der Platz für einen Seitenkanal und für die dem Güterumschlag notwendigen Einrichtungen mangelt und daß die erforderliche Lichthöhe zur Unterführung des Kanales nur durch einen teureren Umbau des ganzen Bahnhofes zu gewinnen wäre.

Nach dem ausgearbeiteten Entwurf werden die Hindernisse, die der Anlage eines Seitenkanales in der Niederung bei Donauwörth entgegenstehen, durch eine Verlegung der Donau beseitigt. Den Anstoß zu diesem Radikalmittel gab der Umstand, daß ein Seitenkanal in der Niederung die Wörnitz nur in Wasserspiegelhöhe kreuzen kann und daß sonach die Anlage eines Wehres erforderlich werden wird. Aus dieser Notwendigkeit ergab sich, statt einer Wehranlage bei der Ausmündung der Wörnitz eine solche weiter unterhalb, in der Donau selbst, bei Kilometer 80,1 und damit die Möglichkeit, ohne Nachteil für den Fluß, seine scharfe Krümmung bei Donauwörth durch einen 3 Kilometer langen Durchstich zwischen Kilometer 75,7 und 79,8 abzuschneiden, dem neuen Flußlauf eine gerade Richtung auf das Wehr zu geben und beim Wehr die Wasserkräfte der Donau auszunützen.

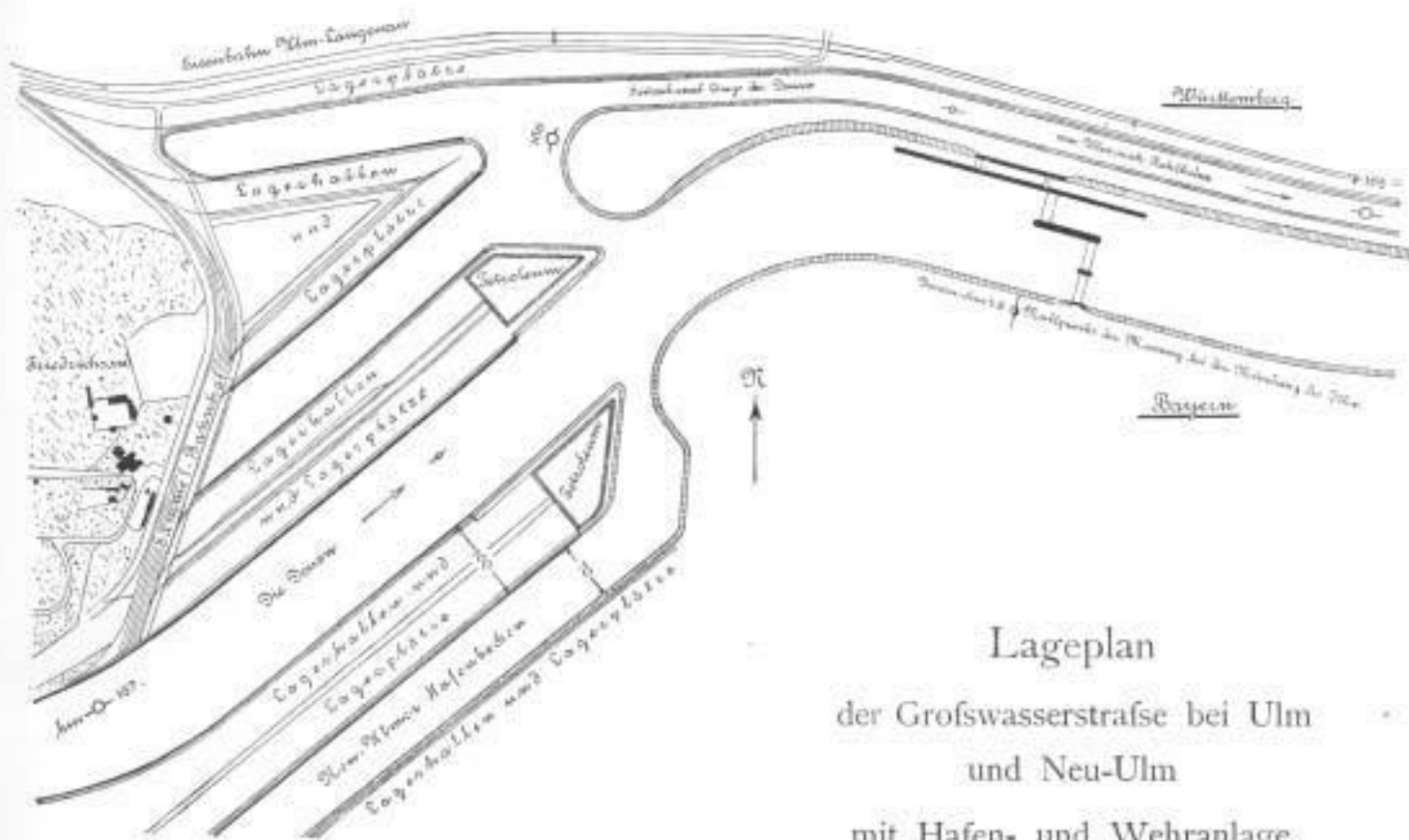
Ein Gelände von 150 Hektaren, infolge des Durchstiches nun am linken Ufer der Donau gelegen, bietet genügenden Platz für alle der Wasserstraße dienenden Einrichtungen und bringt die Stadt Donauwörth samt ihrem Bahnhofe in die unmittelbarste Beziehung zur Wasserstraße. Infolge der Wegkürzung der Donau um 1100 Meter wird sich der Wasserspiegel bei Donauwörth erheblich senken und infolge dieser Senkung wird die notwendige Lichthöhe im Seitenkanal unter der nach Augsburg führenden Bahn gewonnen werden. Die Führung des Seitenkanales an Donauwörth vorüber

bietet nun keine Schwierigkeiten mehr; sie geschieht mit teilweiser Benützung des jetzigen und nach der Anlage eines Durchstiches frei gewordenen Donaubettes.

Westlich des Bahnhofes überquert der Kanal sodann die Niederung, durch Dämme gegen die Fluten der Donau geschützt. In der Nähe des Hochgestades zwischen Riedlingen und Erlingshofen untergeht der Seitenkanal die Bahn nach Offingen; am Fuße des Gestades vermittelt ein Hebewerk von 23,3 Meter Höhe den Übergang der Wasserstraße auf die obere Donau-Ebene. Vorbei an Erlingshofen, Münster, Tapheim, Schwenningen, Unterblindheim, Höchstädt, Steinheim, Schretzheim, Dillingen, Hausen und Lauingen verläuft der Kanal nördlich der Eisenbahn bis nach Gundelfingen, übersetzt das Tal der Brenz und nimmt sodann südlich von Bächingen in gerader Richtung seinen Weg durch das Donau-Moos bis zur Friedrichsau bei Ulm, wobei auf eine Länge von 15,5 Kilometern württembergisches Land durchschnitten wird. Die Friedrichsau bei Ulm bietet Raum für einen Schiffahrtshafen, und da der Seitenkanal von Unterelchingen ab bis nach Ulm hinauf parallel der Brenzbahn verläuft, so ist Gelegenheit gegeben Eisenbahn und Wasserstraße ausreichend zu verbinden.

Der unmittelbare Anschluß der Stadt Neu-Ulm sowie der nahe gelegenen Orten Offenhausen und Pfuhl an die Großwasserstraße wird durch eine Wehranlage in der Donau bei Kilometer 5,8, das ist 3,2 Kilometer unterhalb der jetzigen Donaulände in Neu-Ulm, gesichert. Der Aufstau durch das Wehr reicht bei Niederwasser bis zu Kilometer 3,0 und ist von solcher Höhe, daß die größten auf dem Kanale verkehrenden Schiffe von Kilometer 4,5 abwärts stets vollbeladen mit 1,75 Meter Tiefgang den Fluß kreuzen und also auch die Mündung des Neu-Ulmer Hafens, die bei Kilometer 5,350, also 450 Meter oberhalb des Wehres zu liegen kommt, sicher erreichen können. Oberhalb des Wehres bis nach Ulm und Neu-Ulm hinauf könnten an beiden Ufern der Donau Quaimauern zur Erleichterung des Güterumschlages errichtet werden.

Auch auf der Strecke von Thalfingen bis zur Friedrichsau längs der schroff abfallenden, dem Schwäbischen Jura zugehörigen Gehänge wird es notwendig werden, die Donau auf eine längere Strecke zu verlegen, um Platz für den Seitenkanal zwischen Eisenbahn und Fluß zu gewinnen. Eine Verlegung der Bahn, wenn sie überhaupt in Frage kommen kann, erfordert jedenfalls größere Kosten und läßt einen geringeren Spielraum zu als eine Verlegung der Donau. Der Entwurf beschränkt sich bei der Platzgewinnung auf das Notwendigste. Er sieht nur die Bedürfnisse für die Wasserstraße vor, zu deren Befriedigung eine Verlegung der Donau auf eine Länge von 2,8 Kilometern genügt. Diese Verlegung sowie die Notwendigkeit, bei Kilometer 5,8 ein Wehr in die Donau einzubauen, legen den Gedanken nahe, ähnlich wie bei Donauwörth, die Krümmung der Donau bei der Friedrichsau abzuschneiden und somit eine wesentliche Erweiterung des linkseitigen Ufergeländes zu schaffen. Wenn es vor 100 Jahren möglich gewesen ist, der Donau streckenweise auf 6—7 Kilometer Länge



Lageplan  
der Großwasserstraße bei Ulm  
und Neu-Ulm  
mit Hafen- und Wehranlage.

eine gerade Richtung zu geben, so wird dies in unserer Zeit um so leichter geschehen können, da eine solche Korrektur in Verbindung mit einer Wehranlage nur Vorteile bringen kann. Ein Unternehmen aber, das der Stadtgemeinde Ulm die Möglichkeit einer größeren Entwicklung bieten würde, wäre ohne Zweifel von hervorragendem Nutzen auch für die Stadtgemeinde Neu-Ulm und ihre gesamte Umgebung. Und auch das ist sicher anzunehmen, daß bei gutem Willen eine Regulierung der Landesgrenze der Durchführung des Unternehmens kein Hindernis bieten wird.

Die Frage über die Notwendigkeit und Möglichkeit, die Donau vom Fuße des felsigen Steilrandes wegzurücken und somit der Stadtgemeinde Ulm Platz zu schaffen, um auf absehbare Zeit den Bedürfnissen des Handels und der Industrie zu entsprechen, diese Frage wird bei der Ausarbeitung des Detailentwurfes über die Großwasserstraße eingehend zu erörtern sein, wenn dies nicht schon vorher geschehen sein sollte, da die Stadt Ulm die Ausnützung der Wasserkräfte der Donau durch den Einbau von Stauwerken anstrebt. Mit dem Bau dieser Werke müßte die Frage der Donauverlegung entschieden sein.

Wollte man den Kanal den Städten Offingen, Günzburg und Leipheim näher bringen, so müßte er von Gundelfingen aus am Südrande des Donau-Mooses und stets im Überschwemmungsgebiete der Donau verlaufen. Auf diesem Wege lände die Ausführung des Kanales größere Schwierigkeiten, als sie auf der nordwärts projektierten Linie zwischen Gundelfingen und Thalvingen bestehen; außerdem hätte

man mit einem Umweg von etwa drei Kilometern und mit schlechten Zugängen zu der Wasserstraße zu rechnen.

Ebenso wäre eine Verschiebung nach der Brenz-Bahn, in die Nähe der Orte Sontheim, Niederstolzlingen, Assellingen, Rammingen und Langenau voraussichtlich nicht zu empfehlen, da hier welliges Gelände, teure Grundstücke und ein Umweg von nahezu zwei Kilometern in Betracht kämen.

Ein Ausgleich der bestehenden Interessen läßt sich wohl am besten durch eine Linie erreichen, die die Donau-Ebene zwischen Gundelfingen und Langenau annähernd nach der Mitte hin durchschneidet, wie dies im Entwurfe vorgesehen ist. Je nach Bedarf könnten entferntere Orte mit Stichkanälen, die zugleich auch einer besseren Bewirtschaftung des Donau-Mooses zu dienen hätten, an die Wasserstraße angeschlossen werden.

#### Die Abmessungen des Längenschnittes. —

Der innige Zusammenhang zwischen der Linienführung und der Höhenlage eines Kanales gab im vorausgehenden wiederholt Anlaß, auf den Inhalt dieses Kapitels hinzuweisen. Andererseits wird es hier notwendig werden, hie und da nochmals von der Linienführung des Kanales zu sprechen.

Im allgemeinen ist folgendes zu bemerken. In der gleichen Weise wie bei dem Entwurfe der Donau-Main-Wasserstraße wurde daran festgehalten, größere Wasserläufe nicht in den Kanal einzuleiten und auch

die Hochwasser der Donau-Zuflüsse dem Kanale fernzuhalten, ebenso die Anlage von Drehbrücken oder Hubbrücken zu vermeiden. Hinsichtlich der Wasserläufe waren es Rücksichten auf den sicheren Bestand des Kanales und mehr noch Rücksichten auf die Sicherheit und Bequemlichkeit der Schifffahrt. Hinsichtlich der Überbrückungen erschien es angezeigt, durch die Anlage des Kanales Störungen und Belästigungen des Verkehrs auf Straßen und Eisenbahnen nicht zu veranlassen. Das letztere gilt namentlich für die Durchquerung der von Donauwörth nach Augsburg und Ingolstadt führenden Eisenbahnen, auf der eine zunehmende Steigerung des Verkehrs mit Sicherheit zu erwarten ist. Die Anwendung der in Rede stehenden Hilfsmittel zur allenfallsigen Erleichterung der Anlage des Kanales wurde um so mehr vermieden, als gerade im ersten Bauentwurf dahin gestrebt werden muß den Kanal so einzurichten, daß er die bestehenden Verhältnisse möglichst wenig beeinträchtigt und zugleich seine größte Leistungsfähigkeit erreicht. Nur auf diese Weise behält die Kostenberechnung auch für eine fernere Zukunft ihren Wert.

Der Längenschnitt des Seitenkanales ist so dargestellt, als wenn jede Stufe mit einem einzigen Hebewerk überwunden werden sollte. Es ist Sache des Detailentwurfes zu untersuchen, inwieweit es vorteilhaft ist, die konzentriert angenommenen Gefälle in mehrere, kleinere Stufen zu zerlegen und also zur Überwindung des Gefälles ein oder mehrere Hebewerke zu verwenden. Zur Bestimmung der Kosten sind überall Kammerschleusen vorausgesetzt.

Der Wasserspiegel einer jeden Haltung ist in den Längenschnitten des Kanales als horizontal verlaufend eingezeichnet. Auch hier wird bei dem endgültigen Entwurfe zu entscheiden sein, welches Gefälle dem Wasserspiegel mit Rücksicht auf die im Kanale abzuführende Wassermenge zu geben ist. Im äußersten Falle ist das zur Bewegung des Wassers notwendige Gefälle so gering, daß es bei der generellen Projektierung ohne Berücksichtigung gelassen werden kann. Der Längenschnitt des längs der Donau projektierten Schifffahrtskanales und zum Vergleich damit auch der Längenschnitt eines neuen Donau-Main-Kanales sind auf Blatt II dargestellt.

Nach dem vorausgehenden Kapitel gilt als Nullpunkt der kilometrischen Einteilung des Seitenkanales der Schnittpunkt der Mittellinie dieses Kanales mit der Mittellinie der Donau und liegt bei dem Donau-Kilometer 177,6 in der Nähe der Bahnstation Saal. Erst 300 Meter weiter oberhalb schneidet der Seitenkanal in das rechtseitige Ufergelände ein. Die Höhenlage des Wasserspiegels in dem Kanale schwankt daher, soweit er mit der Donau in offener Verbindung steht, mit dem Wasserstande bei Kilometer 177,3. Dieser betrug nach einer Aufnahme vom 28. August 1899 bei 15 Zentimeter Höhe über dem Nullpunkt des Kelheimer Pegels bei dem Kilometer 173,890 . . . . . 337,74 m + N. N

An dem Pegel zu Kelheim ist bekannt als ein außergewöhnlich niedriger, eisfreier Wasserstand der vom 18. Februar 1901 mit 22 Zentimetern unter dem Nullpunkt des Pegels und als der bis jetzt niedrigste

Wasserstand seit Errichtung des Pegels im Jahre 1826 der vom Januar 1829 mit 56 Zentimetern unter Null. Im ersteren Falle sind es 37, im letzteren Falle 71 Zentimeter unter dem Wasserstande vom 28. August 1899. Es entspricht daher, wenn zur Bestimmung der Lage der Sohle im Seitenkanale bei freier Mündung in die Donau die Höhe des niedrigsten Wasserstandes angenommen wird zu . . . . . 337,0 m + N. N.

Nach der Schifffahrts- und Floßordnung für die Donau vom 1. Januar 1901 ist die Fahrt von Dampfschiffen untersagt, wenn der Wasserstand am Pegel zu Kelheim eine Höhe von 300 Zentimetern über dem Nullpunkt erreicht hat. Eine Aufnahme des Kgl. Straßen- und Flußbauamtes Ingolstadt vom 18. Januar 1899 bei 250 Zentimeter am Pegel ergab nun von der Pegelstelle bis zu Kilometer 177,3 auf eine Entfernung von 3410 Meter ein Gefälle von 1,12 Meter, so daß sich die Höhe des höchsten schiffbaren Wasserstandes in der Donau bei der Mündung des Seitenkanales berechnet zu . . . . . 340,7 m + N. N.

Die erste Haltung des Seitenkanales beginnt bei Kilometer 1,0. Mit Benützung einer stärkeren Ansteigung des Geländes wird der Kanalwasserspiegel auf eine Höhe von . . . . 342,0 m + N. N., das ist bis auf 1,30 Meter über den höchsten schiffbaren Wasserstand gehoben, sodaß die Überführung der Eisenbahnen nach Ingolstadt und Kelheim ohne Änderung der Planie auszuführen ist. Bei der genannten Höhe überströmt auch das Hochwasser der Donau die erste Haltung nicht, wie dies bei dem mit dem Fluß in offener Verbindung stehenden, unteren Teile des Kanales der Fall ist. Der bekannt höchste Stand der Donau ist am Pegel zu Kelheim im März 1845 mit 5,45 Zentimeter Höhe beobachtet worden. Mit Benützung des angegebenen Höhenunterschiedes zwischen dem Kelheimer Pegel und der Mündung des Seitenkanales bei Saal und mit der hier wohl zulässigen Annahme, daß der Wasserspiegel an beiden Orten gleichmäßig ansteigt, berechnet sich der höchste Wasserstand der Donau bei Kilometer 177,3 zu . . . . . 343,14 m + N. N., das sind 1,14 Meter über der normalen Höhe des Wasserspiegels der ersten Haltung, während die beiden Ziehwege des Kanales 1,50 Meter über diesem Wasserspiegel gelegen sind. Da zudem die Haltung samt den Ziehwegen fast ganz in das hohe Gelände eingeschnitten ist, so unterliegt es keinem Bedenken, das Donau-Hochwasser in die erste Haltung einströmen zu lassen.

Die zweite Haltung beginnt bei Kilometer 2,4 beim Aufstieg zur mittleren Donau-Ebene, die sie mit einer Höhe von . . . . . 365,0 m + N. N. auf eine Länge von 47,0 Kilometern bis in die Nähe von Ingolstadt durchzieht. Bestimmend für die Höhenlage waren hauptsächlich die Seitenflüsse der Donau: Abens, Ilm und Paar, sodann die von Ingolstadt nach München und Augsburg führenden Eisenbahnen. Die Kreuzung der beiden Bahnlinien kann bei der angegebenen Höhe des Kanales mit einer geringen Hebung der Bahnplanie stattfinden. Dagegen ergeben



sich große Kosten durch die Kreuzung der genannten Gewässer, die in meist flach liegendem Gelände zu unterführen sind und bei denen durch ausgedehnte Korrekturen die nötige Konstruktionshöhe gewonnen werden muß.

Bei der Paar, dem größten Seitenfluß in der mittleren Donau-Ebene, soll die Unterführung durch eine Verlegung ihrer Mündung in die Donau von Kilometer 139 nach Kilometer 142 und durch die Errichtung eines Hochwasserdammes, der sich von der über die Paar führenden Bahnbrücke aus auf dem linksseitigen Ufer des korrigierten Flusses bis zur Donau hinzieht, ermöglicht werden. Durch eine eingehendere Untersuchung über die Gefällsverhältnisse und über die gleichzeitige Wasserführung der Paar und der Donau, als sie in dem generellen Entwurfe geschehen konnte, wäre noch zu prüfen, ob nicht durch eine regelmäßiger Gestaltung des jetzigen Laufes der Paar und ohne eine Verlegung der Mündungsstelle, jedoch gleichfalls mit Zurückhaltung der Donau-Hochwasser durch eine Dammanlage, der Hochwasserspiegel der Paar in genügendem Maße bei ihrer Kreuzungsstelle mit dem Kanale abgesenkt werden könnte. Jedenfalls sind im generellen Entwurfe für die Verlegung der Paar und für einen Hochwasserdamm die Kosten im Betrage von 520 000 Mark hinreichend hoch angenommen, um auf die eine oder andere Weise die Hochwasser der Paar unschädlich abzuführen.

Einfacher liegen die Verhältnisse bei der Abens und der Ilm, wenn auch in beiden Fällen große Kosten erforderlich werden.

Die bestehenden Anlagen zur Wasserkraftausnutzung werden überall geschont. Nur in einem Falle und zwar zur Absenkung des Wasserspiegels der Abens unterhalb der Kanalbrücke, wird die Verlegung der unmittelbar bei der Stadt Abens gelegenen Staustufe flußaufwärts notwendig. Im übrigen werden durch die Korrekturen der Flußläufe die bestehenden Staustufen wesentlich an Höhe gewinnen und damit auch der Wert der Wasserkraftanlagen gesteigert.

Die dritte Haltung zieht sich mit einer Länge von 7,2 Kilometern bis nach Weichering bei Kilometer 56,6 und liegt auf . . . 371,6 m + N.N., wobei sich die Unterführung der Sandrach bei Kilometer 49,430, die einzige größere Bauanlage, leicht bewerkstelligen läßt.

Mit der vierten Haltung wird zwischen Kilometer 67,8 und 67,9 die Donau bei Neuburg gekreuzt. Sie endigt kurz vor Bittenbrunn bei Kilometer 69,6 und erreicht somit eine Länge von 13,0 Kilometern. Die Höhe der Haltung mit . . . 378,0 m + N.N. wurde so gewählt, daß die Bahn Ingolstadt-Neuburg oberhalb Bruck ohne zu große bauliche Änderungen überführt werden kann.

Bemerkt sei jedoch, daß nach späteren Untersuchungen es mit Rücksicht auf die Donau bei Neuburg möglich und in Hinsicht auf eine bessere Ausnutzung der Wasserkräfte dieses Flusses vorzuziehen wäre, den Kanalwasserspiegel um 50 Zentimeter

höher, also auf 378,5 m + N.N. zu legen. In diesem Falle verbliebe man von Ingolstadt her nur bis vor Weichering südlich der Bahn und unterginge sie sodann mit der Höhe der dritten Haltung.

Die Kreuzung der Donau bei Neuburg geschieht, wie bereits angegeben, im Stau eines Wehres, das bei dem Donau-Kilometer 112,1 errichtet werden soll. Nach der Aufnahme vom 2. September 1899 bei einem Wasserstand von 68 Zentimetern unter dem Nullpunkt am Pegel zu Neuburg bei Kilometer 110,786 hatte der Donau-Wasserspiegel an der geplanten Baustelle des Wehres eine Höhe von . . . 375,380 m + N.N. Betrachtet man den durch das Wehr gestauten Wasserspiegel als eine horizontal liegende Fläche, was bei einem generellen Entwurfe auch für die Donau zulässig ist, dann berechnet sich der Aufstau bei dem Wehre über dem Niederwasser vom 2. September 1899 und bei der normalen Höhe der Haltung zu 2,62 Meter, während am Pegel zu Neuburg der gestaute Wasserspiegel einen Stand von 67 Zentimetern über dessen Nullpunkt erreicht.

Der Großschiffahrtsweg kreuzt den Fluß 700 Meter oberhalb des Wehres bei dem Donau-Kilometer 111,4. Für diese Stelle berechnet sich die Niederwasserhöhe vom 2. September 1899 zu . . . 375,961 m + N.N., wobei im Talwege an dem genannten Tage eine Wassertiefe von 1,0 Meter vorhanden war. Darnach ergibt sich, daß im Talwege an der Übergangsstelle bei einem Stau der Donau bis auf die normale Höhe der Haltung, das ist bis auf 378,0 m + N.N., und bei einer Ausbildung der Flußsohle, wie sie im September 1899 bestanden hat, eine Wassertiefe von 3,4 Metern vorhanden wäre und daß sonach eine Aufkiesung des Flußbettes in dem Maße, wie sie infolge der Wehranlage zeitweise zu erwarten ist, der Schifffahrt nicht hinderlich werden kann.

Was den Schutz des Seitenkanales gegen Hochwasser anlangt, so ist zunächst zu erwähnen, daß sich nach den 1860er Jahren infolge der Korrektur die Donau bei Neuburg stark vertieft hat und zwar, geschätzt nach den niedrigsten Jahreswasserständen, um etwa 1,0 Meter. Als höchster Stand der Donau bei Neuburg ist der vom 30. März 1845 bekannt mit 523 Zentimeter Höhe am Pegel, das sind 501 Zentimeter über dem im gleichen Jahre eingetretenen niedrigsten Wasserstande. Der nächstfolgende Hochstand wurde am 4. Februar 1850 mit 467 Zentimeter Höhe am Pegel beobachtet, in diesem Falle nur 445 Zentimeter über dem niedrigsten Jahreswasserstande. Sodann folgt das Hochwasser vom 3. September 1890 mit einem Pegelstande von 437 Zentimetern. Dieses Hochwasser erhob sich 490 Zentimeter über den niedrigsten Jahreswasserstand, kommt also mit diesem Höhenunterschied dem bekannt höchsten Hochwasser sehr nahe. Da nun eine den Abfluß der Hochwasser beeinträchtigende Erhöhung der Flußsohle infolge der Wehranlage bei Neuburg ausgeschlossen ist, so ist es zulässig, das Hochwasser vom Jahre 1890 als maßgebendes Hochwasser zu betrachten. Seine Höhe bei der Kreuzungsstelle berechnet sich mit Hilfe der wiederholt genannten Aufnahme vom 2. September 1899 zu . . . 381,011 Meter + N.N.

Berücksichtigt man außerdem, daß sich der bekannt höchste Wasserstand aus dem Jahre 1845 um

elf Zentimeter mehr über den niedrigsten Jahreswasserstand erhoben hat, als dies bei dem Hochwasser im Jahre 1890 der Fall gewesen ist, so wird es genügen, als Höhe des höchsten Wasserstandes bei der Kreuzungsstelle schätzungsweise anzunehmen . . . . . 381,3 m + N. N., das sind 3,3 Meter über der normalen Höhe des Wasserstandes in der vierten Haltung.

Damit die schädlichen Hochwasser nicht in den auf dem rechten Ufer der Donau gelegenen Teil der vierten Haltung einströmen können, soll bei dem Kanalkilometer 67,4 eine Schutzschleuse eingebaut werden. Dieselbe tritt in Wirksamkeit, sobald der Wasserspiegel mehr als 80 Zentimeter über den normalen Wasserstand in der Haltung ansteigt. Der seitliche Eintritt des Hochwassers in den Kanal abwärts der Schutzschleuse wird durch einen Damm abgehalten, dessen Krone einen Meter über dem voraus angenommenen Hochwasserstande gelegen ist.

Der auf dem linken Ufer der Donau gelegene Teil der vierten Haltung ist bei seiner Mündung in den Fluß nicht abgeschlossen. Doch sind beiderseits der Haltung Dämme vorgesehen, um sowohl ein seitliches Einströmen des Hochwassers von der Donau her als auch den Austritt des Hochwassers nach dem Binnenlande hin zu verhüten. Da sonach der Kanalwasserspiegel den Schwankungen der Donau folgt, so muß die Unterkante der Brücke, mit der die Staatsstraße von Neuburg nach Ried überführt wird, 4 Meter über den höchsten schiffbaren Wasserstand gelegt werden. Dieser Wasserstand ist nach der Schiffsfahrtsordnung zu 320 Zentimeter am Neuburger Pegel angenommen, wonach sich die Höhe des höchsten schiffbaren Wasserstandes in der Kanalhaltung berechnet zu . . . . . 379,841 m + N. N. Die Tiefe bei normalem Wasserstande in dem links der Donau gelegenen Teile des Seitenkanales ist zu 3,5 Meter bemessen, damit auch bei ungestauter Donau und gleichzeitig niedrigem Wasserstande der Schiffsfahrtsverkehr zwischen Donau und Kanal möglich bleibt.

Die fünfte Haltung, die sich von Bittenbrunn an Stepperg vorbei bis nach Bertoldsheim bei Kilometer 81,6 auf eine Länge von 12 Kilometern hinzieht, liegt mit ihrem Wasserspiegel auf . . . . . 387,0 m + N. N. Bemerkenswert in dieser Kanalstrecke ist die Bauanlage zur Ableitung der Ussel, die bei Stepperg in die Donau mündet. An dieser Mündungsstelle kommt der Kanalwasserspiegel 4 Meter über das Niederwasser vom 2. September 1899 zu liegen, so daß die Hochwasser der Ussel hier nicht unterführt werden können. Den Kanal höher zu legen, ist wegen der tiefen Lage des Geländes nur mit übermäßigen Kosten zu ermöglichen. Es ist daher zweckmäßig, die Ausmündung der Ussel, die zurzeit bei dem Donau-Kilometer 101,8 gelegen ist, um 4,3 Kilometer flußabwärts zu verlegen, wodurch zugleich eine bessere Entwässerung des Binnenlandes erzielt werden kann.

Bei dem Kilometer 75 der fünften Haltung könnte, wie das bereits im vorausgehenden Kapitel erwähnt ist, der Aufstieg zur Scheitelhaltung des von

Stepperg über Treuchtlingen und Nürnberg geplanten Donau-Main-Kanales erfolgen. Diese Scheitelhaltung soll auf eine Höhe von . . . . . 410,0 m + N. N. gelegt werden und ist in der Denkschrift über eine Donau-Main-Wasserstraße vom Jahre 1903 näher beschrieben.

Über die nächstfolgende, sechste Haltung zwischen Bertoldsheim und Altisheim, von Kilometer 81,6 bis zu Kilometer 91,2, mit einer Länge von 9,6 Kilometern ist nichts Besonderes zu bemerken. Die Höhe des Wasserspiegels mit . . . . . 393,0 m + N. N. ist so gewählt, daß bei einem guten Ausgleich der für den Bau des Kanales zu bewegendenden Erdmassen die Entwässerung der binnenseits gelegenen Niederung in ausreichender Weise möglich ist.

Von vielen Erwägungen abhängig war die Bestimmung der Höhenlage der siebenten Haltung, die sich in der Niederung von Altisheim an Donauwörth vorüber bis an den Abhang der oberen Donau-Ebene bei Kilometer 103,3 zwischen Riedlingen und Münster auf eine Länge von 12,1 Kilometern hinzieht. Die angestellten Untersuchungen ergaben als Höhe des Wasserspiegels . . . . . 398,8 m + N. N.

Zunächst maßgebend war die Höhenlage des Geländes, sodann die Höhe der Konstruktionsunterkante der beim Bahnhofe Donauwörth gelegenen Brücke über die Donau und ferner die Höhe der Planie der von Donauwörth nach Offingen führenden Eisenbahn. Die vorausgenannte Höhe des Kanalwasserspiegels entspricht an dem Donau-Pegel zu Donauwörth bei Kilometer 78,493 einem Wasserstande von 171 Zentimetern über dem Nullpunkte. Das ist ein Wasserstand, bis auf welchen Donau und Wörnitz ohne Schaden für die Stadt gestaut werden dürfen.

Die Wörnitz durchquert die siebente Haltung und mündet nach den Angaben im vorhergehenden Kapitel frei in die Donau, die somit den Wasserspiegel in dieser Haltung beeinflußt. Die Mündung der Wörnitz, die sich jetzt bei Kilometer 78,3 befindet, kommt mit der Ausführung des im vorausgehenden Kapitel gleichfalls erwähnten, drei Kilometer langen Durchstiches an dessen unteres Ende zu liegen, also nach Kilometer 79,6, während der Schiffsfahrtskanal dem verlassenen Donau-Bette folgt. 500 Meter abwärts der neuen Mündung der Wörnitz, also nach Kilometer 80,1, soll das Wehr zu stehen kommen, durch das die Höhe des Wasserspiegels in der Haltung bei Donauwörth zu regulieren ist.

Die Wasserspiegelsenkung, die infolge der Durchstichsanlage eintreten wird, konnte nur schätzungsweise nach Aufnahmen aus dem Jahre 1899 ermittelt werden, da genauere Erhebungen aus späteren Jahren nicht zur Verfügung standen. Am 2. September 1899 hatte der Wasserspiegel der Donau am Pegel zu Donauwörth bei Kilometer 78,493 eine Höhe von . . . . . 397,02 m + N. N. und bei dem Kilometer 79,6, dem Endpunkte des geplanten Donau-Durchstiches, eine Höhe von . . . . . 396,30 m + N. N.

Das Gefälle zwischen den beiden Orten beträgt sonach . . . . . 0,72 Meter.

Mit Rücksicht auf die Senkung der Sohle, die die Donau seit dem Jahre 1899 erfahren hat und die immerhin einige Dezimeter betragen dürfte, kann angenommen werden, daß die oben bezeichnete Wasserhöhe mit 171 Zentimetern am jetzigen Pegel nach der Donau-Verlegung und bei offenem Wehre erst dann wieder an der jetzigen Pegelstelle eintreten wird, wenn die Donau eine Wassermenge abführt, die annähernd einem Stand von 240 Zentimetern am heutigen Pegel entspricht.

Was nun die Eisenbahnbrücke über die Donau bei Kilometer 77,625 anlangt, die nach der Verlegung des Flußlaufes eine Brücke über den Kanal sein wird, so liegt deren Unterkante auf 402,8 m + N. N., sonach 4,0 Meter über der projektierten Höhe des Kanalwasserspiegels mit 398,8 m + N. N. Steigt die Wasserführung der Donau über das Maß hinaus, das nach dem Zustande des Flusses vom Jahre 1899 einem Pegelstand von 240 Zentimetern entspricht, dann beginnt nach den der Berechnung zugrunde gelegten Annahmen der Wasserspiegel in der Kanalhaltung bei Donauwörth zu steigen und es tritt sonach eine Beschränkung in der Lichthöhe unter der Eisenbahnbrücke ein.

Die Dauer dieser Beschränkung beträgt nach den in der Tabelle 4 angegebenen Beobachtungen über die Häufigkeit der Wasserstände in den zehn Jahren 1892 mit 1901 durchschnittlich in jedem Jahre acht Tage. Die Verminderung der Lichthöhe berechnet sich für den höchsten schiffbaren Wasserstand der Donau, der zu 290 Zentimeter Höhe am Donauwörther Pegel angenommen ist, zu 50 Zentimeter. Eine weitere Verminderung der Lichthöhe wäre nach den vorausgenannten Beobachtungen durchschnittlich nur noch an drei bis vier Tagen im Jahre zu erwarten. Für den außergewöhnlich hohen Stand der Donau bei Donauwörth vom 28. Dezember 1882 mit 388 Zentimetern am Pegel berechnet sich die lichte Höhe unter der Donaubrücke noch zu 2,52 Meter. Der bekannt höchste Wasserstand, der am 30. März 1845 mit 448 Zentimeter Höhe am Pegel beobachtet wurde, kann, wie bei Neuburg, wegen der Senkung der Sohle, die seit 1845 eingetreten ist und deren Maß nach der Höhe der niedrigsten Jahreswasserstände einen halben Meter wesentlich übersteigt, außer Betracht gelassen werden. Aus diesen Angaben geht hervor, daß es keinem Anstande unterliegt, die Eisenbahnbrücke in ihrer jetzigen Höhenlage zu belassen und einen Umbau des Bahnhofes zu vermeiden.

Die lichte Weite der Brücke über den zukünftigen Schiffahrtskanal mit 58,5 Metern entspricht unter allen Umständen den Bedürfnissen des Verkehrs, da ja für den Kanal auf freier Strecke nur eine Lichtweite von 37,2 Metern vorgesehen ist. Die Mehrbreite mit 21,3 Metern genügt zur Anlage von Wegen und Geleisverbindungen von der Stadt und dem Bahnhofs aus zu den in der Nähe des Kanales gelegenen Hafen- und Landeplätzen.

Wenn nun auch die Eisenbahnbrücke in ihrer Höhenlage belassen werden soll, so ist doch für alle neu zu erbauenden Überbrückungen der projektierten Wasserstraße eine lichte Höhe von 4,6 Metern über der normalen Höhe des Kanalwasserspiegels angenommen

worden, damit der Verkehr möglichst geringe Störungen erleidet. Ohne Schwierigkeit läßt sich dieses Maß auch beim Umbau der Straßenbrücke über die Donau bei Donauwörth sowie bei der Überführung der Eisenbahn von Donauwörth nach Neuöffingen einhalten. Bei dieser Höhenlage der Brücken ergibt sich eine Beschränkung der normalen Lichthöhe mit 4 Metern durchschnittlich nur an drei Tagen im Jahre.

Das Wehr, das den Wasserspiegel im Schiffahrtskanale bei Kleinwasser und Mittelwasser auf seiner normalen Höhe mit 398,8 m + N. N. halten soll, kommt, wie schon angegeben ist, nach Kilometer 80,1 zu stehen, 500 Meter unterhalb der neu zu schaffenden Mündung der Wörnitz. Da das Gefälle der Donau oberhalb der geplanten Wehrstelle etwa 50 Zentimeter auf 1000 Meter Flußlänge beträgt, so wird, zugleich auch mit Rücksicht auf das für den Abfluß der Wörnitz zwischen Kanal und Donau nötige Gefälle, die normale Höhe des durch das Wehr gestauten Wasserspiegels bei dem Wehre selbst schätzungsweise um 20 Zentimeter niedriger angenommen als die normale Höhe in der siebenten Haltung und beträgt sonach . . . . . 398,6 m + N. N.

Wie bei Neuburg, so wird auch bei Donauwörth die Kanalhaltung, die durch die Wörnitz mit der Donau in offener Verbindung steht, in ihrem unterhalb Donauwörth gelegenen Teile durch eine Schleuse gegen das Eindringen des Hochwassers geschützt. Jedoch soll auch hier ein Wasserstand bis zu 80 Zentimetern über der normalen Wasserspieghöhe zugelassen werden.

Die Höhe der Schutzschleuse muß nach dem Hochwasser bestimmt werden, wie es voraussichtlich eintreten wird, wenn der Donau-Durchstich noch nicht besteht und wenn also zunächst die Wasserstraße nur bis Donauwörth ausgeführt ist. In diesem Falle ist der Donau-Wasserstand bei Kilometer 78,9, an welcher Stelle der Kanal in das jetzige Donau-Bett einschneidet, maßgebend für die Höhe der Schleuse. Für diese Stelle berechnet sich die Höhe des außergewöhnlichen Hochwassers vom 28. Dezember 1882 mit 388 Zentimetern am Pegel zu . . . 400,71 + m N. N. Die Anschwellungshöhe, das ist der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Jahreswasserstande, betrug 448 Zentimeter im Jahre 1845 und 360 Zentimeter im Jahre 1882. Die in den letzten Jahrzehnten eingetretene Senkung der Flußsohle in Rechnung gezogen, genügt es daher, wenn die Schutzschleuse für eine Hochwasserhöhe von . . . . . 400,9 m + N. N. eingerichtet wird.

In dem oberhalb Donauwörth gelegenen Teile der siebenten Haltung wird, wie bereits angegeben ist, der Wasserspiegel nach der Anlage des Donau-Durchstiches und gerechnet mit dem Hochwasser vom Jahre 1882 bis zu 1,48 Meter über den normalen Stand ansteigen, eine Höhe, die im Kanale ohne Bedenken zulässig ist. Auch für die Bestimmung der Höhenlage der Schutzdämme gegen seitliches Eindringen von Hochwasser in den Kanal ist der Stand vom 28. Dezember 1882 maßgebend gewesen. Die Krone der Schutzdämme soll einen Meter über diesen Hochwasserstand gelegt werden.

Die Verlegung der Donau bei Donauwörth wurde erst dann ins Auge gefaßt, als die Projektierungs-

arbeiten für den Großschiffahrtsweg nahezu abgeschlossen waren. Um nicht weitgehende Änderungen vornehmen zu müssen, wurde die Höhe des Kanalwasserspiegels in der siebenten Haltung sowie die Lage des Wehres bei Kilometer 80,1 beibehalten. Die Beziehung zwischen der Stauhöhe und der Lage des Wehres entspricht daher nicht der im folgenden Kapitel über die Ausnützung der Wasserkraft an den Wehren angegebenen Bedingung, die Donau bei Donauwörth nur so lange gestaut zu erhalten, bis sie eine sekundliche Wassermenge von etwa 500 Kubikmetern abführt. Bei der jetzigen Lage und Einrichtung des Wehres würde der Wasserspiegel im Kanale um 30 bis 40 Zentimeter unter die normale Höhe herabsinken, wenn obiger Bedingung entsprochen werden sollte. Die Frage, ob es ohne Bedenken möglich ist, mit dem Teile der siebenten Haltung, die oberhalb Donauwörth zu liegen kommt, noch tiefer in das kiesige Gelände einzuschneiden, oder ob das Wehr weiter aufwärts zu verlegen ist, wird das Detailprojekt zu entscheiden haben.

Bei dem Kanalkilometer 103,3 in Nähe der Ortschaft Münster beginnt die achte Haltung mit einer Wasserspiegelhöhe von . . . 422,1 m + N. N., also 23,3 Meter über dem in der Niederung bei Donauwörth gelegenen Kanale. Die achte Haltung endet bei Kilometer 120,3, erreicht also eine Länge von 17 Kilometern. Sie überquert das Tal des Kesselbaches, des Reichenbaches und Nebelbaches, sodann das Tal des Brunnen- und Pulverbaches. Die Überquerung dieser Flußtäler, wie überhaupt die Entwässerung des gesamten Hinterlandes bietet keinerlei Schwierigkeit.

Von der achten Haltung aus und zwar von Kilometer 103,5 ab müßte der Kanal an den Gehängen des Schwäbischen und Fränkischen Jura nach Stepperg hingeführt werden, wenn man ihn ohne Gegengefälle mit der um 12,1 Meter tiefer gelegenen Scheitelhaltung des über Treuchtlingen geplanten Donau-Main-Kanales in Verbindung bringen wollte.

Ebenso wie bei der achten Haltung ist auch bei den drei folgenden Haltungen zwischen Höchstädt und Büchingen an der Brenz, das ist zwischen Kilometer 120,3 und 152,9, die Entwässerung des am Kanale gelegenen Geländes leicht zu bewerkstelligen. Bei der Möglichkeit eines guten Ausgleiches der zu bewegenden Erdmassen verbleibt genügend Höhe, um das Tal der Egau bei dem Kilometer 123,2 und das der Brenz bei dem Kilometer 137,950 zu überqueren.

Es ergab sich für die:

	eine Höhenlage von	eine Länge von
neunte Haltung . . .	430,8 m + N. N.	9,3 km
zehnte „ . . .	441,0 „ + „	11,0 „
elfte „ . . .	449,0 „ + „	12,3 „

Bei den beiden obersten Haltungen zwischen Büchingen und Ulm — Kilometer 152,9 bis 168,5 —

tritt die Frage einer ausreichenden Entwässerung des Binnenlandes wieder mehr in den Vordergrund, wobei namentlich die Nau und die Blau in Betracht kommen. Diese Flüssen werden mit den übrigen Abzugsgräben vereinigt und jeweils beim unteren Ende der entsprechenden Haltung, also nächst dem Oberhaupte der betreffenden Kammerschleuse, unterführt. Nach den darüber angestellten Untersuchungen wurden angenommen für die:

	die Höhenlage zu	die Länge zu
zwölfte Haltung . . .	455,5 m + N. N.	7,5 km
dreizehnte „ . . .	464,0 „ + „	8,1 „

Näher zu besprechen verbleibt noch die Höhe des Wasserspiegels in der dreizehnten Haltung, die bei der Friedrichsau unterhalb der Stadt Ulm mit der Donau bei Kilometer 5,350 in freier Verbindung steht und nur seitlich hochwasserfrei abgeschlossen ist. Wie schon im vorausgehenden Kapitel angegeben ist, kommt das Stauwehr, durch das bei niedriger Donau der Wasserspiegel im Seitenkanale auf seiner normalen Höhe gehalten werden kann, nach Kilometer 5,8 und also 450 Meter unterhalb der Mündung des Seitenkanales zu liegen.

An der Baustelle des Wehres stand am 2. September 1899 der Donau-Wasserspiegel, der am Pegel zu Neu-Ulm bei Kilometer 2,373 eine Höhe von 20 Zentimetern unter Null zeigte, auf . . . . . 461,355 m + N. N., sonach unter der normalen Höhe der dreizehnten Haltung um . . . . . 2,645 Meter. Mit Rücksicht auf die im Staubereich des Wehres hoch gelegenen Ufer kann der geplante Aufstau als zulässig betrachtet werden. Setzt man den Zustand des Flusses vom 2. September 1899 voraus, dann erstreckt sich der Stau, wenn die Donau durch das Wehr auf die Höhe von . . . . . 464,0 m + N. N. gehoben ist, bis zu dem Kilometer 3,0. Dieser Endpunkt des Staues bei Niederwasser wird als der Endpunkt der Großwasserstraße angesehen.

Über die Wassertiefen in der Donau bei normalem Stau gibt folgende Zusammenstellung Aufschluß.

Lage der Messungsstelle, bezogen auf die kilometrische Einteilung der Donau	Die Wassertiefe im Tal- wege nach der Höhen- lage der Flußsohle am 2. September 1899	Die Wassertiefe zwischen den Büchungen nach der Regulierung mindestens
bei Kilometer 3,0	1,00 Meter	0,70 Meter
„ „ 3,5	1,40 „	1,10 „
„ „ 4,0	2,35 „	1,50 „
„ „ 4,5	2,55 „	2,00 „
„ „ 5,0	2,50 „	2,50 „
„ „ 5,5	3,20 „	3,00 „

Nach dem Gange der in jedem Jahre beobachteten niedrigsten Wasserstände war im vorigen Jahrhundert von der Mitte der 30er Jahre an bis gegen Ende der 50er Jahre eine Vertiefung der Flußsohle eingetreten.

Der kleinste Stand der Donau am Pegel zu Neu-Ulm wurde seit seiner Errichtung im Jahre 1826 im September 1855 mit 63 Zentimetern unter dem Nullpunkt beobachtet.

Der Periode der Flußbettvertiefung folgte sodann wieder eine Periode fast stetig fortschreitender Erhöhung, die bis in die 80er Jahre andauerte. Vom Jahre 1863 bis zum Jahre 1893 ist der kleinste, alljährlich eintretende Wasserstand am Pegel zu Neu-Ulm niemals unter den Nullpunkt herabgesunken. Dagegen ist dies seit 1893 alljährlich geschehen.

Im Jahre 1899 ging der Wasserstand am Pegel bis auf 34 Zentimeter und im Jahre 1901 bis auf 47 Zentimeter unter den Nullpunkt zurück. Da bei den geordneten Zuständen, die jetzt an der Donau und zumeist auch bei ihren Seitenflüssen bis in deren Quellgebiete hinauf bestehen, und da bei dem stets zunehmenden Bedürfnis an Baggergut aus der Donau eine abermalige Erhöhung der Flußsohle nicht zu befürchten ist, so kann mit Sicherheit angenommen werden, daß sich die Fahrtiefen mit der Ausführung der geplanten Wasserstraße und bei gestauter Donau mindestens in der oben berechneten Größe einstellen werden. Sonach ist die Möglichkeit eines unmittelbaren Anschlusses der Stadt Neu-Ulm an den Großschiffahrtsweg sichergestellt.

Der bekannt höchste Wasserstand der Donau wurde bei Neu-Ulm am 29. Dezember 1882 in einer Höhe von 465 Zentimetern über dem Pegel-Nullpunkt beobachtet, fällt also in eine Zeit, in der die Flußsohle eine höhere Lage hatte, als dies heute der Fall ist. Dieses Hochwasser überstieg um 424 Zentimeter den niedrigsten Wasserstand im Jahre 1882. Der nächst gelegene und, soweit dies die Aufzeichnungen erkennen lassen, auch eisfreie Hochstand der Donau ist der vom 16. Januar 1849 mit einer Höhe von 438 Zentimetern am Pegel zu Neu-Ulm. Bei diesem Hochwasser betrug die Anschwellungshöhe 440 Zentimeter, sonach um 16 Zentimeter mehr als am 29. Dezember 1882. Um auch dem Rechnung zu tragen, daß den Bedürfnissen des Handels und der Industrie in den an einem Flusse gelegenen Orten meist nur durch eine Verkleinerung des Überschwemmungsgebietes entsprochen werden kann, vor allem dann, wenn sich auf beiden Seiten des Flusses größere Städte bis hart an das Ufer hin erstrecken, so wird man gut tun, trotz der nicht unwesentlichen Senkung der Flußsohle in den beiden letzten Dezennien, die Hochwasserhöhe vom Jahre 1882 der Bestimmung der Höhenlage für die der Wasserstraße dienenden Anlagen zugrunde zu legen, wie dies in vorliegendem Entwurfe geschehen ist.

Die Tabelle 22 enthält die auf den Längenschnitt des Seitenkanales bezüglichen Maße. Über die Angabe dieser Tabelle sei folgendes gesagt.

Die Länge der Großwasserstraße von der Donau bei Saal bis nach Ulm beträgt . . . . . 168,5 Kilometer und ist um 6,1 Kilometer kürzer als der Lauf der Donau, die bei Saal mit ihrem Kilometer 177,6 und bei Neu-Ulm mit ihrem Kilometer 3,0 den Großschiffahrtsweg begrenzt.

Zwischen den vorausgenannten Endpunkten erhebt sich der Schiffahrtsweg bei gewöhnlichem Niederwasser der Donau von 337,0 auf 464,0 Meter über

Normal-Null, so daß sich das gesamte Gefälle der Großwasserstraße berechnet zu . . . 127 Meter.

Zur Überwindung dieser Höhe sind 13 Stufen erforderlich, so daß sich die durchschnittliche Länge einer Haltung bemißt zu 12,88 Kilometer. Abgesehen von der ersten Haltung im Überschwemmungsgebiet der Donau bei Saal mit 1,4 Kilometer, ergeben sich als durchschnittliche Länge der übrigen 12 Haltungen nahezu . . . . . 14 Kilometer. Unter diesen 12 Haltungen beträgt die kleinste Länge einer Haltung . . . . . 7,2 Kilometer, die größte Länge einer Haltung 47,0 Kilometer.

Aus den hier angegebenen Maßen für die Länge der Haltungen ergibt sich, daß ein guter Betrieb auf der Wasserstraße möglich wäre; beträgt doch die mittlere Länge der Haltungen des kanalisiertes Maines von Kostheim bis Offenbach nur 7,4 Kilometer.

Mit Ausnahme zweier Stufen von 23,0 und 23,3 Meter Höhe, die sich, wie bereits angegeben ist, beim Anstieg des Kanales aus der Flußniederung auf die mittlere und obere Donau-Ebene, also bei Saal und bei Donauwörth, vorfinden, können alle übrigen Stufen mit einer einzigen Kammerschleuse überwunden werden. Das Gefälle der Kammerschleusen bei den letzteren Stufen beträgt bei normaler Wasserspiegelhöhe in den Haltungen zwischen 5,0 und 10,2 Metern.

Bezüglich der Längeneinteilung des Seitenkanales sei noch folgendes bemerkt. Bei der Ausarbeitung des Entwurfes über diesen Kanal wurde hinsichtlich seiner Wasserversorgung und seiner Kostenberechnung vorausgesetzt, daß er von der Donau bei Saal ab nur stückweise, entsprechend der zunehmenden Entwicklung des Verkehrs, zur Ausführung kommen wird. Nach der Lage des Seitenkanales können fünf Teilstrecken angenommen werden, die sich, wie nachstehend angegeben, gegeneinander abgrenzen:

Bezeichnung der Teilstrecke der Großwasserstraße	Kilometrische Begrenzung	Länge in Kilometern
1. Teilstrecke: von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ingolstadt . . . . .	0 — 49,4	49,4
2. Teilstrecke: von Ingolstadt bis nach Neuburg . . . . .	49,4 — 67,9	18,5
3. Teilstrecke: von Neuburg bis nach Donauwörth . . . . .	67,9 — 98,6	30,7
4. Teilstrecke: von Donauwörth bis nach Lauingen . . . . .	98,6 — 129,6	31,0
5. Teilstrecke: von Lauingen bis nach Ulm und Neu-Ulm . . . . .	129,6 — 168,5	38,9
Gesamte Länge		168,5

Die Teilung der Kanalstrecke zwischen Donauwörth und Ulm geschah mit Rücksicht auf den Anschluß an eine vom Oberrhein herkommende Wasserstraße, da es von Interesse sein dürfte zu wissen, was die Teilstrecke von dem Anschluß eines aus dem Brenz-Tale herkommenden Rhein-Donau-Kanales bis nach Ulm hinauf kostet. Den Abschluß gerade bei Lauingen, 8 Kilometer unterhalb der Brenz, zu wählen, hat seinen Grund darin, daß bei diesem Orte eine

Staustufe zu liegen kommt und also eine Haltung abschließt.

**Der Querschnitt des Seitenkanales** wurde dem Querschnitt des Dortmund-Ems-Kanales nachgebildet, wie dies auch im generellen Entwurf über einen neuen Donau-Main-Kanal geschehen ist.

Es beträgt die Wassertiefe des Kanales . . . . . 2,5 Meter,  
die Breite der Sohle . . . . . 18,0 Meter.

Bei einer zweimaligen Böschungsanlage berechnet sich sonach der nasse Querschnitt zu . . . . . 57,5 Quadratmeter,  
3,1mal größer als der des Ludwig-Donau-Main-Kanales.

Unter dem Wasserspiegel, und zwar in einer Tiefe von 80 Zentimetern, ist beiderseits eine Berme von je einem Meter Breite. Die Querschnittserweiterung 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 Querschnittserweiterung durch die Bermen beträgt die Breite des Wasserspiegels . . . . . 30,0 Meter.

Das Normalschiff mit rund 600 Tonnen Tragfähigkeit, fünfmal größer als das des Ludwig-Kanales, hat eine Länge von . . . . . 67 Metern,  
eine Breite, gemessen über die Schutzfelgen, von . . . . . 8,2 Metern,

so daß zwei Schiffe bequem aneinander vorüberfahren können, sodann bei voller Ladung einen Tiefgang von . . . . . 1,75 Meter  
und einen Querschnitt unter der Höhe des Wasserspiegels von . . . . 14,35 Quadratmetern.

Das Verhältnis zwischen dem eingetauchten Schiffsquerschnitt und dem nassen Querschnitt des Kanales beträgt sonach wie 1:4 — ein Verhältnis, das in der Regel für Schiffahrtskanäle angenommen wird und das schon Pechmann für den Ludwig-Donau-Main-Kanal gewählt hat.

Der Kanalquerschnitt, wie er durch die obigen Zahlen bestimmt ist, soll außerhalb der Hebewerke nur in folgenden Fällen verschmälert werden. Der eine Fall besteht dort, wo der Kanal mit einer Brücke über ein Gewässer, über eine Straße oder Eisenbahn geführt werden soll.

Der rechteckige Querschnitt der Kanalbrücken erhält eine Breite von . . . 18,0 Metern, so daß sich auch auf der Brücke die Schiffe ausweichen können.

Die Wassertiefe in den Kanalbrücken wurde zu . . . . . 3,0 Meter bemessen, wo nicht besondere Schwierigkeiten die Vergrößerung der normalen Wassertiefe im Kanal um 50 Zentimeter verhinderten. Eine größere Tiefe in den Kanalbrücken wird im allgemeinen deshalb gewählt, damit der Schiffswiderstand nicht zu wesentlich über den im normalen Querschnitt ansteigt; sodann auch deshalb, damit einer Vertiefung des Kanales, wenn sie sich späterhin als wünschenswert erweisen sollte, die teuren Kunstbauten kein Hindernis bieten.

Ebenso ist bei dem Tunnel, der zwischen Kilometer 4,4 und 5,0 durch den Jura-Felsen gebrochen werden soll, eine Verschmälerung des Querschnittes

gegenüber der freien Kanalstrecke angenommen. Die lichte Weite zwischen den beiderseitigen, je 2 Meter breiten Ziehwegen wurde zu . . . . . 9,0 Meter,  
die Wassertiefe zu . . . . . 4,0 Meter bemessen. Es könnten sonach Schiffe im Tunnel einander nicht ausweichen, jedoch wäre dieser Umstand mit Rücksicht auf die kurze Länge des Tunnels für den Betrieb der Schifffahrt nicht nachteilig.

Eine Verschmälerung des Kanalquerschnittes tritt ferner noch da ein, wo ein Sicherheitstor eingebaut wird. Dasselbe erhält zwei Durchfahrtsöffnungen mit einer Breite von je . . . 8,6 Metern und einer Wassertiefe von . . . . 3,0 Metern, so daß der Verkehr der Schiffe nur geringe Störung durch Verminderung der Fahrgeschwindigkeit beim Durchfahren eines Tores erleidet.

Die Brücken über den Kanal sind projektiert mit einer lichten Weite zwischen den Widerlagern von . . . . . 37,2 Metern und mit einer kleinsten Lichthöhe der Unterkante der Brücke über dem normalen Wasserstande, das ist bei 2,5 Meter Wassertiefe im freien Kanale, von . . . . . 4,0 Metern.

Durch eine einmalige Anlage der Kanalböschungen über den Bermen wird es möglich, beiderseits die Ziehwege noch mit 3 Meter Breite durchzuführen, ohne die obengenannte Größe des Normalquerschnittes zu verkleinern.

Den Kanalquerschnitt, wie er dem Entwurf zugrunde liegt, gibt nachfolgende Darstellung. Es bleibt der Ausführung überlassen, ihn im einzelnen den Angriffen des Wassers, welche durch die fahrenden Schiffe veranlaßt werden, entsprechender zu gestalten und so die Wassertiefe in der Mitte des Kanales größer zu wählen als am Fuße der Böschungen.

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

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

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

Der Berechnung der Wassermenge für die Füllung der Kammern wurde eine mittlere Länge von 74,5 Metern zugrunde gelegt, woraus sich der horizontale Querschnitt der mit Wasser gefüllten Kammer bestimmt zu . 671 Quadratmeter.

Da bei allen Kammerschleusen die Kosten der Seitenmauern des Unterhauptes für eine Straßenüberführung von 11 Metern in den Anschlag aufgenommen sind, das Bedürfnis zur Aufstellung einer Brücke und

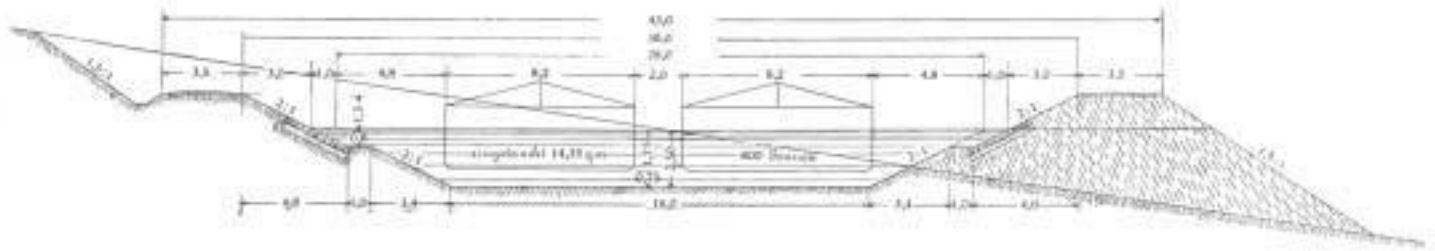
## Normalquerschnitte

des projektierten Kanales längs der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm.

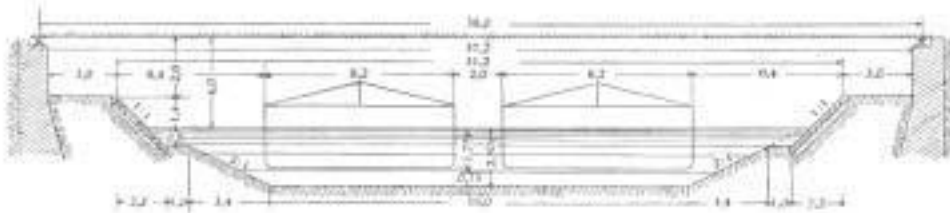
Die Ausmaße der Normalquerschnitte entsprechen denen am Dortmund-Ems-Kanale.

Schiffsquerschnitt 14,35 qm. Wasserquerschnitt 57,5 qm ohne die Querschnitte über den Bermen.  
Verhältnis der beiden Querschnitte: 1 : 4.

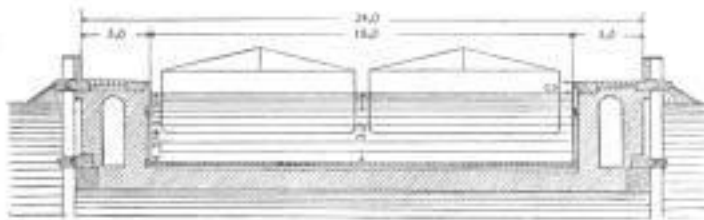
Kanal auf freier Strecke.



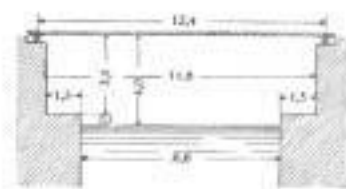
Kanal bei einer Überbrückung.



Querschnitt durch den Scheitel einer Kanalbrücke.



Querschnitt durch das Unterhaupt einer Kammerschleuse mit Überbrückung.



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. Das Bedürfnis zu einer Änderung der angegebenen Maße wird sich je nach den Schiffstypen, die bis zur Ausführung der Wasserstraße gebräuchlich sind, geltend machen.

**Die Wehranlagen in der Donau.** — Für die in der Donau geplanten Wehre ist im Entwurf eine von Herrn Carstanjen, dem stellvertretenden Direktor der Vereinigten Maschinenfabriken Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg, erfundene Wehrkonstruktion, das sogenannte Walzenwehr, vorgesehen, nachdem es mit Erfolg im Main-Wehre bei Schweinfurt zur Ausführung gekommen ist. Dort wurde in den letzten Jahren der Grundablaß, der in einer Abzweigung aus dem Hauptarme des Maines liegt, sowie das Überfallwehr im Hauptarme mit je

einem Walzenwehre abgeschlossen. Die Bauten kamen unter der Leitung des Kgl. Bauamtmannes Freytag zur Ausführung.

Es beträgt

bei dem Grundablaß:

die lichte Weite der Öffnung	die Stauhöhe
18,0 Meter	3,6 Meter,

bei dem Überfallwehr im Hauptarme des Maines:

die lichte Weite der Öffnung	die Stauhöhe
35,0 Meter	2,0 Meter.

Zurzeit sind zwei größere Walzenwehre in der Ausführung begriffen, das eine in der Mangfall bei Rosenheim für die Spinnerei Kolbermoor mit einer lichten Weite von 30 Metern und mit einer Stauhöhe von 1,8 Meter, das andere in der Brahe bei Brahnau unweit Bromberg. Die bezüglichen Maße für dieses Wehr sind: 22 Meter und 2,5 Meter.

Die nachfolgenden Abbildungen, deren Veröffentlichung in dieser Denkschrift Herr Direktor Carstanjen gütigst genehmigt hat, zeigen die Kon-

struktion des Wehrverschlusses für den Hauptarm des Maines bei Schweinfurt.<sup>1)</sup>

Die Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg hat auf Ansuchen des technischen Amtes in dankenswerter Weise auch Pläne und Kostenanschläge für die drei Donauwehre gefertigt. Der Abschluß der zu je 35 Meter lichter Weite geplanten Öffnungen in den Wehren erfolgt durch eine aus Eisenblech konstruierte und mit Winkeleisen versteifte Walze, die je nach Bedarf oben und unten Ansätze mit birnförmigem Querschnitt erhält, so daß ein Abschluß bis zu 4,5 Meter Höhe gebildet werden kann, also wesentlich über das Maß hinaus, das mit Nadelwehren zu erreichen ist. Jede Walze stützt sich mit ihren beiden zylindrisch geformten Enden auf Zahnstangen, die flußabwärts geneigt in die die Wehröffnung begrenzenden Wänden eingelassen sind. Auf diesen beiden Zahnstangen kann die Walze auf und ab gerollt werden, gerade wie man beim Auf- und Abladen schwerer Stammhölzer verfährt.

In etwa einer halben Stunde läßt sich eine Walze von ihrem tiefsten Stande bis über das höchste Hochwasser hinaus heben, so daß es möglich ist, dem Hochwasser und dem Eisgange rasch einen Weg zu öffnen. Auch würden die Eisbildungen im Fluß bei gestautem Wasser keine Gefahr verursachen, wie dies bei den Nadelwehren und bei den Wehren mit Schützen der Fall ist. Durch zeitweises Öffnen des Wehres ist leicht zu verhindern, daß sich nächst oberhalb der Wehranlage eine starke Eisdecke bildet, die dann, wenn der Stau bei drohendem Eisgange aufgehoben werden müßte, die Walzen durch Aufstoßen beschädigen könnte. Nach dem Abgange des Eises kann der Stau sofort wiederhergestellt werden, während bei den Nadelwehren mit Rücksicht auf einen Kälterückfall immer einige Tage zugewartet werden muß. Die Walzenwehre bieten sonach für die Schifffahrt und für die Wasserkraftausnutzung den Vorteil, daß der Stau länger bestehen kann, als dies bei jeder anderen Wehrkonstruktion möglich ist.

Ein besonderer Vorzug der Walzenwehre besteht sodann noch darin, daß die Sohle des Wehres, auf die sich die Walze auflegt, vollkommen eben hergestellt ist. Jede bei offenem Wehre entstandene Aufkiesung des Wehrrückens wird beim Ablassen der Walze infolge der Wirkung des Staus abgetrieben, der Wehrrücken wieder vollständig gesäubert, so daß eine Beschädigung des Wehrverschlusses oder eine Beeinträchtigung seiner Wirksamkeit durch die Geschiebe, wie dies bei Nadelwehren mit den auf der Sohle befestigten Böcken zu befürchten wäre, gänzlich ausgeschlossen ist. Auch bei den Walzenwehren würden die Steine auf dem Wehrrücken durch die Geschiebebewegung abgeschliffen werden, doch geben diese allgemein vorkommenden Schäden, die nach und nach entstehen und ohne Schwierigkeit wieder zu beheben sind, zu keinem besonderen Bedenken Anlaß.

<sup>1)</sup> Carstanjen: Walzenwehre. IX. Internationaler Schifffahrtkongreß. Düsseldorf 1902. 10. Mitteilung. — Über Walzenwehre. Vortrag, gehalten in der Versammlung der Fachgruppe der Bau- und Eisenbahningenieure am 23. April 1903. Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architektenvereines. Wien 1903.

Der Umstand, daß auch eine stärkere Oberkiesung des Wehrrückens der Wiederherstellung des Staus kein Hindernis bietet, läßt es zu, die Oberkante eines Wehrrückens unter die zurzeit der Wehranlage bestehende Sohlenhöhe zu legen. Ohne die Kosten der Fundierung übermäßig zu erhöhen, kann dadurch eine Vertiefung der Flußsohle auch nach dem Baue des Wehres ermöglicht werden.

Nach dem vorliegenden Entwurfe soll bei jeder Wehranlage der Wehrrücken in der Flußöffnung, die bei aufgezogener Walze und bei vollständig aufgehobenem Stau auch für die Schifffahrt benützt werden kann und die daher auch als Schifffahrtsöffnung bezeichnet wird, unter die mittlere Höhe der Flußsohle gelegt werden. Diese Höhe wurde für die Donau von Ulm bis Kelheim nach Aufnahmen aus dem Jahre 1899 bestimmt und ist auf Blatt V dargestellt.

Es beträgt nun:	die Tiefe der Oberkante des Wehrrückens unter der mittler. Höhe der Flußsohle im Jahre 1899:
für die Wehranlage unterhalb der Stadt	
Neu-Ulm . . . . .	0,635 Meter
Donauwörth . . . . .	0,658 „
Neuburg . . . . .	0,640 „

Noch ein Weiteres ist bei der Projektierung der Wehranlage geschehen, um auch dem Bedenken entgegenzutreten, daß die Stauung der Donau eine schädliche Erhöhung der Flußsohle bei diesen Anlagen herbeiführen könnte. Wie bereits bei der Besprechung des Längenschnittes des Seitenkanales erwähnt wurde, soll die Donau gestaut werden:

unterhalb der Stadt	bei dem Donau-Kilometer	bis auf eine Höhe von
Neu-Ulm . . . . .	5,8 . . .	464,000 m + N. N.
Donauwörth . . . . .	80,1 . . .	398,600 „
Neuburg . . . . .	112,1 . . .	378,000 „

Setzt man voraus, daß die Donau bei jedem Wehre sowie bei dem in jedem Falle nahe dabei gelegenen Pegel in gleichem Maße ansteigt oder abfällt, dann entspricht nach dem Zustande des Flußbettes vom Jahre 1899 die vorausgenannte Höhe über Normal-Null:

an der Pegelstation	bei dem Donau-Kilometer	einem Wasserstand über dem Nullpunkt von
Neu-Ulm . . . . .	2,373 . . .	245 cm
Donauwörth . . . . .	78,439 . . .	235 „
Neuburg . . . . .	110,786 . . .	194 „

Bei den vorgenannten Wasserständen wurden von der Donau abgeführt:

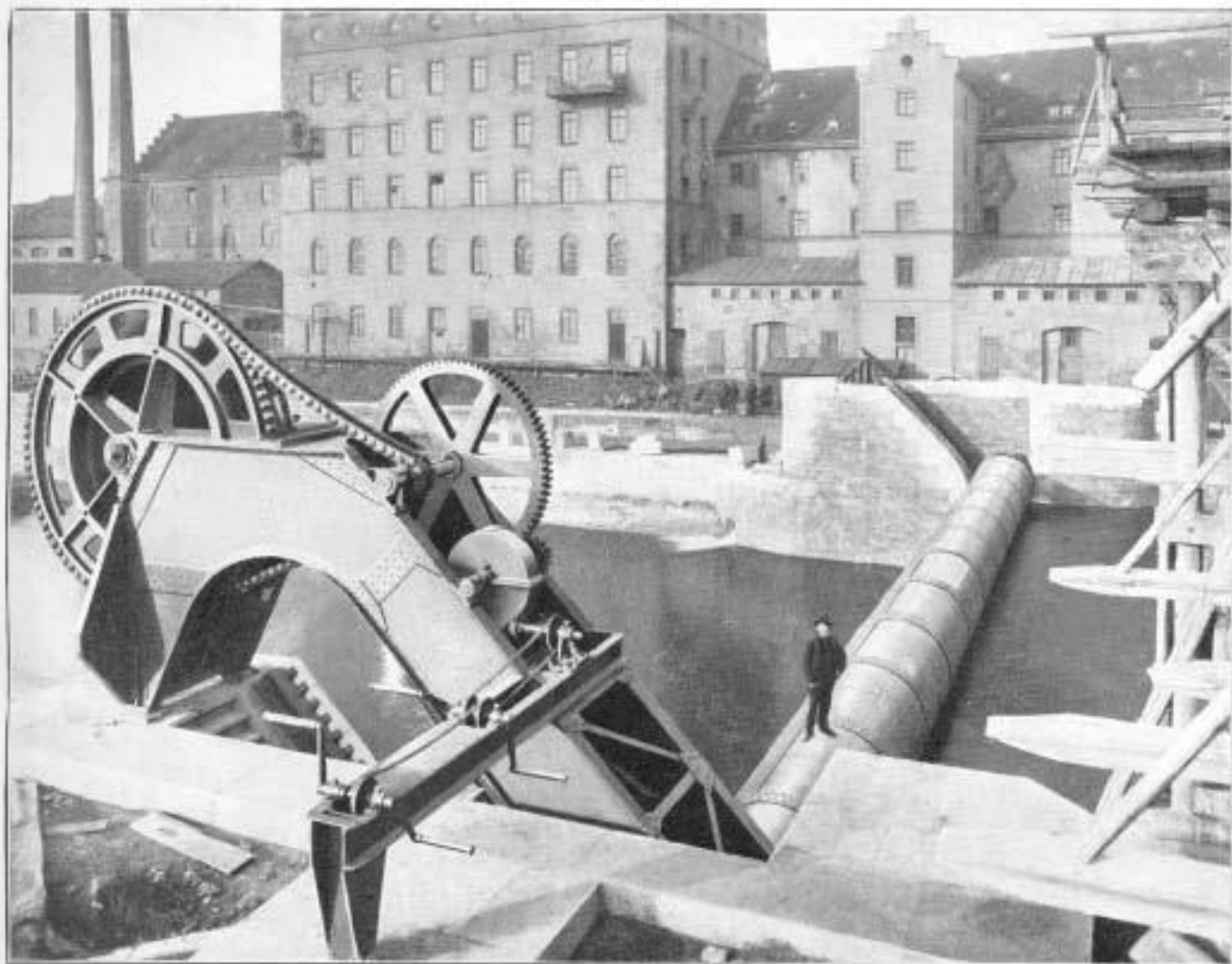
	cbm/Sek.	in Prozenten der größten Hochwassermenge
bei Neu-Ulm . . . . .	670 . . .	= 46
„ Donauwörth . . . . .	607 . . .	= 36
„ Neuburg . . . . .	810 . . .	= 39

Der Stau der Donau soll jedoch nur so lange bestehen bleiben, als dies der Zweck der Großwasserstraße erfordert, demnach so lange als dies zur Erhaltung einer Wassertiefe von 2,50 Metern in den zur Donau offenen



# Walzenwehr im Hauptarm des Maines zu Schweinfurt.

Obersicht.



Höchste Stellung des Verschlusskörpers.



Haltungen sowie zur Erhaltung einer Tiefe von 2,0 Metern in der Donau nächst oberhalb der Wehre bei Neu-Ulm und Neuburg behufs Kreuzung des Flusses mit vollbeladenen 600 Tonnen-Schiffen erforderlich ist.

Die nötigen Fahrtiefen bei freier Donau sind vorhanden, sobald das Wasser steht:

am Pegel zu	auf einer Höhe über dem Nullpunkt von rund
Neu-Ulm . . . . .	150 Zentimetern
Donauwörth . . . . .	200 "
Neuburg . . . . .	140 "

Bei diesen Wasserständen werden von der Donau abgeführt:

	cbm/Sek.	in Prozenten der größten Hochwassermenge
bei Neu-Ulm . . . . .	354 . . . . .	= 24
„ Donauwörth . . . . .	513 . . . . .	= 32
„ Neuburg . . . . .	613 . . . . .	= 29

Da außerdem bei jeder Aufhebung des Staus, sei dies durch Eisgang oder durch höhere Wasserstände veranlaßt, in Verbindung mit einer entsprechenden Einschnürung des Niederwasserbettes der Fluß kräftig ausgespült wird, so können wohl keine Bedenken in Hinsicht auf eine genügende Geschiebeabfuhr bei den Wehranlagen bestehen. Wie später gezeigt werden soll, ist eine derartige Beschränkung in der Dauer des Staus auch in Hinsicht auf eine wirtschaftliche Ausnützung der Wasserkraft zulässig.

Aus den vorstehenden Betrachtungen über die Konstruktion der Walzenwehre, über ihre Wirkungsweise, über die Höhenlage der Wehrrücken und ferner aus den Betrachtungen über die Dauer des Staus geht sonach hervor, daß bei diesem neuartigen Wehre die seither gegen eine Stauanlage in der Donau mit Rücksicht auf Hochwasser, Eisgang und Geschiebebewegung bestandenen Bedenken nicht aufrechterhalten werden können.

In jede Wehranlage, die der Entwurf vorsieht, soll eine Kammerschleuse mit den gleichen Abmessungen wie bei denen im Seitenkanale eingebaut werden, so daß die Donau dem Verkehre geöffnet bleibt und auch größere Schiffe bei höheren Wasserständen den Fluß zur Talfahrt benützen können. Selbstverständlich wird auch eine Fischgasse zur Ausföhrung kommen. Dagegen wird eine besondere Öffnung in den Wehren für den Floßverkehr, deren Kosten sich durchschnittlich auf etwa 180 000 Mark für jedes Wehr belaufen, zu ersparen sein. Bei dem geringen Verkehre von Floßholz kann dieses seinen Weg durch die Kammerschleusen nehmen.

Nach einer gütigen Mitteilung der Kgl. Bauinspektion Ulm sind in den beiden Jahren 1901 und 1902 je 121 Flöße von Ulm aus auf der Donau abgeföhren. Der Geldwert dieser Flöße betrug im Jahre 1901 77 760 Mark, im Jahre 1902 81 030 Mark. In den letzten Jahren sei der Holzhandel allerdings flau gewesen, doch genüge es, jährlich einen Verkehre von 150 Flößen anzunehmen.

Die Querschnitte der Wehre bei Neu-Ulm sowie bei Donauwörth und Neuburg sind auf Blatt III dargestellt. Der Grundriß des Wehres bei Neu-Ulm,

das nach einem Vorschlage des Baurates Prüssmann<sup>1)</sup> als sogenanntes gebrochenes Wehr gedacht ist, ist im Lageplan auf S. 25 ersichtlich.

Die auf den Hochwasserabfluß bei den Wehren bezüglichen Ausmaße sind in der Tabelle 12 angegeben. Sie lassen erkennen, daß bei den vorgesehenen Lichtweiten die Hochwasser unschädlich abgeföhrt werden.

Was die Kosten der Wehranlagen anlangt, so geben darüber die Tabellen 13, 14 und 15 den nötigen Aufschluß. Die in diesen Tabellen angegebenen Kosten sind unter der Voraussetzung berechnet, daß nicht Turbinenpfeiler, wie sie in den Querschnitten auf Blatt III erscheinen, sondern daß gewöhnliche Pfeiler zur Ausführung kommen, wie dies mit alleiniger Rücksicht auf die Wasserstraße zu geschehen hätte. Die Gesamtkosten betragen für das Wehr unterhalb der Stadt:

Neu-Ulm . . . . .	1 534 000 Mark
Donauwörth . . . . .	2 300 000 „
Neuburg . . . . .	1 798 000 „

Die hohen Kosten für die Wehranlage bei Donauwörth werden dadurch veranlaßt, daß der feste Boden, auf den die Wehrpfeiler fundiert werden müssen, 7 bis 8 Meter unter der Flußsohle gelegen ist. Bei den beiden anderen Wehren liegt der felsige Untergrund wesentlich höher, und wahrscheinlich sind die Verhältnisse in Wirklichkeit noch günstiger, als sie im generellen Entwurfe vorausgesetzt wurden. Doch im günstigen Falle wird die leichte Beweglichkeit der Flußsohle der Donau Anlaß zu wesentlich höheren Kosten geben, als sie für die Wehranlage im Maine in dem generellen Entwurf über eine Großwasserstraße von Aschaffenburg bis Bamberg berechnet wurden.<sup>2)</sup>

### Die Wasserversorgung des Seitenkanales

für den Betrieb der Schiffahrt ist längs der Donau eine einfache Sache. Sie geschieht für die erste Teilstrecke von Saal bis nach Ingolstadt, die, wie angegeben wurde, eine Zeitlang für sich bestehend zu betrachten ist, durch einen aus der Donau oberhalb Ingolstadt abzweigenden Leitgraben, für die übrigen Teilstrecken durch unmittelbaren Zufluß aus der bei Neuburg, Donauwörth und Ulm gestauten Donau.

Was den Leitgraben bei Ingolstadt betrifft, so ist in dem Entwurfe vorausgesetzt, daß er bei Kilometer 46,9 in den Schiffahrtskanal einmündet und sonach unter der Bahn nach München und Augsburg hindurchgeföhrt werden soll. Diese Unterföhrung wäre zu ersparen und damit auch ein Teil der Kosten für die Herstellung des Leitgrabens, wenn man den Schiffahrtskanal schon bei der ersten Anlage bis zu Kilometer 49,4, dem oberen Ende der bei Ingolstadt gelegenen Haltung, hinföhrte. Da jedoch mit einer solchen Bauausföhrung nicht sicher gerechnet werden

<sup>1)</sup> Prüssmann: Ausnützung der Wasserkräfte an Wehren kanalisierter Flüsse. Mitteilung an den IX. internationalen Schiffahrtskongreß in Düsseldorf. Münster 1902. Auch zum Abdruck gebracht in der Zeitschrift für Binnenschiffahrt. Berlin 1902.

<sup>2)</sup> Denkschrift über die Donau-Main-Wasserstraße, 1903, S. 129.

kann, so muß hier der ungünstige Fall, also eine Einmündung des Leitgrabens bei Kilometer 46,9, der Kostenberechnung zugrunde gelegt werden. Die Stelle, bei der die Abzweigung des Leitgrabens aus der Donau geplant ist, liegt bei dem Flußkilometer 123,7. Dort hatte die Donau am 28. August 1899 bei 9 Zentimeter unter dem Nullpunkte am Pegel zu Ingolstadt, also bei einem niedrigen Wasserstande, eine Höhe von 368,2 Metern über Normal-Null. Da der Wasserspiegel in der Kanalhaltung bei Ingolstadt, in die der Leitgraben geführt werden soll, normal auf eine Höhe von 365,0 m + N. N. zu liegen kommt, so stände bei dem Niederwasser, wie es am 28. August 1899 vorhanden war, ein Gefälle von 3,2 Metern zur Verfügung. Mit Rücksicht auf die Schwankungen in der Höhenlage der Flußsohle der Donau und auch mit Rücksicht auf noch niedrigere Wasserstände als die vorausgenannten soll nicht das ganze Gefälle, sondern nur ein solches von 2,0 Metern in Ansatz gebracht werden, so daß das Gefälle des Leitgrabens bei einer Länge von 8 Kilometern noch 25 Zentimeter auf 1000 Meter beträgt. Unter dieser Bedingung, sodann bei einer Wassertiefe von 1,5 und bei einer Sohlenbreite von 4,5 Metern und ferner bei einmaliger Böschungsanlage berechnet sich:

der Wasserquerschnitt zu . . . 9,000 Quadratmeter,  
die mittlere sekundliche Wassergeschwindigkeit zu . . . 0,640 Meter,  
die sekundliche Wassermenge zu 5,760 Kubikmeter.

Nimmt man die Versickerung und die Verdunstung für eine Sekunde und für einen Kilometer Kanal ebenso wie in dem Entwurfe über eine neue Donau-Main-Wasserstraße zu 14 Liter an<sup>1)</sup> und geht man hinsichtlich des zur Schleusung der Schiffe notwendigen Wassers von den gleichen Voraussetzungen aus, wie sie für die Donau-Main-Wasserstraße gemacht wurden, dann berechnet sich der sekundliche Wasserbedarf für die Kanalstrecke von Ingolstadt bis zur Donau bei Saal und zwar unter der Voraussetzung, daß ein jährlicher Güterverkehr von 4 Millionen Tonnen stattfindet, nach Tabelle 16 zu nahezu 4,0 Kubikmeter, also um 1,76 Kubikmeter weniger, als der Leitgraben bei 1,50 Meter Wassertiefe und bei 25 Zentimeter Gefälle zu fördern vermag. Die überschüssige Wassermenge des Leitgrabens könnte in der Nähe seiner Mündung in den Schiffahrtskanal nutzbar gemacht werden, da an dieser Stelle ein Gefälle von etwa 3,0 Metern zu gewinnen wäre.

Da Sohle und Böschungen des Leitgrabens gepflastert werden sollen, und da der Graben etwa 3,0 Meter tief in das Gelände eingeschnitten wird, so könnte die Wassertiefe im Leitgraben bei höheren Ständen der Donau bis zu 2,50 Metern ansteigen. Bei gleichem Gefälle wie voraus beträgt in diesem Falle:

der Wasserquerschnitt . . . 17,500 Quadratmeter,  
die mittlere sekundliche Wassergeschwindigkeit . . . 0,850 Meter,  
die sekundliche Wassermenge 14,875 Kubikmeter.

Von dieser Wassermenge könnten 11,5 Kubikmeter dem Schiffahrtskanale zugeführt werden, wovon 7,5 cbm/Sek. zur Gewinnung von Kraft an den Stufen des Kanales zur Verfügung ständen. Der Rest mit 3,375 cbm/Sek. wäre zur Kraftgewinnung in der Nähe der Mündung des Leitgrabens in den Schiffahrtskanal bei einem mittleren Gefälle von 3,5 Metern verwendbar.

Die Kosten für den 8 Kilometer langen Leitgraben betragen im ganzen . . . 600 000 Mark.  
Im einzelnen sind die Kosten berechnet wie folgt:

Grunderwerbung . . . . .	28 800 Mark,
Erdarbeiten . . . . .	186 400 "
Pflasterarbeiten . . . . .	270 000 "
Überführungen von Straßen und Eisenbahnen . . . . .	64 500 "
Einlaßschleuse, Grundablaß, Auslaßschleuse, sodann ein Wohngebäude für einen Wärter . . . . .	45 000 "
Hochwasserschutz . . . . .	5 300 "
<hr/>	
Gesamtkosten wie oben	600 000 Mark.

Der sekundliche Bedarf an Wasser für die einzelnen Teilstrecken des Seitenkanales von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm ist in der Tabelle 16 angegeben. Er beträgt für Versickerung und Verdunstung auf der ganzen Länge des Seitenkanales . . . . . 2,3 cbm und für den Betrieb der Kammerschleusen bei einem jährlichen Güterverkehr von 4 Millionen Tonnen bei keiner Schleuse mehr als . . . . . 3,5 cbm  
sonach der größte sekundliche Bedarf . . . 5,8 cbm,  
eine Wassermenge, die gegenüber der zur Verfügung stehenden Menge verschwindend klein ist.

Sparbecken sollen nur bei Kammerschleusen mit 9 Meter Gefälle und darüber angewendet werden und zwar zur Ausgleichung des Wasserbedarfes in den einzelnen Strecken des Seitenkanales und zur Vermeidung einer zu starken Absenkung des Wasserspiegels in der Nähe der hohen Kammerschleusen. Die Sicherung der Dichtigkeit des Seitenkanales ist in der gleichen Weise vorgesehen wie im Entwurfe über einen neuen Donau-Main-Kanal und zwar entsprechend dem erfolgreichen Vorgehen beim Baue des Dortmund-Ems-Kanales<sup>1)</sup>. Der zur Sicherung der Dichtigkeit notwendige Lehm läßt sich auf der ganzen Strecke mit entsprechenden Kosten beschaffen.

<sup>1)</sup> Mathies: Mittel zur Sicherung der Dichtigkeit eines Kanales im Auftrag und Abtrag. VIII. internationaler Schiffahrtkongreß. Brüssel 1898.

<sup>1)</sup> Denkschrift. 1903. S. 33 bis 37.

# IV. Die Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse

## durch die Anlage eines Schifffahrtskanales entlang der Donau und die Ausnützung der Wasserkräfte.

Jeder Bau einer künstlichen Wasserstraße hat eine **Besserung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse** in weiter Umgebung dieser Straße im Gefolge, wie dies bereits in der Denkschrift über eine neue Donau-Main-Wasserstraße hervorgehoben wurde. Zunächst erfordert die Wasserstraße zu ihrer Sicherheit vielfach eine bessere Regelung des Wasserabflusses, da sie selbstverständlich nicht so leicht wie eine Eisenbahn schwierigen Terrainverhältnissen aus dem Wege gehen kann. Sodann schafft ein Schifffahrtskanal Gelegenheit zur Entwässerung oder zur Bewässerung von Grundstücken und ferner auch Gelegenheit zur Ausnützung der Wasserkräfte.

Die umfangreichen Meliorationswerke, die mit dem Baue künstlicher Wasserstraßen unmittelbar verknüpft sind oder sich mit ihm verknüpfen lassen, wirken für sich schon anregend und fördernd auf Landwirtschaft und Industrie, schaffen Werte, die den an der Wasserstraße Wohnenden ohne ihr Zutun oder in einzelnen Fällen mit geringer Beihilfe zugute kommen. Das sind Vorteile, wie sie in dem Umfange niemals mit dem Bau einer Eisenbahn verbunden sind und die deshalb auch bei der Beurteilung der Kostensumme für den Bau eines Schifffahrtskanales Berücksichtigung finden müssen.

Was nun den Schifffahrtskanal längs der Donau betrifft, so sei zunächst darauf hingewiesen, daß sich mit der Durchschneidung des Donau-Mooses durch den Seitenkanal zwischen Riedhausen und Unter-Eichingen auf eine Länge von 11 Kilometern eine ausgiebige Entwässerung, eine bequeme Ausbeute und eine billige Urbarmachung dieses Mooses ermöglichen läßt. Ebenso wertvoll wäre der Kanal für das zwischen Ingolstadt und Neuburg gelegene Donau-Moos, an dessen nördlicher Grenze er auf eine Länge von 18 Kilometern vorüberzieht.<sup>1)</sup> Zudem läßt sich dem Schifffahrtskanale mit Ausnahme weniger Strecken eine derartig hohe, das Gelände beherrschende Lage geben, daß er auch als Bewässerungskanal dienen könnte.

<sup>1)</sup> Dr. Spöttle: Kurze Darstellung der Kultur-entwicklung im Donau-Moos. Augsburg 1896.

Die für den generellen Entwurf einer künstlichen Wasserstraße vorgesehenen Kosten schließen es im allgemeinen aus genau zu bestimmen, welche Lage und Höhe den einzelnen Haltungen zu geben wären, um den Bedürfnissen nach einer Melioration des Geländes so weit entgegenzukommen, als sich dies mit dem Zweck, eine leistungsfähige Wasserstraße zu schaffen, verträgt. Dies war auch für den vorliegenden Entwurf der Fall, der in erster Linie die Frage zu entscheiden hatte, ob sich eine leistungsfähige Wasserstraße durch das südliche Bayern hindurch bis nach Neu-Ulm hinauf mit verhältnismäßigen Kosten herstellen läßt. Die Ingenieure, denen späterhin die Ausführung der Wasserstraßen in Bayern obliegen wird, werden sicher mit allem Eifer bestrebt sein, ihre Unternehmungen in eine möglichst gute Beziehung zu der ganzen Umgebung zu setzen und alle wirtschaftlichen Vorteile, die sich mit einer Wasserstraße ohne Schädigung ihres Zweckes verbinden lassen, auch in vollem Maße auszunützen.

Leichter und sicherer als für die soeben erwähnten Meliorationen lassen sich im Rahmen eines generellen Entwurfes die Werte bestimmen, die durch eine Ausnützung der Wasserkräfte zu gewinnen sind. Die Möglichkeit dieser Ausnützung wurde daher auch eingehender untersucht. Doch wurde dieser Frage auch deshalb näher getreten, weil einerseits, wie dies bereits hervorgehoben wurde, nach den Neuerungen auf dem Gebiete der Flußbautechnik die früher mit mehr oder weniger Recht gegen die Anlage von Wehren in der Donau geltend gemachten Bedenken hinfällig geworden sind, andererseits aber gerade die Möglichkeit einer Ausnützung der Wasserkräfte in Verbindung mit einer künstlichen Wasserstraße große Hoffnungen erregt hat.

**Die Ausnützung der Wasserkraft an den Wehren der Donau.** — Durch die Stauwehre bei Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg soll dem Schifffahrtskanale längs der Donau nur so viel Wasser

zugeleitet werden, daß in keiner Haltung mehr als 11,5 Kubikmeter in der Sekunde abfließen. Der Verlust an Wasser, der in dem Seitenkanale durch Verdunstung und Versickerung entsteht, beträgt nach der Tabelle 16 für die Strecke:

von Neu-Ulm bis Donauwörth . . . . .	0,90 cbm/Sek.
„ Donauwörth bis Neuburg . . . . .	0,40 „
„ Neuburg bis zur Donau bei Saal . . . . .	1,00 „

Da anzunehmen ist, daß durch die kleineren Wasserläufe, die in den Seitenkanal eingeleitet werden, ein großer Teil der vorausgenannten Wassermengen dem Kanale zugeführt wird, so wurden zur Berechnung der bei den Wehren ausnützbaren Wassermenge von dem sekundlichen Abfluß der Donau nur 12 Kubikmeter abgezogen und damit auch die Wassermenge berücksichtigt, die bei den Wehren durch Versickerung und zum Durchschleusen der Schiffe und Flöße für die Wasserkraftausnutzung verloren geht.

Die Berechnung der Wasserkräfte an den Wehren geschah nach einem von Prüssmann angegebenen Verfahren in der gleichen Weise wie in der Denkschrift über eine neue Donau-Main-Wasserstraße für die Wehre im Main.<sup>1)</sup> Die zu dieser Berechnung notwendigen Angaben über die Häufigkeit der Wasserstände der Donau wurden nach den Aufzeichnungen der zehn Jahre 1892 mit 1901 ermittelt, die Anzahl der Tage mit fließendem oder stehendem Eise nach den Beobachtungen in den dreißig Winterperioden 1873/1874 mit 1902/1903. Die Ergebnisse dieser Erhebungen sind in den Tabellen 3 mit 10 zusammengestellt.

Unter Annahme der um 12 Kubikmeter verkleinerten Wassermenge, die dem kleinsten Donaustande in den zehn Jahren 1892 mit 1901 entspricht, und unter der Voraussetzung, daß die Flußsohle der Donau sich bis auf die Höhe des Wehrrückens in der Schiffahrtsöffnung vertieft und daß das Wasserspiegelgefälle, wie es zurzeit an der Wehrstelle besteht, keine wesentliche Änderung erfährt, wurde die kleinste Wasserspiegelhöhe bei den Wehren und damit die unterste Grenze des Aufstaus berechnet. Die oberste Grenze wurde nur mit Rücksicht auf die nötige Fahrtiefe in dem Großschiffahrtswege bestimmt. Wie bereits auf Seite 34 erwähnt ist, soll der Stau an den einzelnen Wehren nur so lange erhalten bleiben, bis sich durch höhere Wasserstände der freien Donau die notwendige Fahrtiefe einstellt. Der Kraftverlust, der durch das vorzeitige Niederlegen der Wehre eintritt, ist ein sehr mäßiger, wie sich dies aus den Angaben der Tabellen 17, 18 und 19 entnehmen läßt. Nach diesen Tabellen beträgt unter der angegebenen Beschränkung die durchschnittlich im Jahre ver-

wertbare sekundliche Wasserkraft an der Wehranlage unterhalb:

Neu-Ulm . . . . .	1801 PS
Donauwörth . . . . .	2919 „
Neuburg . . . . .	3425 „
im ganzen bei den drei Wehren	8145 PS.

Nach der Tabelle 20 ist bei der Berechnung der Wasserkräfte angenommen, daß nur ein Teil der größten je am Wehre vorhandenen Wasserkraft ausgenutzt wird, so an dem Wehre unterhalb:

Neu-Ulm . . . . .	50 Prozent der vorhandenen Wasserkraft,
Donauwörth 69 „ „ „	„
Neuburg 78 „ „ „	„

also mit zunehmender Niederwassermenge eine stärkere Ausnutzung. Dabei ist die größte sekundlich verwertbare Wasserkraft so bemessen, daß sie durchschnittlich an etwa 200 Tagen im Jahre zur Verfügung steht. Inwieweit eine größere Ausnutzung noch wirtschaftlich wäre, müßte in jedem einzelnen Falle nach dem Verbräuche an Energie festgestellt werden.

Über den Betrag der Baukosten, die an jedem Wehre durchschnittlich auf eine Pferdekraft entfallen und zwar ohne Kosten für Zuleitung und Maschinen, gibt gleichfalls die Tabelle 20 Aufschluß. Die durchschnittlichen Kosten einer Pferdekraft betragen für das Wehr unterhalb:

Neu-Ulm . . . . .	852 Mark
Donauwörth . . . . .	788 „
Neuburg . . . . .	525 „
und sonach im Mittel für die 3 Wehre . . . . .	691 „

Nach dieser Berechnung wäre es nicht außer Zweifel, ob es sich in jedem Falle lohnte, eine Wehranlage allein nur zum Zwecke der Kraftausnutzung in die Donau einzubauen. Jedoch ist bei den für die Herstellung der Wehre berechneten Kosten zu berücksichtigen, daß die Wahl der Orte für die Lage der Wehre, die der Wasserstraße zu dienen haben, von der Linienführung des Seitenkanales abhängig ist und daß die Höhe des Staus bei den einzelnen Wehren vorwiegend durch die in dem Seitenkanale mögliche und zweckmäßige Höhe des Wasserspiegels bestimmt wird. Diese Höhe hat Rücksicht zu nehmen auf die Überführung der Eisenbahnen, auf die Unterführung der Gewässer sowie auf einen guten Ausgleich der zu bewegenden Erdmassen.

Auch in diesem Falle sind bei einem generellen Entwurfe die zeitraubenden zeichnerischen und rechnerischen Arbeiten nicht in dem Umfange zu betreiben, daß in jedem Falle die zweckmäßigste Lösung gefunden werden kann. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß durch einen Detailentwurf ein höherer Stau, als er vorsichtshalber im vorliegenden Entwurfe angenommen wurde, noch als zulässig und zweckmäßig erkannt werden wird. Sehr wahrscheinlich ist dies der Fall in Hinsicht auf das bei Neuburg geplante Wehr. Weiterhin wäre noch hervorzuheben, daß bei den geplanten Wehren mit Rücksicht auf die Wasserstraße hochwasserfreie Ufer geschaffen werden müssen und daß somit für die Flußbettauerweiterung höhere Kosten in Ansatz zu bringen waren, als dies

<sup>1)</sup> Prüssmann: Der Entwurf für den Rhein-Weser-Elbe-Kanal. Zeitschrift für Binnenschiffahrt, III. Jahrgang, S. 100. — Ausnutzung der Wasserkräfte an den Wehren einer größeren Flußkanalisierung. Zeitschrift für Binnenschiffahrt, V. Jahrgang, Berlin 1898, S. 35/40 und S. 55/60. — Ausnutzung der Wasserkräfte an Wehren kanalisierter Flüsse. Mitteilung an den IX. internationalen Schiffahrtskongress in Düsseldorf, Münster 1902.

Denkschrift über eine neue Donau-Main-Wasserstraße. 1903, S. 71 bis 74.

bei einem Wehre, das nur der Kraftausnützung zu dienen hat, der Fall sein wird.

Sollte es beispielsweise nach den Ausführungen auf Seite 27 möglich sein, den Wasserspiegel bei dem Neuburger Wehre um 50 Zentimeter höher zu stauen, als im vorliegenden Entwurfe vorgesehen ist, also bis auf eine Höhe von . . . 378,5 m + N. N., dann berechnet sich die durchschnittlich im Jahre verwertbare sekundliche Wasserkraft zu . . . . . 4592 PS, sohin ein Mehrertrag gegenüber einem um 50 Zentimeter niedrigeren Stau von . . . . . 1167 PS. Dabei ist vorausgesetzt, daß auch in diesem Falle, wie bei der im Entwurfe angenommenen Stauhöhe, die Donau nur so lange gestaut wird, als sie einen Wasserstand von 140 Zentimetern am Pegel zu Neuburg nicht übersteigt. Die Mehrkosten betragen etwa 100 000 Mark, so daß sich die gesamten Kosten belaufen auf . . . . . 1 898 000 Mark und sonach die durchschnittlichen Kosten einer Perdekraft bei einem Stau bis auf 378,50 m + N. N. auf nur . . . . . 413 Mark.

Schon aus diesem einen Beispiel sowie aus den Berechnungen für die Kosten über die einzelnen Teile einer Wehranlage, namentlich für die Kosten der Fundation, deren Ergebnisse in den Tabellen 13, 14 und 15 zusammengestellt sind, folgt, daß die Ausnützung der Wasserkräfte der Donau ein lohnendes Unternehmen wird, wenn man hinsichtlich des Standortes einer Wehranlage freiere Wahl hat und wenn die Möglichkeit, die Donau hoch zu stauen, auch vollständig ausgenützt werden kann. An vielen Orten liegt der felsige Boden der beweglichen Flußsohle so nahe, daß dort die Fundation eines Wehres und die Unterhaltung des Sturzbettes keine besonders hohen Kosten verursachen. Und was die Verwendung elektrischer Energie betrifft, so wäre hiezu längs der Donau Gelegenheit zu finden, wenn man in Betracht zieht, daß die bestehenden Kraftmaschinen als Reserven dienen könnten, solange von der elektrischen Zentrale aus die billigere Kraft zu liefern wäre.

Auch über die Anlage von Turbinenpfeilern in den Wehren, wie sie Prüsmann vorgeschlagen hat, wurde eine Kostenberechnung durchgeführt. Hieraus hat sich ergeben, daß wohl nur dann eine derartige Anlage sich empfiehlt, wenn diese Pfeiler billig zu fundieren sind, wenn also der felsige Boden nicht tief unter der Flußsohle gelagert ist oder auch dann, wenn die Anlage eines Kanales außerhalb der Wehranlage auf größere Schwierigkeiten stößt. Die Kosten eines 8 Meter breiten Turbinenpfeilers betragen:

für die Wehranlage unterhalb	bei einer Länge des Turbinenpfeilers von	
Neu-Ulm . .	82 Metern . .	170 000 Mark,
Donauwörth . .	102 „ . .	488 000 „
Neuburg . . .	132 „ . .	360 000 „

Die Anlage von Turbinenpfeilern erfordert gegenüber einer Anlage mit einem gewöhnlichen, nur 4 Meter breiten Wehrpfeiler auch größere Kosten für die Erweiterung des Flußbettes, für eine längere Trennungsmauer zwischen dem Unterhaupte der Kammer-schleuse und dem Wehre, sodann für die Sicherung

der Flußsohle. Diese Mehrkosten sind berechnet für die Wehranlage unterhalb:

Neu-Ulm zu . . . . .	33 000 Mark,
Donauwörth zu . . . . .	87 000 „
Neuburg zu . . . . .	130 000 „

Die gesamten Mehrkosten einer Wehranlage mit Turbinenpfeiler gegenüber einer Anlage mit gewöhnlichem Pfeiler betragen für das Wehr unterhalb:

Neu-Ulm . . . . .	184 000 Mark,
Donauwörth . . . . .	472 000 „
Neuburg . . . . .	453 000 „

Die Frage, welche Anlage den Vorzug verdient, ob Turbinenpfeiler oder ein vom Wehre abzweigender Werkkanal, muß in jedem einzelnen Falle entschieden werden. Bei einem Werkkanale fällt noch in die Wagschale, daß sich bei dem starken Gefälle der Donau in ihrem oberen Laufe durch eine Verlängerung des Werkkanales ein wesentlicher Gewinn an Wasserkraft erzielen läßt.

Was den Einwurf betrifft, daß durch eine Wehranlage eine Belästigung des Schiff- und Flußverkehrs auf der Donau herbeigeführt werde, so sei demgegenüber hervorgehoben, daß der wirtschaftliche Vorteil, den jede gut situierte Stauanlage bringen wird, einen allenfallsigen Nachteil für die Schifffahrt vollkommen aufhebt und daß jede neu entstandene Anlage durch Förderung von Handel und Industrie einen weiteren Schritt zur Schaffung einer Großwasserstraße bedeutet.

Nachdem auch das Walzenwehr eine in jeder Hinsicht sichere Konstruktion bietet, so wäre es eine große Schädigung des nationalen Wohlstandes, wenn man sich fernerhin dem Ansuchen nach Erbauung von Stauanlagen in die Donau behufs Ausnützung ihrer Wasserkraft widersetzen wollte. Sehr zutreffend weist Baurat Angele in einem Vortrage über die Ausnützung der Wasserkräfte der Donau bei Ulm mit folgenden Worten auf die große wirtschaftliche Bedeutung solcher Unternehmungen hin.<sup>1)</sup>

Die Donau ist ein mit Gefälle und Wassermenge reichlich ausgestatteter Wasserlauf. Das Landgebiet, das sie durchströmt, ist fruchtbar und das Volk, das ihre Ufer bewohnt, arbeitsam und unternehmungslustig, und so sollte man meinen, dieser gesegnete Flußlauf sei allweg in lohnender Weise verwertet. Genau besehen finden wir jedoch zu unserer großen Enttäuschung gerade das Gegenteil bestätigt. In keinerlei Hinsicht wird die Donau weder in unserer Stadt, noch viele Kilometer aufwärts und abwärts bis weit ins Bayerland hinein zu Kultur- oder gewerblichen Zwecken in wirklich nennenswerter Weise benützt, trotzdem der auf dem Gebiete der Industrie und des Verkehrs hart entbrannte Konkurrenzkampf auf die im Flusse schlummernden Kräfte hinweist. Unbegreiflich ist es, daß in der drangvollen Enge der naheliegende Ausweg noch nicht betreten wurde. Und wie leicht ließe es sich an der Donau einrichten, das Wasser der Landwirtschaft, der

<sup>1)</sup> Angele; Wassermessungen an der Donau am Pegel zu Ulm. Vortrag, gehalten am 28. April 1902 im Vereine für Mathematik und Naturwissenschaften in Ulm.

Industrie und dem Verkehre gleichzeitig und ohne Interessenbeeinträchtigung dienstbar zu machen.

Wahrlich, es fehlt nur die Entschlossenheit, um die Gaben, die die Natur hier verschwenderisch bietet, auszunützen. Welche Fülle von Arbeitsleistung liegt in den  $3\frac{1}{2}$  Milliarden Kubikmetern Wasser, welche jährlich an unseren Mauern rauschend aber unbenutzt vorüberziehen. Möge der Zeitpunkt nicht mehr ferne sein, wo es einem kräftigen Gemeinsinn endlich gelingt, klaren Blickes, unbeirrt von augenblicklichen Stimmungen, mutig und keck zum Wohle des Ganzen in die Zukunft zu greifen.

### Die Ausnützung des Wassers im Großschiffahrtskanale längs der Donau.

— Der Großschiffahrtsweg schafft noch eine zweite Gelegenheit, Wasserkräfte in elektrische Energie zu verwandeln und zwar bei den Staustufen im Seitenkanale. Der Gedanke, dies in ausgiebiger Weise zu tun, liegt nahe bei einer Benützung der Donau zur Wasserversorgung des Seitenkanales. Es fragt sich nun, bis zu welchem Maße die Wassergeschwindigkeit in einem Schiffahrtskanale ansteigen darf, ohne die Interessen der Schiffahrt zu schädigen. Bei der Beantwortung dieser Frage sind in erster Linie die Ergebnisse der Versuche über den Schiffswiderstand und den Schiffahrtsbetrieb in Betracht zu ziehen, die unter Leitung des Ingenieurs und Kgl. Baurates Haack im Jahre 1898 auf dem Dortmund-Ems-Kanale in der Nähe von Lingen ausgeführt wurden.

Veranlassung zu den Versuchen gab ein noch vor der Eröffnung des Dortmund-Ems-Kanales von den Schiffahrtsinteressenten gestellter Antrag, einen größeren Tiefgang der Schiffe als den auf 1,75 Meter festgesetzten zuzulassen. Da das vorhandene Material für die Beurteilung der Frage, ob und inwieweit dies ohne Nachteil für den Kanal genehmigt werden könne, keinen Anhalt bot, so ordnete der Minister der öffentlichen Arbeiten in Preußen umfangreiche Versuche an und bezeichnete damit den einzig richtigen Weg, der in solchen Fragen eine zutreffende Entscheidung ermöglichen läßt.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Haack: Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb nach Versuchen auf dem Dortmund-Ems-Kanal. Berlin 1900. Auf S. 24 und 25 dieses Werkes wird über die Ausmaße der zu den Versuchen verwendeten eisernen Schiffe folgendes angegeben.

#### Die Lastschiffe „Emden“ und „Dortmund“:

Länge zwischen den Loten	Größte Breite	Tiefgang	Ladung
66,95 Meter	8,20 Meter	1,50 Meter	555 Tonnen
		1,75 „	676 „
		2,00 „	805 „
		2,25 „	935 „

Das Schiff „Dortmund“ ist mit Dampfmaschine und Schraube ausgestattet. Seine Ladefähigkeit einschließlich des Kohlenvorrates für die Maschine erhält man nach Abzug des Maschinengewichtes mit 15,15 Tonnen von den voraus angegebenen Zahlen.

#### Lloydkahn Nr. 85:

Länge zwischen den Loten	Größte Breite	Tiefgang	Ladung
55 Meter	8,0 Meter	1,75 Meter	367 Tonnen
		2,00 „	461 „
		2,25 „	563 „

Die Ergebnisse der Versuche haben für den vorliegenden Fall volle Geltung, da der längs der Donau geplante Schiffahrtskanal nach den bereits gemachten Angaben die gleichen Abmessungen erhalten soll, wie sie der Dortmund-Ems-Kanal besitzt. Auch haben die Versuche schon deshalb einen hervorragenden Wert, weil außer den Erhebungen über die zur Vorwärtsbewegung der Schiffe notwendige Zugkraft auch die infolge der Bewegung entstandenen Strömungen gemessen und die Lage der Wasserlinie des in Bewegung befindlichen Schiffes zur Oberfläche des in Ruhe befindlichen Wassers festgestellt wurde.

Über die Beobachtungen bezüglich der Höhenlage der Wasserlinie gibt Haack an, daß die ersten Aufnahmen insofern überraschten, als sich aus ihnen schon bei ganz geringer Geschwindigkeit des Schiffes eine Senkung seiner Wasserlinie ergab. Bis dahin bestand allgemein die Ansicht, die Wasserlinie des in der Ruhelage befindlichen Schiffes erhebe sich während der Fahrt vorn ebenso hoch über den in Ruhe befindlichen Wasserspiegel des Kanales, wie sie sich hinten unter diesen senkt, d. h. der Displacements-Schwerpunkt behalte während der Fahrt des Schiffes dieselbe Höhenlage zum Wasserspiegel des Kanales, die er in dessen Ruhelage hatte.<sup>1)</sup> So zeigte sich bei dem zu den Versuchen verwendeten Dampfer „Dortmund“ bei einer Fahrt in der Mitte des Kanales mit 1,75 Meter Tiefgang und mit 1,67 Meter Geschwindigkeit in der Sekunde, das sind 6,012 Kilometer in der Stunde, am Vordersteven eine Senkung der Wasserlinie von 18 und am Hintersteven eine solche von 22 Zentimetern. Sonach hatte sich der geringste Abstand zwischen dem Schiffsboden und der Kanalsole, der bei der Ruhelage des Schiffes 75 Zentimeter betragen hatte, während der Fahrt bis auf etwa 55 Zentimeter verkleinert. Der Lloydkahn, der mit einem Tiefgang von 2,0 Metern vom Dampfer „Goedhart“ mit einer Geschwindigkeit von 1,77 Meter in der Sekunde, gleich 6,372 Kilometer in der Stunde, geschleppt wurde, senkte sich gegenüber dem Kanalwasserspiegel in seiner Ruhelage vorn um 22, hinten um 21 Zentimeter.<sup>2)</sup> In diesem Falle verblieb also zwischen Schiffsboden und Kanalsole nur noch ein Abstand von 28 Zentimetern.

Nach den von Haack mitgeteilten Ergebnissen über die Versuchsfahrten auf dem Dortmund-Ems-Kanale läßt sich die Einsenkung eines in der Fahrt befindlichen Schiffes etwa in folgender Weise erklären.

Bei der Fahrt eines Schiffes in ruhig stehendem Wasser wird in der Richtung der Fahrt nach vorn zu das Wasser verdrängt, während rückwärts, beim

#### Schleppdampfer „Goedhart“:

Länge zwischen den Loten	Größte Breite	Tiefgang einschl. Kohlenladung vorn	hinten
20,75 Meter	5,0 Meter	1,08 Meter	1,88 Meter

Die Größe des Displacements des Schleppdampfers „Goedhart“ beträgt 90,6 Kubikmeter, die Maschine leistet bis zu 206 i. PS.

<sup>1)</sup> Haack: Die Einsenkung der Schiffe und ihr Einfluß auf die Bewegungen und den Widerstand der Schiffe. Verbandsschrift Nr. 1 neue Folge des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschiffahrt. Berlin 1901. S. 4.

<sup>2)</sup> Haack, Verbandsschrift, Nr. 1 n. F. S. 7 und 9.

Hintersteven, das Wasser dem durch die Bewegung des Schiffes frei werdenden Raume zufließt. Diese beiden Bewegungen, die in steter Abhängigkeit voneinander stattfinden, müssen zur Erklärung ihrer Wirkung auf die Höhenlage der Wasserlinie des Schiffes zunächst jede für sich in Betracht gezogen werden.

Bestände die nach dem Hintersteven gerichtete Wasserbewegung allein und vollzöge sich die Fahrt des Schiffes auf einer unbegrenzten Wasserfläche, dann bildete sich bei dem Hintersteven eine trichterförmige Vertiefung des Wasserspiegels. In diese Vertiefung, die während der Fahrt stets die gleiche Lage zum Schiffskörper einhält, senkt sich der hintere Teil des Schiffes ein, also gerade so, als strömte das Wasser bei ruhig stehendem Schiffe durch eine unter dem Schiffsboden beim Hintersteven in der Sohle der Wasserstraße befindliche Öffnung ab. Das nach dem Hintersteven zu gerichtete Gefälle des Wasserspiegels bildet sich nun so stark aus, als notwendig ist, um die durch die Vorwärtsbewegung des Schiffes frei werdenden Räume zu füllen. Es wird daher das Gefälle um so stärker und die Einsenkung des Schiffes um so tiefer sein, je größer die Fahrgeschwindigkeit des Schiffes ist oder, wenn man sich auf das unmittelbar voraus Gesagte beziehen wollte, je größer die Öffnung in der Sohle der Wasserstraße ist, je rascher also das Wasser durch diese Öffnung abfließen kann. In dem gedachten Falle, daß nur eine nach dem Hintersteven zu gerichtete Wasserbewegung bestände, müßte man wohl auch eine nach rückwärts stark abfallende Lage der Wasserlinie annehmen.

Was nun die zweite Art der Wasserbewegung betrifft, die bei der Fahrt eines Schiffes durch das aus seiner Bahn verdrängte Wasser veranlaßt wird, so hat man es hier im Gegensatz zu der vorher besprochenen trichterförmigen Wasserbewegung mit einer sprudelnden Bewegung des Wassers zu tun, die sich durch eine vor dem Bug befindliche Welle anzeigt. Diese Wasserbewegung wirkt in gleichem Sinne wie jene beim Hintersteven auf die Verdrehung der Lage der Wasserlinie des Schiffes in der vertikalen Ebene ein. Bestände die Bugwelle allein, so wie dies voraus für die Wasserbewegung beim Hintersteven des Schiffes gedacht war, dann strömte das Wasser vom Vordersteven aus nach allen Richtungen hin ab, hätte also, in abermaligem Gegensatz zu der Wasserbewegung beim Hintersteven, eine vom Schiffe weggehende Bewegungsrichtung.

Geht man nun über zur Betrachtung der gegenseitigen Einwirkung der beiden Wasserbewegungen, so ist unschwer zu erkennen, daß die trichterförmige Vertiefung des Wasserspiegels beim Hintersteven, auch kurz Depression genannt, anziehend auf die von der Bugwelle ausgehende Wasserbewegung einwirkt. Es wird sich daher von der Bugwelle aus eine lebhafte Strömung auf beiden Seiten des Schiffes in einer seiner Fahrt entgegengesetzten Richtung, die sogenannte negative Strömung, ausbilden.

Je schneller die Fahrt des Schiffes vor sich geht, je mehr Wasser also in der Zeiteinheit verdrängt wird, desto stärker wird sich der Einfluß der Bugwelle auf das seitlich des Schiffes in Bewegung befindliche Wasser geltend machen und desto mehr

wird sich die vom Vorderteil des Schiffes ausgehende Strömung an der Ausgleichung des Wasserspiegels beteiligen. Es ist daher anzunehmen, daß die Zuführung des Wassers von der Bugwelle her die Depression des Wasserspiegels beim Hintersteven der Breite nach verschmälert, daß dagegen diese Wasserzuführung eine größere Ausdehnung der Depression nach dem Vordersteven zu veranlaßt. Dieser Vorgang würde es erklären, daß bei der gegenseitigen Beeinflussung der beiden Wasserbewegungen die Wasserlinie eine horizontalere Lage einnimmt, als wenn jede Bewegung für sich wirkend gedacht ist.

Denkt man sich nun die Wasserstraße seitlich begrenzt und die Ufer immer näher an das fahrende Schiff herangeschoben und betrachtet man auch in diesem Falle, bei einer begrenzten Wasserstraße, die beiden durch das fahrende Schiff hervorgerufenen Wasserbewegungen zunächst jede für sich dann hat man es mit folgenden Erscheinungen zu tun. Im Augenblick, wo die Ufer die Grenzen überschreiten, bis zu denen sich die Depression beim Hintersteven erstreckt, wird der zum Ausgleich des Wasserspiegels, also zur Füllung der Depression seitwärts herkommende Zufluß vermindert. Infolgedessen wird sich die Depression so weit vertiefen, bis das nötige Gefälle für einen stärkeren, entlang des Schiffes stattfindenden Zufluß vorhanden ist.

Bei der Bugwelle mit ihrer vom Schiffe weggehenden Wasserbewegung zeigt sich bei einer Begrenzung der Wasserstraße das entgegengesetzte Verhalten gegenüber der zum Hintersteven gerichteten Wasserbewegung. Sobald die zum Schiffe herangeschobenen Ufer die Grenzen überschreiten, bis zu denen sich der Einfluß der Bugwelle geltend macht, wird das Wasser gegen das Schiff hin zurückgestaut und gezwungen, seinen Weg zwischen Ufer und Schiff hindurchzunehmen, ein Vorgang, der zur Hebung der Bugwelle beiträgt.

Die Verschmälerung der Wasserstraße über die Grenze hinaus, bis zu der sich der Einfluß des fahrenden Schiffes auf die Höhenlage des Wasserspiegels geltend macht, verursacht nach dem Vorhergehenden eine Hebung der Bugwelle sowie eine Vertiefung der Depression beim Hintersteven. Durch diese Vorgänge wird das Gefälle des Wasserspiegels längs des Schiffes und damit auch die negative Strömung vergrößert. Mit der Verschmälerung der Wasserstraße beteiligt sich sonach die von der Bugwelle ausgehende Wasserbewegung immer mehr an dem Ausgleich des Wasserspiegels. Es ist daher auch zu verstehen, daß sich durch diese Art des Ausgleiches das Schiff seiner ganzen Länge nach gleichmäßiger einsenkt, wie dies bei den Versuchsfahrten im Dortmund-Ems-Kanale beobachtet wurde.

Ähnliche Erscheinungen, wie bei einer Verschmälerung der Wasserspiegelbreite, treten ein, wenn die Wassertiefe in einem Kanale bei gleichbleibender Tauchtiefe des fahrenden Schiffes abnimmt. In diesem Falle wird der unter dem Schiffsboden hin stattfindende Ausgleich vermindert, somit die Strömung des Wassers zwischen Ufer und Schiff verstärkt, also auch das Gefälle und die Depression des Wasserspiegels und damit die Einsenkung des Schiffes vergrößert. Im allgemeinen ist also die Einsenkung der Wasser-



linie eines in der Fahrt befindlichen Schiffes abhängig sowohl von der Größe der Fahrgeschwindigkeit als auch von der Breite und Tiefe der Wasserstraße und bei einer begrenzten Wasserstraße auch von dem Verhältnis zwischen ihrer Wasserspiegelbreite und ihrer Wassertiefe, demnach im vorliegenden Falle abhängig von der Größe und der Form des Kanalquerschnittes. Je leichter der Ausgleich des Wasserspiegels vor sich geht, desto weniger tief senkt sich das fahrende Schiff.

Die Größe des nassen Querschnittes eines Schiffahrtskanales wird mit Rücksicht auf die Kosten der Bauausführung in der Regel als ein Vier- bis Fünffaches des größten eingetauchten Querschnittes des für den Verkehr bestimmten Normalschiffes angenommen. Bei diesem Verhältnis wird man die Wasserspiegelbreite nicht größer bemessen, als dies mit Rücksicht auf ein bequemes Ausweichen zweier sich entgegenfahrender Schiffe notwendig ist, um noch eine möglichst große Höhe zwischen der Sohle des Kanales und dem Boden des Schiffes zu erhalten, ein Verfahren, das sich auch mit Rücksicht auf die Kosten des Baues und der Erhaltung eines Kanales rechtfertigt.<sup>1)</sup>

In welchem Maße der Widerstand eines Schiffes gegen Zug von dem Verhältnis des eingetauchten Schiffsquerschnittes zum nassen Querschnitt des Kanales bedingt wird, kommt deutlich zum Ausdruck in den Ergebnissen der Versuche über den Schleppwiderstand der Schiffe, die Baurat Schmitt im Jahre 1892 im Mosel-Kanale und auf der kanalisierten Mosel vorgenommen und die er dem technischen Amte gütigst zur Verfügung gestellt hat, wofür in ganz besonderer Weise gedankt wird. Alle Versuche wurden mit dem gleichen Schiffe — 28,5 Meter lang, 5,0 Meter breit und mit einer Ladung von 188,3 Tonnen bei 1,80 Meter Tiefgang — auf einer Wasserstraße von sehr verschiedenem Querschnitt und bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten durchgeführt. Die interessanten Ergebnisse sind in der Tabelle 21 niedergelegt. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen Auszug aus dieser Tabelle und läßt klar ersehen, wie außerordentlich rasch mit der Abnahme des Querschnittes der Wasserstraße und mit der Zunahme der Fahrgeschwindigkeit der Schleppwiderstand anwächst.

Nach den folgenden Angaben besteht sonach ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Schiffahrtsbetriebe auf Kanälen und dem auf natürlichen Wasserstraßen. Bei den Kanälen ist die Wasserspiegelbreite etwa 11 bis 13mal größer als die Wassertiefe, bei den natürlichen Wasserstraßen dagegen mißt die Wasserspiegelbreite in der Regel mehr als das 50fache der kleinsten Fahrtiefe. Ein ähnlicher Unterschied zeigt sich in den Verhältnissen zwischen dem eingetauchten Querschnitt eines vollbeladenen Schiffes und dem nassen Querschnitt einer

künstlichen und einer natürlichen Wasserstraße. Bei einer natürlichen Wasserstraße kann sich dementsprechend der durch ein fahrendes Schiff gestörte Ausgleich des Wasserspiegels rascher wiederherstellen als bei den verhältnismäßig engen Kanälen, so daß das fahrende Schiff, auch wenn eine starke Gegenströmung vorhanden ist, weniger tief einsinkt und somit der Spielraum zwischen dem Schiffsboden des in Ruhe befindlichen Schiffes und der Sohle der Wasserstraße weniger hoch zu sein braucht als bei den Kanälen mit ruhig stehendem Wasser.

Fahrgeschwindigkeit des Schiffes		Verhältnis des nassen Querschnittes der Wasserstraße zum eingetauchten Querschnitt des Schiffes	Schleppwiderstand in Kilogrammen
in Metern in der Sekunde	in Kilometern in der Stunde		
0,80		51,00	53
		10,28	66
		4,83	110
		3,81	164
		3,28	239
1,00		51,00	85
		10,28	105
		4,83	177
		3,81	282
		3,28	395
1,20		51,00	123
		10,28	152
		4,83	259
		3,81	440
		3,28	610
1,80		51,00	280
		10,28	335

Bei der Fahrt eines Schiffes, sei diese auf einem Kanale oder auf einem Flusse, beherrscht die Einsenkung fast alle seine Bewegungen. Haack spricht sich darüber folgendermaßen aus.

Solange ein Schiff, in einem geradlinigen Kanale fahrend, mit seiner Mittelebene genau der Mittelebene des Kanales folgt, sind die negativen Stromgeschwindigkeiten, welche symmetrisch zur Mittelebene liegen, gleich groß, weil genau gleiche Wassermengen an beiden Schiffsseiten von vorn nach hinten geschafft werden müssen und weil die Profile an beiden Seiten der Mittelebene des Schiffes, durch welche sie fließen, einander gleich sind. Dies ist nicht mehr der Fall, wenn die Mittelebene des fahrenden Schiffes seitwärts, jedoch parallel der Kanalmitte liegt, denn die Profile auf der dem Kanalufer am nächsten liegenden Seite sind kleiner als die der anderen Seite. An letztgenannter Seite ist somit die negative Stromgeschwindigkeit und die Einsenkung kleiner als an der andern. Es findet allerdings zwischen beiden Seiten unter dem Schiffsboden hindurch ein Ausgleich der Einsenkungshöhen statt, aber dies geschieht nur langsam, und durch das gleichmäßig fortschreitende Schiff wird der geschilderte Zustand stetig erneuert, so daß ein wesentlicher Unterschied zwischen den Einsenkungshöhen an beiden Schiffsseiten bestehen bleibt. Der hieraus entstehende Unterschied im Wasserdruck der einen Seite gegenüber dem an der andern Seite schiebt das Schiff mit beschleunigter Geschwin-

<sup>1)</sup> Größe: Bau der Schiffahrtskanäle, welche einen Schnellbetrieb zulassen. VI. internationaler Binnenschiffahrts-Kongreß. Haag 1894. S. 29.

Hermann: Schiffsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanale. Zeitschrift für Binnenschiffahrt. Berlin 1900. S. 401 bis 405.

Denkschrift über eine neue Donau-Main-Wasserstraße. 1903. S. 68 und 69.

digkeit nach der Seite hin, welche dem Kanalufer schon näher liegt, und wirkt der Rudersmann dem nicht mit dem Steuerruder entgegen, dann wird das Schiff an das Ufer herangedrückt.

Dies zeigte sich gleich beim Anfang der Versuche im Dortmund-Ems-Kanale an Schiffen mit nur 1,50 Meter Tiefgang bei kleiner Geschwindigkeit und noch mehr, als Tiefgang und Geschwindigkeit größer wurden. Es machte schon einige Schwierigkeiten, ein am Ufer liegendes Schiff im Beginn der Fahrt durch den Schleppdampfer auf die Mitte des Kanales zu bringen, und diese wuchsen mit dem Tiefgang und der Geschwindigkeit. Bei dem Schleppzug mit zwei Anhängen wurde der Obelstand so groß, daß sämtliche Schiffe vor Beginn der Fahrt mitten in den Kanal gelegt werden mußten, um sie mit ihren Mittelebenen in möglichster Nähe derjenigen des Kanales durch die nicht weit entfernte Beobachtungsstrecke bringen zu können. Dies gelang nur in wenigen Fällen vollständig, die geringste Abweichung vom genauen Kurs verursachte weitere Verschiebungen aus der Mitte und durch die nunmehr erforderliche Anwendung des Steuerruders entstanden Drehbewegungen der Schiffe, welche wiederum beseitigt werden mußten. Dies war wohl bei kleinen Geschwindigkeiten und geringen Tiefgängen möglich, es wurde jedoch immer schwieriger, den Kurs einigermaßen innezuhalten, wenn Geschwindigkeit und Tiefgang größer wurden. Mehrfach reichte das Steuerruder dazu nicht aus, so daß die Versuchsschiffe in die Kanalböschung hinein liefen. Ursache der Drehbewegungen waren wiederum die verschiedenen Einsenkungshöhen, welche sich bilden, wenn z. B. das Vorderende des Schiffes mit der Steuerbordseite und das Hinterende mit der Backbordseite dem Kanalufer am nächsten liegt. Die größte Einsenkungshöhe befindet sich dann vorn an Steuerbord und hinten an Backbord, wodurch dem Schiffe eine Drehung nach rechts erteilt wird. Läßt sich diese Drehung durch das Steuerruder bewältigen und dadurch das Schiff vor dem Einlaufen in das Ufer bewahren, dann muß es in das gegenüberliegende Ufer laufen, wenn nicht die Fahrgeschwindigkeit wesentlich ermäßigt wird.<sup>1)</sup>

Die Möglichkeit, ein fahrendes Schiff unter Steuer zu halten, nimmt sonach bei gleicher Fahrgeschwindigkeit um so mehr ab, je mehr das Schiff sich einem der beiden Ufer nähert. Es läßt sich daher leicht denken, daß auf einer schmalen Wasserstraße, wie sie ein Kanal stets bietet, die Abnahme und Zunahme der die Bewegung des Schiffes beeinflussenden Kräfte in seitlicher Richtung wesentlich rascher ist und daß auch bei kleineren Verschiebungen des Schiffes aus der Mitte des Kanales die Steuerung mehr zur Wirkung kommen muß, als dies auf einer natürlichen Wasserstraße notwendig ist.

Haack bemerkt auch bezüglich der voraus erwähnten Versuchsfahrt, die mit dem Dampfer „Dortmund“ bei 1,75 Meter Tiefgang und bei 6,012 Kilometer Geschwindigkeit in der Stunde vorgenommen

wurde, daß das Schiff schwer zu steuern gewesen ist. Über die Fahrt des vom Dampfer „Goedhart“ geschleppten „Emden“ mit 2,0 Meter Tiefgang und mit 5,868 Kilometer Geschwindigkeit in der Stunde wird gesagt, daß das Ruder fortwährend von einer Seite zur andern bewegt werden mußte, um nur einigermaßen den richtigen Kurs innezuhalten. Ebenso war die Steuerfähigkeit des vom Dampfer „Goedhart“ geschleppten Lloydkahnes bei 2,0 Meter Tiefgang und bei 6,372 Kilometer Geschwindigkeit in der Stunde sehr gering.

Nach den von Haack angestellten Beobachtungen und Berechnungen ist bei Schiffen mit größerem Tiefgange, die schneller als mit einer Geschwindigkeit von 1,1 Meter in der Sekunde, also von 4 Kilometern in der Stunde, fahren, ein Unfall sehr leicht möglich, sobald Drehungen bei Begegnungen von Schiffen entstehen. Das steuerlos gewordene Schiff dringt dann in das andere Schiff ein. Die zahlreichen, derartigen Unfälle, die in Kanälen und auch auf natürlichen Wasserstraßen vorkommen, entstehen lediglich durch zu schnelles Fahren der Schiffe. Die Schuld an dem Zusammenstoß trägt immer dasjenige Schiff, das die Steuerfähigkeit verloren hatte.<sup>1)</sup>

Auf Grund der Haackschen Versuche besteht nun für die größten auf dem Dortmund-Ems-Kanale verkehrenden Schiffe mit 67 Meter Länge und 8,20 Meter Breite die Verordnung, daß bei einer Tauchtiefe von 1,75 Meter eine Fahrgeschwindigkeit bis zu 5 Kilometern in der Stunde zugelassen ist, dagegen bei einer Tauchtiefe zwischen 1,75 und 2,0 Metern eine Geschwindigkeit von nur 4 Kilometern in der gleichen Zeit. Eine Tauchtiefe über 2,0 Meter, bei welcher der Boden eines in Ruhe befindlichen Schiffes 50 Zentimeter über der Sohle des Kanales gelegen ist, ist nicht gestattet, da sonst die Schiffe während der Fahrt leicht auf den Grund geraten und auch die unter dem Boden des Schiffes vorhandene Wasserströmung die Sohle des Kanales beschädigen kann.

Bei der Begegnung von Schleppzügen ist in jedem Falle die größte Vorsicht geboten. Die Geschwindigkeit muß genügend früh ermäßigt werden, nötigenfalls bis auf 2 Kilometer Fahrt in der Stunde.<sup>2)</sup>

Auch in wirtschaftlicher Beziehung hat sich bei den Versuchen am Dortmund-Ems-Kanale im allgemeinen ergeben, die Fahrgeschwindigkeit in einem Kanale nicht wesentlich über 4 Kilometer in der Stunde ansteigen zu lassen. Das gleiche fand sich bei Versuchen mit elektrischer Treidelei auf dem Teltow-Kanale. Die Versuche wurden im Auftrage der Teltow-Kanal-Bauverwaltung durch die Siemens-Schuckert-Werke im Spätjahre 1903 und im Frühjahr 1904 in der Havel-Haltung des Kanales mit einer elektrischen Lokomotive ausgeführt. Der Zweck der Versuche war, die Brauchbarkeit der von Siemens-Schuckert entworfenen Lokomotive gerade für die besonderen Verhältnisse auf dem Teltow-Kanale festzustellen, sodann Messungen über die bei verschiedenen Kahnarten und Belastungen erforderliche Zugkraft und Lokomotivleistungen anzustellen sowie

<sup>1)</sup> Haack, Verbandsschrift Nr. 1 n. F. S. 17 u. 18.

<sup>2)</sup> Hermann: Schiffahrtsbetrieb und Verkehr auf dem Dortmund-Ems-Kanale. Zeitschrift für Binnenschifffahrt. Berlin 1900. S. 403.

auch Messungen über den dabei auftretenden Stromverbrauch. Die Teltow-Kanal-Bauverwaltung und die Firma Siemens-Schuckert gaben im Frühjahr 1904 weiteren Kreisen Gelegenheit, die Art der Versuche an Ort und Stelle kennen zu lernen. Auch das technische Amt erhielt eine Einladung zur Teilnahme an den Probefahrten, wofür an dieser Stelle nochmals zu danken ist.

Nach einem Vortrage des Regierungsbaumeisters Block bei der Teltow-Kanal-Bauverwaltung, der auch die Güte hatte, dem technischen Amte nähere Auskunft über die Versuche mitzuteilen, ergab sich<sup>1)</sup>:

bei einer Fahrgeschwindigkeit in der Stunde von	ein Zugwiderstand für jede Tonne Nutzlast von ungefähr
4 Kilometern . . . . .	0,85 Kilogramm
4,5 " . . . . .	1,035 "
5,0 " . . . . .	1,34 "

Regierungsbaumeister Block äußerte sich darüber wörtlich.

Aus den Messungen läßt sich folgern, daß die wirtschaftlich richtigste Fahrgeschwindigkeit auf einem Kanale von dem Querschnitt des Teltow-Kanales zwischen 4 und 5 Kilometern in der Stunde liegt, da der Arbeitsverbrauch bei geringeren Geschwindigkeiten nur mäßig kleiner ist, bei größeren hingegen verhältnismäßig rasch ansteigt. Nur wenn man mit einer Fahrgeschwindigkeit von höchstens 5 Kilometern an der Grenze der Leistungsfähigkeit des Kanales angelangt ist, wird man zu höheren Geschwindigkeiten greifen müssen, wobei man die Mehrkosten für den vergrößerten Stromverbrauch dann leicht in Kauf nehmen kann.

Der nasse Querschnitt des Teltow-Kanales in der Versuchsstrecke betrug zwischen 75 und 80 Quadratmetern. Für die vier zu den Versuchen verwendeten Schiffe wird ferner angegeben:

Die größte Ladung des Schiffes in Tonnen	Der eingetauchte Querschnitt des Schiffes bei nebenbezeichneter Ladung in qm	Das Verhältnis des eingetauchten Schiffaquerschnittes zum nassen Kanalquerschnitt (mit 75 qm)
440	13,1	1 : 5,7
320	10,6	1 : 7,1
190	7,1	1 : 10,6
154	6,2	1 : 12,1

Bei dem längs der Donau geplanten Großschiffahrtskanale beträgt das vorbezeichnete Verhältnis für das Normalschiff mit 600 Tonnen Ladung nur wie 1 : 4, also wesentlich weniger, als in der vorausstehenden Zusammenstellung angegeben ist. Es werden sich sonach bei diesem Verhältnis größere Widerstände ergeben, als sie bei den Versuchsfahrten auf dem Teltow-Kanale gefunden wurden. Man wird daher in diesem Falle gut tun, für Schiffe mit 600 Tonnen Ladung eine Fahrgeschwindigkeit anzunehmen,

<sup>1)</sup> Block: Elektrische Treideleiversuche und Einführung des elektrischen Schleppbetriebes auf dem Teltow-Kanale. Vortrag, gehalten im Vereine deutscher Maschineningenieure am 23. Februar 1904. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Berlin 1904. S. 145 bis 154.

die nicht wesentlich über 4 Kilometer in der Stunde hinausgeht.

Die seitherigen Ausführungen über die Steuerfähigkeit der Schiffe und über ihren Zugwiderstand gelten für Schiffahrtskanäle, in denen in der Regel keine oder doch nur eine wenige Zentimeter betragende Wassergeschwindigkeit besteht. Baurat Haack hat nun auch bei seinen Versuchsfahrten auf dem Dortmund-Ems-Kanale Gelegenheit gefunden, den Einfluß, den eine Strömung im Kanale von 10 Zentimetern in der Sekunde auf den Schiffswiderstand ausübt, zu ermitteln. Für das vom Dampfer „Goedhart“ geschleppte Transportschiff „Emden“ ergaben sich bei einem Tiefgange von 1,5 Meter und bei einer Wassergeschwindigkeit von 4,454 Kilometern in der Stunde folgende Werte:

	der Widerstand in Kilogrammen	die effektiven Pferdekkräfte	die indizierten Pferdekkräfte
Emden gegen eine Strömung von 10 Zentimetern in der Sekunde . . . . .	507	8,58	36,9
Emden ohne Gegenströmung . . . . .	368	6,08	26,4
Emden bei einer mitlaufenden Strömung von 10 Zentimetern in der Sekunde . . . . .	249	4,12	18,7

Die mittlere sekundliche Geschwindigkeit der negativen oder rücklaufenden Strömung berechnet sich für den ersten Fall zu . . . . . 48,4 Zentimeter, für den letzten Fall zu . . . . . 15,4 Zentimeter.

Baurat Haack erläutert diese Werte mit folgenden Worten:

Es werden demnach im ersten Falle 39 Prozent mehr und im letzten Falle 29 Prozent weniger indizierte Pferdekkräfte erforderlich gegenüber dem Schleppen im stillen Wasser. Der Verlust an Maschinenkraft beträgt also bei so geringem Tiefgange und so kleiner Schiffsgeschwindigkeit immer noch 10 Prozent, wenn man auch annehmen will, daß sich der andere Teil durch Berg- und Talfahrt ausgleicht. Sollte dagegen ein Schiff mit 2,0 Meter Tiefgang gegen eine Strömung im Kanale von 10 Zentimeter sekundlicher Geschwindigkeit mit einer Geschwindigkeit von 5,544 Kilometern in der Stunde geschleppt werden, dann würde der Widerstand, welcher beim Versuch nach Angabe des Dynamometers 1563 Kilogramm betrug, auf ungefähr 3600 Kilogramm steigen und das Schiff so tief einsinken, daß sein Boden der Sohle des Kanales auf 5 Zentimeter nahe kommen müßte. Der Schleppdampfer müßte dabei mit ungefähr 300 indizierten Pferdekraften arbeiten, und wenn seine Maschine dazu auch ausreichte, würde doch ein Schraube, wie die Wassertiefe des Kanales sie zuläßt, die nötigen effektiven Pferdestärken nicht leisten können . . . Man sieht hieraus, wie nachteilig Strömungen in Kanälen auf die Schifffahrt wirken. Selbst das aus den Schleusen abfließende Wasser hat schon einen bemerkenswerten Einfluß. Man sollte deshalb auf Vermeidung solcher Strömungen in Kanälen sorgfältig Bedacht nehmen und, wenn irgend angängig, Hebewerke, die nur ganz geringe

Wassermengen ablaufen lassen, an Stelle einer Reihe von Schleusen hintereinander verwenden.

Baurat Schmitt hat im Jahre 1889 im Saar-Kanale und im Jahre 1894 im Hüniger Kanale dynamometrische Messungen über Schiffswiderstände angestellt und zwar im ersteren Kanale ohne Wasserströmung, im letzteren mit starker Strömung, die durch die Schleusentorschützen erzeugt und geregelt und im Kanale mit einem Woltmanschen Flügel gemessen wurde. Bei einem Verhältnis des nassen Kanalquerschnittes zum eingetauchten Schiffsquerschnitt von 4:1 in beiden Kanälen, sodann bei 2,3 Meter Wassertiefe, bei einer absoluten Fahr- geschwindigkeit gegen das Ufer von 86 Zentimetern in der Sekunde = 3,1 Kilometer in der Stunde und ferner bei einer mittleren sekundlichen Wassergeschwindigkeit von 42 Zentimetern ergab sich der Schleppwiderstand eines 5,0 Meter breiten und 1,80 Meter tief eintauchenden Flamänderschiffes im Saar-Kanale zu 263 Kilogramm und im Hüniger Kanale zu 806 Kilogramm. Daraus ergibt sich sonach, daß bei einer mittleren sekundlichen Wassergeschwindigkeit von 42 Zentimetern der Schiffswiderstand dreifach größer gewesen ist als in dem Falle, in dem keine Wasserströmung bestanden hat. Bei den Versuchen wurde das Schiff gleichzeitig von beiden Ufern aus mit Pferden gezogen.

Wäre man auch in der Lage, durch einen vom Ufer aus geübten Zug die zur Fortbewegung der Schiffe notwendige Kraft stets mit billigen Kosten zu liefern, so kommt bei einer Strömung im Kanale noch ein weiterer Umstand in Betracht, der geradezu von ausschlaggebender Bedeutung ist und über den sich Haack in folgender Weise ausspricht.

Zu den Erschwerungen der Kanalschiffahrt durch Strömungen kommt noch ihr Einfluß auf die Steuerfähigkeit der Schiffe. Besonders bei einer Gegenströmung werden die Ungleichheiten der negativen Strömungen und Einsenkungen, falls das Schiff nicht in der Kanalmitte fährt, wesentlich vergrößert, wodurch die Wirkung des Steuerruders bald ganz aufgehoben wird. Wird in solchen Fällen, um, wie die Schiffer sagen, dem Ruder mehr Kraft zu geben, die Maschine auf „volle Kraft vorwärts“ gestellt, dann wird dadurch lediglich das Gegenteil erreicht und die Unlenkbarkeit des Schiffes nur noch weiter vergrößert. . . . Mitlaufende Strömung wirkt dadurch schädlich auf die Steuerfähigkeit, daß sie die Kraft der negativen Strömung und somit ihre Wirkung auf das Ruder verringert.<sup>1)</sup>

Eine Strömung im Kanale steigert somit die Gefahr, die Steuerfähigkeit zu verlieren, sowohl bei der Berg- als auch bei der Talfahrt.

Nach den seitherigen Erfahrungen über den Schiffahrtsbetrieb in Kanälen steht sonach außer Zweifel, daß mit der Zunahme der Wassergeschwindigkeit in einem Kanale die Schwierigkeiten und Gefährlichkeiten des Betriebes in raschem Maße zunehmen. Damit im Zusammenhang nehmen auch die Anforderungen zu, die an die Aufmerksamkeit und Gewandtheit der Schiffer, an die Festigkeit der Schiffs-

gefäße und an die Leistungsfähigkeit der Maschinen zu stellen sind.

Im Anschluß an diese Erfahrungen sei erwähnt, daß Baurat Elze, ein hervorragender Kenner des Betriebes auf den verkehrsreichen märkischen Wasserstraßen, in einem Vortrage in der Vereinssektion München im Frühjahr 1903 dringend dazu geraten hat, bei allen Einrichtungen in einem Schiffahrtskanale auf die Gewohnheiten der Schiffer zu achten, solange die Wasserstraße das bleibt, was sie sein soll, ein dem freien Wettbewerbe dienender Verkehrsweg.

Gelegentlich einer Bereisung des Finow-Kanales von Eberswalde bis nach Hohensaathen an der Oder im Frühjahr 1904, an der der Verfasser dieser Denkschrift durch die Güte des Herrn Elze teilnehmen konnte und wofür auch hier nochmals gedankt werden soll, hat Baurat Elze wiederholt auf die Schwierigkeiten hingewiesen, mit denen die Schiffer zu kämpfen haben, wenn in dem Kanale zeitweise eine größere Wassergeschwindigkeit auftritt. Es ist dies unterhalb Eberswalde der Fall, wo der Finow-Kanal ein kanalisierter Fluß ist und wo bei gewöhnlichen Verhältnissen eine mittlere sekundliche Wassergeschwindigkeit von etwa 20 Zentimetern besteht. Im Frühjahr steigert sich die Wassergeschwindigkeit im Kanale vorübergehend bis auf etwa 70 Zentimeter.

Die Kähne, die auf dem Finow-Kanale verkehren, sind 40,2 Meter lang, 4,6 Meter breit und haben einen größten Tiefgang von 1,4 Meter, so daß der eingetauchte Querschnitt eines Schiffes bei diesem Tiefgange 6,4 Quadratmeter beträgt. Unter den gewöhnlichen Abflußverhältnissen mit 6 bis 7 Kubikmetern in der Sekunde mißt der nasse Querschnitt des Kanales 36 Quadratmeter, ist also 5,6 mal größer als der größte eingetauchte Schiffsquerschnitt. Die im Finow-Kanale bestehenden Wassergeschwindigkeiten können sonach von der Schiffahrt noch leichter ertragen werden als in Kanälen, deren nasser Querschnitt nur viermal größer ist als der größte eingetauchte Schiffsquerschnitt, ein Verhältnis, wie es für den Donau-Seitenkanal angenommen wurde.

Ebenso muß hervorgehoben werden, was Baurat Prüssmann in seiner Denkschrift über den Entwurf eines Rhein-Elbe-Kanales aus dem Jahre 1899 über diesen Gegenstand angegeben hat.<sup>1)</sup> Prüssmann bezeichnet darin eine sekundliche Wassermenge von 15 Kubikmetern mit einer mittleren sekundlichen Geschwindigkeit von 26 Zentimetern als die Grenze, bis zu der sowohl mit Rücksicht auf die Sicherheit des Schiffahrtsverkehrs als auch mit Rücksicht auf den Bestand des Kanales, sofern er nicht in besonderer Weise gesichert ist, die Wasserführung im Kanale und zwar auch für nur vorübergehende Benutzung, etwa bei Abführung von Hochwasser, gesteigert werden darf.

Für die in Süddeutschland geplanten Schiffahrtskanäle kommt bei der Bestimmung der Größe der Wassergeschwindigkeit noch ein besonderer Umstand in Betracht. Diese Kanäle, die ihren Weg über hohe Wasserscheiden und in stark abfallenden Tälern zu nehmen

<sup>1)</sup> Prüssmann: Denkschrift über den Entwurf eines Rhein-Elbe-Kanales. Berlin, 1. Januar 1899. Heft I, S. 74.

haben, müssen mit hohen und zahlreichen Hebewerken ausgestattet werden, so daß infolgedessen der Betrieb auf ihnen gegenüber den Wasserstraßen in den Tiefenbenen mancherlei Hemmnisse erfahren wird. Es ist somit die größte Vorsicht geboten, alles zu vermeiden, was der Schifffahrt ein weiteres Hemmnis bietet. Will man daher neben den von Natur aus gegebenen Nachteilen nicht auch solche künstlich schaffen, dann darf mit der Wassergeschwindigkeit nicht bis zu der Grenze gegangen werden, bei der sich nachgewiesenermaßen bereits namhafte Schwierigkeiten im Schifffahrtsbetriebe ergeben.

Von diesem Standpunkt aus und in Anbetracht der vorhergehenden Ausführungen dürfte es wohl begründet sein, im Entwurfe über einen Schifffahrtskanal längs der Donau von Kelheim bis nach Ulm, für den ein regerer Verkehr mit größeren Fahrzeugen in Aussicht steht, die größte mittlere Wassergeschwindigkeit auf 20 Zentimeter in der Sekunde zu beschränken. Bei dieser Wassergeschwindigkeit ist auch die Verwendung von Pferden zum Schiffszug noch möglich, was in einer vorwiegend Landwirtschaft treibenden Bevölkerung von großem Vorteil werden kann und sonach auch bei einem Donau-Seitenkanale zu berücksichtigen ist. Was durch den Pferdezug geleistet wird, das zeigt am besten der Finow-Kanal mit einem jährlichen Güterverkehr von vier Millionen Tonnen.

Bei einer mittleren sekundlichen Wassergeschwindigkeit von 20 Zentimetern würde in dem geplanten Donau-Seitenkanale eine größte sekundliche Wassermenge von 11,5 Kubikmetern abgeführt werden können. Der kleinere Teil dieser Wassermenge wäre zum Betriebe der Wasserstraße erforderlich, der größere Teil stände an den Staustufen des Kanales zur Verfügung, wobei jedoch die erste Stufe bei Saal, deren Gefälle von der Donau beeinflußt wird, außer Betracht bleiben soll. Während der Schifffahrtsperiode, die in Übereinstimmung mit den Annahmen für eine neue Donau-Main-Wasserstraße durchschnittlich zu 270 Tagen im Jahre angenommen wurde, schwankt die an den einzelnen Staustufen verfügbare sekundliche Wassermenge nach der Tabelle 16 zwischen 7,2 und 9,1 Kubikmetern, dagegen außerhalb dieser Zeit zwischen . . . . . 10,4 und 11,4 Kubikmetern. Nach einer weiteren Angabe der Tabelle 16 könnten an den 12 Staustufen, Nummer 2 mit Nummer 13, gewonnen werden: während der Schifffahrtsperiode durchschnittlich an 270 Tagen im Jahre . . . . . 9476 PS, außerhalb der Schifffahrtsperiode durchschnittlich an 95 Tagen im Jahre . . . . . 12972 PS.

Zur Bestimmung der nutzbaren Gefälle bei den Staustufen, welche in die Tabelle 16 eingetragen sind, wurde ein Wasserspiegelgefälle im Kanale von rund 1,5 Zentimeter auf 1000 Meter Länge angenommen. Im generellen Entwurfe wurde dieses geringe Gefälle nicht berücksichtigt und der Wasserspiegel in den Haltungen als horizontal verlaufend in den Längenschnitten und Querschnitten eingezeichnet.

Wollte man nur das für den Betrieb der Wasserstraße notwendige Wasser in dem Kanale ableiten, dann berechnet sich für die größte sekundliche Wassermenge mit 3,851 Kubikmetern, die nach der Tabelle 16

in der zweiten Haltung zwischen Kilometer 2,4 und 49,4 erforderlich ist, eine mittlere sekundliche Wassergeschwindigkeit von 7 Zentimetern.

Selbstverständlich könnte das im Kanale abfließende Wasser statt zu Kraftzwecken auch zur Bewässerung Verwendung finden. Darüber wird der Detailentwurf die Entscheidung zu treffen haben.

Wenn man nun doch mit dem Schifffahrtskanale längs der Donau die Ausnützung einer größeren Wassermenge, als sie im Entwurfe vorgesehen ist, verbinden wollte, so könnte dies dadurch geschehen, daß man den Querschnitt des Kanales entsprechend erweitert. Inwieweit ein solches Vorgehen wirtschaftlich ist, müßte in jedem einzelnen Falle erhoben und vor allem auch festgestellt werden, wieviel von der Wassermenge, die in einem größeren Kanale nutzbar zur Verfügung steht, auch sofort oder wenigstens in absehbarer Zeit praktisch sich verwerten läßt. Jedoch scheinen die heutigen wirtschaftlichen Verhältnisse längs der Donau noch nicht dazu angetan zu sein, um in dieser Hinsicht einigermaßen sichere Voraussetzungen machen zu können.

#### Die Ausnützung des Wassers in einem Schifffahrtskanale mit geringerem Verkehre. —

Wie aus dem Vorhergehenden zu ersehen ist, sind die Schifffahrtskanäle, die einen größeren Verkehr aufnehmen sollen, nicht in dem Maße für die Ausnützung des Wassers dienstbar zu machen, daß dadurch ein besonderer Ansporn für den Bau einer solchen Wasserstraße gegeben wäre. Schon wiederholt wurde nun geltend gemacht, daß bei Wasserstraßen von lokaler Bedeutung eine größere Strömung zugelassen und auf einen flotten Betrieb verzichtet werden könnte, ähnlich wie dies bei einer Sekundärbahn gegenüber einer Hauptbahn der Fall ist.

Wie bei allen derartigen Vergleichen, die zwischen dem Betriebe auf Eisenbahnen und Wasserstraßen angestellt werden, so zeigt sich auch hier wiederum, wie wesentlich verschieden die beiden Verkehrsinstrumente sind. Denn im Gegensatz zu dem, was bei einer trockenen Straße von sekundärer Bedeutung gefordert wird, müßten beim Betriebe der in Rede stehenden Sekundär-Wasserstraßen höhere Anforderungen an Material und an menschliche Geschicklichkeit gestellt werden, als dies bei den größeren Schifffahrtskanälen, bei denen die Strömung in mäßigen Grenzen gehalten wird, der Fall wäre. Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei einer sekundlichen Wasserströmung, die wesentlich über 20 Zentimeter hinausgeht, eine besonders geschulte und mit den Gefährlichkeiten des Betriebes vertraute Mannschaft die Bedienung der Schiffe in den gedachten Sekundärkanälen übernehmen müßte.

Was den wesentlich stärkeren Verbrauch an Kraft in den Kanälen mit großer Wassergeschwindigkeit betrifft, namentlich dann, wenn der Hauptverkehr zu Berg stattfindet, so wird geltend gemacht, daß bei der Einrichtung eines elektrischen Zuges der etwas größere oder geringere Verbrauch an Energie infolge der billigen Gewinnung von Wasserkraft nicht in Betracht kommen könnte. Der Wert dieser Behauptung läßt sich leicht prüfen nach den Erfahrungen, die

man gelegentlich der Ausführung der elektrischen Treideleiversuche auf dem Teltow-Kanale gewonnen hat und die nunmehr als Grundlage für die Einführung des elektrischen Schleppbetriebes auf diesem Kanale zu dienen haben. In dem bereits genannten Vortrage über diesen Gegenstand spricht sich Regierungsbaumeister Block folgendermaßen aus.<sup>1)</sup>

Durch die Versuche hat sich untrüglich ergeben, daß die elektrische Schlepplokomotive der vorgeführten Bauart ein durchaus betriebsicheres und im Kraftverbrauch sehr sparsames Mittel für den mechanischen Treidelbetrieb auf Kanälen bildet. Was nun die Betriebskosten des elektrischen Schleppverkehrs im ganzen anlangt, so hängen sie nur zum sehr geringen Teile von der Höhe der Stromkosten ab; die Aufwendungen für die Verzinsung und Tilgung des Baukapitales, für Unterhaltung und Abschreibungen von den baulichen Anlagen — Gleis und Leitungen — und Betriebsmitteln überwiegen die Ausgaben für Strom, Betriebsmaterialien und Löhne so bedeutend, daß die Einführung eines derartigen Betriebes nur auf solchen Kanälen in Frage kommt, auf denen ein starker Verkehr vorhanden oder zu erwarten ist.

Beim Dampfschiffsbetrieb sind die Betriebskosten für den Tonnenkilometer Schleppleistung fast unabhängig vom Jahresverkehr eines Kanales und nehmen nur mit der Verringerung der anteiligen Verwaltungskosten um ein geringes ab. Beim elektrischen Lokomotivbetriebe hingegen sind die Betriebskosten für den Tonnenkilometer aus dem vorstehend angegebenen Grunde naturgemäß bei schwachem Verkehr groß, wenn auch die Kosten für den Kraftbezug nur etwa  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{4}$  der Brennmaterialkosten bei Dampfschiffen betragen und an jedem Betriebsmittel die Löhne für zwei Mann erspart werden, da ja die Führung der Lokomotive von einem Manne besorgt wird, während zur Besatzung eines Schleppdampfers vorschriftsmäßig drei Mann erforderlich sind. Bei Zunahme des Verkehrs nehmen aber die Betriebskosten sehr rasch ab und fallen nicht unwesentlich unter die Kosten des Dampfbetriebes . . . Selbstverständlich ist ein elektrischer Betrieb nur als Monopolbetrieb überhaupt denkbar.

Regierungsbaumeister Block gibt sodann noch an, daß nach den Versuchen am Teltow-Kanale sich die Betriebskosten für den Dampfschiffsbetrieb und für den elektrischen Lokomotivbetrieb bei einem Jahresverkehr von 2 Millionen Tonnen, also erst bei einem sehr großen Verkehre, gleichstellen. Sonach könnte der elektrische Lokomotivbetrieb für Kanäle, bei denen man eine starke Wasserströmung zuläßt und deren Leistungsfähigkeit und Verkehrszugang schon aus diesem Grunde in hohem Maße beschränkt werden würde, nicht in Betracht kommen. Und wenn die Möglichkeit und Zweckmäßigkeit eines elektrischen Zuges hervorgehoben wird, so muß dem auch noch entgegengehalten werden, daß hervorragende Fachleute die Anschauung vertreten, daß der freie Verkehr der Schiffe mit Dampfern und ebenso auch die freie Konkurrenz im Schleppen der Schiffe höher anzuschlagen ist als der Nutzen, den der elektrische Zug vom Ufer aus erbringt.

Außer der Sicherheit und Bequemlichkeit des Verkehrs auf den Schiffahrtskanälen und außer dem Kraftverbrauch zur Bewegung der Schiffe kommt noch die Sicherung der Böschungen und der Sohle des Kanales gegen den Angriff des fließenden Wassers in Betracht. Schon dann, wenn im Kanale kein Wasser abgeführt wird, erleiden seine Böschungen und seine Sohle durch die beim Fahren der Schiffe hervorgerufenen negativen Strömungen Angriffe, die jedoch im allgemeinen nur eine teilweise Pflasterung der Böschungen erfordern, in der Weise, wie dies in den Querschnitten auf Seite 33 ersichtlich ist.

In welchem Maße in einem Schiffahrtskanale mit den gleichen Ausmaßen, wie sie der Dortmund-Ems-Kanal besitzt und wie sie auch in den generellen Entwürfen über die in Bayern geplanten Kanäle angenommen sind, die negative Strömung mit der im Kanale bestehenden Wasserströmung, mit der Fahrgeschwindigkeit des Schiffes und mit der Größe des Schiffes anwächst, gibt nachfolgende Zusammenstellung, deren Angaben nach den von Haack am Dortmund-Ems-Kanale angestellten Versuchen berechnet sind.

Man ersieht hieraus, daß in einem Kanale, dessen Wassergeschwindigkeit wesentlich über 20 Zentimeter ansteigt, bei der Fahrt der Schiffe zu Berg die negative Strömung ein derartiges Maß erreicht, daß die gewöhnliche Sicherung der Kanalböschungen nicht mehr ausreicht. Die in der Zusammenstellung an-

Größe der negativen Strömung im Kanale bei der Bergfahrt eines Schiffes.

Ladung des Schiffes in Tonnen	Tanchiefe in Metern	Eingetauchter Schiffs- querschnitt in Quadratmetern	Nasser Quer- schnitt des Kanales in Quadratmetern	Wasser- geschwindigkeit im Kanale in Metern	Fahrgeschwindigkeit des Schiffes zu Berg		Negative, der Fahrrichtung entgegen- gerichtete Strömung in Metern
					Meter in der Sekunde	Kilometer in der Stunde	
600	1,75	14,4	57,5	1,00	1,30	4,680	2,25
—	—	—	—	0,50	—	—	1,25
—	—	—	—	0,20	—	—	0,75
—	—	—	—	0,00	—	—	0,45
325	1,40	11,0	57,5	1,00	1,30	4,680	1,75
—	—	—	—	0,50	—	—	0,95
—	—	—	—	0,20	—	—	0,50
—	—	—	—	0,00	—	—	0,30
600	1,75	14,4	57,5	1,00	0,80	2,880	1,80
325	1,40	11,0	57,5	1,00	0,80	2,880	1,50

<sup>1)</sup> A. a. O. S. 152 und 153.

gegebenen Werte beziehen sich auf ein in der Achse des Kanales fahrendes Schiff. Die negativen Strömungen erfahren sonach noch eine Steigerung, sobald das Schiff aus der Mitte des Kanales fährt, also auch dann, wenn sich zwei Schiffe begegnen.

Mit welchen Wasseranriffen man es bei einer Strömung im Kanale zu tun hat, geht schon aus der einfachen Betrachtung hervor, daß, für den Seitenkanal von Kelheim bis Ulm gedacht, zwei vollbeladene, in Ruhe nebeneinander belindliche Schiffe die Hälfte des nassen Kanalquerschnittes versperren und daß auch zwei vollbeladene 325 Tonnen-Schleppes noch 38 Prozent des Kanalquerschnittes einnehmen. Fahren beide Schiffe aneinander vorüber, so können sie wohl selten eine mit der Kanalachse gleichlaufende Richtung einhalten, versperren also in ihrer schrägen Stellung noch einen größeren Teil des Querschnittes, als eben angegeben wurde. Es wäre jedenfalls erforderlich, die Wandungen des Kanales in stärkerem und ausgehnterem Maße, als dies im Entwurfe vorgesehen ist, gegen die Angriffe des Wassers zu sichern, wenn im Kanale das Wasser mit einer mittleren Geschwindigkeit abflösse, die wesentlich über 20 Zentimeter in der Sekunde hinausgeht. Bei einer mittleren Wassergeschwindigkeit von 0,80 oder gar von 1,0 Meter müßten die ganzen Böschungen, sowie die Sohle des Kanales mit einer gesamten Fläche von 35 Quadratmetern auf den laufenden Meter Kanal sorgfältig gesichert werden. Die Kosten dieser Sicherung kämen durchschnittlich für den laufenden Meter Kanal nicht unter 100 000 Mark zu stehen, so daß für die Schifffahrt schon aus diesem Grunde kein Vorteil verbliebe, sich mit den Anlagen zur Benutzung des Wassers zusammenzusetzen.

Nun ist allerdings Tatsache, daß auf Kanälen mit einer sekundlichen Wassergeschwindigkeit, die weit über 20 Zentimeter hinausgeht, eine Schifffahrt besteht. Wie bekannt, ist dies bei den oberitalienischen Kanälen der Fall, auf die auch schon wiederholt zur Empfehlung einer größeren Wassergeschwindigkeit in den in Süddeutschland geplanten Schifffahrtskanälen hingewiesen wurde. Es erübrigt daher noch zu untersuchen, ob diese Tatsache nicht gegen die seitherigen Ausführungen spricht.

Über die Wasserstraßen Italiens schreibt der Geh. Baurat Keller im Jahre 1891.

Auch die Kanäle (ebenso wie die Flüsse) dienen, bis auf wenige Ausnahmen, in erster Linie nicht für Handels-, sondern für landwirtschaftliche Zwecke, zur Bewässerung der anliegenden Ländereien, zur Vorflut für die Entwässerungsgräben der angrenzenden Niederungen, zur Beförderung der Bodenerzeugnisse nach dem Markte und zur Heranschaffung der Dungstoffe, teilweise auch zur Entlastung der Flüsse bei Hochfluten. In diesem ihrem Nutzen für die Landwirtschaft beruht die wesentliche Bedeutung der oberitalienischen Kanäle. Hiefür genügen sie im großen und ganzen so, wie sie jetzt sind. Die Freistädte des Mittelalters haben bereits im 12. Jahrhundert jenes Kanalnetz auszubauen begonnen, das in keinem Lande Europas seinesgleichen findet und reichen Segen für die

Entfaltung der Bodenkräfte Oberitaliens gebracht hat und noch dauernd bringt.<sup>1)</sup>

Dieses Urteil ist hinsichtlich der Bedeutung der Schifffahrt auf den oberitalienischen Kanälen auch jetzt noch zutreffend, wie dies aus einem Vortrage des Ingenieurs Giovanni Rusca aus Locarno hervorgeht, den dieser, gestützt auf die im Jahre 1903 veröffentlichten offiziellen Berichte über die italienischen Wasserstraßen, auf der konstituierenden Versammlung des Vereines für die Schifffahrt auf dem Oberrheine am 5. Dezember 1904 in Basel gehalten hat. Italien ist mit allen Kräften bestrebt, leistungsfähige Wasserstraßen zu erbauen. Die jetzt bestehende Schifffahrt genügt den modernen Ansprüchen nicht. Einige Angaben über die oberitalienischen Kanäle, die das technische Amt dem Ingenieur Rusca verdankt, mögen dies bestätigen.

Die oberitalienischen Kanäle weisen entsprechend ihrer Bestimmung als Bewässerungskanäle und in neuerer Zeit auch als Werkkanäle innerhalb kurzer Entfernungen in ihrem Querschnitt sowie in ihrer Wassergeschwindigkeit sehr verschiedene Größen auf. So beträgt in den aufeinanderfolgenden Strecken der nachbezeichneten Kanäle, die auch zur Schifffahrt benutzt werden,

	auf eine Länge von:	die mittlere sekundliche Wassergeschwindigkeit annähernd:
Naviglio di Pavia:	8,0 Kilometern	0,70 Meter
	9,0 " "	0,40 " "
	16,0 " "	0,30 " "
Naviglio Grande:	13,6 Kilometern	über 2,0 Meter
	7,7 " "	0,40—0,80 " "
	8,0 " "	über 2,0 " "
	20,1 " "	0,40—0,80 " "

Ähnlich wie bei dem Naviglio Grande liegen die Verhältnisse bei dem Naviglio Martesana. Es treten in letzterem Kanale Geschwindigkeiten bis zu 2 Metern auf, im Mittel etwa 0,8 bis 1,0 Meter in der Sekunde.

Was die Ausmaße dieser Kanäle betrifft, so beträgt die kleinste Wassertiefe 0,8 bis 1,0 Meter, die kleinste Breite der Kanalsohle 8,0 bis 10,5 Meter. Dagegen sind im Naviglio Grande Tiefen bis zu 3,8 Metern vorhanden und die Breite der Sohle mißt bis zu 46 Metern. Für den Naviglio Martesana sind die entsprechenden Maße: 2,8 und 17,0 Meter.

Die Ladefähigkeit der Schiffe beträgt:

auf dem Naviglio di Pavia	bis zu 50 Tonnen,
" " " Grande	" " 45 "
" " " Martesana	" " 35 "

und der jährliche Verkehr nach den Beobachtungen in den 23 Jahren von 1878 mit 1900 durchschnittlich:

auf dem Naviglio di Pavia	122 000 Tonnen,
" " " Grande	104 600 "
" " " Martesana	50 680 "

Bei den beiden zuletzt genannten Kanälen ging zu Berg nur eine Gütermenge von durchschnittlich 8120 und 780 Tonnen im Jahre. Die Fortbewegung der Schiffe geschieht durch Pferde oder durch Menschenkraft.

<sup>1)</sup> Keller: Die Wasserstraßen Italiens. Zentralblatt der Bauverwaltung. Berlin 1891. S. 6 und 7.

Nach den vorstehenden Angaben kann der Verkehr auf den oberitalienischen Kanälen in keiner Weise zum Vergleiche mit Schiffahrtskanälen herangezogen werden, auf denen Schiffe bis zu 600 Tonnen Ladefähigkeit verkehren sollen, mit Schiffahrtskanälen, die geplant sind zur Entlastung der Eisenbahnen von minderwertigen Gütern, zur Steigerung der Transportfähigkeit solcher Güter und zur Belebung und Förderung der Landwirtschaft und der Industrie. Der Leistungsfähigkeit der Eisenbahnen gegenüber kann mit solch kleinen Mitteln nicht mehr geholfen werden. Dagegen beweisen die oberitalienischen Kanäle, daß die dortige Bevölkerung schon längst den hervorragenden Nutzen einer guten Wasserwirtschaft erkannt hat, daß sie dieser Erkenntnis entsprechend zielbewußt und tatkräftig vorwärts arbeitet und somit Anlagen zur Förderung des nationalen Wohlstandes geschaffen hat, die die allgemeine Bewunderung und als Werkkanäle sowie als Entwässerungs- und Bewässerungskanäle auch Nachahmung verdienen.

#### **Die Werkkanäle zur Ausnützung der Wasserkräfte größerer Flüsse in ihrer Beziehung zur Schiffahrt.** —

Im Anschluß an das Vorausgehende darf nicht unerwähnt bleiben, daß schon wiederholt vorgeschlagen wurde, die Wasserkräfte eines Flusses durch Werkkanäle längs dieses Flusses auszunützen und späterhin die so nach und nach geschaffenen Werkkanäle zusammenhängend als eine Wasserstraße zu benützen, so daß also hier die Absicht besteht, den Verkehrsweg ganz auf Kosten der Wasserkraftausnützung entstehen zu lassen.

Wenn solche Werkkanäle allein für die Kraftgewinnung mit Nutzen bestehen sollen, dann müßte im allgemeinen die mittlere sekundliche Wassergeschwindigkeit etwa 0,80 bis 1,0 Meter betragen. Eine solche Geschwindigkeit geht jedoch nach den bisherigen Erfahrungen weit über das Maß hinaus, bei dem mit den heutigen Hilfsmitteln eine lohnende und sicher verkehrende Schiffahrt betrieben werden kann. Sicher wird die Ausnützung der Wasserkräfte belebend auf Handel und Industrie und damit auch fördernd auf die Binnenschiffahrt einwirken, aber der weitere Zweck, mit den Werkkanälen zugleich eine leistungsfähige Wasserstraße zu schaffen, kann mit

den zurzeit der Schiffahrt zu Gebote stehenden Hilfsmitteln nicht erreicht werden.

Wenn ein Werkkanal der Schiffahrt zugänglich gemacht werden soll, dann bleibt nichts anderes übrig, als seinen Querschnitt so weit zu vergrößern, daß keine der Schiffahrt schädliche Wassergeschwindigkeit entstehen kann. Eine derartige Operation wird sich schwer ausführen lassen, wenn nicht schon bei der Anlage des Kanales der zu seiner Verbreiterung notwendige Grundbesitz vorgesehen wurde. Andererseits wird die Industrie nicht in der Lage sein, das Wasser öffentlicher Flüsse wirtschaftlich auszunützen, wenn man im Interesse einer zukünftigen Schiffahrt entweder die Wassergeschwindigkeit im Kanale auf das Maß, welches der Schiffahrt entspricht, beschränken, oder wenn man die Durchführung der späteren Verbreiterung des Kanales, sobald ein Bedürfnis zur Schiffahrt nachgewiesen ist, zur Auflage machen wollte. Es besteht sonach in keiner Weise die Möglichkeit, von einem Werkkanale in der gehofften, billigen Weise zu einer leistungsfähigen Wasserstraße zu gelangen.

Noch ein anderer Gesichtspunkt tritt hinzu. Die Kanalbautechnik hat in den letzten Jahrzehnten eine große Entwicklungsfähigkeit gezeigt und wird, wie sicher vorauszusehen ist, mit dem Bau der österreichischen und der jüngst genehmigten preußischen Kanäle weitere, bedeutende Fortschritte machen. Da jedoch die Linienführung, die ganze Ausgestaltung eines Kanales von dem jeweiligen Stande der Technik abhängt, so wird man in manchen Fällen die Lage der Linie, die Höhe der Staustulen und also auch die Länge der Haltungen in zwanzig und dreißig Jahren anders projektieren, als dies nach dem heutigen Stande der Technik geschieht.

Zudem arbeitet die Technik unausgesetzt daran, die Bequemlichkeit und Schnelligkeit des Verkehrs auf den Wasserstraßen mit Rücksicht auf den Wettbewerb zu steigern. Die Schiffahrt kann daher auch aus diesen Gründen nicht ohne Schaden viele Jahre voraus an bestimmte Vorschriften gebunden werden, wie dies bei der Eisenbahn hinsichtlich der Spurweite und Lichtweite möglich, ja notwendig ist. Je weniger Rücksicht die Schiffahrt auf bestehende Einrichtungen zu nehmen hat, je weniger gemeinschaftliche Rechte an eine Wasserstraße gebunden sind, desto leistungsfähiger wird die Wasserstraße herzustellen, desto leichter und bequemer zu befahren sein.



# V. Die Verbesserung der in einen beweglichen Boden eingebetteten, geschiebeführenden Flüsse.

**Anlaß und Bedeutung der im neunzehnten Jahrhundert vorgenommenen Verbesserung geschiebeführender Flüsse durch Abkürzung und kanalartige Gestaltung ihres Laufes.** — Jedes Gewässer, das in natürlichem Zustande über einen beweglichen, aus Schlamm, Sand, Kies und Gerölle bestehenden Boden fließt, bildet sich einen schlangenförmig gewundenen Lauf. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß der ungleich beschaffene Boden dem strömenden Wasser ungleichen Widerstand bietet, so daß — auch bei einem ursprünglich geraden Laufe — das Gewässer stets Gelegenheit findet zur einseitigen, unsymmetrischen Erweiterung und Vertiefung seines Bettes, sonach zur dreieckförmigen Ausbildung seiner Querschnitte. Infolge dieser unsymmetrischen Ausbildung wird der Fluß aus seiner Richtung gegen das Ufer hin abgelenkt, arbeitet sich buchtenartig in dasselbe ein, erhält dadurch beim Heraustreten aus dieser Bucht die Richtung zum gegenüberliegenden Ufer, setzt nun dieses stärkerem Angriffe aus und bewegt sich so nach und nach in mehr oder weniger regelmäßigen Windungen (Serpentinen).

Beharrt ein Fluß längere Zeit in gleicher Bahn, dann bildet er sich hie und da einen stetig gewundenen Lauf. Im allgemeinen stellt sich dieser Zustand selten ein, jedenfalls ist er nicht von Dauer, da der Fluß bei unbefestigten Ufern ununterbrochen an der Verlegung seines Bettes arbeitet. Die konkaven Ufer, an denen der Strom stets hart anliegt, werden fortwährend in Abbruch versetzt, während sich an den konvexen Ufern sowie an den Stellen, an denen der Fluß in einem meist übermäßig breiten, schalenförmig ausgebildeten Bette von einem zum anderen Ufer übergeht, Sinkstoffe niederschlagen.

Am schädlichsten sind die Ablagerungen in den Übergängen, die wie ein Wehr oder eine Schwelle den ganzen Fluß durchqueren, stauend auf den Abfluß des Wassers einwirken und somit das Wasserspiegelgefälle von dem Rücken der Ablagerung weg verstärken. Durch diese staffelförmige Ausbildung des Gefälles wird der Angriff des Stromes auf die gegenüberliegenden Uferwände weit über das Maß hinaus gesteigert, das bei gleicher Wassermenge und bei der Ausbildung eines mittelgroßen Gefälles bestände. Je schroffer der Fluß seine Richtung von einem zum anderen Ufer nimmt und je mehr er dabei sein Bett

in den Übergängen verbreitert, desto welliger gestaltet sich seine Abflußrinne. Den großen Tiefen längs der konkaven Ufer folgen seichte Tiefen über den Schwellen nach der Mitte des Flußbettes. Außer diesen schädlichen Wirkungen verursachen die schwellenartigen Ablagerungen auch Uferanbrüche in den Übergängen selbst, führen schließlich eine Spaltung des Flusses herbei und erscheinen sodann bei Niedrigwasser als Inseln mitten im Flußbett. Infolge der die Ufer untergrabenden Arbeit des fließenden Wassers, wodurch auch der über dem Hochwasser gelagerte Boden abstürzt, entsteht allmählich eine Vertiefung der Talsohle, die als Flußniederung bezeichnet wird, während dagegen die Flußsohle durch den Einsturz der Uferwände stetig erhöht wird.

Die Verwilderung eines Flusses, die Versumpfung seiner Niederung wird wesentlich beschleunigt, wenn die Landzungen zwischen den einzelnen Windungen überronnen und durchbrochen werden und wenn sich auf diese Weise oft im Verlaufe einer einzigen Hochflut streckenweise ein neues Rinnsal ausbildet. Große Mengen von Sinkstoffen gelangen auf diese Weise mit einem Male in das Flußbett, während die verlassenen Flußrinnen nur zum Teil verlandet werden.

Durch derartige Vorgänge in den Flußtälern Süddeutschlands hatte sich gegen Ende des 18. und zu Anfang des 19. Jahrhunderts das Elend in wirtschaftlicher und gesundheitlicher Hinsicht zu einer unerträglichen Höhe gesteigert. So schrieb im Jahre 1807 der Kgl. Bayer. Generaldirektor des Wasser-, Brücken- und Straßenbaues von Wiebeking<sup>1)</sup>:

Bayerns Hauptflüsse: der Inn, Lech, die Isar und Donau, wovon die drei ersteren zu den schnellsten in Europa gezählt werden müssen, haben ihr Bett derart erhöht, daß die ihnen nahegelegenen Moräste, wovon große Bezirke ehemals urbares Land waren, jetzt das Wasser nicht los werden können, ohne lange Entwässerungskanäle zu ziehen. Sie laufen wild dahin und sind in ihrem jetzigen Zustande mehr eine Geisel als eine Wohltat des Landes.

Überall fand sich das gleiche Bild der Verwilderung und Verwüstung. In viele Rinnen gespalten, häufig seinen Lauf ändernd, verhinderte der Fluß

<sup>1)</sup> Wiebeking: Allgemeine, auf Geschichte und Erfahrung gegründete theoretisch-praktische Wasserbaukunst. Darmstadt 1807. V. Bd., S. 165.

eine dauernde Kultur in der Niederung, hemmte vielfach den Verkehr und machte ihn nicht selten unmöglich. Ganze Ortschaften, so am Rhein und an der Donau, mußten verlassen, auf höherem Gelände neue Wohnstätten gesucht werden.

Infolge der Zerfaserung des Flusses wurde auch bei größeren, wasserreichen Flüssen und Strömen der Grad der Schiffbarkeit auf ein bescheidenes Maß herabgedrückt. Doch kam dieser Mangel gegenüber dem in den Niederungen herrschenden Elend kaum mehr in Betracht, zudem stellte das damalige Verkehrsbedürfnis keine hohen Forderungen an die Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen.

Den Verheerungen durch die verwilderten Gewässer standen die Flußanwohner machtlos gegenüber, da die zum Schutze der jeweils bedrohten Uferstellen errichteten, nicht selten sehr teuren Bauten die allgemeine Flußlage nicht bessern konnten. Die Hochwasserdämme wurden nicht selten von den Fluten weggeschwemmt, sehr häufig durchbrochen, mußten vielfach verlegt, stets wieder erhöht und verstärkt werden.

Angesichts des nutzlosen, zudem mit großen Opfern geführten Kampfes drängten tatkräftige Ingenieure — so an erster Stelle der schon genannte bayerische Generaldirektor von Wiebeking und der badische Oberst Tulla — gegen die rasch zunehmenden Verwüstungen der Gewässer nach einem einheitlichen Plane vorzugehen. Unter der Fürsorge der hohen Staatsregierungen konnten die Ingenieure im Verlaufe von mehreren Jahrzehnten ihr Werk mit gutem Erfolge zur Durchführung bringen. Mit der Befestigung der beweglichen Ufer wurde wiederum ein gesicherter Besitzstand geschaffen und dadurch die Möglichkeit einer sicheren Anlage der Hochwasserdämme und der Verkehrswege gegeben. Die Herstellung eines geschlossenen Flußbettes erleichterte die Entwässerung der Niederungen und machte damit das endemische Auftreten einer Reihe von Krankheiten unmöglich.

Mit dem Fortschreiten der Korrektionsarbeiten, mit der zunehmenden Besserung der landwirtschaftlichen und gesundheitlichen Verhältnisse schwand bei den Flußanwohnern mehr und mehr die Erinnerung an das überstandene Elend; dagegen steigerten sich die auf das Meliorationswerk gesetzten Hoffnungen in bedenklichem Maße.

Das Ausbleiben außergewöhnlicher Hochwasser während einer längeren Reihe von Jahren, damals noch nicht als eine zeitweise wiederkehrende Erscheinung bekannt, wurde der Wirkung der Korrekturen zugeschrieben und gab Anlaß, in den Niederungen viele Ländereien vorzeitig in höhere Kultur zu nehmen und die Gebäulichkeiten in den Überschwemmungsgebieten nicht immer mit der nötigen Vorsicht auszuführen.

Das unerwartete Auftreten außergewöhnlicher Hochwasser in den 70er, 80er und 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts brachte daher große Enttäuschung und führte dazu, den Korrekturen schlankweg die Schuld an allem Unheile zuzuschreiben. Das war am Oberrhein ebenso der Fall wie an der Donau und ihren Zuflüssen. Alle Vorstellungen gegenüber den haltlosen Beschuldigungen, die in der Tagespresse und in den Parlamenten in erregter Weise ihren Aus-

druck fanden und die in völliger Verkennung der Verhältnisse in dem Vorwurf gipfelten, die Flußbau-Ingenieure hätten nicht die nötige Rücksicht auf die Interessen der Landwirte genommen, waren lange Zeit vergebens. Vergebens war der Hinweis auf die unumstößliche Tatsache, daß der vornehmste Zweck der Korrekturen der gewesen ist, der Landwirtschaft zu helfen, sie vor dem Untergange in den Flußniederungen zu retten. Es wurde in keiner Weise berücksichtigt, daß bei dem Mangel jeglicher Erfahrung im Flußbaue zu Anfang des vorigen Jahrhunderts es geradezu ein Wunder gewesen wäre, wenn sich alle Voraussetzungen, von denen die Ingenieure ausgegangen sind, als zutreffend erwiesen hätten und daß es selbstverständlich ist, wenn die Ingenieure heutzutage im Rückblick auf eine hundertjährige Erfahrung anderer Anschauung geworden sind, als sie Wiebeking und Tulla kundgetan haben.

Beim Beginn der planmäßig ausgeführten Korrekturen konnten nur die oberflächlich sich darbietenden Erscheinungen die Ingenieure in ihrem Vorgehen leiten. Erfahrungen auf diesem Gebiete lagen nur insoweit vor, als man allmählich zu der Überzeugung gekommen war, daß die jeweils an den bedrohten Ufern dem anprallenden Strome entgegengestellten Bauten die fortschreitende Zerfaserung und unregelmäßige Ausbildung des Flusses nicht nur nicht verhüten konnten, sondern im Gegenteile durch eine Vergrößerung des Aufstaus und also durch eine Verstärkung des Wasserangriffes die Verwilderung noch wesentlich steigerten. Das in den Übergängen der verwilderten Flüsse im Übermaß konzentrierte Gefälle, unter dessen Wirkung sich das Wasser oft in senkrechter Richtung mit heftiger Gewalt gegen das bewegliche Ufer stürzt, führt leicht dazu, die Gewalt des Stromes zu überschätzen und den Wert eines stetig gewundenen Flußlaufes mit nahezu ausgeglichem Gefälle, wie er bei guter Ausbildung in der Natur vorhanden ist, zu verkennen.

Auf diese Weise kamen die Ingenieure, die die großen Flußbau-Unternehmungen in Süddeutschland ins Werk setzten, zu der Anschauung, daß man den Fluß am besten in einer geraden oder doch nur schwach gekrümmten Bahn beherrschen könne, und gaben ihm daher durch zahlreiche Durchstiche einen kanalartigen Lauf. Auch wurde allgemein die hohe Lage des Wasserspiegels als das größte Übel angesehen, dem man nur durch eine starke Kürzung des Flußlaufes zu begegnen wußte. Dieses Verfahren zur Besserung geschiebeführender Flüsse bezeichnete Tulla in richtiger Weise als „Rektifikation“. Späterhin sprach man von einer „Korrektion“ und je nach der Höhe der Ufer auch von einer „Korrektion auf Mittelwasser“ oder einer „Korrektion auf Hochwasser“.

Mit Bezug auf die Rektifikation des Oberrheines wurden schon frühzeitig gegen den gewaltigen Eingriff in die bestehenden Stromverhältnisse Bedenken erhoben. Ein von Eitelwein, Günther und Rhothe unterschriebenes Gutachten der Oberbau-Deputation zu Berlin vom 14. Juli 1826 lautete dahin, daß am Ende des rektifizierten Laufes der Rhein auf eine unbestimmte Ausdehnung einen höheren Stand annehmen

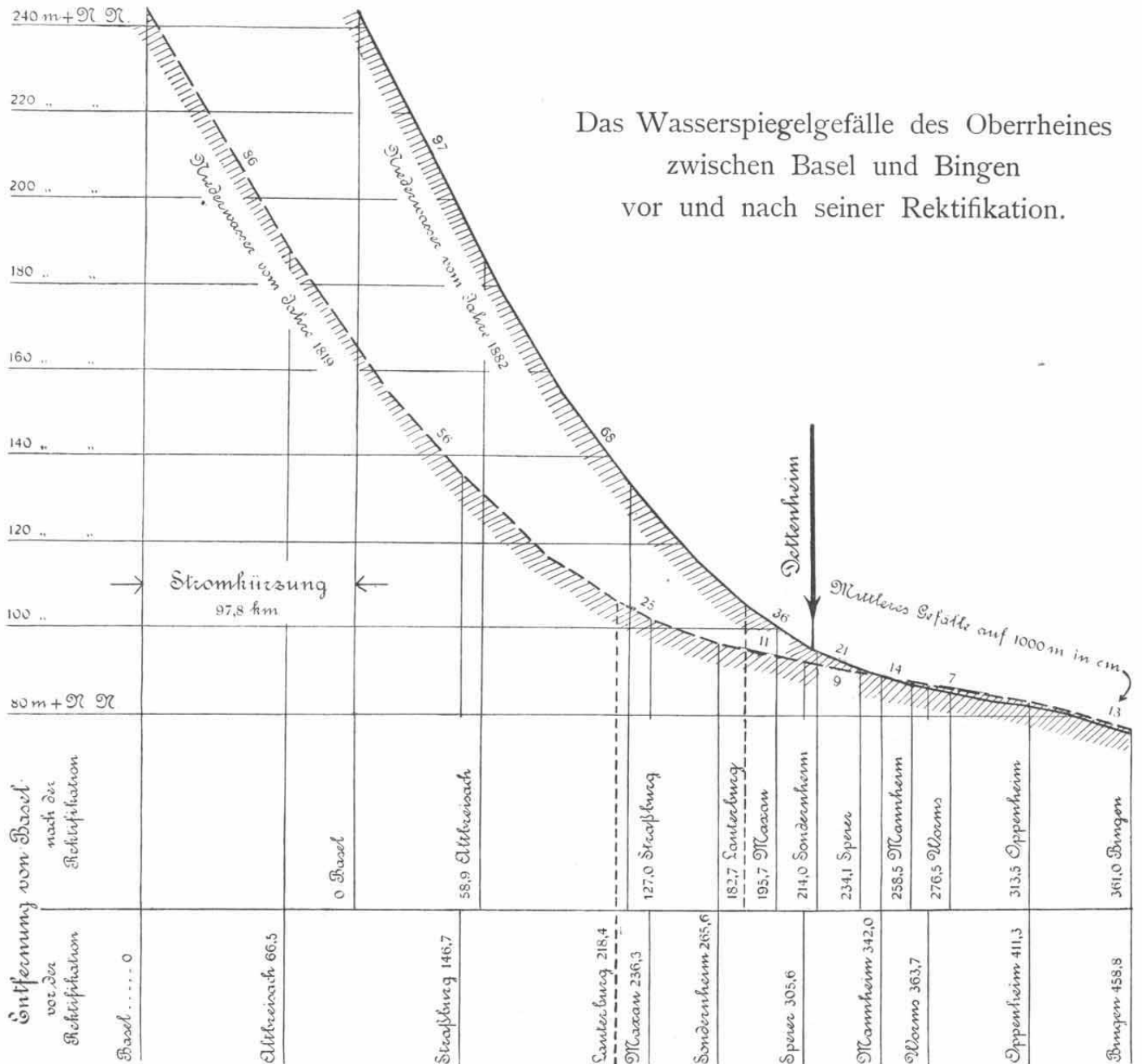
und diese Anschwellungen noch dadurch gesteigert würden, daß die Hochwasser des Rheines mit denen seiner Zuflüsse näher zusammentreffen, daß endlich die Auswaschmassen der Durchstiche dem Unterrheine zugeführt und daselbst eine Erhöhung des Flußbettes erzeugen müßten. Auch sei es nach den Erfahrungen an anderen Flüssen unmöglich, einem Strome, ohne die Ufer mit unerschwinglichen Kosten zu befestigen, ein neues Bett anzuweisen, welches er nicht wieder abbräche. Die geplante Korrektur werde sonach für Bayern und Baden selbst nachteilig sein, indem man der Natur Gewalt anzutun trachte und im günstigsten Falle gar keinen Erfolg erziele oder, wenn die Durchstiche trotz alledem gelingen sollten, das Uferland (wegen der bedeutenden Senkung des Wasserspiegels) ausdörre und minder erträglich mache.<sup>1)</sup>

Diesem Gutachten gegenüber wurde geltend gemacht, daß am Oberrhein die aufs höchste gestiegene Not eine Abhilfe notwendig mache, daß diese nur durch eine Rektifikation des Stromes zu erreichen sei und daß die befürchteten Nachteile doch nur auf

<sup>1)</sup> Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern, herausgegeben von der Kgl. Obersten Baubehörde. München 1888. S. 272.

Mutmaßungen beruhen. Ohne daß ein Einverständnis zwischen Süd und Nord erzielt werden konnte, hat man doch die Ausführung von zwei langen Durchstichen nächst oberhalb der Städte Speyer und Mannheim unterlassen, nachdem auf der bayerisch-badischen Rheinstraße, auf der weit ausholende Windungen bestanden, 18 Durchstiche mit einer Gesamtlänge von 31 Kilometern zur Ausführung gekommen waren. Dadurch wurde diese Rheinstraße von 135 Kilometer Länge auf 85 Kilometer, also um 37 Prozent ihrer Länge vor der Rektifikation gekürzt. Zwischen Sondernheim und Speyer betrug die Kürzung sogar 50 Prozent und zwar von 40 auf 20 Kilometer. Für die ganze mit Durchstichen gekürzte Rheinstraße von Basel bis Oppenheim beträgt die Kürzung 97,8 Kilometer, das sind nahezu 27 Prozent der früheren Länge. In welchem bedeutendem Maße das Gefälle des Oberrheines durch die Rektifikation vergrößert worden ist, zeigt folgende Darstellung nach Angaben aus dem Werke „Der Rheinstrom“.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von der Quelle bis zum Austritt aus dem Deutschen Reich. Herausgegeben von dem Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden. Berlin 1889.



Das Wasserspiegelgefälle des Oberrheines zwischen Basel und Bingen vor und nach seiner Rektifikation.

Die Kürzung der Donau infolge von Durchstichen erreicht auf einzelnen Strecken gleichfalls ein beträchtliches Maß, wie dies schon auf Seite 8 angegeben wurde. Faßt man jedoch den ganzen beweglichen Flußlauf ins Auge, dann bleibt die Kürzung wesentlich zurück gegenüber der, welche der Oberrhein erfahren hat. Diesen günstigen Umstand verdankt die Donau, wie dies gleichfalls schon erwähnt wurde, den Ausläufern des Jura, die dem Flusse stellenweise eine feste Lage gesichert haben. Die Bauweise für die Korrektur der Donau war die gleiche wie am Oberrhein.

Auch an den Flüssen in Norddeutschland fanden vielfach starke Kürzungen statt. Sie erreichten jedoch bei dem schwachen Gefälle nicht die Bedeutung für die Ausbildung des Flußlaufes, wie das bei den stark strömenden Gewässern Süddeutschlands der Fall gewesen ist. Auch wurde den Flüssen der Hauptsache nach ihr natürlicher, gewundener Lauf belassen.

Die nach einem einheitlichen Plane ausgeführten Rektifikationen hatten schon bald nach ihrem Beginn sehr in die Augen springende Erfolge aufzuweisen. Die Vergrößerung des Gefälles und die Eintiefung des Flußbettes infolge der zahlreichen Durchstiche verursachten eine wesentliche Senkung des Wasserspiegels. Bald erkannte man auch die Möglichkeit, den Fluß in seiner neuen Bahn ohne übermäßige Kosten erhalten zu können. Diese günstigen Erscheinungen bestärkten die Anschauung, daß mit dem zur Verbesserung des Flusses angewandten Verfahren das Richtige getroffen worden sei. Erst nach und nach mit der vollständigen Ausbildung der in Bau genommenen Flußstrecken zeigten sich wesentliche Nachteile.

Schon infolge der Vereinigung der gesamten Wassermenge in ein einziges Rinnsal und mehr noch infolge der übermäßigen Kürzung des Flußlaufes wurde die Wassergeschwindigkeit wesentlich gesteigert und damit eine sehr lebhafte Geschiebebewegung hervorgerufen. Außerdem wurde in der Richtung des neuen Flußbettes zur Einleitung des Wassers nur ein verhältnismäßig schmaler und seichter Graben ausgehoben, so daß je nach der Beschaffenheit des Talbodens neben Sand und Schlick auch eine größere oder geringere Menge Geschiebe aus den Durchstichen gefördert wurde.

Mit den früher bekannten Hilfsmitteln war es nicht möglich, diese Geschiebe in genügender Menge in die Altrinnen hinein abzuleiten, wie dies Wiebeking gehofft hatte. In der Regel mußten die vom Flusse verlassenen Rinnen frühzeitig geschlossen werden, um das Wasser in seinem neuen Bette zusammenhalten zu können. Erfolgte ein Abschluß nicht, dann verlegten die gröberen Geschiebe sehr bald die Mündungen der Altrinnen und nur die unschädlichen Treibstoffe, Sand und Schlick, gelangten weiter in die Altrinnen hinein. Die Hauptmasse der Geschiebe verblieb im Stromschlauche.

Je stärker der Flußlauf gekürzt wurde, eine desto größere Geschiebewelle bildete sich, die dann durch eine Fortsetzung der Bauarbeiten nach abwärts immer weiter geschoben wurde. Auf diese Weise entstand im allgemeinen in dem oberen Teile einer rektifizierten Flußstrecke eine Vertiefung, nach abwärts

eine Erhöhung des Flußbettes. Derartige Erhöhungen in der Donau und in ihren Zuflüssen haben, wie bekannt, zu mancherlei Klagen Anlaß gegeben. Demgegenüber ist es auffallend, daß von schädlichen Erhöhungen im Oberrhein, der doch die gleiche Behandlung erfahren hat wie die südbayerischen Flüsse, nichts bekannt geworden ist. Im Gegenteil, es herrscht dort vielfach trotz der steten Klagen, daß die Hochwasser infolge der Korrektur nicht verschwunden seien, der Wunsch vor, es möge sich die Stromsohle auch in der unteren Strecke der Korrektur nicht noch mehr vertiefen, als dies seither geschehen ist.

Der gedachte Unterschied zwischen den südbayerischen Flüssen und dem Oberrhein erklärt sich aus der Verschiedenheit der geologischen und orographischen Beschaffenheit der Gebiete. Der Boden der Rheinniederung besteht vorwiegend aus Sand und Lehm, auch führen die Zuflüsse aus den Randgebirgen der Oberrheinischen Tiefebene verhältnismäßig wenig Geschiebe in den Strom. Somit ist das Bett des Oberrheines weit und breit die einzige Fundstelle für das vielbegehrte Kiesmaterial. Es werden daher jahraus, jahrein viele tausend Kubikmeter Kies von den Eisenbahnverwaltungen, von Privaten und Gemeinden aus dem Strome gebaggert. Auf der Schwäbisch-Bayerischen Hochebene dagegen finden sich fast überall mächtige Kiesablagerungen, die eine bequeme Ausbeute ermöglichen, so daß die Donau und ihre geschiebeführenden Zuflüsse als Gewinnungsort für Kiesmaterial nur selten in Betracht kommen.

Seit einigen Jahren wird auch in der Donau sowie in ihren Zuflüssen zur Absenkung der Flußsohle auf Kosten des Staates mit Erfolg gebaggert, so daß die schlimmen Folgen der lokalen Flußbeterhöhungen bald behoben sein werden. So wurden aus der Donau unterhalb Ingolstadt zwischen Kilometer 155,6 und 167,4, aus einer Strecke, die sich infolge der Durchstichsanlagen seit den 50er Jahren wesentlich erhöht hatte, nach einer Mitteilung des Kgl. Straßen- und Flußbauamtes Ingolstadt in der Zeit vom November 1898 bis zum Juli 1903 im ganzen 764429 Kubikmeter Kies gefördert und in den Altrinnen abgelagert.

Nicht so einfach wie bei den Erhöhungen eines Flußbettes, die in verhältnismäßig einfacher Art wegzuschaffen sind, liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Schiffbarkeit der rektifizierten Flüsse. Sie ist dauernd geschädigt durch die Geradeführung, wenn auch mit der Herstellung eines geschlossenen Bettes sowie mit der Anlage guter Ziehwege eine wesentliche Besserung gegenüber dem Zustande in dem früher zerfaserten Flusse geschaffen wurde. Der größte Nachteil besteht darin, daß infolge der Steigerung der Wassergeschwindigkeit in dem gekürzten Flußlaufe und infolge der damit zusammenhängenden Verkleinerung der nassen Querschnittsfläche der von Natur aus nach Wassermenge und Gefälle gegebene Grad der Schiffbarkeit in bedeutendem Maße gemindert wurde. Ein weiterer Nachteil für die Schifffahrt beruht in der Art der Ausbildung der Fahrinne oder des Talweges in den kanalartigen Flüssen.

Am auffallendsten und merkwürdigsten erscheint die Ausbildung des Talweges im Oberrhein und zwar von Basel stromabwärts ununterbrochen auf

eine Länge von 211 Kilometern, um sodann bei Dettenheim oberhalb Germersheim mit einem Male ihren besonderen Charakter zu verlieren. Auf der bezeichneten Stromstrecke liegt bei Niederwasser die Schifffahrtsrinne streckenweise bald rechts bald links hart an dem Ufer an, die Übergänge von Ufer zu Ufer finden in schroffen Wendungen statt, Teile der beweglichen Sohle treten in Abständen von 800 bis 1000 Metern als Kiesbänke zutage. Die Tiefen in der Fahrrinne wechseln sehr rasch. Die größten Tiefen finden sich längs der Ufer und oft nicht den zehnten Teil der größten Tiefe mißt die kleinste Tiefe im Talwege über den Schwellen. Dazu kommt, daß nach jedem Hochwasser der Talweg seine Lage geändert hat. Andere Stellen der Ufer werden vom Talwege berührt, ebenso erscheinen die Kiesbänke an anderen Orten und zwar stets mit solcher Regelmäßigkeit gelagert, daß es den Anschein hat, als seien die vorher beobachteten Kiesbänke mit ihrer

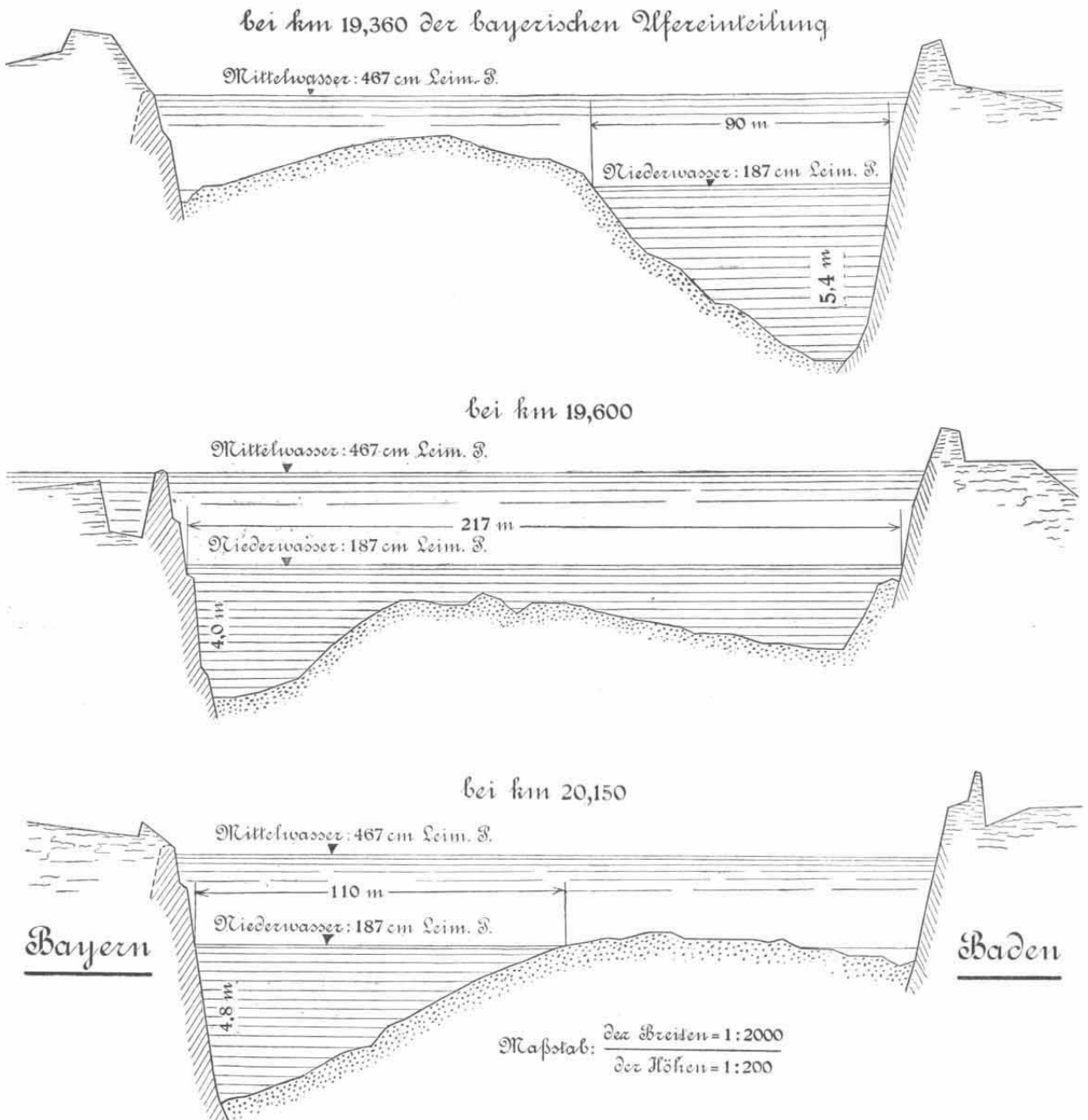
gesamten Masse und mit ihnen der Talweg eine Strecke weit stromabwärts geschoben worden. Sobald derartige Verhältnisse bestehen, ist auch bei wasserreichen und dem Gefälle nach gut entwickelten Strömen, wie Donau und Rhein, eine regelmäßige, stets lohnende Schifffahrt nicht zu betreiben.

In welcher Weise die aufeinander folgenden Querschnitte des Oberrheines im allgemeinen gestaltet sind, lassen die nachfolgenden Querschnitte erkennen. Weitere Darstellungen über den Oberrhein finden sich auf Seite 81 sowie auf Blatt VI.

Die eigentümliche Ausbildung und das eigentümliche Verhalten der Kiesbänke und des Talweges in den kanalartigen Flüssen sind Erscheinungen, die in einem natürlichen, schlangenförmig gewundenen Flußlaufe nicht bestehen und die deshalb auch in der ersten Zeit bei allen Beobachtern Staunen erregten. Am meisten war dies der Fall infolge der bei jedem Niederwasser immer wiederkehrenden, regelmäßigen

## Querschnitte des Oberrheines,

aufgenommen am 8. November 1881 bei 346 cm Höhe am Leimersheimer Pegel.



Lagerung der Kiesbänke, abwechselnd links und rechts des Talweges. Der bayerische Bauinspektor Grebenau, der diese Erscheinungen durch einen Vortrag im Jahre 1869 allgemeiner bekannt gegeben hat und dessen Anschauung heute noch vielfach herrschend ist, glaubte nach den nur bei niedrigen Wasserständen vorgenommenen Beobachtungen und Messungen ein regelmäßiges Wandern der Kiesbänke annehmen und auch das Maß der jährlichen Wanderung, sowie die Menge der dadurch in Bewegung gesetzten Geschiebe genau bestimmen zu können.<sup>1)</sup>

Die Ausbildung der Niederwasserrinne in den rektifizierten Flüssen wurde auf alle mögliche Weise zu deuten versucht, sogar wegen der großen Regelmäßigkeit, mit der die Veränderungen vor sich gehen, als ein Beweis gelungener Bauausführung in Anspruch genommen. Wenn nun auch diese Anschauung aufgegeben ist, so findet dagegen die Anschauung, daß in der „Wanderung der Kiesbänke“ eine natürliche Grundbedingung zum Ausdruck käme und daß daher an dieser Erscheinung nichts oder wenigstens nur mit anderweitigem Schaden zu ändern sei, immer noch ihre Vertreter.

Am verhängnisvollsten für die Behandlung der Flüsse war die Annahme, daß das Hervortreten von Kiesbänken mitten in Flußbette ein Zeichen ungenügender Geschiebebewegung sei, da diese Annahme dazu führte, die Entfernung der Ufer eher zu klein als zu groß anzunehmen. Zudem glaubte man, nach den mit Wassermenge und Gefälle durchgeführten Berechnungen über die einem Flusse zukommende Normalbreite zu solcher Annahme berechtigt zu sein.

Wie die Ausbildung der Inn-Strecke zwischen Windshausen und Neubeuern (oberhalb Rosenheim) zeigt, ist es in der Tat möglich, durch starke Einschnürung des Flusses einen in seinem Längenschnitt, wie in seinen Querschnitten gleichmäßig gestalteten Flußschlauch zu schaffen — einen Zustand, den Wiebeking und Tulla als das Ideal einer

<sup>1)</sup> Grebenau: Der Rhein vor und nach seiner Regulierung auf der Strecke von der elsässisch-bayerischen Grenze bis Germersheim. Nach einem Vortrag veröffentlicht im XXVIII. und XXIX. Jahresbericht der Pollichia, eines naturwissenschaftlichen Vereines der Rheinpfalz. Dürkheim a. d. H. 1870.

Flußverbesserung angesehen hätten und den noch in neuerer Zeit hervorragende Ingenieure mit Beifall in der Literatur hervorgehoben haben. Diese Inn-Strecke verdient daher eine eingehendere Besprechung. Doch mag im voraus bemerkt werden, daß zum Glück für die unterhalb einer solchen Einschnürung gelegene Flußstrecke, zum Glück für die Schifffahrt derartige Korrekturen eine Ausnahme geblieben sind.

Veranlaßt durch die schlechte Ausbildung der Inn-Strecke zwischen Kiefersfelden und Windshausen, Kilometer 4,0 und 13,0, deren Lageplan auf Blatt VI dargestellt ist, versuchte man anfangs der 60er Jahre, die richtige Normalbreite für die Rektifikation der bayerischen Inn-Strecke unterhalb Windshausen durch Rechnung zu finden und bestimmte sie somit auf Höhe des mittleren Wasserstandes zu 250 Fuß = 73 Meter. Diese Normalbreite beträgt um nahezu 50 Meter weniger, als auf der mit Österreich gemeinschaftlichen Inn-Strecke zwischen Kiefersfelden und Windshausen durchschnittlich vorhanden sind. Ferner bestimmte man, daß die Normalbreite wegen der Abnahme des Gefälles und wegen der Zunahme der Wassermenge auf je 5500 Fuß um 5 Fuß, also auf jeden Kilometer um 90 Zentimeter, zunehmen sollte. Der Übergang zu der Flußenge wurde von der Reichsgrenze bei Windshausen ab auf eine Länge von 4000 Fuß = 1167 Meter vollzogen.<sup>1)</sup>

Durch die Einschnürung des Flußbettes und auch dadurch, daß man dem Laufe des Flusses zwischen Kilometer 15,6 und 20,6 einen fast geraden Lauf gegeben hatte, entstand eine bedeutende Eintiefung, die sich flußaufwärts bis in die Nähe von Kiefersfelden bemerkbar machte. Sie betrug bei Kilometer 15,133 vom Jahre 1872 bis zum Jahre 1883 etwa 1,5 Meter und von dieser Zeit bis zum Jahre 1893 weitere 50 Zentimeter. Die Folge war, daß sich das Flußbett unterhalb der Korrekturenstelle bis nach Rosenheim, Kilometer 32,0, erhöhte. Schon im Jahre 1878 nahm man daher Anlaß, dem Flußlauf von Kilometer 20,6 ab einen mehr geschlängelten Lauf unter Benützung der jeweiligen Flußlage zu geben. Und im Jahre 1879 wurde sodann bestimmt, die Breite des Flußbettes von Kilometer 21,0 bis zu 22,770 von

<sup>1)</sup> Der Wasserbau in Bayern. 1888. S. 205 u. 206.

Wasserspiegelgefälle des Inn von oberhalb Kiefersfelden bis unterhalb Rosenheim  
in Metern auf 1000 Meter Flußlänge.

Zwischen den Kilometerpunkten		Niederwasser vom Jahre 1862 bei 49 cm am Rosenheimer Pegel	Niederwasser am 18. Februar 1899 bei 61 cm am Rosenheimer Pegel	Mittelwasser am 3. September 1896 bei 231 cm am Rosenheimer Pegel	Hochwasser am 12. August 1896 bei 375 cm am Rosenheimer Pegel
0,0	3,8	—	1,33	1,25	1,12
3,8	9,0	—	1,03	0,95	0,97
9,0	12,0	0,92	<b>0,85</b>	1,05	1,07
12,0	15,0	1,12	1,23	1,05	0,97
15,0	21,0	1,04	<b>0,68</b>	<b>0,78</b>	<b>0,87</b>
21,0	25,0	1,09	1,04	1,00	0,94
25,0	30,0	1,09	<b>0,83</b>	1,03	1,04
30,0	32,0	0,85	1,42	1,02	0,82
32,0	35,2	0,62	0,77	0,67	0,81
35,2	39,6	0,75	0,75	0,91	0,85

85 auf 99 Meter überzuführen. Da trotz dieser Maßnahmen die Vertiefung der Flußsohle oberhalb Neubuern nicht zum Stillstand kam, so entschloß man sich Ende der 90er Jahre zu einer Verbreiterung der Flußenge, die bereits ihren günstigen Einfluß erkennen läßt. In dem Querschnitt des Inn bei Kilometer 15,133 auf Blatt VI ist die Erweiterung eingezeichnet.

In welchem Maße die Einschnürung des Flußbettes durch die Eintiefung im Oberlauf und durch die Erhöhung im Unterlauf abschwächend auf das Wasserspiegelgefälle eingewirkt hat, ergibt die Zusammenstellung auf S. 55 nach den vom Kgl. Straßen- und Flußbauamt Rosenheim ausgeführten Messungen.

Die Aufnahme bei Niederwasser im Jahre 1862 läßt im großen und ganzen mit geringen Schwankungen eine Abnahme des Wasserspiegelgefälles flußabwärts erkennen, dagegen zeigt das Gefälle bei dem Niederwasser vom Februar 1899 bedeutende Schwankungen. Das kleinste Gefälle mit 68 Zentimetern auf 1000 Meter Länge findet sich in der Flußenge unterhalb Windshausen. Es zeigt sich, wie die Einengung des Flußbettes durch Eintiefung nach aufwärts und durch Auflandung nach abwärts eine Verminderung des Gefälles herbeigeführt hat.

Derartige starke Eingriffe in das Strombett, wie sie zwischen Windshausen und Rosenheim vorgenommen wurden, veranlaßten eine wellenförmige Ausbildung der Flußsohle, die bei Niederwasser im Wasserspiegelgefälle stark in Erscheinung tritt. Schon bei Mittelwasser und mehr noch bei Hochwasser verringert sich der Einfluß dieser wellenförmigen Ausbildung, wie dies aus obiger Zusammenstellung hervorgeht.

Wie wenig man noch in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts imstande war, die Wirkung einer Rektifikation richtig vorauszubestimmen, zeigen auch die folgenden Querschnitte des Inn.

Betrachtet man jedoch die Nachteile, die die Rektifikation der Flüsse erbracht hat, im Hinblick auf die heillosen Zustände, die zu ihrer Ausführung Anlaß gegeben haben, dann findet kein gerecht Denkender einen Grund zur Anklage, dagegen Worte der Anerkennung für die Tatkraft der Ingenieure, die ihr Werk unter schwierigen Verhältnissen, wie sie sich beim

Betreten einer neuen Wegrichtung einstellen, mit vielem Erfolge zur Ausführung gebracht haben. Angesichts des zu Anfang des vorigen Jahrhunderts herrschenden Elendes wäre sicher auch dann den Vorschlägen der Ingenieure zugestimmt worden, wenn sie von vornherein erklärt hätten, daß die Vorteile, die die Festlegung der Ufer bringen wird, nur mit den Nachteilen zu erreichen seien, die ihre Bauweise in Wirklichkeit verschuldet hat. Damals hätte man den Wert einer Festlegung der Ufer noch dankbar zu schätzen gewußt und es mit Recht der Zukunft überlassen, auch ihren Teil zur Besserung der Flußverhältnisse beizutragen.

### Die Ursache der für die Schifffahrt ungünstigen Ausbildung des Talweges in den gekürzten, kanalartig gestalteten Flußläufen.

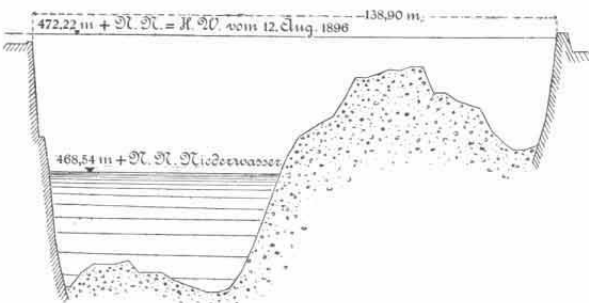
Ein regelmäßig fortschreitendes Verschieben der Kiesbänke und des Talweges in den geraden oder schwach gekrümmten Flußstrecken mit übermäßigen Breiten kann bei kleineren Anschwellungen leicht verfolgt werden. Dagegen lassen sich bei hohen Wasserständen die Umbildungen der Flußsohle in ihrem vollständigen Verlaufe nicht bestimmen, da die große Geschwindigkeit und Tiefe des Wassers eine hinreichend genaue Tiefenmessung nicht zuläßt. Nach den bei kleineren Anschwellungen vorgenommenen Beobachtungen kann jedoch nicht vorausgesetzt werden, daß auch bei stärkerem Hochwasser, das in manchen Flüssen das 20- und 30fache der kleinsten Niederwassermenge übersteigt, eine Verschiebung der Kiesbänke und des Talweges ohne wesentliche Änderung der bei Niederwasser beobachteten Form des Flußbettes vor sich geht. Diese Annahme findet, wie nachfolgend gezeigt werden soll, sogar in der Ausbildung des Niederwasserbettes eine Bestätigung.

Für die Donau sind genauere Aufnahmen über das Niederwasserbett in Flußstrecken mit sogenannten wandernden Kiesbänken nicht vorhanden; deshalb dient für den vorliegenden Zweck die von dem Kgl. Straßen- und Flußbauamt Speyer unter Leitung des Kgl. Bauamtmannes Zimmermann betätigte Aufnahme über die Gestaltung der Rheinstrecke zwischen

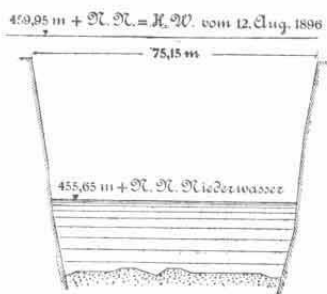
## Querschnitte des Inn zwischen Kiefersfelden und Rosenheim

nach einer Aufnahme aus dem Jahre 1897:

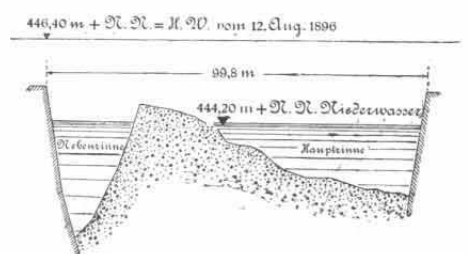
bei Kilometer 4,3



bei Kilometer 17,0



bei Kilometer 30,4



Die in die Querschnitte eingezeichnete Niederwasserhöhe entspricht einem Pegelstande von 40 Zentimetern über dem Nullpunkte des Rosenheimer Pegels.

Der Nullpunkt der kilometrischen Einteilung des Inn liegt bei der Reichsgrenze nächst oberhalb Kiefersfelden.

Kilometer 13,2 und 14,7 der bayerischen Ufereinteilung, nächst unterhalb Maximiliansau, die auf Blatt VI dargestellt ist und die als typische Form eines Flußbettes mit „wandernden Kiesbänken“ gelten kann.

Wie aus der bezeichneten Darstellung zu ersehen ist, ziehen sich längs der beiden Ufer tiefe Rinnen hin, weit über die Strecken hinaus, denen der Talweg bei Niederwasser folgt. Bei einer so vorbereiteten Sohle ist anzunehmen, daß der Strom bei hohen Anschwellungen, namentlich nach raschem Ansteigen, vielfach den kürzeren Weg längs der Ufer fort durch eine Nebenrinne nimmt und daß dann eine Verlegung des Talweges von einem zum andern Ufer erfolgt, ohne daß die nebenan liegende Kiesbank in ihrer Hauptmasse zu Tal gewandert sein muß. Und wenn sich in einem Flußbett bei Niederwasser mächtige Kiesbänke zeigen, während wenige Kilometer weiter abwärts in einer geraden, aber wesentlich engeren Flußstrecke eine ebene Sohle besteht, wie dies auf der noch näher zu beschreibenden und gleichfalls auf Blatt VI dargestellten Inn-Strecke zwischen Kiefersfelden und Windshausen der Fall ist, dann kann mit Recht geschlossen werden, daß in einem für das Niederwasser zu breiten Bette die Kiesbewegung um so gleichmäßiger zwischen den festen Ufern vor sich geht, je höher der Wasserstand ansteigt, je mehr in den Querschnitten mit zunehmender Tiefe die Verschiedenheit in der Größe der Sohlengeschwindigkeit abnimmt, und daß sich daher die Sohle um so mehr verebnet, je beweglicher das Flußbett ist, je länger die hohen Wasserstände andauern.

In welchem bedeutendem Maße die Wasserführung des Oberrheines innerhalb des Strombettes schwankt, geht aus folgenden Angaben hervor. Für die bayerisch-badische Stromstrecke oberhalb Dettenheim beträgt die kleinste sekundliche Wassermenge etwa . . . . . 450 Kubikmeter, die sekundliche Wassermenge, bei der alle Teile der beweglichen Stromsohle gerade überronnen sind, etwa . . . . . 1000 Kubikmeter, die sekundliche Wassermenge bei bordvollem Strome in Strecken, in denen die Ufer auf Höhe der gewöhnlichen Hochwasser gelegen sind, etwa 2500 Kubikmeter und die größte sekundliche Hochwassermenge zwischen . . . . . 4000 und 5000 Kubikmetern.<sup>1)</sup>

Die hohen Wasserstände im Oberrhein dauern in keinem Falle so lange an, daß sich eine solche Ausgleichung des Strombettes einstellen könnte, wie dies in der Flußenge unterhalb Windshausen der Fall ist. Auch bei den stärksten Anschwellungen wird die bei Niederwasser vorhandene, die Mitte des Strombettes durchziehende, rückenartige Erhöhung, über deren Einsattelungen der Stromstrich gleichsam pendelt, bestehen bleiben und auch die einzelnen Erhebungen über diesem Kiesrücken, die bei Niederwasser als Kiesbänke zutage treten, nicht vollständig verschwinden. Die hohe Lage der Sohle nach der Mitte des Flußbettes zeigen die auf Seite 54 und 81 dargestellten Querschnitte des Oberrheines und in Übereinstimmung damit die Querschnitte des Inn auf Seite 56 und ebenso die Querschnitte der Donau

auf Seite 70. Letztere Querschnitte lassen auch die raschen Umbildungen der Flußsohle erkennen.

Nimmt die Wassermenge ab, dann findet nach und nach wieder eine Rückbildung des Strombettes in die Form statt, die man bei Niederwasser beobachten kann, wobei je nach dem Grade der durch das Hochwasser entstandenen Umformungen Teile des früheren Talweges längs der beiden Ufer als sekundäre Rinnen bestehen bleiben. Diese Rinnen geben auch Anlaß zur Ausbildung der hohen, krebscherenartig geformten Abstürze der Kiesbänke, wie sie besonders häufig im Rhein oberhalb Dettenheim erscheinen. Die äußere Form der Kiesbänke sind gleichsam nur Spiegelbilder der ungleichmäßigen Wasserbewegung, die durch die beiden längs der Ufer stattfindenden Strömungen hervorgerufen werden.

Mit Sicherheit ist wohl anzunehmen, daß die Veränderungen, die sich von Niederwasser zu Niederwasser beobachten lassen, um so weniger von einer regelmäßigen Verschiebung der Kiesbänke herrühren, wie sie Grebenau angenommen hat, je höher die Anschwellungen zwischen den einzelnen Niederwassern aufgetreten sind. Auch müßte bei der Annahme einer stetigen Wanderung der Kiesbänke eine so große Geschiebebewegung vorausgesetzt werden, wie sie zum Glück nicht vorhanden ist. Und wenn bei jedem Niederwasser auf gleicher Flußstrecke immer wieder eine ähnliche Lagerung und Form der Kiesbänke beobachtet wird, dann ist dies ebenso auffallend, als wenn die durch eine gleiche Form in knetbaren Teig eingedrückten Figuren sich gleichen.<sup>1)</sup>

Die Bezeichnung „wandernde Kiesbänke“ entspricht sonach den Vorgängen in einem beweglichen Flußbette nicht und gibt nur Anlaß zu irriger Auffassung. Es wäre besser zu sagen: Flußstrecke mit veränderlicher Lage des Talweges oder mit veränderlicher Lage der Flußrinne oder kurz: Flußstrecke mit pendelndem Talwege.

Veranlaßt durch die Beobachtungen über die verschiedenartige Ausbildung der Flußsohle des Inn zwischen Kufstein und Rosenheim hat der Verfasser dieser Denkschrift in einem Vortrage auf der sechsten Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereines in Nürnberg im Jahre 1896 die Umbildung eines schlängelförmig gewundenen Flußlaufes mit allseits beweglichem Bette in einen solchen mit festen, in gerader oder schwach gekrümmter Richtung verlaufenden Ufern in folgender Weise dargestellt.

Man denke sich einen natürlichen Wasserlauf, beiderseits durch feste, parallel gegenübergestellte Ufer begrenzt und zwar so, daß alle seine Windungen zwischen diesen Ufern gelegen sind. Die Richtung der Ufer sei zusammengesetzt aus geraden und schwach gekrümmten Linien, wie es bei künstlich gestalteten Flüssen in der Regel der Fall ist, und die Böschungsanlage dieser Ufer sei wie gewöhnlich eine ein- bis zweimalige. Werden nun die so gedachten Ufer nach und nach näher zusammengeschoben, dann erhält

<sup>1)</sup> Faber: Ausbau der Ufer des Oberrheines zwischen Straßburg und Mannheim zur Verbesserung der Wasserstraße. Deutsche Bauzeitung 1887, S. 425.

<sup>1)</sup> Der Wasserbau in Bayern. 1888. S. 266.



man schließlich das Bild eines rektifizierten Flusses. Diese Vorstellung entspricht um so mehr der Wirklichkeit, als man am Inn, wie schon gesagt wurde, wiederholt die Breite des Flußbettes gewechselt hat, stets in der Absicht, die jeweils beobachtete ungünstige Ausbildung des Flußbettes zu bessern.

In dem ersten Stadium, bei dem der Fluß mit all seinen natürlichen Windungen zwischen den festen Ufern gelegen ist, folgt er nach kurzer Zeit streckenweise diesen Ufern. An solchen Berührungsstellen gibt sich die Art der Wasserbewegung, wie sie auch längs konkaver Ufer stattfindet, in besonders auffallender Weise zu erkennen. Durch den Anstoß an das feste Ufer in seiner Geschwindigkeit gehemmt, staut sich das Wasser auf, wird dadurch nach abwärts zu stärkerer Strömung mit wirbelnder und schraubenförmiger Bewegung veranlaßt und gräbt so eine tiefe und deshalb auch schmale Rinne aus. Dem gestreckten Ufer folgend, vermindert der Fluß mit abnehmender Richtungsänderung und sonach geringerem Aufstau seine Stoßkraft, gräbt sich weniger tief in die Sohle ein, entwickelt sich wieder mehr nach der Breite und läßt nach und nach die aus dem oberen Teile der Rinne herausgerissenen Geschiebe liegen. Teils durch diese Ablagerung bedingt teils dadurch, daß der Fluß vom Ufer weg geringeren Widerstand findet, wendet er sich allmählich von dem festen Ufer ab. Auf diese Weise wird der kreisförmige Verlauf der Windungen überall, wo der Fluß das gestreckte, feste Ufer erreicht, gestört.

Je näher die gedachten Ufer nun zusammenrücken, je mehr der Flußschlauch zusammengequetscht wird, desto mehr verschwinden die regelmäßigen Windungen, und endlich bei einer bestimmten, von der Wassermenge und dem Gefälle abhängigen Entfernung der Ufer bewegt sich der Fluß nur noch in verkrüppelten Serpentinien: dem Ufer folgend in schmalen, tiefen Betten, mit raschen Wendungen in breitem, seichtem Bette die Flußmitte kreuzend — ein Zustand, wie er sich in den rektifizierten Flüssen vorfindet.<sup>1)</sup>

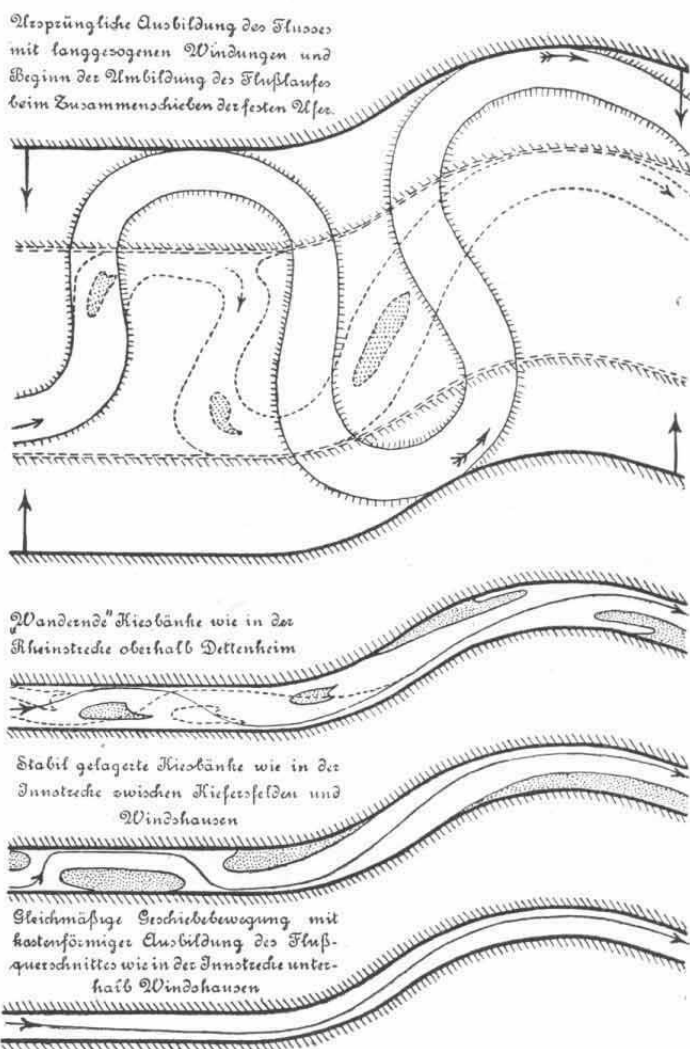
Schiebt man die Ufer noch weiter zusammen, dann füllt das Wasser allmählich das ganze Bett zwischen den festen Wandungen. Wassertiefe und Geschwindigkeit nehmen zu, daher auch die Stoßkraft auf die Geschiebe. Mehr und mehr verschwinden die den Fluß stauenden, von einem zum anderen Ufer leitenden Ablagerungen, die tiefen Rinnen längs der Ufer werden verschüttet, die Geschiebebewegung wird eine gleichmäßigere. Mit der Ausgleichung des Flußbettes streckt sich der Talweg, mindert sich der Unterschied zwischen seinen größten und kleinsten Tiefen, die Querschnitte des Flusses bilden sich kastenförmig aus. Dies beweist auch die Ausbildung des Querschnittes des Inn bei Kilometer 17,0 auf S. 56.

Die Erscheinungen, wie sie sich in dem gedachten, enger und enger werdenden Flußschlauche unter der Voraussetzung einer gleichen Wassermenge

<sup>1)</sup> In solchen Flußläufen finden sich die „nachteiligen Pässe“, wie sie Girardon, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées chargé du service spécial du Rhône, in seiner Abhandlung „Flußregulierung bei niedrigem Wasserstande“, Haag 1894, genannt hat. S. 3 seiner deutschen Übersetzung sagt Girardon: Beide Kehlen liegen übereinander . . . Die Schwelle, welche beide Kehlen trennt, bildet einen schrägen und breiten Überfall mit kleiner Wassertiefe.

nach und nach zeigen, wechseln in Wirklichkeit an gleichem Orte mit den Schwankungen der Wassermenge. So wird mit Zunahme dieser Menge die Bewegung von Wasser und Geschiebe gleichmäßiger, der Talweg gestreckter, wie dies unter Voraussetzung einer steten Abnahme der Uferentfernung oben gesagt worden ist. Das gleiche kann eintreten, wenn talabwärts das Gefälle wesentlich abnimmt, ohne daß dementsprechend die Entfernung der Ufer zunimmt. In diesem Falle nimmt der Spielraum für die Wasserbewegung zwischen den festen Ufern mit der Zunahme der Wasserquerschnitte ab, und somit wird auch die Ausbildung der Flußsohle eine gleichmäßige sein. Nimmt dagegen unter sonst gleichen Verhältnissen die Wassermenge ab — nach dem Vorhergehenden gleichbedeutend mit einer Zunahme der Uferentfernung —, dann gewinnt der Fluß wieder größere Bewegungsfreiheit zwischen seinen Ufern, fällt stärker zu ihnen an, arbeitet sich wieder tiefer in die Sohle ein, zugleich neue Ablagerungen bildend.

### Darstellung zur Erläuterung der Ausbildung des Talweges in den gekürzten, kanalartig ausgebildeten Flüssen.



Die obenstehende Darstellung möge zur näheren Erläuterung dienen.

**Die allgemeinen Grundsätze für die Verbesserung geschiebeführender Flüsse nach den seither gewonnenen Erfahrungen. — Wenn**

über ein geeignetes Verfahren zur Besserung eines geschiebeführenden Flusses Klarheit geschaffen werden soll, dann muß auf die Vorgänge, die sich bei den in natürlichem Zustande befindlichen Flüssen abspielen, zurückgegangen werden, ganz einerlei, ob der zu verbessernde Fluß durch künstliche Eingriffe verändert worden ist oder nicht. In dem vorhergehenden Kapitel ist nun darauf hingewiesen worden, wie durch die staffelförmige Ausbildung des Wasserspiegelgefälles die Angriffe eines Flusses auf die Uferwandungen verstärkt werden und wie gerade die infolge der Konzentration des Gefälles verursachten Zerstörungen Anlaß gegeben haben, die Verbesserung der Flußläufe in der gewalttätigsten Weise herbeizuführen.

Betrachtet man diese Vorgänge im großen und ganzen, dann ergibt sich im allgemeinen, daß die Höhe der Ufer eines in beweglichem Boden eingebetteten Flusses den Fortschritt in seiner Verwilderung beherrscht. Je niedriger die Ufer sind, desto rascher geht ihr Abbruch vor sich, desto häufiger werden sie überströmt, desto häufiger findet der Fluß Gelegenheit neue Furchen einzureißen. Diese nachteiligen Erscheinungen sind in der Regel auch die Folgen einer Erhöhung des Flußbettes, die eine relative Erniedrigung der Ufer bedingt.

Besonders auffallend zeigt sich die Abhängigkeit des Zustandes eines Flusses von der Höhe seiner Ufer in der Inn-Strecke von Rosenheim bis unterhalb Mühlendorf, die bis vor wenigen Jahren fast keine künstliche Änderung erfahren hat. Auf dieser Flußstrecke liegen die Ufer zum Teil unter Hochwasser, zum Teil erheben sie sich 20 bis 30 Meter darüber hinaus. Der Wechsel in der Uferhöhe erfolgt sehr rasch und ebenso der Wechsel in der Art der Ausbildung des Flußlaufes. Regelmäßig ausgebildete, geschlossene Flußstrecken zwischen hohen Ufern bestehen unmittelbar neben solchen, in denen der Inn, eine Niederung durchfließend, mehrfach gespalten ist.

Die gleichen Erscheinungen wie am Inn bieten alle Flüsse in beweglichem Boden. So war die außergewöhnliche Zerfaserung, die der Oberrhein zwischen Breisach und der Mündung der Rench bis in den Anfang des vorigen Jahrhunderts erfahren hatte und die ein Gewirr von Kiesbänken, Auen und Wasserrinnen, in der Regel auf eine Breite von 2 bis 3 Kilometern, bildete, wesentlich bedingt durch die niedrigen Ufer auf dieser Stromstrecke. Dieser Zusammenhang besteht, ob nun die niedrigen Ufer davon herrühren, daß die Senke zwischen den Randgebirgen, Schwarzwald und Wasgenwald, von Breisach in der Nähe des Kaiserstuhles bis zur Mündung des Renchtales weniger hoch aufgeschüttet wurde, als dies auf den benachbarten Strecken der Fall ist, oder daß sich schließlich die Stromsohle durch die von Basel herkommenden, alpinen Geschiebe erhöhte. Wäre hier nicht bessernd eingegriffen worden, wie dies nach dem Plane von Tulla geschehen ist, dann hätte die von dieser Stromstrecke ausgehende, lebhafteste Geschiebebewegung die Stromsohle der bayrisch-badischen Strecke, auf der meist noch ein geschlossener, regelmäßig gewundener Lauf vorhanden war, bald in dem Maße erhöht, daß auch auf dieser Strecke allmählich eine gänzliche Verwilderung ein-

getreten wäre. Daß der schädliche Umbildungsprozeß bereits eingeleitet war, ist daran zu erkennen, daß sich der Strom hie und da aus den Windungen, welche die an einzelnen Orten bis zu 10 Kilometer breite Niederung durchquerten, zurückgezogen und einen neuen, kürzeren Weg gebahnt hatte. So lassen sich an dem in seinem Laufe durch künstliche Eingriffe wenig gehemmten Rheinstrome in der Tiefebene zwischen Basel und Bingen die unaufhaltsam fortschreitenden Verwüstungen erkennen, bis die Befestigung der Ufer im vorigen Jahrhundert den Umbildungen ein Ziel setzte.

Ebenso hätte die Donau auf ihrem Laufe durch die Ebene zwischen Regensburg und Hofkirchen nach und nach einen gefährlichen Charakter angenommen, wenn nicht die Korrektur auf der oberen Strecke zur Durchführung gekommen wäre. Denn es steht fest, daß aus verwilderten Flußstrecken weit mehr Geschiebe zu Tal gefördert werden, als dies durch die Anlage von Durchstichen infolge einer Korrektur je geschehen ist.

Die Wandelbarkeit eines Flusses ist noch in anderer Hinsicht von großem Nachteil, der bei dem Vorgehen zur Verbesserung der Flußverhältnisse zu beachten ist. Der bewegliche Boden, in den die Flüsse eingebettet sind, enthält Geschiebe von verschiedener Größe und Schwere mit Sand und Schlick gemengt. Diese Bodenbestandteile werden durch das über sie fließende Wasser gleichsam sortiert, die leichteren Bestandteile immer weiter vorausgetragen, die schwereren Geschiebe im oberen Teile der Flußrinne zurückgelassen, ein Vorgang, auf dem bei durchwegs beweglichem Boden die allmähliche Abnahme des Gefälles flußabwärts und die im großen und ganzen vorhandene Stetigkeit der Gefällskurve beruht.

Bewegt sich ein Fluß stets in gleicher Bahn, so wird in seinem oberen Laufe die Sohle nach und nach dichter mit größerem Gerölle überdeckt, die Auswaschung des Bodens erschwert und die Geschiebebewegung verringert werden. Ist das nicht der Fall, beharrt also ein Fluß nicht in gleicher Bahn, dann ist die Bildung einer Schutzdecke unmöglich. Es gelangt fortwährend eine große Menge Geschiebe der verschiedensten Korngröße zur Oberfläche, so daß auch bei geringerer Wasserführung eine lebhafteste Geschiebebewegung stattfindet. Gegenüber der Wassermenge und dem Gefälle des Flusses, also gegenüber seinem Arbeitsvermögen ist es daher der Hauptmasse nach ein verhältnismäßig leichtes Geschiebe, das infolge der geschilderten Vorgänge die Flußsohle bedeckt.

Durch die große Beweglichkeit des Bodens wird die Möglichkeit zur unregelmäßigen, wellenförmigen Ausbildung des Flußbettes gesteigert und ein rascher Wechsel in der Lage der Flußrinne und der Kiesbänke bedingt, wie dies in ganz besonderem Maße im Oberrhein zu beobachten ist. Aus der gleichen Ursache entstehen daher auch in Flußstrecken, die bei geringerer Geschiebebewegung eine geschlossene Niederwasserrinne zeigten und denen etwa durch plötzlich entstandene Uferanbrüche oder aus sonst irgendeinem Grunde ein leichteres Geschiebe in größerer Menge zugeführt wird, mit einem Male Kiesbänke mitten im Flußbette, sogar in der Nähe eines konkaven Ufers.

Wenn man die Bedeutung der voraus geschilderten Vorgänge in allen Teilen würdigt, dann ergibt sich, daß bei den größeren, in alluvialen und diluvialen Boden eingebetteten Flüssen in den seltensten Fällen die Verwilderung des Flußlaufes durch eine überreiche Geschiebezufuhr aus den dem Gebirge entstammenden Seitengewässern veranlaßt wird. Die Quelle des Unheils liegt vielmehr in den Flußtälern selbst, hervorgerufen durch die Wandelbarkeit des Flusses. Diese als das Grundübel muß sonach durch eine bauliche Behandlung des Flusses beseitigt werden.

Bei der Verbesserung eines Flusses mit beweglichen Ufern besteht die Aufgabe des Ingenieurs darin, ein geschlossenes Flußbett mit seitlich fester Begrenzung herzustellen, das Flußbett nach Möglichkeit auszugleichen und die Geschiebebewegung in einen möglichst gleichmäßigen Gang zu bringen. Soll der Ausgleich des Flußbettes nur durch die Arbeit des fließenden Wassers, also ohne Baggerung erfolgen, dann fragt es sich, wie die weiter abwärts gelegene Flußstrecke beschaffen ist.

Begrenzen derart hohe Ufer den Lauf des Flusses, daß ein nachteiliges Ansteigen des Wasserstandes durch eine Erhöhung der Sohle nicht zu befürchten steht, oder mündet der zu verbessernde Fluß in ein zur Aufnahme der Geschiebe geeignetes Seebecken oder in ein fließendes Gewässer, das eine vermehrte Geschiebezufuhr ohne Gefahr verträgt, dann kann eine Vergrößerung der Wassergeschwindigkeit durch Kürzung des Flußlaufes, durch Einengung des Flußbettes in Frage kommen. Nur wäre allenfalls mit Rücksicht auf die Schifffahrt zu erwägen, inwieweit eine Vergrößerung der Wassergeschwindigkeit zulässig ist und in welcher Art in der gestreckten Flußrinne eine der Schifffahrt günstige Niederwasserlinie hergestellt werden kann.

Je weniger aber die Beschaffenheit der unterhalb einer zu verbessernden Flußstrecke gelegenen Gegend es zuläßt, die Geschiebebewegung auf der ganzen Ausdehnung des Flusses zu beschleunigen, also die Flußsohle auf dieser ganzen Länge hin auszutiefen, um so weniger ist die gerade Leitung des Flusses zulässig und um so mehr auch notwendig, eine unveränderliche Lage der Flußrinne anzustreben. Hieraus ergibt sich die Forderung, dem neuen Flußbett einen schlangenförmig gewundenen Lauf zu geben, einen Lauf, wie er in der Natur beobachtet wird und der es ermöglicht, durch stete Krümmung der Ufer den Stromstrich in seiner Richtung stetig zu ändern und somit die Bewegung des Wassers und der Geschiebe gleichmäßiger zu gestalten.

Da in keinem Falle bei der Wiedervereinigung der gesamten Wassermenge in eine einzige Rinne für die erste Zeit der Anlage eine stärkere Geschiebebewegung zu vermeiden ist, so sind die infolge der Bauausführung in Bewegung gesetzten und die von weiter oberhalb herkommenden Geschiebe soviel wie möglich in den Nebenrinnen und Niederungen zur Ablagerung zu bringen und somit im Sinne Wiebekings die Nachteile der Korrektur für die unterhalb gelegene Flußstrecke abzuschwächen, vielleicht auch ganz aufzuheben.

Je weniger weit die Verwilderung eines Flusses vorgeschritten, je mehr also das Bett geschlossen und noch eine Hauptrinne ausgebildet ist, desto einfacher gestaltet sich die Abhilfe. Die wenigen Nebenrinnen sind ohne Schwierigkeit zur Verlandung zu bringen, also ein geschlossenes Flußbett leicht wiederherzustellen; ebenso kann die Laufrichtung des Flusses durch eine Befestigung der konkaven Ufer sowie der beiden Ufer in den Übergängen festgelegt werden. Stark gekrümmte, konkave Ufer, deren Befestigung hohe Erhaltungskosten verursacht, oder die infolge ihrer Stauwirkung der Schifffahrt ein großes Hemmnis bieten, wird man in ihrer Krümmung verflachen, aber nur in notwendigen Ausnahmen bis zu dem Grade, daß zur Festlegung der Laufrichtung des Flusses eine Befestigung beider Ufer auf ihrer ganzen Länge hin erforderlich und eine Sicherung der konvexen Uferseite durch einzelne, entfernter gestellte Querbauten nicht genügen würde.

So einfache Verhältnisse liegen jedoch selten vor, denn meist wird mit einer Verbesserung erst dann begonnen, wenn sich der Fluß in einem derartigen Zustande befindet, daß oft auf längere Strecken hin unter den vielen Rinnen eine Hauptrinne kaum zu erkennen ist. In diesem Falle muß zunächst eine Rückbildung des Flusses durch den Abschluß aller Nebenrinnen und durch die Ausbildung einer Hauptrinne herbeigeführt werden.

**Die baulichen Hilfsmittel zur Verbesserung geschiebeführender Flüsse.** — Zu einer Bauweise, durch die einem zerfaserten Flusse ein geschlossenes Rinnsal ohne übermäßige Gewalt wieder gegeben werden kann, führte das Ergebnis zufälliger Beobachtungen. So kann man in einem Flußbett sehen, daß festgelagertes Treibholz oder eingerammte Pfähle, die irgend einem Zwecke dienen sollen, bedeutende Änderungen in der Richtung und Stärke der Wasserbewegung, in der Bewegung und Lagerung der Geschiebe veranlassen. Dabei ist nur notwendig, daß das im Flußbett liegende Treibholz, ebenso wie die eingerammten Pfähle dem Strome den Weg nicht ganz versperren und also auch die Geschiebebewegung nach der ursprünglichen Richtung des Flusses nicht gänzlich hemmen, wie dies bei den vollwandigen, auf der Flußsohle ruhenden Korrektionsbauten der Fall ist.

Seitdem nun Baurat Wolf seine, nach solchen Erfahrungen ausgebildete, an der Isar erprobte Bauweise bekannt gegeben hat, ist die Herstellung einer geschlossenen, in Windungen verlaufenden Flußrinne in allen Fällen eine einfache Sache.

Die Wolfsche Bauweise, die weitaus nicht in dem Maße gewürdigt und weiter entwickelt wird, als sie es verdient, soll hier eingehender besprochen werden, da man sich bei ihrer Anwendung, wie bei keiner anderen Bauweise, die Herrschaft über einen geschiebeführenden, verwilderten Fluß sichern kann.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Wolf und Specht: Über Flußkorrekturen an der Isar im Bauamtsbezirke Landshut. Wochenblatt für Baukunde 1885, S. 344; 1886, S. 24.

Wolf: Über Regulierung geschiebeführender Flüsse und Wasserläufe. Wochenblatt für Baukunde 1886, S. 739. — Neuere Strombauten an der Isar. Zeitschrift für Bauwesen 1886, S. 515.

Der Grund für die falsche Beurteilung der Wolfschen Bauweise liegt darin, daß man vielfach ohne tieferes Eindringen in das Wesen dieser Bauweise Neben-sächliches als Hauptsache ansah und somit, auch bei einer bis auf die Dicke der Nägel sich erstreckenden Nachahmung der an der Isar angewandten Bauten, an anderen Flüssen zu Mißerfolgen kam, die auf die Bauweise selbst zurückgeführt wurden.

Nach allen Reiseberichten wurde die Isar zum Studium in der Regel nur bei Niederwasser befahren, also zu einer Zeit, in der die Bauten zum größten Teile außer Wirksamkeit sind und sich als eine verworrene Masse von Pfählen und Faschinen dem Beschauer darbieten. Sind dagegen die Bauten mäßig überronnen, so daß ihre Stellung immer noch deutlich zu erkennen ist, dann verschwindet das Nebensächliche und die ganze Aufmerksamkeit richtet sich darauf, zu beobachten, in welcher Richtung zum Stromstrich die Bauten gestellt sind und in welcher Weise sich die Wirkung der Bauten zu erkennen gibt. Man sieht vor allem, wie teils durch Mehrung teils durch Abminderung des Zuflusses, also durch Hebung und Senkung des Wasserspiegels auf die Richtung des Stromstriches, auf die Geschwindigkeit des Wassers, auf die Bewegung und Ablagerung der Geschiebe in ganz bestimmtem Sinne eingewirkt wird. Bei einer solchen Fahrt kommt die Frage nach den Einzelheiten der Baukonstruktionen erst in zweiter Linie.

Werden die Studien in dieser Art betrieben, dann wird die Anwendung der Bauweise nicht mehr davon abhängig gemacht, ob die Eigenschaften des Flusses eine Nachahmung der an der Isar ausgeführten Baukonstruktionen gestatten oder nicht. Durch Versuche wird man sie den jeweiligen Verhältnissen anpassen und somit die Wolfsche Bauweise zu einem unentbehrlichen Rüstzeug gestalten können.

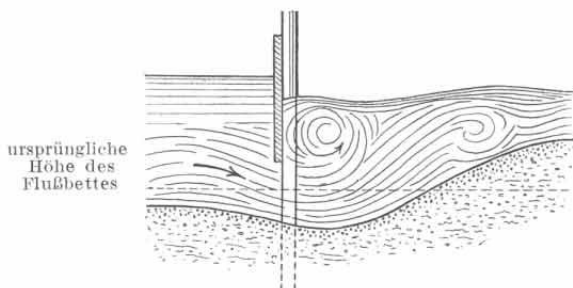
Das Wesentlichste der Bauten sind nicht, wie auch Baurat Wolf anfangs vermutete, die Faschinengehänge oder die Faschinentafeln, die mit ihrem dickeren Ende an die in das Flußbett eingerammten Pfähle in bestimmter Höhe befestigt werden und nach denen auch in der Regel die Bauweise als „Wolfsche Faschinengehänge“ bezeichnet wird, sondern die reihenweise gestellten Pfähle sind hauptsächlich der wirksame Teil des Baues. Sie allein schon lenken die Stromrichtung des Wassers ab und erzeugen einen Aufstau, durch dessen Wirkung die Geschiebe hinter die Pfahlreihe in den abzubauenen Nebenarm des Flusses gestoßen werden. Eine Verstärkung des wirksamen Staus kann in viel einfacherer Weise, als dies durch die Faschinengehänge geschieht, durch quer an die Pfähle befestigte Stangen und Dielen erreicht werden, wie dies Baurat Wolf bei seinen späteren Anlagen getan hat. Die Wolfsche Bauweise wird in ihrer Wirksamkeit durch die folgende Darstellung gekennzeichnet.

Bei der Anwendung von Faschinentafeln besteht die Gefahr, daß die Tafeln durch Sand und Schlick allmählich beschwert mit ihrem frei schwimmenden Ende zur Flußsohle absinken. Es entsteht dadurch ein vollwandiger Bau, der meist nicht in der beabsichtigten Weise auf die Ausbildung des Flusses einwirkt. Auch muß bei den Wolfschen Bauten in ganz besonderem Maße Rücksicht auf die Art der

Schwankungen des Wasserstandes, auf die Beschaffenheit der Sinkstoffe, auf die Art der Geschiebebewegung sowie Rücksicht auf die Eisverhältnisse genommen werden.<sup>1)</sup>

### Stauwand nach Wolfscher Bauweise

zur Erweiterung der Haupttrinne und zur Verlandung einer Nebenrinne.



ursprüngliche  
Höhe des  
Flußbettes

Ebenso hat der zu gestreckte Lauf, den Baurat Wolf der Isar gegeben hat und der eine ungünstige Ausbildung in der Höhenlage der Flußsohle herbeizuführen imstande ist, zu manchem Tadel Anlaß gegeben. Doch berührt auch dieses nicht das Verdienst, das sich Wolf in hervorragender Weise um die Verbesserung der Flußbautechnik erworben hat. Er hätte mit seinen Bauten der Isar auch einen stärker gewundenen und deshalb weniger nach der Tiefe zu arbeitenden Lauf geben können. Wolf war jedoch beim Beginn seiner Bautätigkeit noch zu sehr Anhänger der damals herrschenden Schule und arbeitete daher viel zu viel mit Durchstichen. Es wäre ungerecht, ihm hieraus einen Vorwurf zu machen oder ihm deshalb seine großen Verdienste schmälern zu wollen.

Die von Baurat Wolf begonnene, naturgemäßere Behandlung der geschiefbeführenden Flüsse muß nun darauf gerichtet sein, durch die allmähliche Ablenkung einer ungünstigen Stromrichtung, durch künstliche Stauungen die Nebenrinnen eines zerfaserten Gewässers zur Verlandung zu bringen, die Entstehung neuer Nebenrinnen zu verhindern, damit gleichzeitig bei möglicher Vermeidung von Durchstichen die Ausbildung einer Haupttrinne zu fördern und so allmählich, ohne daß große Geschiebemengen auf weite Strecken zu Tal geschoben werden, dem Gewässer die Möglichkeit zu geben, sich aus eigener Kraft einen geschlossenen, natürlich gewundenen Lauf auszubilden. Zur Durchführung dieser Aufgabe eignen sich neben den Pfahlbauten Wolfscher Methode auch Grundschnellen und Bühnen.

Die Grundschnellen werden in der Regel aus etwa 10 Meter langen und etwa 90 Zentimeter starken Senkstücken hergestellt, die aus Gerölle oder Bruchsteinen in einer Umhüllung von Faschinen bestehen. Sie kommen nach den aus dem Jahre 1878 stammenden technischen Vorschriften für den Wasserbau an den öffentlichen Flüssen in Bayern sowohl bei der Aus-

<sup>1)</sup> Faber: Die Wolfsche Bauweise zur Regulierung geschiefbeführender Flüsse. Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1895, S. 206 bis 210 u. S. 285 bis 311, sodann Jahrgang 1903, S. 574 u. 575.

führung von Buhnen als auch bei der von Leitwerken zur Anwendung.<sup>1)</sup>

Im ersteren Falle haben die Grundschwellen den Zweck, den Teil der Flußsohle, den die Buhne überdecken soll, gegen eine Vertiefung während ihrer Ausführung zu schützen. Die hiezu dienenden Senkstücke werden parallel der Stromrichtung, also auch nahezu senkrecht zur Baurichtung der Buhne, in das Flußbett eingeworfen. Das Einwerfen geschieht, wenn möglich, vom Schiff aus und zwar so, daß die Senkstücke von der befestigten Uferböschung weg eine geschlossene Decke bilden. Wie weit sich die Decke über den Kopf der Buhne hinaus zu erstrecken hat, wird in jedem einzelnen Falle nach der Tiefe geschätzt, die sich vermutlich während des Baues beim Kopfe der Buhne einstellt.

Bei der zweiten Art der Verwendung der Grundschwellen, das ist bei der Ausführung von Leitwerken oder Parallelbauten, tritt das Bestreben, mit einem Flußbaue nicht allein defensiv zu wirken sondern auch die Ausbildung der Flußsohle in einer der Bauausführung günstigen Weise herbeizuführen, in den Vordergrund. Die genannten technischen Vorschriften geben darüber folgendes an:

Leitwerke werden auch anfänglich als am Vorfuß des fertigen Baues liegende Grundschwelle angelegt, um die hinter denselben sich bildende Verlandung zur Minderung der Baukosten für den weiteren Aufbau benützen zu können. Eine allgemeine Anwendung gestattet indessen diese Bauweise nicht. An Flüssen mit starkem Gefälle und leicht beweglichem Untergrund werden niedere Grundschwellen öfters unterspült und zerstört. Der Grundschwellenbau bewährt sich an Flüssen mit geringerem Gefälle in größeren Tiefen, wenn der Ausbau der Leitwerke nicht vorwiegend im Interesse der Schifffahrt beschleunigt werden muß und der Verlandungserfolg abgewartet werden kann. Er findet eine vorteilhafte Anwendung zum Ausbau von Leitwerken an Flüssen, die viel Treibmaterial führen, welches in der Regel schon bei jedem Hochwasser hinter den Schwellen sich festlegt.

In dieser Weise wurden an der Donau Grundschwellen mit Erfolg angewendet. An der oberen Donau bestanden sie je nach der Wassertiefe aus drei bis fünf übereinander befindlichen Reihen Senkfaschinen. An der mittleren Donau wurden Grundschwellen auch aus losen Steinen, die unter Niederwasser eingeworfen wurden, hergestellt. Diese Steinprismen dienten zugleich als Vorberme für das künftige, fertige Leitwerk.

Was die Buhnen betrifft, so fanden sie bei den Korrekturen der geschiefbeführenden Flüsse in Süddeutschland in den ersten Dezennien des vorigen Jahrhunderts vielfach Anwendung. So kamen zum Ausbau der durch Vertrag vom Jahre 1817 zwischen Baden und Bayern vereinbarten Uferlinie des Rheines anfangs neben den Uferdeckwerken nur Buhnen zur Anwendung. Da jedoch entsprechend der damaligen

Bauweise, welche den Angriffen des Stromes mit möglichster Gewalt entgegenarbeitete, die aus Faschinat hergestellten Buhnen kastenähnlich in das Strombett eingebaut wurden, so gaben sie Anlaß zu heftigen Wirbelströmungen, die auf die Ausbildung des Strombettes schädlich einwirkten und die Schifffahrt in hohem Maße gefährdeten. Die Auskolkungen — oft bis über 20 Meter Wassertiefe — verursachten große Erhaltungskosten. Bei kurzen Buhnen wurde durch Umströmungen am Kopfe das rückwärts gelegene Land in Abbruch versetzt. Die Verlandung war außerordentlich mangelhaft. Auf einen guten Ziehweg mußte vollkommen verzichtet werden. Dagegen entsprach die Bewegung des Wassers in den mit Uferdeckwerken gesicherten Stromstrecken, so daß man im Jahre 1826 für das bayerische Rheinufer ganz zum Parallelbausystem überging und die bestehenden Buhnen durch Längsbauten in Zusammenhang brachte. Die Neuanlage von Buhnen geschah mit wenigen Ausnahmen nur noch zum Anschluß der Parallelwerke an das feste Ufer.

Die Parallelwerke wurden, wie vorher auch die Buhnen, aus Faschinat hergestellt, das auf der Stromseite durch Steinsenstücke gesichert wurde. Derartige Anlagen erforderten große Erhaltungskosten, indem je nach der Höhe der Bauanlage Setzungen eintraten und der Teil des Baukörpers, der zeitweise über Wasser lag, alle zwölf bis fünfzehn Jahre erneuert werden mußte. Seit Mitte der 40er Jahre wurden deshalb die Parallelwerke, wo es die Wassertiefe und die Stromstärke zuließen, aus einer Kiesschüttung hergestellt, die man durch Senkfaschinen, Berauhwehrgung und Pflasterung gegen die Angriffe des Stromes sicherte.

Eine ähnliche Entwicklung wie am Oberrhein nahm die Konstruktion der Flußbauten fast überall. Es soll daher die Bauweise gegen Ende des vorigen Jahrhunderts mit Bezug auf die Herstellung einer Flügelbuhne unterhalb Germersheim zum Abschlusse des Liegenfelder Altrheines in den Jahren 1880 und 1881 hier besprochen werden. Ein näheres Eingehen auf diese Bauausführung, die eine ganz ungewöhnliche Umformung des Strombettes innerhalb kurzer Zeit zur Folge hatte, ist um so gerechtfertigter, als sich aus diesen Umformungen erkennen ließ, in welcher Art ein leicht bewegliches Strombett zu behandeln ist. Die gewonnenen Erfahrungen sollen dann in dem folgenden Kapitel eingehender besprochen werden. Die von dem Verfasser während der Bauausführung vorgenommenen Aufnahmen sind zum Teil auf Blatt VII dargestellt.

Die Grundschwelle zur Sicherung der Stromsohle während des Einbaues der Buhne unterhalb Germersheim wurde im Frühjahr 1880 hergestellt. Bis zum Beginne des Buhnenbaues im Spätjahre 1880, also nach Ablauf der Sommerhochwasser, war die der Grundschwelle gegenüber liegende Kiesbank im Anbruch und die Grundschwelle selbst vollständig auf etwa einen halben Meter Höhe mit Kies überdeckt. Die Verengung des Querschnittes für den Wasserabfluß durch die mit schwimmenden Faschinenlagen hergestellte Buhne geschah nun rascher, als sich das Strombett den jeweiligen Änderungen anpassen konnte. Die Folge war, daß der über der Grundschwelle ge-

<sup>1)</sup> Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen in Bayern. 1888. Der Grundschwellenbau, S. 56 u. 57.

lagerte Kies wieder vollständig abgetrieben wurde und daß sich der Strom am Kopfe der Buhne in die Tiefe einarbeitete. In welcher Weise dies geschah und wie mit zunehmender Verbreiterung des Strombettes die Tiefen wieder abnahmen, zeigen die Querschnitte auf Blatt VII. Die größte Tiefe, die vor dem Kopfe der Buhne mitten im Strudel mit einer an einem Drahtseil befestigten bleiernen Kugel gemessen wurde, betrug 17,0 Meter unter Niederwasser.

Nach solchen Erfahrungen, die in der gleichen Weise bei allen süddeutschen Flüssen gemacht wurden, hatte Professor Frauenholz allerdings recht, wenn er in seiner im Jahre 1881 erschienenen Abhandlung „Das Wasser mit Bezug auf wirtschaftliche Aufgaben der Gegenwart“ sagte:

Die Zeit, in welcher heftige Kämpfe darüber auszufechten waren, ob das Quer- (Buhnen-) Bau-system oder das Parallelbausystem zu adoptieren sei, liegt noch nicht weit hinter uns. Heute betrachtet man die Sache etwas ruhiger und wird auf keinen Widerspruch stoßen, wenn man sagt, daß an Flüssen mit starker Strömung und beweglicher Sohle nur Parallelbauten hergestellt werden dürfen, anderseits aber Buhnen angewendet werden können.<sup>1)</sup>

Das Grundübel, das zu dieser herrschend gewordenen Anschauung führte, lag darin, daß man im großen und ganzen die Baustelle im Flußbett so annehmen mußte, wie sie vorhanden war, wenn man auch bei der Anlage von Leitwerken, soferne Zeit und Gelegenheit gegeben waren, zuwartete, bis sich die Sohle an der Baustelle durch den Fluß allein oder mit Anwendung von Grundschwellen erhöht hatte. Überquerte jedoch der Strom die eingeworfenen Grundschwellen, dann konnte man auch der Gefahr einer Auskolkung des Flußbettes hinter den Schwellen nicht entgegenarbeiten. Damals waren keine Hilfsmittel bekannt, mit denen man imstande gewesen wäre, zur Verbesserung einer Baustelle und zur Erleichterung der Bauausführung den Stromstrich von der Baustelle abzudrängen, eine gegenüberliegende Kiesbank abzutreiben, somit das Flußbett zu erweitern und dadurch die Möglichkeit zu einer ausgiebigen Erhöhung der Flußsohle an der Baustelle herbeizuführen.

Auch zur Herstellung des Leitwerkes bei der Mündung des Lingenfelder Altrheines waren von der Buhne weg zwei Grundschwellen, je eine am zukünftigen Fuß der vorderen und hinteren Böschung des Leitwerkes, eingeworfen worden. Schon nach kurzer Zeit, ehe noch mit dem Baue des Leitwerkes begonnen werden konnte, waren sie zum größten Teile durch den quer ziehenden Strom, der infolge des Buhnenbaues eine wesentliche Verstärkung erfahren hatte, unterspült.

Ein zweites Übel bestand darin, daß man die Flußbauten mit zu steilen Böschungen herstellte. Es geschah und geschieht heute noch in dieser Hinsicht nicht mehr, als die Standsicherheit des Baues erfordert. Bei Verwendung von Pfählen und Bohlen werden die Bauten mit senkrechten Böschungen angelegt, bei Bauten aus Faschinat ist die Anlage kaum  $\frac{1}{2}$  malig, bei solchen aus Bruchsteinen kaum  $\frac{5}{4}$  malig.

Von den Buhnen war wohl bekannt, daß sie nur dann billig zu erhalten sind, wenn sie flach zum Strome abfallen. In den bereits genannten technischen Vorschriften wird dies auch ausdrücklich hervorgehoben. Jedoch fehlte es auch hier an einem geeigneten Verfahren, bei größerer Wassertiefe, bei starker Strömung und leicht beweglichem Flußbette flache Böschungen mit verhältnismäßigen Kosten anzulegen, so daß man selbstverständlich unter diesen Verhältnissen den Bau einer Buhne zu vermeiden suchte. Bei den Leitwerken dagegen war es nicht bekannt, daß auch bei ihnen der Grad ihrer Böschungsanlage auf die Erhaltung der Bauten einen günstigen Einfluß ausübt. Auch war man mit Rücksicht auf die Baukosten gezwungen, die Leitwerke mit möglichst steilen Böschungen anzulegen, da die Bauten oft durch große Tiefen, deren Auflandung mit den bekannten Hilfsmitteln nicht erzwungen werden konnte, hindurchzuführen waren.

In Norddeutschland, in dessen langsamer fließenden, noch mehr natürlich ausgestalteten Gewässern die Ausführung flach geböschter Buhnen geringere Schwierigkeiten bot und wo man die günstige Wirkung solcher Bauten vor Augen hatte, war das Urteil über die Anwendbarkeit der Buhnen ein wesentlich anderes als in Süddeutschland. Von dorthier kam auch der erste Vorschlag zur Regulierung der Schifffahrtsrinne in den gekürzten Flußläufen, der hinsichtlich der Ausgestaltung der Querschnitte einen brauchbaren Gedanken enthielt. In einem Aufsatz der Deutschen Bauzeitung vom Jahre 1878 schlug Baurat Opel vor, die Regulierung „mit den allerdings nicht besonders gut angeschriebenen, bescheidenen preußischen Buhnen“ zu versuchen. „Man würde sich unzweifelhaft überzeugen, daß die richtig behandelte preußische Buhne besser sei als ihr Ruf.“

Der Vorschlag des Baurates Opel, der sich auf den Oberrhein bezog, fand keine Beachtung, da auch er die Frage über die Ausführung flach geböschter Buhnen unbeantwortet ließ. Wie das heute noch bei Vorschlägen und Begutachtungen geschieht, die sich nur auf die an gewundenen, natürlich ausgebildeten Flußläufen gewonnenen Erfahrungen stützen, so übersah auch Opel, in seinem Vorschlage auf die besonderen Eigentümlichkeiten des stark gekürzten Oberrheines, die man als Krankheitserscheinungen bezeichnen könnte, Rücksicht zu nehmen. Schon in den natürlichen Flüssen mit starker Strömung waren die Buhnen aufgegeben worden, wieviel mehr mußte an einem Erfolge gezweifelt werden bei einem Flusse, dessen Bett infolge der Rektifikation an Beweglichkeit zugenommen hatte! Ehe mit der Frage über die Verwendbarkeit der Buhnen vorwärts zu kommen war, mußte daher bekannt sein, in welcher Weise in den geschiebeführenden Flüssen mit leicht beweglicher Sohle und starkem Gefälle flach geböschte Bauten herzustellen sind.

#### **Die Ausführung flach geböschter Bauten in geschiebeführenden Flüssen mit leicht beweglichem Boden und starkem Gefälle. — Be-**

<sup>1)</sup> Opel: Die Regulierung des Oberrheines betreffend. Deutsche Bauzeitung 1878, S. 189 u. 190.

reits im Spätjahre 1877, ebenso im Jahre 1878 fand der Verfasser dieser Denkschrift gelegentlich der Herstellung eines Parallelbaues am Oberrhein nächst unterhalb Dettenheim, bei Kilometer 26 der bayerischen Uferenteilung, besonders aber in den Jahren 1880 und 1881 gelegentlich der Herstellung der bereits genannten Flügelbuhne unterhalb Germersheim vielfach Gelegenheit, die Herstellung flach geböschter Bauten zu erproben.<sup>1)</sup>

Wie an anderen Flüssen, so war es auch früher am Oberrhein üblich, die Parallelwerke derart herzustellen, daß zunächst rechts und links in der Nähe des zukünftigen Fußes der mit etwa  $\frac{5}{4}$  maliger Böschung angelegten Bauten je ein Haufen Senkstücke eingeworfen und sodann bei ruhiger gewordenem Wasser die Zwischenräume mit Kies ausgefüllt wurden. Man verfuhr also beim Beginne des Baues in der gleichen Weise wie bei der Ausführung von Grundswellen zur Auflandung einer Flußsohle.<sup>2)</sup>

Die Bauweise hatte den Nachteil, daß der Kieskern eine steilere Böschung erhielt, als sie seiner Ruhelage entspricht, und daß sonach die Senkstücke als Widerlager dienen mußten, wie dies an den Querschnitten der älteren Bauten auf Blatt VII zu erkennen ist. Es entstanden daher leicht Rutschungen und veranlaßt durch das viele Faschinat der Senkstücke auch Setzungen; zudem waren die Bauten durch den großen Bedarf an Senkstücken sehr teuer in ihrer Anlage. Aus diesen Gründen wurde an den obengenannten Baustellen versucht, zuerst den Damm durch eine satte Kiesschüttung herzustellen und ihn sodann mit Senkstücken gegen die Angriffe des Wassers zu sichern, in der Erwartung, daß der Mehrbedarf an Kies für die Herstellung des größeren Baukörpers sowie die Verluste an Kies durch Abtrieb gegenüber den Vorteilen nicht in Betracht kämen.

An eine derartige Bauausführung konnte nur dann ohne weiteres herantreten werden, wenn der Strom nicht hart an der Baustelle anlag, und vor allem nur dann, wenn er eine parallele Richtung zur Baulinie verfolgte. Da dies im allgemeinen nicht der Fall war, so bestand die erste Aufgabe darin, zu versuchen, eine passende Flußlage künstlich herbeizuführen, was dann auch schließlich mit Hilfe von Grundswellen gelang.

Auf der vorausgenannten Rheinstrecke zwischen Dettenheim und Germersheim beträgt das mittlere Wasserspiegelgefälle auf 1000 Meter Länge etwa 25 bis 30 Zentimeter, die sekundliche Geschwindigkeit im Stromstrich bei Niederwasser nahezu 2 Meter, bei Hochwasser nahezu 3 Meter. Sobald sich nun der Strom derart an die zu durchbauende Uferlücke herandrängte, daß während der Ausführung des Leitwerkes eine schädliche Auskolkung der Bausohle oder ein Abtreiben des anzuschüttenden Kiesdammes zu befürchten war, wurden nächst oberhalb der Lücke und zwar vom Fuße der Böschung des festen, bereits hergestellten Baues weg gegen die Strommitte

hin, mehrere aus Senkstücken hergestellte Grundswellen angelegt. Bei der Anlage solcher Schwellen, die man wohl auch versenkte Bühnen nennen könnte, zeigten sich in der Regel folgende, für die Ausführung maßgebende Erscheinungen.

Nachdem das erste Senkstück auf die leicht bewegliche Stromsohle und hart an die feste Uferböschung eingeworfen war, wurde auf der Stromseite längs des Senkstücker Kies abgetrieben, so daß sich häufig bis zur Fertigstellung eines zweiten Senkstücker ein kleiner Graben ausgebildet hatte. Nach dem Einwerfen des zweiten und dritten Senkstücker war der Angriff des Stromes meist so heftig und damit die Erweiterung und Vertiefung des Grabens so weit vorgeschritten, daß ein weiteres Senkstück bereits vollständig unter die frühere Sohlenhöhe zu liegen gekommen wäre. In diesem Falle wurde mit der Fortsetzung des Baues zugewartet, bis sich die Stromsohle der Anlage entsprechend ausgebildet hatte, und derweilen mit dem Baue einer zweiten Schwelle begonnen.

Die Vertiefung des Grabens infolge der Verengung des Stromquerschnittes durfte jedoch, abgesehen von der Materialverschwendung, nicht bis zu dem Maße gesteigert werden, daß die äußerste Senkfmaschine ins Rollen kam. In der Regel bildete sich der Graben beim oberen Ende des Senkstücker tiefer aus als beim unteren Ende desselben, so daß die Möglichkeit zu einer drehenden Bewegung des Senkstücker gegeben war. Treten solche Drehungen ein, dann ist die Regelmäßigkeit des Baues gestört und der Erfolg in Frage gestellt.

Bei dem Baue von Grundswellen am Oberrhein hatte sich der Ausgleich der Stromsohle vor den Schwellen in ein bis zwei Tagen vollzogen. Dann erst wurde die Grundschwelle durch eine weitere Vorlage von Senkstücken zum Strome hinaus verlängert und in der angedeuteten Weise fortgesetzt, bis die größte Tiefe im Querprofil und damit auch der Stromstrich eine für die Ausführung des Kiesdammes günstige Lage angenommen hatte. Die folgende Darstellung über die Umbildung der Flußsohle beim Baue mit Senkstücken kennzeichnet das Verfahren. Das Eingraben und Verdrehen der Senkstücke erklärt es auch, warum man früher nur bei mäßiger Strömung Grundswellen ausführte und warum man, abgesehen von den Kosten, die Ausladung der Bauten so knapp wie möglich bemessen hatte.

Die zum Schwellenbau verwendeten Senkstücke hatten eine Länge von 10 Metern und eine Stärke von 80 bis 90 Zentimetern. Die Entfernung von Mitte zu Mitte zweier aufeinanderfolgender Schwellen war zu 30 Metern angenommen. Die Anzahl sowie die Länge der einzelnen Schwellen, gemessen vom Ufer zum Strome hinaus, wurde nach dem Grade der gewünschten Ablenkung des Stromstriches bemessen. Bei geringerer Beweglichkeit der Sohle können für die Herstellung der einzelnen Vorlagen mehr als drei Senkstücke verwendet werden, ebenso wenn sich die Umbildung der Stromsohle im Gange befindet und der Angriff des Stromes bei den Schwellen in der Abnahme begriffen ist.

Auf Blatt VII ist die Richtung des Stromstriches, die er während des Baues bei der Flügelbuhne unter-

<sup>1)</sup> Faber: Die Herstellung der Parallelwerke längs der bayerischen Rheinuferstrecke. Deutsche Bauzeitung 1884, S. 10 bis 12.

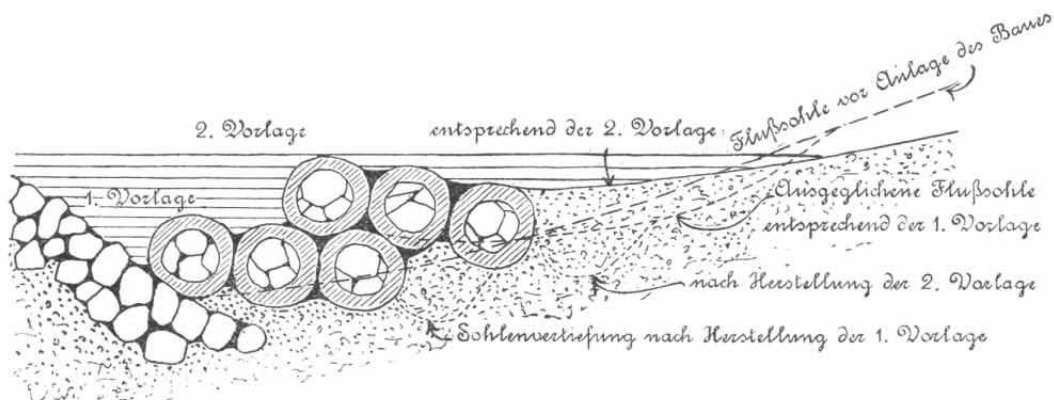
<sup>2)</sup> Technische Vorschriften für den Wasserbau an den öffentlichen Flüssen in Bayern vom 21. November 1878, § 74, veröffentlicht a. a. O. München 1888. S. 56.

halb Germersheim annahm, dargestellt. Durch Grundschwellen war die Strömung stets so weit vom Baue abzuhalten, daß der Parallelbau ohne wesentlichen Verlust an Kies angeschüttet werden konnte, wie dies die graphische Darstellung des zur Dammschüttung verwendeten Kieses auf Blatt VII erkennen läßt.

Senkstücken ergab sich in der Regel eine nach abwärts flacher werdende, allmählich in die bewegliche Flußsohle übergehende Böschung, wie sich dies aus dem Querschnitt auf Blatt VII ersehen läßt.

Trotz der flachen Böschungen erforderte die Ausführung des Kiesdammes samt seiner Sicherung nach

### Umbildung einer beweglichen Flußsohle beim Baue mit Senkstücken.



Auch in Flüssen mit stärkerem Gefälle und größerer Wassergeschwindigkeit, wie im Oberrhein, ist die Anlage von Grundschwellen durchführbar. So wurden Versuche am Inn bei einem mittleren Gefälle von etwa einem Meter auf 1000 Meter Flußlänge und bei einer Geschwindigkeit von 2 Metern bei Niedrigwasser und von annähernd 4 Metern bei Hochwasser mit Erfolg durchgeführt. Es ist somit erwiesen, daß in allen Flüssen mit leicht beweglicher Sohle, deren Regulierung zum Zwecke der Schifffahrt ins Auge gefaßt werden kann, und also auch für die Donau, der Bau mit Grundschwellen ein einfaches Mittel bietet, den Stromstrich und damit auch die Stromrinne vom Ufer abzudrängen.

Bei der Ausführung der Kiesdämme am Oberrhein handelte es sich vor allem um die Bestimmung des natürlichen Böschungsverhältnisses des im Wasser zur Verwendung kommenden Materials. Für die größeren, an der Baustelle bei Germersheim vorkommenden Geschiebestücke wurde ein mittleres Gewicht von 272 Gramm, bei den kleineren ein solches von 3 Gramm gefunden. Mit diesem Geschiebe war bis zu  $\frac{3}{5}$  der Masse feinsten Sand und Schlamm gemengt. Der von gleicher Stelle aus in langsam fließendes oder vollkommen ruhig stehendes Wasser eingeworfene Kies böschte sich steiler, als seiner natürlichen Anlage entspricht, und zwar nahm die Steilheit der Böschung nach der Tiefe hin zu. Kam der Damm über Wasser, dann rutschten die Böschungen öfters unter heftiger Stoßwirkung des Wassers ab.

Als steilste Böschung, bis zu welcher sich der Damm auf der Stromseite bei einer senkrechten Höhe von 7,30 Metern unter Wasser und einer solchen von einem Meter über Wasser anschütten ließ, wurde eine 1,8fache beobachtet, nach eingetretener Rutschung war die Böschungsanlage eine 2,4fache. Als vollkommen genügend für die Standsicherheit des Kiesdammes ergab sich aus verschiedenen Beobachtungen eine zweifache Böschungsanlage, die dann auch durch Einwerfen des Kieses von Schiffen aus hergestellt wurde. Nach der Abdeckung des Kiesdammes mit

sorgfältig vorgenommenen Erhebungen weniger Kosten als die Herstellung nach der älteren Bauweise. Mit diesem Ergebnis war die Absicht, die dem Vorgehen ursprünglich zugrunde lag, vollkommen erreicht. Die Versuche führten jedoch noch zu weiteren, sehr wichtigen Beobachtungen.

In jedem Flußbett, das von steil geböschten Ufern begrenzt wird, findet sich außerhalb der Flußübergänge die größte Tiefe im Querschnitt stets am Fuße der Uferböschung, so daß der Strom mit seiner größten Stoßkraft auf den Bau einwirken kann, was sich in besonderem Maße an den Querbauten oder Buhnen in schädlicher Weise geltend macht. Bei flachen Böschungen dagegen ist der Stromstrich vom Ufer entfernter gelegen, und die Flußsohle schließt sich in weniger schroffem Übergange an die flache Uferböschung an. Der Querschnitt zeigt mehr eine schalenförmige Gestalt, so wie sie Opel für den Querschnitt des Oberrheines vorgeschlagen hat.

Der Grund zu dieser günstigen Umbildung liegt darin, daß die flachen Böschungen eine langsamere Zunahme der Wassergeschwindigkeit vom Ufer weg bedingen, den Aufstau mindern und somit eine weniger stoßweise, eine gleichmäßigere Wasserbewegung veranlassen. Auch steigert sich bei größerer Breitenentwicklung der Querschnitte und bei kleineren Tiefen die Geschwindigkeit im Stromstriche nicht in dem Maße wie bei steiler Uferanlage. Nach den Versuchen am Oberrhein lag schon bei einer dreimaligen Anlage der Böschung eines Parallelbaues die größte Tiefe im Stromquerschnitt 10 bis 12 Meter vom Fuße der Böschung entfernt.

Neben einer besseren Ausbildung des Stromquerschnittes bewirkt eine flache Böschung auch einen guten Bestand des Baues selbst. Während die große Geschwindigkeit des Wassers längs steiler Ufer jede Ablagerung verhindert, so daß die Strömung die rauhe Steindecke leicht zerstören kann, zeigen flache Böschungen eine feste Verkittung durch Sand und

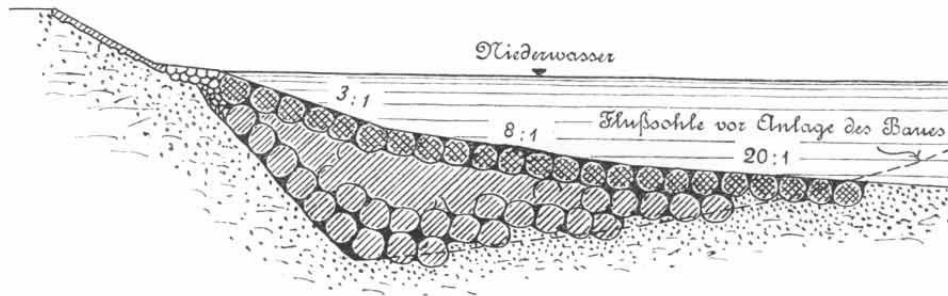


Schlick. Bei steilen Uferböschungen muß man daher fortwährend darauf bedacht sein, daß der Strom keine wunden Stellen am Baukörper schafft. Dagegen konnte bei flach hergestellten Böschungen am Oberrhein beobachtet werden, daß sich mehrere Quadratmeter große Lücken, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Senkfmaschinen-Reihen gelassen wurden, in kurzer Zeit mit Treibstoffen ausfüllten.

bauten erst einen Meter und noch mehr unter dem Niederwasser beginnen läßt.

Das voraus über die Anlage von Grundschwellen und Buhnen Gesagte läßt sich mit folgenden Worten zusammenfassen. Nach den vielen Versuchen mit Bauten aus Senkstücken am Oberrhein und am Inn, die der Verfasser anzustellen Gelegenheit hatte, hat sich ergeben, daß es mit geübter Mannschaft möglich

### Buhne aus Senkstücken hergestellt.



Mit Rücksicht auf die Kosten wird man eine Uferböschung selten mehr als mit einer zwei- bis dreimaligen Anlage ausführen. Entspricht sodann bei dieser Böschungsanlage die Ausbildung des Flußbettes nicht und ist der Stromstrich noch weiter vom Ufer abzurängen, dann dürfte im allgemeinen die Anlage von Buhnen vorzuziehen sein. Diese Buhnen werden in der gleichen Weise, wie voraus angegeben wurde, mit einer Grundschwelle fundiert und sodann in mäßig hohen Schichten, entsprechend der Umbildung der Flußsohle, mit Senkstücken aufgebaut. Zur Ausbildung der Seitenböschungen werden die Senkstücke der unteren Lage mit einer Länge von 10 bis 12 Metern, die der oberen Lage mit einer solchen von 6 bis 8 Metern hergestellt. Für diejenigen Senkstücke, welche überdeckt werden, genügt die Verwendung von Kies und Gerölle. Zu den Senkstücken der obersten Lage sind Bruchsteine zu verwenden. Auch wäre zu untersuchen, ob und in welchen Fällen sich eine Füllung der Senkstücke mit Beton empfiehlt.

Bei der Anlage von Buhnen ist zu beachten, daß jede einzelne Buhne einen Stau und damit auch eine wirbelnde Bewegung des Wassers veranlaßt, dessen Höhe und deren Stärke — abgesehen von der Wasserführung — mit der Größe der Ausladung der Buhne über die Uferböschung hinaus anwächst. Zur Minderung der unregelmäßigen Wasserbewegung läßt man daher die Krone der Buhnen im oberen Teile steiler, nach unten zu flacher abfallen und gestaltet die Buhnen etwa in der Art, wie dies aus dem obestehenden Querschnitt ersichtlich ist. Die Buhne endigt somit stets als Grundschwelle und schließt sich dadurch am besten dem beweglichen Teile der Flußsohle an.<sup>1)</sup> Verwendet man die Buhnen zur Auflandung übermäßiger Tiefen und zur Verbreiterung einer Niederwasserrinne, dann wird es in vielen Fällen genügen, wenn man die buhnenartigen Aus-

ist, vom Schiffe aus Senkstücke an den richtigen Ort zu verbringen, auch bei starker Strömung und großer Wassertiefe und selbst bei einer Treibweite der Senkstücke von über 10 Metern, und daß also auch unter schwierigen Verhältnissen es möglich ist, Grundschwellen aus Senkstücken plangemäß herzustellen. Es hat sich ergeben, daß buhnenartige Bauten auch bei den Flüssen mit starkem Gefälle und leicht beweglicher Sohle mit Erfolg angewendet werden können, wenn die Stromrichtung in allen Teilen des Flußquerschnittes nur allmählich geändert wird, wenn schroffe Übergänge von den festen Bauten zur beweglichen Sohle vermieden und wenn die Bauarbeiten, sobald sie stärkere, schädliche Stauungen hervorrufen, so lange unterbrochen werden, bis sich der Fluß den ausgeführten Bauten entsprechend umgebildet hat.

### Das Zusammenwirken der einzelnen Bauausführungen zur Herstellung eines geschlossenen, in Windungen verlaufenden Flußbettes und die Notwendigkeit der Baggerungen.

— Neben den Bauanlagen, die zur Herstellung und Erhaltung einer Hauptrinne sowie zur Verlandung der Nebenrinnen eines noch in natürlichem Zustande befindlichen Flusses dienen, sind die Auen und Kiesbänke, also im allgemeinen das niedrige Gelände, gegen Einrisse, welche die Entstehung einer neuen Flußrinne veranlassen könnten, mit Querbauten aus Faschinat, mit Wippen und Schlickfängen zu sichern und zur Auflandung zu bringen.

Die Vornahme der übrigen Bauarbeiten richtet sich nach dem jeweiligen Erfolg der vorbezeichneten Bauten, nach dem Bedürfnis, den da und dort besonders fühlbar gewordenen Schäden abzuwenden. So sind mit Pfahlreihen, Grundschwellen und flach abfallenden Buhnen heftige Anfälle des Stromes an die Ufer abzuschwächen, das übermäßig breite Flußbett einzuengen. Sodann sind die Ufer im hohen Gelände,

<sup>1)</sup> G. Hagen: Handbuch der Wasserbaukunst. Die Ströme. 2. Bd. Buhnensystem. Berlin 1873. S. 39 u. 40.

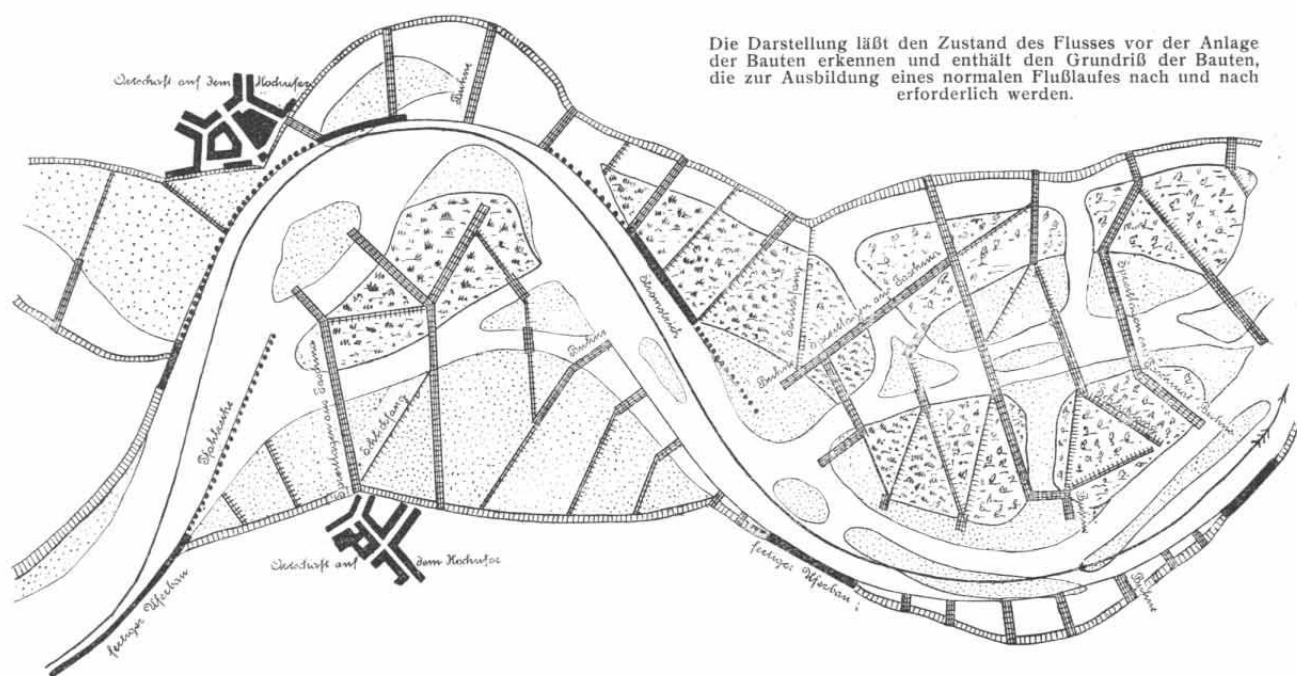
die nach der Flußlage beibehalten und gegen eine Umgehung leicht gesichert werden können, in ihren Windungen zu verbessern und bis zu ihrer vollständigen Sicherung mit Steinen durch die voraus genannten Bauten festzuhalten. Wird das neue Flußbett von niedrigen Ufern begrenzt, dann empfiehlt es sich, die neuen Ufer zunächst durch Pfahlreihen, die gleichfalls gegen eine Umgehung zu sichern sind, festzuhalten und das Ufergelände damit zur Auflandung zu bringen.

Wie die nachfolgende schematische Darstellung der Bauanlagen zur Verbesserung geschiebeführender Flüsse veranschaulichen soll, entsteht bei Anwendung der geschilderten Bauweise in der Flußniederung ein System von Längsbauten und Querbauten, das mit zunehmender Dichtigkeit dem Flußlaufe eine immer größere Stetigkeit sichert und das Gewässer zu einer gleichmäßigeren Ausbildung veranlaßt. Ist somit ein geschlossener, gewundener Flußlauf wiederhergestellt, dann erfolgt je nach Bedürfnis die Befestigung der Konkaven und der Ausbau beider Ufer in den Übergängen.

An der Mangfall bei Bad Aibling mit einem durchschnittlichen Gefälle von 4,1 Metern auf 1000 Meter Länge und mit einer Hochwassermenge von 400 bis 500 Kubikmetern in der Sekunde hatte der Verfasser Gelegenheit, während mehrerer Jahre hindurch die voraus angegebenen Grundsätze zu erproben, ebenso in einer stark verwilderten Strecke des Inn zwischen Jettenbach und Kraiburg.

Ein weiterer Vorteil gegenüber der seitherigen Bauweise ergibt sich dadurch, daß man nicht an die Einhaltung der mit Reisschiene und Zirkel auf dem Lageplan des Flusses festgelegten Normallinien gebunden ist, sondern daß alle Bauvornahmen stets im Anschluß an die Flußlage zu bestimmen sind, wenn dabei auch die einzelnen, aufeinanderfolgenden Windungen des Flusses verschieden große Krümmungsradien erhalten. Man hat also nicht notwendig, wie seither, gut ausgebildete Flußstrecken zu verlassen und den Fluß mit großer Gewalt, mit großen Kosten zwischen die plangemäß bestimmten Normallinien einzutreiben. Auch ist es ganz unnötig, die Grundriß-

### Schematische Darstellung der Bauanlagen zur Verbesserung der Flüsse in beweglichem Boden.



Die Darstellung läßt den Zustand des Flusses vor der Anlage der Bauten erkennen und enthält den Grundriß der Bauten, die zur Ausbildung eines normalen Flußlaufes nach und nach erforderlich werden.

Bei dieser Behandlung geschiebeführender Flüsse ergeben sich wesentliche Vorzüge gegenüber der seitherigen Bauweise. Sobald mit dem Abschluß der Nebenrinnen begonnen ist, das Entstehen neuer Rinnen verhindert und die Wassermasse also wieder mehr vereinigt wird, dann beginnt der Fluß sein Bett der Länge nach auszugleichen und sich stellenweise wieder tiefer einzubetten. Mit der Ausgleichen in der Höhenlage der Flußrinne, sodann mit der Ausbildung einer regelmäßigeren Grundrißform werden die Flußübergänge gestreckter, das im Übermaß in den Übergängen konzentrierte Gefälle gemindert und die Angriffe des Wassers auf die Ufer abgeschwächt. Infolge dieser Vorgänge erschwert sich der Fluß in zunehmendem Maße einen Ausbruch aus seiner Bahn und fördert daher selbst das Korrektionswerk.

form eines Flusses so regelmäßig zu gestalten, wie dies zurzeit noch meistens geschieht.

Zudem erscheint, je weniger man imstande ist, die Normalbreite im voraus richtig zu bestimmen, ein Verfahren am Platz, das ermöglicht, den Änderungen in den Flußverhältnissen Schritt für Schritt zu folgen, und das somit die Sicherheit in der richtigen Bestimmung der jeweils notwendigen Bauanlage erhöht. Mit dem allmählichen Abbau aller Nebenrinnen, mit der allmählichen Vereinigung der gesamten Wassermenge in einem einzigen Bette, also mit dem Fortschritt in der besseren Ausbildung des Längenschnittes und der Querschnitte des Flusses werden die Grundschwellen verlängert, nach und nach zu flach unter Niederwasser hinstreichenden Buhnen ausgebaut, die Anlage der Uferböschungen dem Laufe

des Stromstriches entsprechend ausgebildet, die Querbauten in den Nebenrinnen und Niederungen erhöht. So vollzieht sich jeder Fortschritt in der Bauanlage in Abhängigkeit von dem jeweiligen Zustande des Flusses.

Sodann fällt sehr ins Gewicht, daß bei Anwendung von Pfahlbauten, Grundswellen oder Bühnen an jeder beliebigen Stelle mit der Korrektur begonnen und mehr als in irgendeiner anderen Weise den jeweiligen Bedürfnissen nach Uferschutz entsprochen werden kann. Von wesentlicher Bedeutung ist ferner noch, daß infolge der Beharrung des Stromstriches die Sohle sich eher mit schwereren Geschieben überdeckt und also eine übermäßig starke Erosion weniger zu befürchten steht als in den rektifizierten Flüssen, deren Sohle durch den Wechsel in der Lage des Stromstriches oft bis auf 10 Meter Tiefe und darüber in beständiger Umlagerung begriffen ist.

Was die Kosten der vorgeschlagenen Bauweise anlangt, so sei zunächst darauf hingewiesen, daß bei der seitherigen Bauweise die Ausbildung des neuen Flußufers mit kräftigen Mitteln erzwungen werden muß. Der Fluß wird gebändigt, nicht seinen Eigenschaften entsprechend behandelt. Mit einem Berge von Steinen, oft in große Schiffe verladen und samt ihnen versenkt, mit einer Unmasse von Senkstücken wurde das Wasser in seinem Laufe plötzlich gehemmt, hoch aufgestaut und auf diese Weise der Fluß in die mit einem Durchstiche hergestellte Bahn gedrängt. Sodann müssen die Uferbauten über die alten Flußläufe und Niederungen hinweg hoch und massiv hergestellt werden, damit der gestaute Fluß nicht zu den Alt-rinnen und Niederungen hin ausbrechen kann. Aber nicht allein die Uferbauten, auch die Querbauten in den Altrinnen und Niederungen, die das Wasser in der Regel gleichfalls hoch anstauen und einem starken Übersturze ausgesetzt sind, müssen kräftig hergestellt werden und verursachen daher ebenfalls große Kosten im Bau und in der Erhaltung.

Bei einem allmählichen Ausbaue des Flußbettes dagegen werden die jeweiligen Änderungen in den Gefällsverhältnissen nur mäßige, langsam fortschreitende sein, gefährliche Stauungen sonach nicht entstehen, so daß alle Querbauten aus Kies und Faschinat, also mit billigen Kosten erbaut werden können. Sodann kann bei einem gewundenen Flußlaufe die Befestigung der konvexen Ufer in der Regel unterbleiben oder doch schon mit weit voneinander angelegten, die Höhe der Flußsohle oder des Geländes nicht überragenden Querbauten die nötige Sicherung gegeben werden, so daß die Festlegung der gewundenen Laufrichtung des Flusses kaum mehr Kosten verursacht als die Befestigung der beiden Ufer eines gestreckten Flusses. Ferner verbleiben bei den gewundenen Flußläufen die größten Tiefen stets an gleichem Orte, nämlich längs der konkav gekrümmten Ufer, und erreichen bei Windungen, die dem Gefälle und der Wassermenge des Flusses nur einigermaßen entsprechen, nicht das Maß wie bei stark gekürzten Flüssen, in denen sich mit dem Wechsel des Talweges die großen Tiefen nach und nach auf der ganzen Länge der Ufer hin einstellen. Bau und Erhaltung der Ufer eines in stets gleicher Bahn serpentinierenden

Flusses werden sonach weniger Kosten verursachen, als dies bei den kanalartigen Flüssen der Fall ist.

Durch die Festlegung eines geschlossenen, schlangenförmig gewundenen Flußlaufes kann hinsichtlich der Geschiebebewegung das erreicht werden, was ohne Zuhilfenahme eines Baggers billigerweise von einer Korrektur gefordert werden kann, nämlich eine Ausgleichung in der Höhenlage der Flußsohle. Darüber hinaus, wenn die Ausgleichung, wie sie durch die regulierte Geschiebebewegung verursacht wird, nicht genügt und wenn eine weitere Vertiefung der Flußsohle notwendig sein sollte, müßte der Bagger zu Hilfe genommen werden. Dabei ist nicht ausgeschlossen, auch in einer schon länger bestehenden Korrektionsstrecke zeitweise baggern zu müssen.

Die zeitweise Notwendigkeit der Baggerungen hängt damit zusammen, daß jeder Wasserlauf seine Sinkstoffe stoßweise zu Tal bewegt, da Erhöhungen, dort Vertiefungen bildet, die auf längere oder kürzere Strecken ausgedehnt sind und innerhalb sehr verschiedener Zeiten wechseln. Diese stoßweise Bewegung der Sinkstoffe wird veranlaßt durch die wechselnde Stärke der Wasserführung in den Seitenflüssen und in den Hauptflüssen, sodann durch die oft wechselnde Beschaffenheit des Bodens, in den die geschiebeführenden Flüsse eingebettet sind, und ferner durch die Änderung in der Zufuhr von Sinkstoffen, wie sie durch Abrutschung der Gehänge, durch Korrektur der Flußläufe, durch Wildbachverbauungen und Talsperren, durch eine bessere Kultur des Bodens in den höheren Gebietslagen entsteht. Unter diesen Verhältnissen kann daher niemals die Umbildung in der Höhenlage einer beweglichen Flußsohle nach Zeit und Maß genau vorhergesagt, niemals ein Beharrungs- oder Gleichgewichtszustand angenommen werden, wie man dies in früheren Jahren, beispielsweise mit Bezug auf den Oberrhein, glaubte annehmen zu können. Sicher ist nur das eine, daß das fließende Wasser ununterbrochen an der Verminderung seines Gefälles arbeitet. Es ist somit auch zu verstehen, daß die Geschiebebewegung, abhängig von so vielen in ihrer Größe stets wechselnden Faktoren, durch die feststehenden, in ihrer Wirksamkeit unveränderlichen Bauten einer Korrektur nicht in stets gleichem Gange erhalten werden kann und daß sonach der Baggermaschine die Aufgabe verbleibt, zwischen den die Geschiebebewegung bedingenden Größen einen Ausgleich zu schaffen.

Die Beihilfe durch den Bagger mag in Zukunft seltener notwendig werden, da durch die Verbauung der Gebirgsbäche, durch die Aufforstung und Berasung der Gehänge in den Gebirgen die Geschiebezufuhr zum Hauptflusse hin ermäßigt werden wird. Dagegen droht auch die Gefahr, daß sich infolge der geminderten Geschiebezufuhr die Flüsse in stärkerem Maße eintiefen, als dies im Interesse der Uferanwohner, im Interesse der Schifffahrt gelegen ist. Eine Schädigung für die Schifffahrt tritt ein, wenn der vorher unter einer Kiesschicht verdeckt gelegene Fels, wie dies in der Donau vielfach der Fall ist und auch die Querschnitte der Donau auf Seite 70 erkennen lassen,

allmählich zur Flußsohle anstößt und so nach und nach Verhältnisse eintreten, ähnlich, wie sie im Donau-Kachlet oberhalb Passau bestehen. Auch in diesem Falle ergibt sich, daß die beabsichtigte Wirkung menschlicher Abhilfe gegenüber den natürlichen Umbildungen sich stets nur in engen Grenzen hält.

Wie jede Korrektur ihre Aufgabe, die Sinkstoffe unschädlich abzuleiten, nur zum Teil erfüllen kann, so auch ihre Aufgabe hinsichtlich der Ableitung der Hochwasser. Eine Senkung des Hochwasserspiegels läßt sich ohne eine Vergrößerung der Wassergeschwindigkeit nicht erreichen und mit Rücksicht auf die Geschiebebewegung, mit Rücksicht auf die Gefahr, die einzelnen Hochwasserwellen in Haupt- und Nebenfluß zeitlich zu nähern, ist im allgemeinen eine Vergrößerung der Wassergeschwindigkeit nicht zulässig. Ähnlich wie bei der Geschiebebewegung muß man sich begnügen, durch ein regelmäßig gestaltetes Bett mit einem vom Ufer genügend entfernt liegenden Stromstrich das Wasser in möglichst gleichmäßiger Bewegung zu erhalten, hiemit die Eisgänge zu erleichtern, lokale Stauungen zu verhindern oder doch nach Möglichkeit zu ermäßigen.

Auch den Schäden der Hochwasser sollte in anderer Weise begegnet werden als seither. In der Regel umschließen die dem Schutze der Ortschaften dienenden, oft aus grauer Vorzeit überkommenen Dämme ausgedehnte Flächen, die bei jedem höheren Wasserstande durch Druckwasser teils auch durch Binnenwasser überschwemmt werden. Nicht immer ist die Bewirtschaftung der eingedeichten Grundstücke derart lohnend, daß durch Pumpwerke Abhilfe geschaffen werden könnte. Für solche Niederungen ist ein über den höchsten Wasserstand aufragender Damm nur von Schaden. Vielfach werden nach jeder Hochwasserkatastrophe die für die Bodenkultur nutzlosen Dämme einzig und allein einer weit entfernt gelegenen Ortschaft wegen mit stets größeren Kosten verstärkt und erhöht. Wo nicht durch die erodierende Tätigkeit des Flusses die Nachteile wieder aufgehoben werden, welche die Auflandung der Vorländer oder die bei wachsendem Verkehr notwendige Beschränkung des Überschwemmungsgebietes veranlaßt, dort wird durch die hohe Umwallung die Hochwassergefahr stetig gesteigert.

Mit wenigen Ausnahmen sind die in den Überschwemmungsgebieten gelegenen Ortschaften auf etwas

höherem Gelände erbaut, häufig an das Hochufer der Flußniederung angelehnt. Der Schutz gegen Hochwasser könnte sonach durch einen in der Nähe der Ortschaft geführten, an das Hochufer angeschlossenen niedrigen Damm ohne größere Kosten und weit sicherer geschehen als durch die hohen, über ehemalige Flußläufe und sumpfige Niederungen sich hinziehenden, der Gefahr eines Grundbruches ausgesetzten Dämme.

Die Niederungen gebe man dem Hochwasser möglichst frei und bei allenfallsigen Umdämmungen, welche nur Kulturzwecken zu dienen hätten, sollte man die Höhenlage der Dämme stets mit Rücksicht auf die Höhenlage der Niederung bestimmen, die Anlage übermäßig hoher Dämme vermeiden und durch Überläufe dafür sorgen, daß der Fluß nicht nutzlos, nicht gefahrdrohend aufgestaut wird.<sup>1)</sup>

Was schließlich die Schifffahrt betrifft, so fällt bei dem Ausbaue eines gewundenen Flußlaufes auch der Vorteil einer „Regulierung auf Niederwasser“, also eine geschlossene, gleichmäßig gestaltete Niederwasserrinne mit unveränderlichem Talwege, ganz von selbst zu. Ein Beweis hiefür sind die Erfolge an der Rhône, deren Korrektur dem natürlichen, gewundenen Flußlaufe angeschlossen wurde und die dadurch hauptsächlich eine leistungsfähige Wasserstraße geworden ist. Ingenieur Girardon, der Leiter der Rhône-Regulierung, warnt auch, den Flüssen die Gestalt eines künstlichen Kanales und dem Längenschnitt sowie den Querschnitten eine Gleichmäßigkeit zu geben, wie sie in der Natur nirgends zu finden ist. Die natürliche Gestalt des Flusses sollte man zu bewahren suchen. Hätte man die süddeutschen Flüsse in diesem, den vorstehenden Ausführungen entsprechenden Sinne behandelt, dann wäre auf dem Oberrhein der regelmäßige Betrieb der Großschifffahrt bis nach Basel möglich und die bayerische Donau bis nach Neu-Ulm hinauf wäre tauglich für eine lohnende Schifffahrt.

Die seitherigen Erfahrungen im Flußbaue lassen sich dahin zusammenfassen, daß durch den Ausbau eines geschlossenen, den Eigenschaften des Gewässers entsprechend gewundenen Flußlaufes die Interessen der Landwirtschaft und die der Schifffahrt am besten zu vereinigen sind.

<sup>1)</sup> Hagen: Welche Mittel gibt es, um den Hochwasser- und Eisgefahren entgegenzuwirken? Berlin 1892.

# VI. Die Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau von Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm.

**Die Veränderlichkeit in der Lage des Talweges der Donau.** — Die ersten Untersuchungen, die mit Rücksicht auf eine Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau oberhalb Kelheim angestellt wurden, bezogen sich auf den Grad der Veränderlichkeit in der Lage des Talweges sowie auf die Art seines Überganges von einem zum andern Ufer und zwar für die Strecke von Kilometer 0 bis zu Kilometer 194, das ist von Ulm bis nächst unterhalb Kelheim. Die untere Grenze wurde deshalb bei Kilometer 194 angenommen, weil dort die Bauamtsbezirke Ingolstadt und Regensburg zusammenstoßen und somit auch das Beobachtungsmaterial eine Trennung zeigt. Nach den angegebenen Kilometerpunkten umfaßt die bezeichnete Flußstrecke die obere Donau sowie nahezu die ganze mittlere Donau und also zugleich diejenige Strecke des Flusses, deren Lage und Ausbildung infolge der Korrektur am meisten verändert worden ist.

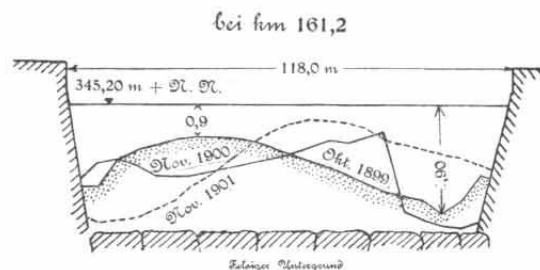
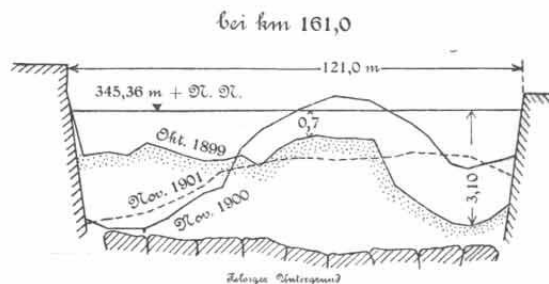
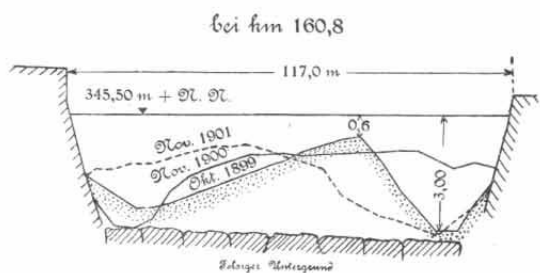
Die zu diesen Untersuchungen verwendeten Aufnahmen, die von der jüngsten Zeit bis in das Jahr 1874 zurückreichen, ergaben unter sich nur geringe

Unterschiede; dagegen bestehen bei jeder Aufnahme wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Flußstrecken. Hie und da hat der Talweg eine unveränderliche Lage und seine Übergänge von einem Ufer zum andern vollziehen sich in lang gezogener Richtung. Gerade entgegengesetzt ist das Verhalten in anderen Strecken. Der Talweg wechselt fast alljährlich, je nach dem Verlauf der Hochwasser seine Lage von Ufer zu Ufer und es erfolgen die Übergänge in schroffen Wendungen. Dazu kommen Flußstrecken, in denen sich das Verhalten des Talweges mehr dem einen oder dem andern der beiden bezeichneten Grenzfälle nähert.

Das Ergebnis der Untersuchung ist auf Blatt IV dargestellt. Die Grenzen zwischen den einzelnen Abteilungen liegen vielfach nicht in jedem Jahre genau bei den auf diesem Blatt angegebenen Punkten, ebenso mag die Kennzeichnung der einzelnen Flußstrecken in den beiden Unterabteilungen nicht überall zutreffend sein. Für die Wiedergabe eines vollständig zutreffenden Bildes müßten eingehendere Studien

## Querschnitte der Donau bei Eining oberhalb Weltenburg,

nach Aufnahmen vom Oktober 1899, November 1900 und vom Oktober 1901. Der eingezeichnete Wasserspiegel bezieht sich auf den Wasserstand vom 13. Okt. 1899 mit 139 Zentimetern über dem Nullpunkt des Neustadter Pegels.



Maßstab:  $\frac{\text{Der Breiten} = 1 : 2000}{\text{Der Höhen} = 1 : 200}$

vorgenommen werden, als sie im vorliegenden Falle mit Rücksicht auf Kosten und Zeit geschehen konnten. Die Hauptsache jedoch ist, daß allenfalls vorhandene Ungenauigkeiten keinen Anlaß zu einer unrichtigen Deutung des Bildes geben.

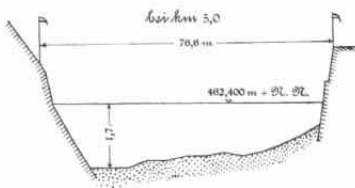
So viel ist sicher: auf der Donau von Ulm bis gegen Kelheim ändert sich die Lage des Talweges mit jedem Hochwasser nur streckenweise und zwar zeigt der Talweg im allgemeinen eine um so größere Veränderlichkeit, um so schroffere Übergänge, je gestreckter der Flußlauf ist, je mehr also der Fluß — um mit Tulla die Bauweise richtig zu bezeichnen — durch Anlage von Durchstichen rektifiziert worden ist.

Wie bei anderen Flüssen, so läßt sich auch bei der Donau in einer Krümmung, die zwischen zwei langen, geraden Flußstrecken gelegen ist, selbst bei kleinem Halbmesser ein Wechsel in der Lage des Talweges von Ufer zu Ufer beobachten. Fast hat es den Anschein, als ob Flußkrümmen, in denen der Talweg nicht stets auf dem konkaven Ufer festgehalten wird, nachteiliger seien, als wenn die ganze Strecke in gerader Richtung verlief.

Aus den Untersuchungen ergibt sich ferner, daß der Talweg dann festliegt, wenn der Fluß einen gewundenen Lauf verfolgt und wenn dabei die Halbmesser der aufeinanderfolgenden Gegenkrümmen eine bestimmte Länge nicht überschreiten, ebenso die einzelnen Krümmungen selbst sowie die geraden Flußstrecken, die zwischen den aufeinanderfolgenden Krümmungen eingeschaltet sind. Die Beziehungen zwischen diesen einzelnen Längen und ebenso ihre Grenzwerte, die den Flußverhältnissen am besten entsprechen, lassen sich nach den vorliegenden Beobachtungen nicht bestimmen. Dazu sind genauere Aufnahmen der Flußsohle erforderlich, als sie seither angestellt wurden.

### Querschnitt der Donau bei Kilometer 5,0 unterhalb Neu-Ulm

nach einer Aufnahme vom 25. September 1899 bei 25 Zentimeter über dem Nullpunkt des Neu-Ulmer Pegels.



So viel erscheint sicher, daß die geraden Flußstrecken zwischen den einzelnen Krümmungen nicht länger als 200 bis 300 Meter sein sollten und daß die Grenze, bis zu der die Länge eines Krümmungshalbmessers noch entspricht, für die obere Donau unter 1000 Metern gelegen ist. Für die mittlere Donau mit ihrem schwächeren Gefälle und ihrer stärkeren Wasserführung mag das letztere Maß um 200 bis 300 Meter mehr betragen.

Daß sich die Änderungen des Flußquerschnittes bei pendelndem Talwege mit der gleichen Schnelligkeit und in der gleichen Art mit Haupt- und Neben-

rinne vollziehen wie im Oberrhein, zeigen die vorhergehenden Querschnitte der Donau bei Eining oberhalb Weltenburg. Die günstige Ausbildung des Flußquerschnittes in einer gewundenen Strecke läßt der Querschnitt der Donau bei Kilometer 5,0 nächst unterhalb Neu-Ulm erkennen.

Aus der Tabelle 11 im Anhang sind nachstehend die Längen der einzelnen Flußstrecken mit verschiedenen ausgebildetem Talwege angegeben sowie die den einzelnen Strecken entsprechenden mittleren Entfernungen der Wechsel des Talweges. Das letztere Maß ist im einzelnen bestimmt von Mitte zu Mitte eines Talwegüberganges und ergibt sonach auch die mittlere Entfernung der aufeinanderfolgenden Schwellen.

Itd. Nr.	Grad der Veränderlichkeit in der Lage des Talweges sowie die Art seines Überganges von einem zum andern Ufer	Länge der Flußstrecke		Mittlere Entfernung zwischen den Wechselln des Talweges in Metern
		in Kilometern	in Proz. der gesamten Flußlänge mit 194 Kilometern	
1.	Festliegender Talweg mit lang gezogenen Übergängen . . . . .	63,2	32,6	943
2.	Fast alljährlich, je nach dem Verlaufe der Hochwasser, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit schroffen Übergängen . . . . .	46,7	24,0	415
3.	Talweg mit wenig veränderlicher Lage und mit langen Übergängen	53,2	27,4	812
4.	In längerer Zeit, oft nach mehreren Jahren, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit kurzen Übergängen . . . . .	30,9	16,0	594
	zusammen . . . . .	194,0	100,0	653

Faßt man nur die Donau von Kilometer 0 bis Kilometer 165 ins Auge, also diejenige Strecke, deren Lauf mit Durchstichen gekürzt worden ist, dann ergeben sich nachstehende Maße:

	Kilometer	Prozent
1. Länge der Flußstrecken, in denen der Talweg festliegt . . . . .	42,4	25,8
2. Länge der Flußstrecken, in denen der Talweg fast alljährlich seine Lage von einem zum andern Ufer wechselt . . . . .	46,7	28,2
3. und 4. Länge der Flußstrecken, die als Übergänge zwischen den beiden vorgenannten Strecken zu betrachten sind . . . . .	75,9	46,0
zusammen	165,0	100,0

Hält man sich an die übliche Ausdrucksweise, dann wären die voraus unter Ziffer 2 zusammengefaßten Flußstrecken als solche mit regelmäßig wandernden Kiesbänken zu bezeichnen, diejenigen unter Ziffer 1 als Flußstrecken mit festliegenden Kiesbänken.

Die mehr oder weniger gute Ausbildung des Talweges der voraus angegebenen Flußstrecken findet ihren Ausdruck in den Maßen für die mittlere Entfernung der Wechsel. Für die unter Ziffer 1 zusammengefaßten, am besten ausgebildeten Flußstrecken beträgt dieses mittlere Maß . . . . . 943 Meter, für die unter Ziffer 2 zusammengefaßten, am schlech-

testen ausgebildeten Flußstrecken . . . 415 Meter. In der oberen Donau geht die mittlere Entfernung der Wechsel auf der Flußstrecke zwischen Kilometer 52,7 und Kilometer 56,3 zurück bis auf . 360 Meter, eine Länge, die 4,7 mal so groß ist als die Normalbreite des Flusses. Im allgemeinen nimmt die Entfernung der Wechsel flußabwärts zu, wie sich dies aus der Tabelle 11 ergibt.

Zum Vergleich sei hier hervorgehoben, daß die Stromrinne des Oberrheines von Dettenheim aufwärts eine unregelmäßigere Ausbildung zeigt, als dies bei der Donau in den Strecken mit veränderlichem, pendelndem Talwege im allgemeinen der Fall ist. Auch in solchen Donau-Strecken sind die Kiesbänke bei Niederwasser vielfach an das Ufer angeschlossen und zeigen nur selten die krebsscherenartige Form, wie sie in der Regel bei den Kiesbänken im Oberrhein beobachtet werden.

Einen zum Vergleich geeigneten Maßstab für den Grad der unregelmäßigen Ausbildung eines Flußbettes ergibt im allgemeinen das Verhältnis zwischen der mittleren Entfernung der Wechsel des Talweges zur Normalbreite des Flusses.

Nach Aufnahmen des Kgl. Straßen- und Flußbauamtes Speyer in der 24,7 Kilometer langen Rhein-strecke von Lauterburg bis Dettenheim betrug in den sechs Jahren 1895 mit 1900 die Entfernung der Wechsel durchschnittlich . . . . . 860 Meter.

Die kleinste mittlere Entfernung wurde beobachtet am 20. Oktober 1900 mit . 850 Metern, die größte mittlere Entfernung am 26. September 1895 mit . . . . . 880 Metern.

Die mittlere Entfernung der Wechsel für die sechs Beobachtungsjahre berechnet sich um 3,6 mal größer als die Normalbreite mit 240 Metern, während dieser Faktor für die obere Donau, wie angegeben, 4,7 beträgt.

Etwas kleiner als für die obere Donau berechnet sich der Faktor für die Donau unterhalb Ingolstadt von Kilometer 131,5 bis zu Kilometer 138,9. Bei einer Normalbreite von 102,2 Metern und bei einer mittleren Entfernung der Wechsel von 463 Metern beträgt das Verhältnis wie 1 : 4,5. In der Tat zeigt auch diese Donau-Strecke, über deren Verhalten ausgedehnte Messungen von Bauamtmann Rapp vorhanden sind, die meiste Ähnlichkeit mit dem Rheine oberhalb Dettenheim.

Es wäre sicher von Wert für die Beurteilung der Flußverhältnisse, die Entfernung der Wechsel in Flußstrecken mit pendelndem Talwege in ihrer Abhängigkeit von der Breite der beweglichen Flußsohle, von der Wasserführung, vom Gefälle und von der Beschaffenheit der Geschiebe für eine größere Reihe von Flüssen festzustellen.

**Die Tiefe über den Schwellen im Talwege der Donau von Ulm bis nächst unterhalb Kelheim.** — Außer nach der Veränderlichkeit des Talweges und nach der Richtung der Flußübergänge bestimmt sich der Grad der Schiffbarkeit eines Flusses nach der Tiefe über den Schwellen im Talwege.

Aus allen von den Kgl. Bauämtern dem technischen Amte zur Verfügung gestellten Aufnahmen

über den Talweg der Donau, sodann aus einer Aufnahme, die das technische Amt für die Strecke von Kilometer 0 bis zu Kilometer 77 im Februar 1903 hat vornehmen lassen, wurden die Tiefen über den Schwellen entnommen und nach Art eines Längenschnittes aufgetragen, wobei der Wasserspiegel als wagrecht verlaufende Linie angenommen wurde. Die Aufnahmen, die bis in das Jahr 1880 zurückreichen, zeigen nach dieser Darstellung unter sich im großen und ganzen das gleiche Bild, jedoch ergeben sich auch hier wieder wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Flußstrecken.

Zur näheren Erläuterung wurden auf Blatt V die Tiefen über den Schwellen nach Messungen aus dem Jahre 1899 für die ganze Flußstrecke von Kilometer 0 bis zu Kilometer 194 aufgetragen. Diese Messungen wurden deshalb gewählt, weil sie nach den bereits gemachten Angaben bei einem lang andauernden Niederwasserstande vorgenommen wurden.<sup>1)</sup>

Der Verlauf der Höhenlage der Schwellen im Talwege von Kilometer 0 bis zu Kilometer 194 auf Blatt V zeigt eine stark gewellte Linie mit einzelnen, besonders auffallenden Tiefen und Höhen. Am auffallendsten erscheint die hohe Lage der Schwellen bei Leipheim zwischen Kilometer 20 und 23, sodann bei Höchstädt, Kilometer 21, und ferner von nächst oberhalb Ingolstadt bis gegen die Weltenburger Enge, Kilometer 122 bis 167. Die kleinsten Wassertiefen über den Schwellen im Talwege betragen auf diesen drei Strecken 20, 25 und 60 Zentimeter.

Die bemerkenswerteste Einsenkung im Bilde auf Blatt V ist diejenige von Münster bis in die Nähe von Ingolstadt, von Kilometer 69 bis zu Kilometer 122. Die Tiefen über den Schwellen schwanken auf dieser Flußstrecke mit seltenen Ausnahmen zwischen 1,0 und 1,5 Meter. In zweiter Linie steht die Einsenkung nächst unterhalb Ulm zwischen Kilometer 2 und 10, sodann diejenige bei Günzburg zwischen Kilometer 25 und 30, weiterhin zwischen Lauingen und Dillingen, Kilometer 44 und 50, mit Wassertiefen von 0,7 bis zu 1,2 Meter. In diesen oberen Flußstrecken finden sich demnach so große Tiefen, wie sie bei Ingolstadt auf längeren Strecken hin nicht vorhanden sind.

Der Verlauf der Tiefe über den Schwellen im Talwege entspricht nach der Aufnahme vom Jahre 1899 sowie nach allen übrigen, hier nicht dargestellten Aufnahmen durchaus nicht der Zunahme der Niederwassermenge von Ulm bis Kelheim sowie der Abnahme des Gefälles auf dieser Flußstrecke. Die Wassermenge und das Gefälle der Donau und zwar bezogen auf das Niederwasser vom 2. September 1899 sind gleichfalls auf Blatt V dargestellt.

Nach dieser Darstellung ist die sekundliche Wassermenge bei Kelheim entsprechend dem Niederwasser vom 2. September 1899 doppelt so groß als bei Donauwörth und das Wasserspiegelgefälle bei Kelheim um 40 Prozent kleiner als am letzteren Orte; trotzdem sind die Tiefen über den Schwellen im Talwege bei Kelheim nach der Aufnahme bei Niederwasser im Jahre 1899 durchschnittlich nur 20 bis 30 Zentimeter größer als bei Donauwörth.

<sup>1)</sup> Über den Wasserstand während der Tiefenmessung im Jahre 1899 vgl. die Angaben auf S. 10.

Auf Blatt V sind sodann noch zwei Längenschnitte des Talweges von Kilometer 38 bis zu Kilometer 65,5 nach einer Aufnahme vom 6. und 7. September 1880 und einer solchen vom 25. und 26. Februar 1903 dargestellt, die im allgemeinen den Charakter in dem Verlaufe der Tiefe im Talwege der Donau erkennen lassen. Bemerkenswert ist die raschere Zu- und Abnahme der Talwegstiefen ebenso der größere Unterschied zwischen den größten und kleinsten Tiefen in der Flußstrecke von Kilometer 38 bis zu Kilometer 43,5 und wiederum von Kilometer 52,8 bis zu Kilometer 65,5 gegenüber dem sonstigen Verhalten. Am günstigsten zeigt sich der Verlauf der Tiefe zwischen Kilometer 44,5 und 47,5.

In beiden Längenschnitten auf Blatt V befindet sich über der Linie, welche den Wasserspiegel darstellt, ein Band, das die gleiche Schraffur und Farbe zeigt wie der Lageplan auf Blatt IV. Nach dieser Kennzeichnung ergibt sich ohne weiteres, wo die kleinsten Tiefen zu finden sind, nämlich dort, wo der Talweg seiner Lage nach veränderlich ist, wo er schroff von einem zum andern Ufer anfällt, also im allgemeinen in den geraden oder sanft gekrümmten Flußstrecken.

Jedoch nicht immer findet sich in solchen Flußstrecken eine hohe Lage der Schwellen. Dies zeigt deutlich die Ausbildung des Flußbettes im Karolinen-Kanal unterhalb Lauingen, der von Kilometer 50 aufwärts bis zu Kilometer 46,865, also auf eine Länge von 3135 Metern, gerade verläuft. Oberhalb der geraden Strecke stößt auf etwa 4 Kilometer Länge eine schlangenförmig gewundene Flußstrecke an, deren Krümmungshalbmesser 300 bis 876 Meter betragen. Unterhalb des Karolinen-Kanales bis zu Kilometer 67 folgen Krümmungen mit Halbmessern von 2040 bis 4700 Metern und lange gerade Strecken. Die Darstellungen auf Blatt IV und VI geben darüber näheren Aufschluß.

Von Kilometer 43,5 bis zu Kilometer 48,0, also weit in die gerade Strecke hinein, liegt der Talweg stets an den gleichen Uferstellen an, von Kilometer 48 bis zu Kilometer 52,7, also in einer geraden oder sanft gekrümmten Flußstrecke, zeigt er nach Ablauf eines Hochwassers in seiner Lage zumeist nur geringe Verschiebungen und wechselt oft erst nach Jahren die Uferseite, während letzteres ober- und unterhalb der vorbezeichneten Flußstrecke fast alljährlich der Fall ist. Da in der Flußrinne bei Lauingen, die durch die gewundene Laufrichtung in ihrer Lage beharrt, die Geschiebebewegung jedenfalls gleichmäßiger, weniger stoßweise vor sich geht, so ist es wohl hieraus zu erklären, daß noch auf einer längeren, nach abwärts anstoßenden geraden Strecke ein guter Zustand bestehen bleibt. Erst dadurch, daß der Stromstrich zwischen den geraden Ufern allmählich seine Leitung verliert und in seiner Richtung immer mehr schwankt, stellen sich nach und nach wieder größere Unregelmäßigkeiten in der Bewegung und Lagerung der Geschiebe ein.

Umgekehrt liegt der Fall dort, wo der Stromstrich aus einer geraden Strecke mit pendelndem Talwege in eine gewundene Strecke eintritt. Die Beweglichkeit des Stromstriches, der Wechsel in den Ablagerungsstellen der Geschiebe bei fallendem Wasser verschwindet erst allmählich nach Eintritt in die gewun-

dene Strecke, und die Konkave der zuerst folgenden Krümmung vermag noch nicht den Talweg dauernd festzuhalten. Auch dies beweist die Darstellung der Talwege auf Blatt VI.

Ebenso wie zwischen Lauingen und Dillingen finden sich verhältnismäßig große Tiefen über den Schwellen in der zum Teil geraden, zum Teil sanft gekrümmten Flußstrecke bei Thalfingen und ebenso wieder unterhalb Neuburg, von Kilometer 112 bis zu Kilometer 121. Vermutlich ist es der gewachsene Fels, der zum Teil an die Flußsohle anstößt, zum Teil auch unter der Sohle hinstreicht und die Entstehung abnorm großer Tiefen längs der Ufer und damit auch die Entstehung unsymmetrischer Querschnitte verhindert. Wo solche Tiefen und solche Querschnitte nicht vorhanden sind, dort können auch keine seichten Furten entstehen. Es wäre von Interesse, diese Flußstrecken eingehend zu untersuchen und auch festzustellen, ob und in wie weit die zwischen Kilometer 112 und 121 bestehenden, außergewöhnlich hohen Ufer einen günstigen Einfluß auf die Gestaltung der Flußstrecke ausüben.

Noch auf zwei bemerkenswerte Fälle sei hingewiesen. Zu den besseren Flußstrecken zählt die nächst unterhalb des Lechs. Trotz der sicher nicht unbedeutenden Geschiebeführung dieses Flusses zeigt sich auch hier der Grad der Schiffbarkeit der Donau nur abhängig von ihrer Grundrißform. Dagegen findet sich das schlechte Fahrwasser von Ingolstadt bis nächst unterhalb Eining in einer von einem größeren Geschiebezubringer weitabliegenden Strecke. Zunächst mag hier infolge der vielen Durchstiche, deren Ausräumung mit Ausnahme eines etwa 15 Meter breiten und bis auf das Niederwasser hinabreichenden Grabens dem Flusse selbst überlassen war, eine Erhöhung der Sohle eingetreten sein. Da jedoch zwischen Ingolstadt und Eining meist niedrige Ufer vorhanden sind, so konnte eine Erhöhung um so eher entstehen und dann auch um so rascher zunehmen, je häufiger das Wasser über die relativ niedriger gewordenen Ufer austreten, je weniger das Wasser in dem normalen Bette zum Abflusse kommen konnte.

**Der Einfluß der Grundrißform auf die Ausbildung des Talweges.** — Die Einflüsse auf die Ausbildung des Talweges, die durch die Höhenlage der Ufer, durch die sehr verschiedene Flußbreite — nach den für die obere Donau angegebenen Maßen bis zu 36 Prozent der größten Breite schwankend —, durch die Beschaffenheit der Geschiebe sowie durch die Höhenlage des festen, felsigen Bodens gegeben sind, lassen sich nach den vorliegenden Aufnahmen nicht im einzelnen feststellen. Doch ändert auch eine genaue Bestimmung aller Einflüsse nichts an der Tatsache, die durch die voraus angegebenen Untersuchungen abermals ihre Bestätigung gefunden hat, daß die Grundrißform eines Flusses, sobald die Sohle zwischen den Ufern beweglich und die Niederwassermenge geschlossen zum Abflusse kommt, die Ausbildung des Talweges vorwiegend beherrscht.

Ein klassisches Beispiel für diese Tatsache, wie es sich weder an der Donau noch sonst bei einem rektifizierten Flusse in so auffälliger Weise vorfindet,



bietet die bayerisch-badische Rheinstrecke bei Dettenheim nächst oberhalb Germersheim. Es soll daher diese Stromstrecke, die mit Lageplan und Längenschnitt nach Plänen des Kgl. Straßen- und Flußbauamtes Speyer auf Blatt VI dargestellt ist, hier besprochen und damit zugleich gezeigt werden, daß die Ausbildung der nach Wasserführung, Gefälle und Geschiebe so verschiedenen Flüsse wie Donau und Rhein stets nach denselben, einfachen Grundsätzen zu beurteilen ist.

Lange Zeit hindurch wurde nicht genügend gewürdigt, daß bei Dettenheim, zwischen Kilometer 25 und 26 der bayerischen Ufereinteilung, die „wandernden Kiesbänke“ nach einem von Basel ausgehenden, 211 Kilometer langen Marsche mit einem Male verschwinden. Unvermittelt stößt die Stromstrecke mit pendelndem Talwege und mit Kiesbänken, die auch bei dem kleinsten Niederwasser in der Regel allseits von Wasser umgeben sind und oft mehr als die Hälfte des Strombettes versperren, an eine Stromstrecke mit festliegendem Talwege und mit Kiesbänken, die sich bei Niederwasser trocken an das Ufer anschließen und flach gegen die Mitte des Stromes abfallen. Dazu sind nach der Darstellung auf Blatt VI bei Niederwasser im festliegenden Talwege die Tiefen über den Schwellen fast doppelt so groß als die über den Schwellen im beweglichen Talwege.

Die Wasserführung und das Geschiebe ändern sich auf der vorgedachten Strecke nicht, ebensowenig die Normalbreite zwischen den meist  $1\frac{1}{2}$  malig geböschten Ufern, die auf der bayerisch-badischen Rheinstrecke von Lauterburg bis zur Mündung des Neckars etwa in der Höhe des Mittelwassers 240 Meter beträgt. Dagegen nimmt das Gefälle unterhalb Dettenheim wesentlich rascher ab, als dies bis nach Dettenheim hin der Fall ist, und zwar derart, daß sich in graphischen Darstellungen des Längenschnittes des Wasserspiegels ein sehr auffallender Bruch bei Dettenheim erkennen läßt, wie dies auch bei dem Längenschnitt auf Seite 52 ersichtlich ist.

Bei der immerhin nur allmählichen Abnahme des Gefalles kann jedoch die Ursache für die plötzliche Änderung in der Gestalt des Strombettes, die Ursache für die verschiedene Beständigkeit in dieser Gestalt nur darin gelegen sein, daß die Ufer von Kilometer 23,5 aufwärts in gerader, nach abwärts dagegen in gewundener Richtung verlaufen und daß die Halbmesser der nächst Dettenheim gelegenen Krümmungen mit 1500 bis 1620 Metern der Niederwassermenge, dem Geschiebe und dem Gefälle so entsprechen, daß der Stromrinne eine stetige Leitung gegeben ist. Weiter abwärts weisen die Krümmungshalbmesser wieder größere Längen bis zu 4500 Metern auf, außerdem sind zwischen den einzelnen Gegenkrümmungen gerade Strecken eingeschaltet, die Längen fast bis zu 2 Kilometer besitzen, so daß der Strom öfters seine Leitung verliert.

Mit der größeren Freiheit in der Wasserbewegung stellen sich wieder größere Unregelmäßigkeiten in der Bewegung und Lagerung der Geschiebe ein. Auch der Fall tritt nochmals ein, daß der Talweg an einzelnen Stellen seine Lage von einem zum andern Ufer verlegt und zwar zwischen Kilometer 39 und 40. Doch macht sich in der Stromstrecke unterhalb

Dettenheim die Abnahme des Wasserspiegelgefalles immer mehr geltend, so daß bei gleichbleibender Wasserspiegelbreite die Tiefen zunehmen. Immerhin sind die Stromverhältnisse bis gegen Speyer noch derart, daß auch hier für den Betrieb der Großschiffahrt eine Regulierung der Niederwasserrinne vorgenommen werden müßte. Diese Regulierung bei Sondernheim nächst unterhalb Dettenheim abschließen zu wollen, ist durch die Stromverhältnisse nicht gerechtfertigt.

Noch eine andere Flußstrecke, nämlich der Inn von Kiefersfelden bis nach Windshausen mit einer besonders merkwürdigen Ausbildung, soll hier besprochen werden, da der Zustand sowie die Behandlung dieses Flusses gleichfalls wertvolle Anhaltspunkte für die Beurteilung der Abhängigkeit der Gestalt der Flußsohle von der Grundrißform des Flusses geben und somit auch Anhaltspunkte für die Vorschläge zur Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau. Die bezeichnete Inn-Strecke ist auf Blatt VI dargestellt. Es verdient Erwähnung, daß die zugehörigen Aufnahmen, die hier nur zum Teil dargestellt werden konnten, in sorgfältiger und umsichtiger Weise von dem Flußwart Leitner beim Kgl. Straßen- und Flußbauamt Rosenheim vorgenommen wurden.

Der Inn bildet von Kiefersfelden bis nach Windshausen auf 13,5 Kilometer Länge die Grenze zwischen Bayern und Österreich und ist auf dieser Strecke mit nur kurzen Unterbrechungen beiderseits von Hochwasserdämmen eingeschlossen. Die plangemäße Korrektur des stark verwilderten Flusses wurde gemäß Staatsvertrag vom Jahre 1826 ausgeführt, nachdem die Durchstiche und Uferbauten, die in mehreren Jahrzehnten voraus entstanden waren, keine dauernden Erfolge hatten. In dem Hochwasserbett des Inn besteht für die Ableitung des Mittel- und Niederwassers kein besonderer Querschnitt, so daß man es hier mit einer sogenannten Korrektur auf Hochwasser zu tun hat. Die Flußsohle zwischen den Vorfüßen der Hochwasserdämme besteht aus einem beweglichen Boden und zeigt bei Niederwasser, namentlich zwischen Kiefersfelden und Reisach, zwischen Kilometer 3 und 9, eine außergewöhnlich unregelmäßige Ausbildung.

Der Talweg folgt streckenweise auf durchschnittlich 900 Meter Länge dem einen Ufer, hart an diesem anliegend, überquert bei Niederwasser mit schroffen Wendungen den Fluß und folgt dann wiederum eine Strecke weit dem andern Ufer. Da auch mehrere Kiesbänke mit ihren höchsten Erhebungen weit in das Bett hineinragen, so erweckt der Fluß bei Niederwasser den Anschein, als hätte man es mit „wandernden“ Kiesbänken zu tun. Die Kiesbänke treten jedoch stets an dem gleichen Orte zutage und zeigen nur an ihren beiden Enden Verschiebungen.

Wie gering die Änderungen an den seitlichen, zum Stromstrich hin gelegenen Rändern der Kiesbänke während des Ablaufes der Sommerhochwasser sind, geht aus dem Umstande hervor, daß die zur Wasserspiegelaufnahme zwischen Kilometer 3,0 und 5,6 im November 1897 an diesen Rändern hin geschlagenen Pfähle nach Ablauf der allerdings mäßig

hohen Anschwellungen im Sommer 1898 teilweise noch vorhanden waren.

Bei Hochwasser tritt eine sichtbare Änderung insofern ein, als der Stromstrich in gestreckterer Richtung das Flußbett kreuzt. So zweigte der Stromstrich während des Hochwassers vom 22. Mai 1899 bei Kilometer 4,5 vom linksseitigen Ufer ab, also nahezu an der gleichen Stelle wie bei Niederwasser, fiel dagegen rechts zwischen Kilometer 4,750 und 4,850 stark wirbelnd an das Ufer an. Während sich also nach der Darstellung auf Blatt VI der Übergang bei Niederwasser im November 1897 auf eine Länge von etwa 160 Metern vollzog und in der Mitte des Flußbettes eine zu den Ufern senkrechte Richtung nahm, betrug die Länge des Überganges während des Hochwassers 1899 etwa 350 Meter.

sich gehen muß. Auf dieses Verhalten des Flusses wurde bereits bei der Besprechung des Wasserspiegelgefälles des Inn von oberhalb Kiefersfelden bis unterhalb Rosenheim auf Seite 56 hingewiesen.

Wie das Gefälle bei Niederwasser, so ist auch der Talweg sehr ungleichmäßig ausgebildet. Nach einer mit der Wasserspiegelfixierung vom 11. Januar 1899 gleichzeitig vorgenommenen Messung betrug die mittlere Tiefe im Talwege zwischen Kiefersfelden und Windshausen 2,10 Meter, die größte Tiefe bei Kilometer 7,760:6,50 Meter und die kleinste Tiefe bei Kilometer 6,120:0,50 Meter. Am 26. November 1897 bei einem Wasserstande von 146 Zentimetern unter dem Nullpunkte des Reisacher Pegels, also bei einem um 15 Zentimeter höheren Stande als am 11. Januar 1899, wurde die kleinste Tiefe im Talwege

Ort der Messung am Inn	bezogen auf die kilometrische Einteilung des Inn	Höhe des Wasserspiegels in m + N. N. am 11. Januar 1899 bei -161 Zentimeter Reisacher Pegel	Höhenunterschied in Metern	Gegenseitige Entfernung in Kilometer	Gefälle in Metern auf 1000 Meter Flußlänge	Mittlere Tiefe in Metern	Größte Tiefe in Metern	Kleinste Tiefe in Metern
200 m oberhalb der Reichsgrenze . . . . .	0-200 m	473,806						
bei Kiefersfelden . . . . .	3,2	469,560	4,246	3,400	1,25	2,1	3,5	0,9
bei Reisach . . . . .	9,4	462,667	6,893	6,200	1,11	2,4	6,5	0,5
bei Windshausen . . . . .	13,5	458,529	4,138	4,100	1,01	1,8	3,5	0,6
für die ganze Strecke . . . . .			15,277	13,700	1,12	2,1	6,5	0,5

Das Gewicht der fast vorwiegend aus kristallinischem Gestein und aus Buntsandstein bestehenden Geschiebe, wie sie sich in größerer Anzahl auf den Kiesbänken vorfinden, beträgt hinsichtlich der Kiesbänke zwischen Kiefersfelden und Reisach durchschnittlich 13 bis 14 Kilogramm, hinsichtlich der Kiesbänke zwischen Kilometer 12 und 13 durchschnittlich 7 Kilogramm. Das größte bei Kilometer 4,8 gefundene Geschiebestück (Granitstein) hatte ein Gewicht von 26,75 Kilogrammen.

Den schroffen Übergängen des Talweges bei Niederwasser entspricht eine stark treppenförmige Ausbildung des Wasserspiegelgefälles, das für die Strecke von Kilometer 3,0 bis Kilometer 5,0 auf Blatt VI nach einer Aufnahme vom 11. Januar 1899 bei 161 Zentimeter unter dem Nullpunkte des Reisacher Pegels (9 Zentimeter über dem damals bekannt niedrigsten Stande vom 22. Februar 1898) dargestellt ist. Während sich nun das mittlere Wasserspiegelgefälle auf der 13,5 Kilometer langen Inn-Strecke zwischen Kiefersfelden und Windshausen zu 1,12 Meter auf 1000 Meter Länge berechnet, betrug das mittlere Wasserspiegelgefälle in der Flußrinne längs des linksseitigen Ufers von 3,8 bis 4,4 Kilometer nur 0,04 pro Mille und im Flußübergange von Kilometer 4,550 bis Kilometer 4,735:3,64 pro Mille. Wie die Richtung der Flußübergänge, so nehmen auch die Gefälle bei höheren Wasserständen einen gleichmäßigeren Verlauf, was sich aus dem Längenschnitt auf Blatt VI ergibt und jedenfalls die Anschauung bestätigt, daß bei hohen Wasserständen eine Ausgleichung des Flußbettes vor

mit nur 0,40 Meter und zwar bei Kilometer 4,6 gemessen.

Die Größe des mittleren Gefälles sowie der mittleren Tiefe im Talwege auf der Bayern und Österreich gemeinschaftlichen Inn-Strecke nach der Aufnahme vom 11. Januar 1899 gibt die obenstehende Zusammenstellung.

Die Ursache der unregelmäßigen Ausbildung der Flußsohle zwischen Kiefersfelden und Windshausen, namentlich aber zwischen Kiefersfelden und Reisach, kann auch in diesem Falle nur darin gefunden werden, daß die Ufer des Inn vom unteren Ende der bei Kiefersfelden bestehenden Flußkrümme bis gegen Reisach und von unterhalb Reisach bis nach Windshausen meist in gerader Richtung verlaufen, daß die gegenseitige Entfernung der beiden Ufer zu groß im Verhältnis zur Niederwassermenge ist und daß sonach der Bewegung des Wassers bei niedrigen Inn-Ständen eine zu große Freiheit gegeben ist. Was andererseits die geringe Beweglichkeit des Talweges anlangt, so ist dieselbe durch folgende Verhältnisse bedingt.

Durch das schwere Gerölle, welches der Kiefernbach bei Kilometer 2,0 und der Auerbach bei Kilometer 8,6 in den Inn verschleppt, wird die Flußrinne nach dem rechten Ufer hin gedrängt und somit stets an gleicher Stelle festgehalten. In beiden Fällen wäre es sonst nicht ausgeschlossen, daß wenigstens zeitweise die Flußrinne am entgegengesetzten Ufer gelegen wäre. Dazu findet der Stromstrich durch die zwischen Kilometer 2,0 und 3,2 und zwischen Kilometer 8,4 und 9,6 bestehenden Krümmungen mit Halbmessern

von 600 bis 1000 Metern eine gute Leitung. Ferner bestehen noch bei Kilometer 4,0, sodann bei Kilometer 6,2 Krümmungen mit 1700 und 800 Meter großen Halbmessern, die gleichfalls eine Anziehungskraft ausüben.

Dadurch nun, daß die Flußrinne mindestens an zwei Stellen, bei Kilometer 2,0 und bei Kilometer 8,6, also innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Entfernung, unveränderlich festliegt, wird ein Pendeln des Stromstriches, also ein sogenanntes Wandern der Kiesbänke verhindert, da doch immerhin eine bestimmte Länge für jeden Wechsel vorhanden sein muß. Auch besteht hier ein ähnliches Verhältnis wie für die Donau im oberen Teile des Karolinen-Kanales und ebenso wie für den Rhein nächst unterhalb Dettenheim. Der Stromstrich hält, wenn er aus einer festliegenden, gewundenen Rinne in ein gestreckt verlaufendes, übermäßig breites Bett eintritt, noch eine Strecke weit stets den gleichen Weg inne.

Die Festpunkte für den Stromstrich im Inn sind jedoch zu weit voneinander entfernt gelegen und die dazwischen befindlichen Flußkrümmen zu kurz, als daß sie den Stromstrich des Flusses vollständig beherrschen könnten. Sonach verbleibt dem Stromstrich in den Übergängen eine zu große Freiheit. Die größte Unordnung findet sich auch in einer nahezu gerade verlaufenden Flußstrecke zwischen Kilometer 4,4 und 4,8, auf der der Inn seine größte Breite zwischen den Kronen der beiden Hochwasserdämme mit 154 Metern besitzt, während diese Breite auf der österreichisch-bayerischen Inn-Strecke in der Regel annähernd 120 Meter beträgt. Der Flußquerschnitt bei Kilometer 4,610, in dem die größte Breite besteht, ist auf Blatt VI dargestellt.

Die großen Veränderungen in dem Zustande des Flußbettes bei den Übergängen, die sich nach jedem Ablauf einer Anschwellung und so auch aus den Aufnahmen des Flußbettes vom 26. November 1897 und vom 11. Januar 1899 für die Flußstrecke von Kilometer 4,4 bis zu Kilometer 5,2 auf Blatt VI erkennen lassen, beweisen wohl auch, daß die Überdeckung der Kiesbänke mit schwerem Gerölle, die wie ein Schuppenpanzer aussieht, nicht die Grundursache ist, daß der Talweg stets an der gleichen Uferseite verbleibt. Dabei ist nicht ausgeschlossen, daß die Panzerung der Kiesbänke, die infolge der seit Jahren andauernden Eintiefung des Flußbettes an Dichtigkeit zugenommen hat, verhindert, daß auch bei außergewöhnlich hohen und lang andauernden Anschwellungen des Flusses, bei denen die Grundrißform sowie die Seitengewässer an Einfluß verlieren, eine gänzliche Verlegung der Flußrinne eintritt.<sup>1)</sup>

In ähnlicher Weise, wie zwischen Kiefersfelden und Reisach, ist die Flußrinne zwischen Reisach und Windshausen festgelegt. Der Festpunkt bei Windshausen verdankt sein Dasein der dort beginnenden Einschnürung des Flusses, von der bereits auf Seite 55 die Rede gewesen ist.

<sup>1)</sup> Der Verfasser hat in seiner Abhandlung: „Über neuere Methoden des Flußbaues“, veröffentlicht in der Zeitschrift „Danubius“, Wien 1897, S. 147, angenommen, daß die schweren Geschiebe die stabile Lage der Kiesbänke allein ermöglichen. Eingehendere Beobachtungen und namentlich Vergleiche über das Verhalten des Talweges in verschiedenen Flußstrecken lassen jedoch diese Annahme nicht als zutreffend erscheinen.

Zur Kennzeichnung des Inn und zum Vergleich desselben mit der Donau und dem Oberrhein sei noch angegeben, daß nach Messungen aus dem Jahre 1878 an der Pegelstelle bei Reisach die kleinste sekundliche Niederwassermenge zu . . . 53 Kubikmeter bestimmt wurde, eine Wassermenge, die beim kleinsten Stande in der Donau zwischen Ulm und Günzburg abfließt und die etwa den achten Teil der kleinsten sekundlichen Niederwassermenge des Oberrheines bei Sondernheim beträgt. Die größte sekundliche Hochwassermenge des Inn wird angenommen zu . . .

. . . . . 1800 Kubikmeter,  
eine Hochwassermenge, die fast die der Donau bei Stepperg nächst unterhalb der Mündung des Lechs erreicht. Die mittlere jährliche Abflußmenge berechnet sich für die Zeit vom 1. November 1879 bis zum 31. Oktober 1884:

für den Inn bei Reisach sekundlich zu . . . . .  
. . . . . 279 Kubikmeter,  
für den Rhein bei Sondernheim zu 1308 „

In diesem Falle beträgt sonach das Verhältnis zwischen der Wassermenge am Inn und am Oberrhein nur wie 1:5.<sup>1)</sup>

**Die Festlegung des Talweges der Donau zur Verbesserung der Schiffahrt.** — Aus den Angaben über die Ausbildung und das Verhalten des Talweges in der Donau von Ulm bis nächst unterhalb Kelheim geht hervor, daß eine wesentliche Verbesserung der Schiffbarkeit dieser Flußstrecke durch eine Festlegung des Talweges auf seiner ganzen Länge erreicht werden kann.

Es wird hier mit besonderer Absicht von einer „Festlegung des Talweges“ oder, was dasselbe ist, von einer „Festlegung des Stromstriches“ gesprochen. Die falsche Ausdrucksweise „Wanderung der Kiesbänke“ hatte zur Folge, auch von einer „Festlegung der Kiesbänke“ behufs Regulierung zum Zwecke der Schiffahrt zu sprechen und so den Eindruck zu erwecken, als sollten durch eine Regulierung der Niederwasserrinne die Kiesbänke festgelegt und dadurch die Geschiebebewegung gehemmt werden. In der Tat wurden auch mit Bezug auf eine Regulierung des Oberrheines zwischen Sondernheim und Straßburg Bedenken darüber ausgesprochen, was aus der Geschiebebewegung oberhalb Straßburg werden sollte, wenn zwischen Straßburg und Sondernheim das in Bewegung befindliche Geschiebe durch die Regulierung zum Teil festgelegt werden würde.

Für den Zweck einer Festlegung des Talweges oder des Stromstriches stehen der Technik bei Flüssen mit beweglicher Sohle zwei Mittel zu gebote. Der Talweg kann festgelegt werden, wie sich dies schon aus dem Vorhergehenden ergibt, zunächst durch eine entsprechende Grundrißform der auf Niederwasser oder über Niederwasser gelegenen Ufer. In zweiter Linie dienen dazu buhnenartige, von dem Ufer nach der Flußmitte hin gerichtete, flach abfallende Bauten oder auch die vollwandigen Ufer selbst, wenn deren Böschung in der nötigen Weise verflacht wird.

<sup>1)</sup> Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888. S. 24, 25, 201 und 206.

Hat man es mit einem noch in natürlichem Zustande befindlichen Flusse zu tun, dann ist die Sache verhältnismäßig einfach. Die Ausmaße für eine Grundrißform, die in den Konkaven die unveränderliche Lage des Talweges und längs der konkaven Ufer die Erhaltung einer genügenden Fahrbreite und Fahrtiefe bei allen Wasserständen ermöglicht, dürfen nach den vorliegenden Beobachtungen innerhalb weiter Grenzen schwanken.

Mehr Aufmerksamkeit erfordert der Ausbau der Übergänge. Zur rechnerischen Bestimmung der Normalbreite fehlt eine sichere Kenntnis darüber, wie sich das Gefälle in den Übergängen bei Niederwasser infolge einer Regulierung gestalten wird. Man kann nach Messung, Rechnung und Erfahrung nur Grenzen bestimmen, innerhalb deren sich der Wert des zukünftigen Gefälles vorfinden wird. Im allgemeinen ist es besser, dem Querschnitt eine etwas größere Breite zu geben, als sie der fertige Ausbau voraussichtlich erfordern wird, da dann in diesem Falle nachträglich ohne besondere Schwierigkeit durch eine Verflachung der beiden Uferböschungen oder durch einzelne buhnenartige Einbauten der Flußrinne nach Bedürfnis die nötige Beharrlichkeit gegeben werden kann.

Bezüglich der Bauausführung sei noch bemerkt, daß in den Übergängen wegen des dort herrschenden stärkeren Gefälles der Baufortschritt langsamer stattfinden muß. Auch sollte in den Übergängen die Wirkung der Bauten stets durch Baggerung unterstützt werden, damit das Gefälle möglichst rasch bis zur erreichbaren Grenze ausgeglichen wird.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse in Flußstrecken, denen durch die Rektifikation ein kanalartiger Lauf gegeben wurde. Am Inn unterhalb Windhausen wurde, wie bereits erwähnt ist, der Versuch gemacht, durch ein Zusammenschieben der für die Ableitung der Niederwasser zu weit gestellten Ufer das Flußbett gleichmäßiger zu gestalten. Die Absicht wurde vollkommen erreicht.

Die Ausbildung des Flußbettes erregte, wie gleichfalls schon erwähnt wurde, die allgemeine Bewunderung, und noch vor wenigen Jahren wurde die Inn-Strecke von Windhausen abwärts bis zu Kilometer 21 nächst oberhalb Neubeuern als Muster einer Regulierung zum Zwecke der Schiffahrt gerühmt. Die Nachteile einer solchen Korrektur sind bereits angegeben worden.

Ebenso schädlich wäre es, wenn zur Herstellung eines Niederwasserbettes zwischen den vorhandenen, auf Mittelwasser oder über Mittelwasser gelegenen Ufern ein Parallelwerk eingebaut werden würde, wie dies Ende der siebziger Jahre für den Oberrhein vorgeschlagen wurde. Mit der entsprechenden Wirkung einer derartigen Anlage verbindet sich, auch wenn das eingebaute Parallelwerk so niedrig wie möglich gehalten wird, gleichfalls eine zu große Steigerung der Wassergeschwindigkeit und sonach eine stärkere Vertiefung der Sohle, als erwünscht ist.<sup>1)</sup>

Eine nachteilige Verstärkung der Erosionskraft wird am ersten vermieden, wenn man entsprechend

den Vorgängen in der Natur dem Talwege innerhalb der auf Mittel- oder Hochwasser gelegenen Ufer einen schlängelförmig gewundenen Lauf gibt. Damit hat man erfahrungsgemäß den Fluß am leichtesten in der Gewalt, mag nun die Bewegung der einzelnen Wasserteilchen, die Bewegung der Sinkstoffe sein, wie sie wolle.

Die Lage der Flußrinne in den Übergängen wird im allgemeinen nach dem Verlaufe des Stromstriches bei Hochwasser zu bestimmen sein. Geschieht dies, dann werden die zur Regulierung notwendigen Bauten bei Hochwasser den geringsten Zwang ausüben und hauptsächlich nur bei Niederwasser in Wirkung treten. Sie werden verhindern, daß sich bei fallendem Wasser die Flußrinne in der seither ungünstigen Weise ausbildet, daß im Talwege die bei Hochwasser in Bewegung befindlichen Geschiebe zum Schaden für die Schiffahrt sich haufenweise niederschlagen. Ebenso wie bei den Flüssen, die ihren natürlichen, gewundenen Lauf noch besitzen, sollte auch in den rektifizierten Flüssen durch Baggerung in den Übergängen die Wirkung der Uferbauten gefördert werden.

Was die äußere Form der Bauten zur Festlegung der Rinne in den gestreckten Flüssen betrifft, so hat die Erfahrung der letzten Jahre bewiesen, daß auch in den stark strömenden Flüssen Süddeutschlands die Anwendung buhnenartiger, weit in das Flußbett hineinragender, flach abfallender Bauten, also die Anwendung der norddeutschen Bauweise, mit verhältnismäßigen Kosten sich ermöglichen läßt.

Auf Grund der Beobachtungen, die der Verfasser dieser Denkschrift bei schwierigen Bauausführungen am Oberrhein, am Inn und an der Mangfall anzustellen Gelegenheit hatte und von denen im vorausgehenden die Rede war, gab er die Anregung, die Flußübergänge im Inn zwischen Kiefersfelden und Reisach durch buhnenartige Einbauten in das Hochwasserbett zu regulieren. Zur Verbesserung dieser Flußstrecke, die auf Blatt VI dargestellt ist, mußte etwas geschehen, da zeitweise bei Niederwasser sogar seicht getauchte Flöße nicht verkehren konnten und da die heftigen Anfälle des Wassers infolge der besonders starken Konzentrierung des Gefälles große Kosten für die Ehaltung der Uferbauten verursachten.

In dem Vorbericht zu seinem Bauentwurf vom 12. Juni 1899 hat der Verfasser die Anschauung ausgesprochen, daß eine billige Unterhaltung der Uferbauten sowie eine ausreichende Verbesserung des Talweges herbeigeführt werden könnte, wenn durch Einbauten in das Flußbett die Anfälle des Wassers an die Ufer vermindert, das Wasser in stetiger Bahn von einem zum andern Ufer geleitet und dadurch der Talweg bei den Übergängen nach einer gestreckteren Richtung und mit einem geringeren Wechsel hinsichtlich seiner Breite und Tiefe ausgebildet würde.

Bei der gegebenen Anregung war, wie in dem Vorbericht zu dem Bauentwurf hervorgehoben wurde, nicht daran gedacht, den Fluß auf seine ganze Erstreckung hin in möglichst gleichmäßiger Weise auszubauen, sondern nur insoweit sollte der Ausbau geschehen, als er für die gute Ausbildung der an

<sup>1)</sup> Schiffahrt und Strombettregulierung des Oberrheins. Deutsche Bauzeitung 1878.

ihrem Orte zu belassenden Übergänge notwendig wäre. Die gegenseitige Entfernung der Einbauten, ihre Höhe beim Anschluß an die bestehenden Uferbauten, die Böschungsanlage der Krone dieser Bauten sollte durch Versuche ermittelt werden.

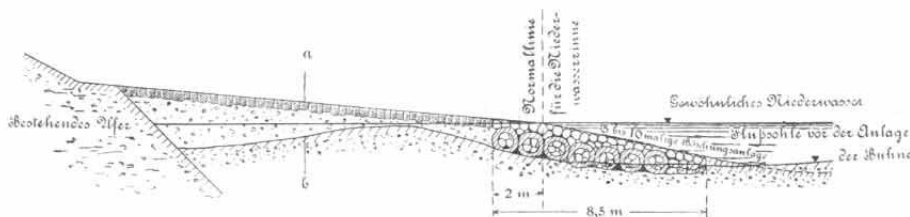
Als Versuchsstrecke wurde die schlechteste Stelle, der Übergang bei Kilometer 4,6, vorgeschlagen und dabei vorgesehen, den Übergang in Übereinstimmung mit den Beobachtungen über die Stromrichtung bei Hochwasser mit einer Länge von 400 Metern, von Kilometer 4,4 bis zu Kilometer 4,8, auszubauen. Auch sollten zur besseren Leitung des gegen das rechte Ufer anfallenden Stromes diese, kaum einmalig geböschten Ufer bis zu Kilometer 4,9 mit Stein-Senkstücken verflacht werden.

sichtsmaßregel für eine gute Bauausführung notwendig ist, werden die weiteren Versuche am Inn festzustellen haben.

Die gegenseitige Entfernung der beiden Pfahlreihen wurde von dem Kgl. Regierungs- und Kreisbauamt Wöhrle auf Grund seiner Beobachtungen, die er beim Ausbaue des Inn zwischen Rosenheim und Attel anzustellen Gelegenheit hatte, zu 86 Meter berechnet. Diese Inn-Strecke, von Kilometer 30 bis zu Kilometer 50, hat bei Hochwasser nahezu die gleiche Wassermenge und das gleiche mittlere Gefälle wie die Flußstrecke bei Kilometer 4,6. In welchem Maße sich der Ausgleich des Gefälles bei Hochwasser in der regulierten Flußrinne vollziehen und sich somit dem auf der Inn-Strecke zwischen Rosen-

Die Bauten zur Festlegung des Talweges des Inn zwischen Kilometer 4,4 u. 4,9.

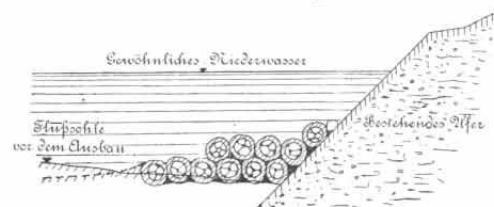
Längenschnitt einer Buhne.



Querschnitt a—b



Ausbau einer Uferböschung mit Senkstücken.



Bei der großen Verwilderung des Flusses erschien es ratsam, die Bauausführung mit besonderer Vorsicht zu betreiben. Da es seine Schwierigkeit hatte, nach dem bestehenden Zustande die Normalbreite einer für die Ableitung der Niederwasser geeigneten Rinne, der zugleich auch das Hochwasser, ohne großen Widerstand zu finden, folgen sollte, auch nur annähernd richtig zu bemessen, so mußte danach getrachtet werden, den Zustand in dem Flußübergange vor der Anlage der festen Bauten einigermaßen zu bessern. Für diesen Zweck wurde die Ausführung von Pfahlbauten Wolfscher Methode vorgesehen, wenn auch wegen der verhältnismäßig geringen Entfernung, in der die Pfahlbauten von dem Ufer weg zu stehen kommen sollten, keine den Kosten der Pfahlbauten entsprechende Verlandung zu erwarten war. Zugleich aber sollten diese Pfahlbauten den Grundschwellen für die erste Zeit, bis sich das Gefälle etwas ausgeglichen hatte, Schutz gewähren. Nach den im Inn oberhalb Kufstein sowie zwischen Rosenheim und Attel ausgeführten Pfahlbauten ist das Treibeis nicht zu fürchten; Eisstöße kommen auf der zu regulierenden Flußstrecke nicht vor. Die Pfahlbauten waren vorgesehen an dem linken Ufer auf 80 Meter, am rechten Ufer auf 130 Meter Länge. Ob und in welcher Ausdehnung eine derartige Vor-

heim und Attel bestehenden Gefälle nähern würde, konnte im voraus, wie gesagt, nicht angegeben werden. So viel jedoch war sicher, daß bei einer gegenseitigen Entfernung der beiden Pfahlreihen von 86 Metern das Flußbett nicht in schädlicher Weise eingeschränkt wird und daß bei dieser Entfernung eine Verschmälerung des Querschnittes bei Niederwasser, wenn sie sich allenfalls nach Umbildung der Flußsohle als notwendig erweisen sollte, mit Senkfaschinen leicht geschehen kann.

Mit Einschluß der Kosten für die Pfahlbauten im Betrage von 2520 Mark sowie der Kosten für Bauleitung und Unvorhergesehenes im Betrage von 2130 Mark berechneten sich die gesamten Kosten der Bauausführung zur Regulierung des Flußüberganges zu 25000 Mark. Nachdem die bayerische und österreichische Staatsregierung den Entwurf genehmigt hatten, wurde auf gemeinschaftliche Kosten mit den Bauten im Frühjahr 1900 begonnen.

Die Versuchsstrecke ist auf Blatt VI nach dem Zustande vom 26. November 1897 und nach dem vom November 1901 dargestellt, außerdem in kleinerem Maßstabe noch nach dem Zustande vom 11. Januar 1899. Im November 1901 waren die auf dem linken Ufer vorgesehenen Bauten ausgeführt. Dagegen fehlten auf dem rechten Ufer an denjenigen Stellen, an denen

der Talweg anfällt, noch die Grundschwellen, die den Talweg sanfter an das Ufer leiten sollten. Die beiden Pfahlreihen, die sich an den Köpfen der Bühnen hinziehen, sind der Deutlichkeit wegen in dem Plane nicht eingezeichnet.

Die Querbauten wurden, soweit es die Wassertiefe zuließ, aus Faschinat und grobem Gerölle mit Bruchsteinpflasterung und Steinwurf hergestellt. Waren größere Vertiefungen in der Nähe des Baues vorzusehen, dann wurden 1 Meter starke Bruchsteinsenkstücke beigelegt. In größeren Tiefen wurde der Bau mit 8 bis 10 Meter langen Senkstücken ausgeführt.

Zur Ableitung des Stromes vom linken Ufer weg — beginnend bei Kilometer 4,5 — war ein geringer Zwang erforderlich, dagegen war der Anfall an das rechte Ufer bei Niederwasser noch ein sehr heftiger — Erscheinungen, die, wie schon wiederholt darauf hingewiesen wurde, mit der Gestalt der Flußsohle, mit der treppenartigen Ausbildung des Wasserspiegelgefälles zusammenhängen. Mit dem besseren Ausgleich von Sohle und Gefälle wird der Anprall des Wassers an das rechtseitige Ufer abnehmen. Jedenfalls aber wird sich mit fallendem Wasser in den Übergängen stets ein stärkeres Gefälle einstellen und somit auch in den Übergängen bei Niederwasser ein kleinerer Wasserquerschnitt vorhanden sein als in der Flußrinne längs der Ufer. Der Abfluß bei Hochwasser zeigt an der Baustelle keine Störung, das Hochwasser geht glatt über die Bauten hinweg.

Die Weiterführung der Bauarbeiten auf der Versuchsstrecke ist seit Mai 1900 dem Bauamtsassessor Groß beim Kgl. Straßen- und Flußbauamt Rosenheim übertragen. Es wäre von großem Interesse, wenn nach Abschluß der Versuche die gemachten Erfahrungen allgemein bekannt gegeben würden.

Nach den seitherigen Beobachtungen in der Versuchsstrecke am Inn empfiehlt es sich, für die Regulierung der Übergänge in der Donau an denjenigen Stellen, an denen die Flußrinne das bestehende Ufer wieder erreicht, ein vollwandiges Ufer mit flacher Böschung für den schließlichen Ausbau vorzusehen. Ob solche Bauten mit der Umbildung des Flußbettes auch an den Stellen, an denen der Stromstrich vom Ufer abgeht, notwendig werden, wird der Versuch noch zu entscheiden haben. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich an den Ableitungsstellen bei Niederwasser ein stärkeres Gefälle einstellt, das schädliche Wirbelbildungen und Kolkungen zwischen den einzelnen Grundschwellen veranlaßt.

Im allgemeinen dürfte folgendes feststehen. Zur Regulierung einer Flußrinne mit beweglicher Sohle genügen buhnenartige Bauten, wenn der Strom eine gerade Richtung verfolgt; dagegen werden vollwandige Bauten um so notwendiger, je stärker die Krümmung ist, in der der Strom verläuft, je größer die Wassergeschwindigkeit in dieser gekrümmten Bahn anwächst. Ebenso steht fest, daß alles was in dieser Hinsicht versuchsweise noch zu entscheiden sein wird, ohne wesentlichen Belang für die Berechnung der Kosten einer Regulierung ist.

Wenn somit auch die Konstruktion der Bauten zur Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau im wesentlichen bestimmt ist, so besteht doch noch

eine weitere, wichtige Frage, wie weit sich nämlich die Bauten zur Regulierung der Flußrinne beiderseits über die Übergänge hinaus erstrecken müssen.

Die Ausdehnung der Bauanlagen zur Regulierung hängt von dem Verhalten der bestehenden Flußrinne, also auch von der Grundrißform des Flusses ab. Liegt die Flußrinne so weit fest wie am Inn zwischen Kiefersfelden und Windshausen und behält man in diesem Falle die seitherigen Übergangsstellen bei und streckt die Übergänge nicht weiter, als es sich nach den Beobachtungen bei Hochwasser ergibt, dann genügt es jedenfalls, wenn nur bei den Übergängen Bauten ausgeführt werden. In der Regel werden sich bei diesem Vorgehen Windungen ergeben, die den Bedürfnissen der Schifffahrt entsprechen.

Was die Flußstrecken mit pendelndem Talwege betrifft, so ist es nach dem Verhalten der eben bezeichneten Inn-Strecke nicht ausgeschlossen, daß der Ausbau des Flußbettes zwischen den einzelnen Übergängen in einfacherer Weise möglich ist, als dies nach dem jetzigen Verhalten solcher Flußstrecken vorausgesetzt werden kann. Vielleicht gelingt es, auch hier die Regulierungsbauten auf die Übergänge zu beschränken, wenn man den Talweg in den Übergängen nicht weiter streckt, als dies die Schifffahrt unbedingt erfordert, und wenn man die Länge der Wechsel so beibehält, wie sie sich bei Hochwasser zeigen. Zur Beantwortung dieser Fragen werden die Versuchsbauten am Inn zwischen Kiefersfelden und Windshausen gleichfalls wichtige Ergebnisse liefern, wenn sie auch für die Flußstrecken mit beweglichem, pendelndem Talwege noch keine Entscheidung bringen werden.

Mit den im Herbst 1901 und im darauf folgenden Jahre am Inn zwischen Kilometer 5,450 und 5,9 ausgeführten Bühnen erhielt der Fluß einen nahezu geradlinigen Lauf zwischen Kilometer 4,750 und 6,2. Damit wurde entgegen dem ursprünglichen Entwurf über die Regulierung der bis dahin bei Kilometer 5,5 bestandene Übergang ausgeschaltet.

Mit dieser Änderung des Entwurfes ist eine dankenswerte Erweiterung des Versuchsfeldes geschaffen worden. Es fragt sich, ob auch in diesem Falle die Bauten nur auf die Übergänge beschränkt bleiben können, wie weit abwärts sich die Folgen der Ausschaltung des Überganges geltend machen und in welchem Maße durch den gestreckten Flußlauf das seitherige Niederwasserbett geändert wird.

Auch bei einem festliegenden Talwege können Bauten erforderlich werden und zwar dann, wenn bei übermäßiger Tiefe die Breite des Flußbettes bei Niederwasser der Schifffahrt nicht genügt. Eine Verbreiterung der Fahrinne läßt sich durch eine Verflachung der Uferböschung oder auch durch einzelne, tiefliegende Bühnen erzielen. Wie bei den Übergängen soll auch in diesem Falle ein Zustand, der im allgemeinen bei Hochwasser vorausgesetzt werden darf, während des Ablaufes der Niederwasser festgehalten werden.

Da zur richtigen Beantwortung der vorausberührten Fragen hinsichtlich der Ausdehnung der Regulierungsbauten in Flußstrecken mit pendelndem

Talwege keine entscheidenden Versuche vorliegen, so ist man bei der Bestimmung der Kosten für die Regulierungsarbeiten genötigt, mit den ungünstigen Annahmen zu rechnen.

In welcher Weise der Fortschritt der Bauarbeiten zur Regulierung einer Flußrinne zu betätigen ist, ob flußaufwärts oder flußabwärts, das läßt sich aus dem Verhalten der Donau unzweifelhaft ersehen und zwar an Stellen, an denen der Strom aus einer festliegenden Rinne in eine veränderliche Rinne übergeht, ebenso aus dem Verhalten des Oberrheines bei Dettenheim. Nach der Ausbildung derartiger Übergänge hält, wie schon darauf hingewiesen wurde, die Wirkung eines den Strom leitenden, gewundenen Laufes noch eine Strecke weit flußabwärts an, während nach aufwärts der Übergang rasch erfolgt. Dies läßt erkennen, daß man bei einem Baubetrieb zu Tal den Fluß leichter in der Gewalt hat und daß es in diesem Falle nicht nötig ist, die Flußrinne so vollständig aus dem Groben zu arbeiten, als wenn man den „wandernden“ Kiesbänken entgegen bauen würde.

Der vielfache Wechsel zwischen den Flußstrecken mit festliegendem und solchen mit veränderlichem Talwege ermöglicht es, an vielen Stellen die Bauarbeiten zu beginnen, was mit Rücksicht auf eine langsam fortschreitende, den Umformungen des Flußbettes angepaßte Bauweise ein großer Vorzug ist. Bei einer flußabwärts fortschreitenden Regulierung wird zwar ihr Vorteil der Schiffahrt nicht alsbald zugute kommen. Doch können diese Bedenken in Anbetracht der Möglichkeit, die Bauarbeiten an vielen Stellen zugleich zu beginnen, nicht geltend gemacht werden.

Sofern noch mehr Festpunkte für die Regulierungsarbeiten geschaffen werden müßten, als sie zurzeit in der Donau vorhanden sind, so könnten diese leicht in den vielfach vorkommenden, zwischen zwei geraden Flußstrecken eingeschalteten Krümmungen hergerichtet werden.

In welcher Art die Regulierung eines Flußbettes auch vorgenommen werden mag, niemals kann sie das vollständig wiederbringen, was durch die Rektifikation an Schiffbarkeit verloren gegangen ist. Die verkrüppelten Serpentinien innerhalb des gestreckten Laufes bieten nicht vollen Ersatz für eine in größeren Windungen verlaufende Wasserstraße.

Wenn man also bedenkt, daß zur Besserung der wirtschaftlichen und gesundheitlichen Verhältnisse in den Niederungen die Streckung der Flußläufe weitaus nicht in dem ausgeführten Maße notwendig gewesen ist, dann liegt der Gedanke nahe, die Altrinnen nach Möglichkeit und Zweckmäßigkeit zu öffnen und den Flüssen wieder einen mehr gewundenen Lauf zu geben.

Nach dem heutigen Stande der Flußbautechnik kann mit vollem Rechte die Forderung gestellt werden, das zum Besten der Schiffahrt wieder zurückzugewinnen, was im vorigen Jahrhundert aus Mangel an Erfahrung nutzlos für die Melioration der Niederungen geopfert werden mußte. Durch das Einschalten

von Windungen innerhalb gerader oder sanft gekrümmter Flußstrecken würden sich auf dem natürlichsten Wege Festpunkte für die Flußrinne gewinnen lassen und somit die Arbeiten zu ihrer Regulierung wesentlich erleichtert werden. Abgesehen von der Verminderung des Gefälles wäre bei Niederwasser ein geringerer Zwang zur Erhaltung der für die Schiffahrt geeigneten Stromrichtung erforderlich, somit eine bessere Ausgleichung des Gefälles und auch eine größere Wassertiefe in den Übergängen zu erzielen.

Die schädlichen Folgen der übermäßigen Kürzungen der Flußläufe, die sich da und dort durch streckenweise Erhöhung des Flußbettes geltend machen, ließen vielfach die Befürchtung entstehen, daß durch eine Regulierung der Niederwasserrinne noch größerer Schaden verursacht werden würde.

Zunächst ist daran zu erinnern, daß der Eingriff in die bestehenden Flußverhältnisse, den eine Regulierung der Niederwasserrinne erfordert, von verschwindender Bedeutung ist gegenüber dem Eingriff, der durch die Rektifikation geschehen ist. Bei dieser war der ausgesprochene Zweck, die Ableitung des Wassers und der Geschiebe zu beschleunigen und eine Senkung der Flußsohle und des Hochwassers auf einzelnen Flußstrecken zu erreichen. Bei der Regulierung ist dies keineswegs der Fall. Dieselbe hat, wie dies bereits angegeben wurde, nur den Zweck, den Strom stets in gleicher Bahn zu halten und bei fallendem Wasser das Zusammenschrumpfen der Flußserpentinien in den Übergängen zu verhindern, wie dies auch durch eine Regulierung des Inn bei Kilometer 4,6 erreicht wurde.

Sodann ist darauf hinzuweisen, daß nach den neuzeitlichen Grundsätzen die Bauten zur Regulierung nur allmählich, entsprechend der Umbildung des Flußbettes zur Ausführung kommen und daß überall, wo bei dieser Umbildung eine stärkere Geschiebebewegung zum Schaden der unterhalb gelegenen Flußstrecke zu befürchten ist und ebenso dort, wo die Sohle zum Vorteile der anstoßenden Ländereien abgesenkt werden müßte, der Bagger in Anwendung zu kommen hat. Der Bagger ist ein derart leistungsfähiges Werkzeug geworden, daß ungünstige Folgen der allenfalls unvermutet eintretenden Änderungen in der Höhenlage der Sohle mit billigen Kosten zu beheben sind.

Am besten widerlegt der Zustand der Donau selbst die Befürchtungen hinsichtlich der Geschiebebewegung. Wie schon erwähnt, stößt in den Flußstrecken, denen sich der Jura nähert, der gewachsene Fels zur Sohle an oder er ist nur seicht von Geschieben überdeckt. Das letztere ist gerade auf der Strecke bei Eining der Fall, die sich, wie schon angegeben wurde, in den letzten Jahrzehnten erhöht hat und zwar annähernd um einen Meter.

Nach Aufnahmen vom Jahre 1899, von denen mehrere Querschnitte auf Seite 70 dargestellt sind, beträgt die Überdeckung des Felsens mit Geschieben nach 26 Querschnitten zwischen Kilometer 157,2 und 168: 0,9 bis 2,40 Meter, im Mittel 1,80 Meter. Diese Beobachtungen an einer Flußstrecke, die durch Kor-

reaktion nur unerhebliche, seitliche Verschiebungen erfahren hat, lassen doch darauf schließen, daß lange vor der Zeit, in der die Ufer der Donau und ihrer Seitengewässer noch unbefestigt und deshalb überall große Geschiebelager im Abbruche befindlich waren, die Zufuhr von Geschieben in die Donau nur in sehr geringem Maße ihre Abfuhr durch den Fluß überwiegen konnte. Und da mit der fortschreitenden Verbauung der Flüsse und Wildbäche die Zufuhr an Geschieben abnimmt, so ergibt sich der weitere Schluß, daß die Donau imstande sein wird, ihre Sohle in entsprechender Tiefe zu halten, auch dann, wenn ihr relatives Gefälle durch das Einschalten von Flußkrümmen abgemindert und die Erosionskraft durch die teilweise Befestigung der beweglichen Sohle, die eine Regulierung notwendig macht, gehemmt werden sollte. Im Gegenteil, gerade der Zustand dieser Flußstrecke legt das Bedenken nahe, daß bei einer zu kräftigen Baggerung und bei einer zu starken Verminderung der Geschiebezufuhr der Fels in einer der Schifffahrt ungünstigen Weise zur Sohle anstoßen werde, worauf schon bei den vorausgehenden allgemeinen Betrachtungen hingewiesen wurde.

Man hört auch öfters darüber Bedenken, wie sich wohl die Zustände oberhalb einer regulierten Flußstrecke gestalten würden, und ob es möglich wäre, ein unschädliches „Auflösen“ der Kiesbänke daselbst zu bewirken. Das sind unnötige Bedenken, klar bewiesen durch den Zustand des Rheines bei Dettenheim, durch den Zustand der Donau zwischen Ulm und Kelheim. Auf der letzteren Flußstrecke wechselt die Gestalt der Flußsohle so häufig, daß doch wenigstens auf einer Grenzstrecke ein Nachteil hinsichtlich der Geschiebeabfuhr zutage treten müßte, wenn ein solcher damit verbunden wäre. Das Verhalten der Donau läßt ebenso unzweifelhaft erkennen, daß der Vorschlag, bei einer Regulierung des Oberrheines den Strom am oberen Ende der Regulierung mit einer Grundschwelle aus Steinsenkstücken zu durchqueren, um ein unschädliches „Auflösen“ der

Kiesbänke bei ihrem Eintritt in die regulierte Strecke zu erreichen, keine Berechtigung hat.

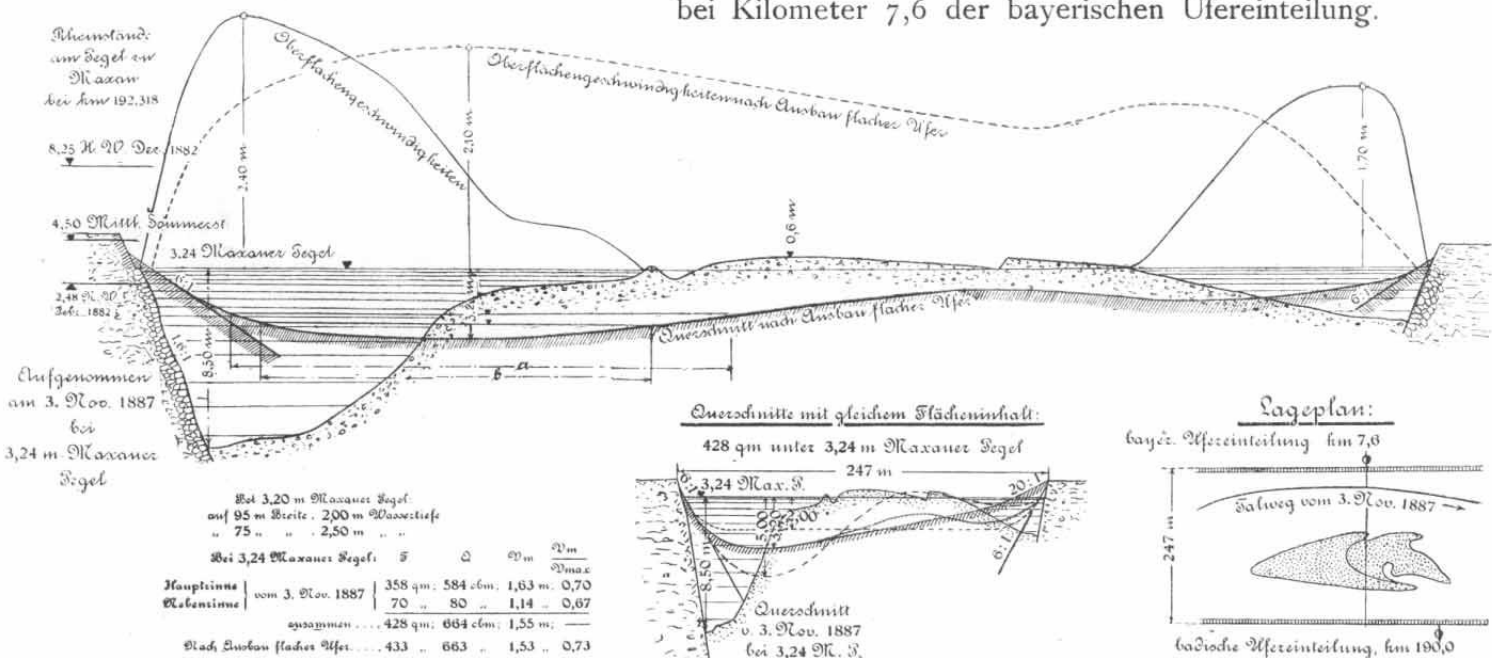
Zur Erläuterung und zum Beweis der im voraus gemachten Angaben kann auch das dienen, was der Verfasser auf der sechsten Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereines zu Nürnberg im Jahre 1896 über eine Regulierung des Oberrheines zum Zwecke der Großschifffahrt vorgetragen hat. Aus diesem Vortrage sei nachstehendes hier aufgenommen.<sup>1)</sup>

In welcher Weise sich die Querschnitte des Oberrheines durch die geplanten Einbauten umgestalten, sei an einem solchen, welcher 2 Kilometer oberhalb Maxau gelegen ist, näher erläutert. Die Messung des Querschnittes und der Geschwindigkeiten geschah bei einem Wasserstand von 3,24 Meter Maxauer Pegel, also nur 4 Zentimeter über demjenigen Stande, welcher nach den Ermittlungen vom Jahre 1885 einem Rheinstand von 1,50 Meter am Kölner Pegel entspricht und bei welchem eine Fahrtiefe von 2,00 Metern gefordert wird. Wie die nachfolgende Darstellung des Rhein-Querschnittes erkennen läßt, lag die größte Wassertiefe mit 8,50 Metern nur 15 Meter vom linksseitigen Rande des Wasserspiegels entfernt, die höchste Erhebung — mitten im Strombett — 60 Zentimeter über dem Wasserspiegel. Die größte sekundliche Geschwindigkeit im Talwege wurde mit 2,40 Metern gemessen, die sekundliche Wassermenge in beiden Rinnen zusammen zu 664 Kubikmeter berechnet.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jahresbericht 1896, S. 24 bis 26.

<sup>2)</sup> In dem 2 Kilometer oberhalb Maxau gelegenen Querschnitt wurde nur die größte Oberflächengeschwindigkeit in jeder Rinne mit Schwimmern gemessen und der Verlauf der Oberflächengeschwindigkeiten ebenso die mittleren Geschwindigkeiten nach den von Grebenau am Oberrhein vorgenommenen Wassermengenbestimmungen sowie nach den für hydrotechnische Messungen allgemein gültigen Regeln bestimmt und die Ergebnisse der Berechnung für den fraglichen Querschnitt damit geprüft. Vgl. Grebenau: „Der Rhein vor und nach seiner Regulierung auf der Strecke von der elsäbisch-bayerischen Grenze bis Germersheim“. 28. u. 29. Jahresbericht der „Pollichia“, naturwissenschaftlicher Verein der Rheinpfalz. Dürkheim 1871. — Grebenau: „Die internationale Rheinstrommessung bei Basel.“ München 1873.

### Querschnitt des Oberrheines, 2 Kilometer oberhalb Maxau, bei Kilometer 7,6 der bayerischen Ufereinteilung.





Läßt man zur Verflachung der Ufer bei Maxau die Buhnen etwa von 3,90 Meter Pegelhöhe aus — nahezu die Höhe des mittleren Jahreswasserstandes — mit etwa sechsmaliger Böschung abfallen und setzt man voraus, daß dadurch die Abflußmenge nicht geändert wird, dann gestaltet sich die Querschnittsfläche so, wie dies in der Darstellung angegeben ist. Die Willkür in der Bestimmung der Umgrenzungslinie der neuen Querschnittsfläche zwischen den Einbauten ist sehr beschränkt, da die flachen Ufer eine langsamere Zu- und Abnahme der Geschwindigkeiten im Querschnitt wie im Längenschnitt und damit auch eine flachere Abböschung der Kiesbänke bedingen. Es ergibt sich dies auch aus den Querschnitten mit gleichem Flächeninhalte, die in vorstehender Abbildung enthalten sind.

Im neuen Querschnitt ist die größte Wassertiefe, die nur 3,20 Meter beträgt, 50 bis 60 Meter vom linkseitigen Wasserspiegelrand entfernt und der Höhenunterschied zwischen dem tiefsten und höchsten Punkte des Querprofils beträgt nur 2,20 Meter, gegenüber 9,10 Metern im ursprünglichen Querschnitt. Ebenso weist die größte sekundliche Geschwindigkeit im neuen Querschnitt eine Minderung von 30 Zentimetern auf, was für die Schifffahrt eine wesentliche Besserung bedeutet. Die verlangte Fahrtiefe von 2,00 Metern bei dem angegebenen Rheinstand findet sich auf einer Breite von 95 Metern vor, eine solche von 2,50 Metern auf einer Breite von 75 Metern, und wie die Form des Querschnittes erkennen läßt, wäre durch flacheren Abfall der Buhnen noch eine weitere Vertiefung zu ermöglichen.<sup>1)</sup> Die Wasserspiegelbreite, welche in beiden Rinnen zusammen bei der Aufnahme zu 147 Meter gemessen wurde, beträgt im neuen Querschnitt bei gleichem Wasserstande 228 Meter.

Man ersieht hieraus, daß die vorgeschlagene Regulierung keine Einschnürung des Strombettes, keine Verstärkung der Erosion fordert und daß die notwendigen Änderungen in der jetzigen Bauanlage sehr einfache wären. Auch lassen die angegebenen Maße erkennen, daß in den Stromübergängen von Ufer zu Ufer mit ihrem stärkeren Gefälle Fahrtiefe und Fahrbreite in entsprechender Größe durch eine Regulierung zu gewinnen sind.

Infolge der Regulierung der Stromsohle ist wohl eine Zunahme der mittleren Geschwindigkeit zu erwarten, jedoch nur bei mittleren und niedrigen Wasserständen und dann so gering, daß sie durch Rechnung kaum sicher vorausbestimmt werden kann. Diese Zunahme ist selbstverständlich für den Betrieb der Schifffahrt ohne Belang, da, wie bemerkt, die Geschwindigkeiten im Talwege infolge der Regulierung sich ausgleichen.

Auch hinsichtlich der Geschiebebewegung besteht kein Bedenken. Denn erstens ist sie bei mittleren und niedrigen Wasserständen ohne Belang, zweitens überdeckt sich infolge der geringeren Umwälzungen der Stromsohle zwischen den verflachten Ufern die Sohle in kürzerer Zeit, als es bisher geschehen konnte, mit schwereren Geschieben und bietet sonach der Erosion stärkeren Widerstand. Dieser Vorgang wird

noch dadurch unterstützt, daß sich die Geschwindigkeit im neuen Stromstrich nicht mehr bis zu dem seitherigen Maße steigert und also gerade am Orte der größten Geschiebebewegung sich die Stoßkraft des Wassers mindert.

Eine Beschleunigung der Hochwasser und damit eine Gefahr für die untere Stromstrecke infolge der Vertiefung und Erniedrigung der stauenden, den Wasserabfluß hemmenden Schwellen und Kiesbänke ist nicht zu befürchten. Wie bereits erwähnt, verschwinden jetzt schon bei höheren Wasserständen auf natürlichem Wege teilweise die stauenden Unebenheiten im Strombette und es wird ein Zustand geschaffen, wie er für die Ableitung der Niederwasser dauernd erhalten werden soll.

Ferner ist zu beachten, daß sich die Hochwasser mit 3000 bis 4000 Kubikmetern in der Sekunde 5 bis 6 Meter über den Niederstand erheben. Schon aus diesen Wasserstandsschwankungen gegenüber den vorzunehmenden Vertiefungen der Stromsohle sowie aus dem Verhältnis zwischen der Nieder- und Hochwassermenge — ungefähr 1 : 10 — kann gefolgert werden, daß die vorgeschlagene Regulierung der Niederwasserrinne von keinem Einfluß auf die Abführung der Hochwasser sein kann.

Was hier über den Oberrhein gesagt ist, gilt in gleicher Weise für alle Strecken der Donau mit veränderlichem Talwege. Ein Querschnitt des letzteren Flusses mit seinen Regulierungsbauten sähe genau so aus wie der vorstehende Querschnitt des Oberrheines, nur der Maßstab der Darstellung wäre ein anderer.

**Die Baggerungen mit Bezug auf die Schifffahrt.** — Der Vollständigkeit halber soll nicht versäumt werden zu bemerken, daß eine dauernde und genügende Besserung der Schifffahrt in einem Flusse mit leicht beweglicher Sohle mit Hilfe einer Baggermaschine allein, so unentbehrlich sie auch infolge ihrer Leistungsfähigkeit bei den Bauausführungen geworden ist, niemals erreicht werden kann.

Etwas anderes ist es, wenn sich bei wenig veränderlicher Flußsohle in Übergängen nach und nach eine feste Kruste aus schwereren Geröllen gebildet hat. Wird diese entfernt, dann kann geraume Zeit vergehen, ehe eine neue Barre entstanden ist. Jedoch bei einem leicht beweglichen Boden, wie im Oberrhein und in der Donau, sind die durch den Bagger geschaffenen Verbesserungen bald wieder verschwunden. Sie wirken im Gegenteil schädlich, da durch das Abnehmen der oberen, aus schwerem Geschiebe bestehenden Schichte die Bewegung der Geschiebe beschleunigt wird. Um so größer ist der Schaden, wenn der aus einer Schwelle gebaggerte Kies nicht vollständig aus dem Flußbett entfernt, sondern nur nach einer tieferen Flußstelle verbracht wird. Bei leicht beweglicher Sohle kann nur durch feste Bauten, die eine regelmäßige Bewegung der Geschiebe bedingen, Abhilfe geschaffen werden.

Eine Ausnahme gibt es, bei der durch Baggerung eine dauernde, wenn auch nicht genügende Besserung sich erzielen läßt und zwar dort, wo das Flußbett

<sup>1)</sup> Vgl. Willgerodt: Die Schifffahrtsverhältnisse des Rheines zwischen Straßburg und Lauterburg. Straßburg 1888. S. 39 bis 55.

gegenüber dem Ufergelände derart hoch gelegen ist, daß auch die Niederwasser seitlich der Hauptrinne zum Abfluß kommen. Dieser Fall ist für die Donau auf der Strecke zwischen Ingolstadt und der Weltenburger Enge gegeben. Die Baggerungen, die dort zum Nutzen der angrenzenden Ländereien seit einigen Jahren betrieben werden, kommen auch der Schifffahrt zugute, da selbstverständlich die Tiefe in dem Talwege bei Niederwasser, wenn wiederum die gesamte Wassermenge geschlossen zum Abfluß kommen kann, größer sein wird.

Aus den Kreisen, die eine Belebung des Verkehrs auf der Donau anstreben, wird häufig dringend gefordert, die Baggerungen in der Donau möglichst weit auszudehnen. Es wird dabei angenommen, daß dadurch eine dauernde Verbesserung der Wasserstraße herbeigeführt werden könne. „Die Kiesbänke, die einzig und allein an dem schlechten Fahrwasser schuld seien, müßten entfernt werden.“ Wollte man dem Verlangen entsprechen, dann würde sich die heutige, der Schifffahrt hinderliche Ausbildung des Flußbettes nur in etwas größerer Tiefe vollziehen und dies solange als sich über dem felsigen Untergrund noch eine Kiesschicht befindet.

Für den Betrieb der Schifffahrt ist es ganz gleichgültig, ob der Fluß viel oder wenig Geschiebe führt. Es kommt nur darauf an, daß die Niederwasserrinne geschlossen ist und daß sich die Geschiebe, die bei einer Abnahme der Geschwindigkeit des Wassers auf längere oder kürzere Dauer zur Ruhe kommen, so regelmäßig niederschlagen, wie es für die Offenhaltung der Wasserstraße erwünscht ist. Also nicht die Masse der Geschiebe, sondern die Form der Geschiebeablagerungen bildet den Mißstand.

Es ist auch eine unregelmäßig gestaltete, der Schifffahrt nachteilige Flußsohle niemals ein Beweis für eine starke Geschiebebewegung, wie auch niemals bei einer glatten, ebenen Flußsohle ohne weiteres gefolgert werden kann, daß die Geschiebebewegung eine geringe sei. Dies bestätigt am besten die Innstrecke zwischen Windshausen und Neubauern und ebenso das Verhalten der Donau nächst unterhalb der Mündung des Lechs. Solange sich die Donau in Windungen bewegt, ist sie gut, erst oberhalb Stepperg in einer geraden Flußstrecke findet sich ein schlechtes Fahrwasser. In der Kurve bei Stepperg folgen dann wieder größere Tiefen. Die Menge der von Lech und Donau geführten Geschiebe gibt hier nicht den Ausschlag.

**Die Wassertiefe in der regulierten Donau zwischen Kelheim und Neu-Ulm.** — Wie aus der Besprechung über das Verhalten der Flußübergänge hervorgeht, ist es eine schwierige Sache, im voraus genau zu bestimmen, welche Wassertiefe bei kleinstem Niederwasser durch Regulierung gewonnen werden kann. Doch zeigt auch hier die Donau wiederum günstige Verhältnisse, da die zwischen Ulm und Kelheim verhältnismäßig gut ausgebildeten Strecken derart verteilt sind, daß sich für die einzelnen Flußabteilungen mit Sicherheit bestimmen läßt, was durch eine Regulierung mindestens erreicht werden kann.

In dem Längenschnitt von Ulm bis Kelheim auf Blatt V, welcher die Tiefe über den Schwellen im Tal-

wege für das Niederwasser vom 2. September 1899 an gibt, sind dargestellt: die mittleren Wassertiefen in den aufeinanderfolgenden Querschnitten, berechnet nach bekannter Formel aus Wassermenge, Wasserspiegelbreite und Wasserspiegelgefälle unter der Annahme einer horizontal verlaufenden Flußsohle und  $1\frac{1}{2}$ facher Uferböschungen.

Eine horizontale Flußsohle wird zwar in seltenen Fällen vorhanden sein und zudem wird die Größe des Gefälles in den Übergängen das mittlere Maß übersteigen. Da jedoch andererseits die bei kleinsten Wasserständen für die Schifffahrt notwendige Tiefe nur auf etwa  $\frac{2}{5}$  der Wasserspiegelbreite vorhanden sein muß, so genügt die angegebene Berechnung, um sich ein Bild darüber zu verschaffen, in welchem Maße die Wassertiefe zunehmen müßte, wenn die ganze Länge der Flußrinne in gleichem Sinne reguliert wäre.

Selbstverständlich wird man bei einem Detailentwurf sich nicht begnügen, die anzustrebende Wassertiefe nur auf rechnerischem Wege zu bestimmen. Man wird das in genauere Weise zu erreichen suchen durch Messung der Querschnitte, der Gefälle und der Wassermengen an den besser ausgebildeten Übergängen des Talweges.

Aus dem Längenschnitt vom 2. September 1899 ersieht man nun, daß auf einzelnen Flußstrecken über den Schwellen im Talwege größere Tiefen vorhanden gewesen sind, als die Berechnung für die mittleren Tiefen ergeben hat, und nach dem Verlauf beider Linien kann gefolgert werden, daß sich bei gewöhnlichem Niederwasser auf die der Schifffahrt notwendigen Breite eine kleinste Tiefe von etwa 0,70 Meter bei Ulm, 1,20 Meter bei Donauwörth, 1,30 Meter bei Ingolstadt und etwa 1,70 Meter bei Kelheim, ohne großen Zwang herstellen und also auch ohne besondere Schwierigkeiten und Kosten dauernd erhalten läßt. Das für Kelheim genannte Maß hat auch Oberbaurat Hensel in seinem im Jahre 1898 auf dem Nürnberger Verbandstage gehaltenen Vortrag über „die Donau von Kelheim bis Passau als Großschiffahrtsweg“ angegeben.<sup>1)</sup>

Als günstigen Umstand für das geplante Unternehmen, die Schiffbarkeit der Donau zu erhöhen, wäre noch hervorzuheben, daß sich von der Mündung des Lechs aufwärts bis nach Donauwörth, also bis zu einem Orte, der immer mehr und mehr in den Bahnverkehr hineingezogen wird, eine Regulierung der Donau mit besonders gutem Erfolge trotz verhältnismäßig geringer Wassermenge ermöglichen läßt. Infolge der raschen Abnahme des Gefälles von Donauwörth bis zur Mündung des Lechs, sodann infolge der jetzt schon nahezu festen Lage des Talweges in einem gewundenen Flußlauf sind zwischen Donauwörth und der Lechmündung Wassertiefen zu schaffen, die nicht wesentlich unter den nächst abwärts der Lech-Mündung erreichbaren Wassertiefen verbleiben, wie sich dies aus den voraus angegebenen Tiefen sowie aus den Darstellungen auf Blatt V ergibt.

Was eine Regulierung des Talweges bis auf eine Tiefe von 1,20 Meter bei gewöhnlichem Niederwasser für Donauwörth zu bedeuten hätte, ist daraus zu ent-

<sup>1)</sup> Verbandsschrift Nr. XLII des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1899.

nehmen, daß nach der mittleren Häufigkeit der Donau-Wasserstände am Pegel zu Donauwörth in den zehn Jahren 1892 mit 1901 Schiffe mit einem Meter Tiefgang wegen ungenügender Fahrtiefe über den Schwellen an etwa 160 Tagen im Jahre nicht bis Donauwörth hinauf gelangen können.

Inwieweit ohne Gefahr für die Geschiebepbewegung und ohne zu hohe Kosten für den Bau und für die Erhaltung größere Wassertiefen in der Donau zu erzielen sind, als sie sich nach dem jetzigen Zustande mit Sicherheit bestimmen lassen, namentlich auf der Strecke unterhalb der Einmündung des Lechs, wäre durch Versuche festzustellen.

Jedenfalls aber läßt sich durch eine Regulierung der Donau von Kelheim bis nach Neu-Ulm eine Fahrinne herstellen, die einen lohnenden Verkehr mit frei fahrenden Schiffen von 200 bis 300 Tonnen Ladefähigkeit ermöglicht.

Nur ein erschwerender Umstand tritt hinzu, der jedoch durch eine Verbesserung der Ausmündung des Lechs zu beheben ist. Die Mündungsstrecke ist zurzeit wie ein Blasrohr gegen die Donau gerichtet. Je nach der Stärke der Wasserführung in Donau und Lech stößt häufig der Lech sein Geschiebe weit in das Flußbett der Donau hinein, hemmt und gefährdet dadurch die Schifffahrt in hohem Maße.

Dem Kampfe zwischen Lech und Donau, der nur unmittelbar bei ihrem Zusammenfließen besteht, ist am einfachsten dadurch ein Ende zu machen, daß dem Lech bei seiner Mündung ein schlangenförmig gewundener Lauf und damit eine gleichmäßige Geschiebeführung zur Donau hin gegeben wird. Das konkave Ufer der letzten Krümmung des Lechs müßte seine Fortsetzung im linkseitigen Ufer der Donau finden. Auch in diesem Falle ist nicht daran zu denken, durch Baggerung allein eine Abhilfe zu schaffen.

Zur weiteren Sicherung der Schifffahrt ist auch ein Umbau der 400 Meter unterhalb der Lech-Mündung gelegenen Donau-Brücke bei Marxheim im Kostenanschlag vorgesehen.

Bezüglich der **Brücken über die Donau** sei in Kürze folgendes erwähnt. Es besteht eine größere

Anzahl von Brücken, die teils wegen der ungünstigen Stellung der Strompfeiler teils wegen geringer Breite und Höhe der Durchfahrtsöffnungen für die Dampfschifffahrt nicht nur hinderlich, sondern geradezu gefährlich sind. So bei Pförring, Vohburg, Großmehring, Neuburg, Marxheim, Schäfstall, Dillingen und Günzburg. Diese acht Brücken, von denen die Hälfte aus Holz erbaut ist, hat die Erste k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Wien dem technischen Amte als besonders hinderlich und gefährlich bezeichnet. Auch an dieser Stelle sei der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft gedankt für die wertvollen Mitteilungen, die sie dem technischen Amte auf seine Anfragen hat zukommen lassen.

Der Umbau der Gemeindebrücke bei Marxheim ist im vorliegenden Entwurfe über die Regulierung der Donau bei der Lech-Mündung vorgesehen, wie voraus angegeben ist. Der Umbau der Staatsstraßenbrücke bei Vohburg wird in diesem Jahre vorgenommen, und der Umbau der Brücke bei Neuburg, ein sehr gefährliches Hindernis für die Schifffahrt, ist von der Kgl. Staatsregierung für das nächste Jahr vorgesehen.

Schon aus diesen Angaben ergibt sich, daß der jetzige Zustand der Donau-Brücken kein Hindernis sein kann, die Regulierung der Niederwasserrinne im Interesse der Schifffahrt in Angriff zu nehmen. Wenn einmal durch einen praktischen Versuch für alle der Beweis geliefert sein wird, daß sich die Schiffbarkeit der Donau in erheblichem Maße bessern läßt, dann werden Mittel und Wege bald gefunden sein, die Brücken, die sich vielfach in einem schlechten Zustande befinden, dem Bedürfnis der Schifffahrt entsprechend umzubauen. Aber jetzt schon sollte bei jedem Umbau oder Neubau den Bedürfnissen der zukünftigen Schifffahrt Rechnung getragen und bei der Bestimmung der Lichthöhe und Lichtweite nicht deshalb geringere Lichtmaße angenommen werden, weil sie auch eine unterhalb gelegene Brücke besitzt. Wenn möglich sollte auf eine Fahrbreite von 20 bis 25 Metern eine lichte Höhe von 5,0 Metern über dem höchsten schiffbaren Wasserstande zur Ausführung kommen, jedenfalls aber nicht unter 4,0 Meter Höhe herabgegangen werden.

# VII. Die Ausführung von Versuchsbauten in den geschiebeführenden Flüssen

und die Errichtung von Flußbau-Laboratorien zum Studium der Eigenschaften fließender Gewässer und zur Vervollkommnung der Flußbautechnik.

**Die Ausführung von Versuchsbauten in den geschiebeführenden Flüssen.** — Die vergleichenden Studien über das Verhalten der geschiebeführenden Flüsse haben mit Sicherheit ergeben, daß die Verbesserung der Schifffahrt in diesen Flüssen durch eine Festlegung des Talweges nach einer unveränderlichen, stetig gewundenen Richtung sich erreichen läßt und daß eine derartige Verbesserung ohne Gefahr für die angrenzenden Ländereien und auch im schwierigsten Falle mit verhältnismäßigen Kosten geschehen kann. Mit dieser Gewißheit sind jedoch nicht alle Zweifel behoben.

Es genügt nicht, wie dies in der Regel geschieht, zur Begründung von Vorschlägen über die Verbesserung der Schifffahrt einer Flußstrecke mit pendelndem Talwege auf die Erfolge an der Rhône hinzuweisen, die Girardon auf dem VI. internationalen Binnenschifffahrts-Kongreß im Jahre 1894 allgemein bekannt gegeben hat. In der ersten Begeisterung über diese großartigen, vielfach unerwarteten Erfolge übersah man auch in technischen Kreisen, daß der Rhône ihr natürlich gewundener Lauf der Hauptsache nach belassen wurde, daß es sich also um einen Flußlauf handelt, dessen Talweg in seiner Hauptrichtung bereits fest gelegen war. Man übersah in dieser Hinsicht, daß sich in den durch zahlreiche Durchstiche kanalartig gestalteten Flüssen hinsichtlich der Bewegung und Lagerung der Geschiebe und also auch hinsichtlich des Talweges Zustände ausgebildet hatten, wie sie bei einem natürlichen, gewundenen Laufe nicht bestehen, und daß sonach die an der Rhône gewonnenen Erfahrungen für die Regulierung eines geschiebeführenden Flusses mit pendelndem Talwege noch erweitert werden müssen.<sup>1)</sup>

Nach den vorliegenden Erfahrungen kann weder für den Oberrhein noch für die Donau noch für

irgend einen durch Korrektion gekürzten Flußlauf mit Sicherheit angegeben werden, welche Bauwerke gerade noch genügen, die Beweglichkeit des Stromstriches oder, was dasselbe ist, die des Talweges so weit einzuschränken, wie dies die Schifffahrt erfordert, und ebenso ist nicht bekannt, inwieweit die Anzahl der Talweg-Übergänge in dem durch feste Ufer begrenzten Flußbette verändert werden kann und darf. Damit im Zusammenhang steht auch die Frage, inwieweit die Festlegung des Talweges durch die Wiedereröffnung der Altrinnen, die vielfach nicht oder nur zum Teile verlandet sind, gefördert werden kann. Ebenso wenig ist in allen Fällen entschieden, wo buhnenartige und wo vollwandige Bauten anzuwenden sind, mit welcher Höhe und mit welcher Böschungsanlage dies zu geschehen hat, mit welcher Länge und mit welcher Entfernung voneinander die Buhnen auszuführen sind, worauf im vorhergehenden schon wiederholt hingewiesen wurde. Wenn man hier auf kurzem und billigem Wege vorwärts kommen will, so müssen zuerst Versuche über diese Details der Bauweise in den zu regulierenden Flüssen angestellt werden.

Der Verfasser dieser Denkschrift machte bereits im Jahre 1884 in einem Bericht über seine Verwendung im Flußbaue an die vorgesetzte Stelle den Vorschlag, die Verbesserung des Talweges des Oberrheines bei Germersheim durch Grundschwellen, die allmählich zu flach abfallenden, unter Niederwasser gelegenen Buhnen ausgebaut werden sollten, zu versuchen.

Wie in dem Entwurf über die geplante Bauanlage ausgesprochen war, sollte damit eine Bauweise erprobt werden, die dazu dienen könnte, den Talweg des Oberrheines mit billigen Kosten festzulegen, um endlich die schon damals seit langer Zeit angestrebte Verbesserung der Schifffahrt des Oberrheines in sicherer Weise herbeizuführen.

An der vorgeschlagenen Versuchsstrecke, die auf Blatt VIII dargestellt ist, lag das linkseitige Rheinufer

<sup>1)</sup> Girardon: Flußregulierung bei niedrigem Wasserstande. Haag 1894. Jasmund: Die Regulierung der Rhône. Berlin 1900.

von Kilometer 32,0 bis zu Kilometer 32,650 um 40 bis 60 Meter hinter der Normallinie. In diese Uferlücke fiel der Stromstrich hinein und legte sich auf eine Länge von etwa 200 Metern hart an das Ufer an, während sich mitten im Strombette eine mächtige Kiesbank erhob, die bei Niederwasser mehr als die Hälfte des Strombettes versperrte. Die Uferlücke, die bei ihrem oberen Ende wegen der dort gelegenen Mündung des Hafens auf 40 Meter Länge offen bleiben mußte, sollte in herkömmlicher Weise durch eine Flügelbuhne geschlossen werden. Die Länge der Buhne war zu 55 Meter, die Länge des Flügels zunächst zu 200 Meter bemessen. Die Schwierigkeit der geplanten Bauausführung läßt sich daraus erkennen, daß ihre Kosten zu 50 000 Mark berechnet waren.

Unter diesen Verhältnissen erschien die Baustelle in ganz besonderer Weise geeignet, die Verbesserung der Wasserstraße durch ein einfacheres Mittel zu versuchen. Die Ausführung der vorgeschlagenen Bauanlage, die sich als eine Erweiterung der in den Jahren 1880 und 1881 angestellten und im voraus beschriebenen Versuche darstellt, war in folgender Weise gedacht.

An 18 Uferstellen sollten durchschnittlich je 28 Steinseuskfashinen mit je 10 Meter Länge und 90 Zentimeter Durchmesser vom Fuße der Böschung weg eng aneinander angeschlossen gegen die Strommitte zu eingeworfen werden und zwar so, daß diese etwa 25 Meter langen Grundswellen in senkrechter Richtung gegen das Ufer wären zu liegen gekommen. Die Breite der frei zu lassenden, beweglichen Stromsohle sollte im oberen Teile der Uferlücke 30 Meter, im unteren Teile, wo der Stromstrich näher am Ufer gelegen war, nur 20 Meter betragen.

Nach Vollendung dieses ersten Teiles der Bauanlage war sicher anzunehmen, daß nach Ablauf einer stärkeren Anschwellung die Stromsohle zwischen den etwa 90 Zentimeter hohen Grundswellen aufgelandet und auch die Grundswellen wenigstens teilweise mit Geschieben überdeckt sind. Um so mehr war diese Annahme zulässig, als sich die gleichen Erscheinungen gelegentlich der in den Jahren 1880 und 1881 zur Abschließung des Lingenfelder Altrheines erbauten Flügelbuhne gezeigt hatten. Wie aus dem Lageplan auf Blatt VIII zu ersehen ist, bildet dieser Bau die untere Begrenzung der Uferlücke.<sup>1)</sup>

Sobald sich die den Anlagen der Grundswellen entsprechende Umbildung der Stromsohle vollzogen hatte, sollten beim stromseitigen Ende einer jeden Schwelle und dicht an diese angeschlossen mehrere Senkstücke übereinander eingeworfen werden. Im Kostenanschlag waren hiefür durchschnittlich sieben Stück für jede Grundschwelle vorgesehen. Der Zweck dieser übereinander geworfenen Senkstücke wäre gewesen, bei der als nächste Bauarbeit auszuführenden Erhöhung der Grundswellen ihr stromseitiges Ende gegen eine schädliche Vertiefung der Sohle zu sichern.

Nachdem auch die Wirkung dieser vorgelegten Senkstücke — Zunahme der Auflandung des Strombettes beim linkseitigen Ufer und Zunahme des Abbruches der rechtseitig gelagerten Kiesbank — als abgeschlossen anzunehmen war, hätte mit der Erhöhung der Grundswellen und mit ihrem Ausbaue

zu flach abfallenden Bühnen begonnen werden können. Dabei wurde dem Umstand, daß der Stromstrich mit steigendem Wasser und mit der allmählich zunehmenden Überflutung der Kiesbank vom Ufer abrückt und geringere Wirbelströmungen zwischen den Bühnen erzeugt, dadurch Rechnung getragen, daß von den 18 Grundswellen nur 10 Grundswellen zu Bühnen ausgebaut und hievon wieder nur 3 Bühnen bis zur vollen Höhe gebracht werden sollten. Mit steigendem Wasserstand wäre also die Entfernung zwischen den Bühnen größer geworden. Wie in dem auf Blatt VIII dargestellten Normalquerschnitt angedeutet ist, war bestimmt, daß nach der jeweiligen Umbildung der Stromsohle die gedachten 10 Grundswellen durch je 15 Steinsenstücke, sodann von diesen nur 6 Schwellen durch je 20 Senkstücke, dann 5 Schwellen durch je 15 Senkstücke und schließlich von diesen wiederum nur 3 Schwellen durch je 50 Senkstücke erhöht werden.

Bezüglich der Ausführung der Grundswellen und der Bühnen war noch vorgesehen, die Senkstücke soviel als möglich bei höheren Wasserständen einzuwerfen, damit die Größe der Profilverengung durch die jeweils eingeworfenen Senkstücke weniger zur Wirkung käme und also keine stark wirbelnden Strömungen bei den Bauten hervorgerufen werden. Erfahrungsgemäß hätte es kein Bedenken gehabt, mit geübter Mannschaft auch bei höheren Wasserständen zu arbeiten. Je nach dem Wechsel der Rheinstände war eine Bauzeit von zwei bis drei Jahren angenommen.

Die Kosten, die nach den Bauarbeiten zur Schließung des Lingenfelder Altrheines genau ermittelt werden konnten, waren zu 15 000 Mark berechnet. Auch war in dem Bauentwurf über die vorgeschlagenen Bühnen bemerkt, daß, wenn man späterhin den Ausbau der Normallinie durch eine Flügelbuhne aus irgend einem Grunde vornehmen wollte, dies dann bei wesentlich kleineren Wassertiefen mit geringeren Kosten geschehen könnte. Unter diesen Umständen wäre sonach in jedem Falle die Bauanlage von Vorteil gewesen.

Der hiemit gekennzeichnete Vorschlag über den Ausbau der Uferlücke bei Germersheim ist, trotzdem er vor mehr als zwanzig Jahren ausgearbeitet wurde, vollkommen zeitgemäß und hat deshalb bei den Studien über die Möglichkeit einer Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau noch praktischen Wert. Nach heutiger Erfahrung besteht kein Zweifel mehr, daß die vorgeschlagene Bauweise, die mit ihren Anfängen sogar bis in das Jahr 1877 zurückreicht, zu dem damals im Auge gehaltenen Ziele, die oberrheinische Wasserstraße zu bessern, geführt hätte und daß man bei einer Regulierung der Donau nach den gleichen Grundsätzen zu verfahren hat, wie sie in den für den Oberrhein vorgeschlagenen Regulierungsbauten zum Ausdruck gekommen sind. Und wenn der Verfasser im Anschluß an die von Baurat Opel gegebene Anregung in seinem im Jahre 1885 erschienenen Aufsätze „Die Strombett-Regulierung des Oberrheines und der Schifffahrtskanal Straßburg-Ludwigshafen“ die Lösung der Aufgabe, Straßburg mit dem Mittel- und Unterrhein in allseits befriedigender Weise zu verbinden, darin erblickte, daß durch buhnenartige Einbauten in das jetzt bestehende Bett dem Strome die Möglichkeit abnormer Tiefenbildung genommen und daß der Strom

<sup>1)</sup> Vgl. S. 62 dieser Denkschrift.

durch diese Einbauten zu einer regelmäßigen Bewegung des Wassers und der Geschiebe veranlaßt wird, so trifft dies heute noch den Kern der Sache.<sup>1)</sup>

Daß die in den 80er Jahren wiederholt gemachten Vorschläge keine Würdigung finden konnten, ist wohl zu verstehen, da nach den vor zwanzig Jahren über den natürlichen und künstlichen Bau geschiebeführender Flüsse allgemein vorliegenden Erfahrungen der Beweis für die Zweckmäßigkeit des Unternehmens nicht in unzweideutiger Weise zu erbringen war. Es war unbestimmt, in welchem Umfange die Versuche zur Gewinnung einer richtigen Beurteilung der vorgeschlagenen Bauweise auszuführen seien, wie weit in die bestehenden Stromverhältnisse des Oberrheines eingegriffen werden müßte, um eine der Schifffahrt entsprechende Ausbildung des Talweges ohne Gefahr für das sonstige Verhalten des Stromes zu erzielen.

Da auch zu damaliger Zeit nur wenige Bauweisen erprobt waren und da zudem, wie bereits angegeben wurde, hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit in den norddeutschen und süddeutschen Flüssen ein scharfer Gegensatz bestand, so fehlte die Möglichkeit eines sicheren Vergleiches zwischen dem Werte der einzelnen Bauweisen. Außerdem war damals die Behauptung nicht zu widerlegen, daß einzelne Versuche nichts entscheiden könnten für die Behandlung der ganzen Stromstrecke.

Wie weit die Anschauungen über eine geeignete Bauweise zur Verbesserung der Schiffbarkeit in den rektifizierten Flüssen noch vielfach in den 1890er Jahren von dem abwichen, was nunmehr sicher feststeht, zeigen am besten die aus dieser Zeit stammenden Vorschläge, nach denen der Oberrhein und die Donau wie Wildbäche hätten behandelt werden sollen. Man glaubte, die Höhe der Sohle durch quer das ganze Strombett durchziehende Grundschwellen fixieren und das Niederwasserbett durch hoch über das Niederwasser aufragende und weit in das Strombett hineinreichende Querbauten zusammenschnüren zu müssen.

Und heute noch, wo man doch endlich von der Anschauung abgekommen ist, daß die rektifizierten Flüsse, wenn überhaupt, dann nur mit großer Gewalt und mit übermäßigen Kosten zu verbessern seien, wird gegen die Vornahme von Versuchsbauten geltend gemacht, daß nur durch weit ausgedehnte, lang andauernde Versuche eine Entscheidung herbeizuführen sei, daß man bei der Bauausführung selbst schrittweise vorgehen müsse, sich so nach und nach dem Strome anpassen könnte und daß schließlich die allenfalls nicht zutreffenden Annahmen, unter denen die Anlage eines Baues erfolgt wäre, im großen und ganzen keinen Einfluß auf die Durchführung des Unternehmens ausübten.

Mit Unrecht wird dies angenommen und es ist vor wie nach zu empfehlen, an der Donau auf dem Wege des Versuches vorzugehen. Eine Flußbett-Regulierung wird unter keinen Umständen plangemäß in der Weise durchzuführen sein, wie dies bei einer Landstraße oder einer Eisenbahn möglich ist. Man wird häufiger Änderungen an den Bauten vorzunehmen haben und dies selbstverständlich um so durchgreifender, je weniger der Fluß in seinem Verhalten

gegenüber der angewandten Bauweise erforscht ist. Würden aber die Kosten der Regulierung ohne den Vorbehalt genehmigt werden, vor Beginn der eigentlichen Bauausführung Versuche anzustellen, dann entschlösse man sich schwer zu einer wesentlichen Änderung der Bauanlage, wie dies beispielsweise bei einer unzutreffenden Annahme hinsichtlich der Länge der Talweg-Übergänge notwendig würde, da zu befürchten wäre, daß bei einer solchen Änderung das Vertrauen zur Arbeit verloren ginge. Denn ist einmal ein Bau auf Grund eines Detailentwurfes genehmigt, dann erwartet man mit Recht schlankweg seine Durchführung. Es wäre nicht das erste Mal, daß aus Scheu, den Mangel genügender Vorbereitung nachträglich einzugestehen, Schaden für das geplante Unternehmen erwüchse.

Da also unter allen Umständen Versuche notwendig sind, so ist es doch besser, diese für sich vorzunehmen und erst auf Grund derselben den endgültigen Entwurf über die Regulierung auszuarbeiten. Eine Regulierung ohne vorhergehende Versuchsbauten ist ebenso verfehlt, als wenn man irgend einen Bau ohne Kenntnis des Baugrundes ausführen wollte.

Ferner wäre noch zu bedenken, daß es eher möglich ist, den verhältnismäßig geringen Kostenaufwand für Versuchsbauten genehmigt zu erhalten, als ohne weiteres die gesamten Kosten einer Regulierung. Mit dem Vorschlage, versuchsweise an die Lösung der Aufgabe zu gehen, wird auch denen, die seither nicht die Überzeugung an eine billige und gefahrlose Durchführung des Unternehmens gewinnen konnten, ein gangbarer Weg gewiesen werden.

Nachdem sich Fachzeitschriften und Tagespresse seit Jahrzehnten eingehend mit der Frage über die Regulierung des Oberrheines befassen, so liegt es nahe, darauf hinzuweisen, daß, wenn am Oberrhein in dieser Weise vorgegangen worden wäre, die Frage, ob „Rheinregulierung oder Seitenkanal“, nicht immer wieder auflebte. Schon durch die Regulierung einer kurzen Stromstrecke würde bald allgemein erkannt werden, daß es mit entsprechenden Kosten möglich ist, den Oberrhein bis über Straßburg hinaus und bis nach Basel hin zu einer, auch bei Niederwasser leistungsfähigen Schifffahrtsstraße zu gestalten.<sup>1)</sup>

#### Zur Ausführung von Versuchsbauten als Vorarbeit für den Detailentwurf über die Ver-

<sup>1)</sup> Faber: Über den natürlichen und künstlichen Bau geschiebeführender Flüsse mit besonderer Berücksichtigung einer Regulierung des Oberrheines zum Zwecke der Großschifffahrt. Bericht über die sechste, am 31. Mai 1896 in Nürnberg abgehaltene Hauptversammlung des Bayerischen Kanalvereines, S. 27: „Nach solchem, innerhalb weniger Jahre vollzogenen Umschwung in den Anschauungen über die Leistungsfähigkeit der modernen Flußbautechnik ist es wohl sehr geraten für diejenigen, welche die Verbindung Straßburgs mit dem Mittel- und Unterrhein durch einen Kanal anstreben, die Möglichkeit einer Strombettregulierung des Oberrheines nicht schlechthin zu leugnen, sondern wenigstens dahin zu wirken, daß sie durch praktische Versuche aufs gründlichste geprüft werde. Jedenfalls wird es ein Gegenstand reiflicher Überlegung sein müssen, ob neben einem offenen Rhein — sei dies auch erst in 20 oder 30 Jahren — ein Kanal wirtschaftlich bestehen kann.“

<sup>1)</sup> Deutsche Bauzeitung 1885, S. 353 bis 355 u. S. 361 bis 367.

besserung der Schiffbarkeit der Donau von Kelheim bis nach Neu-Ulm bietet dieser Fluß besonders günstige Gelegenheit. Er zeigt, wie im vorhergehenden hervorgehoben wurde, von Ulm abwärts vielfachen Wechsel zwischen Flußstrecken, in denen der Strom eine unveränderliche oder wenigstens nahezu eine unveränderliche Lage hat, und solchen Strecken, in denen sich der Stromstrich fast alljährlich von einem zum anderen Ufer verlegt. Gutes Fahrwasser findet sich sonach häufiger zwischen schlechten Fahrstrecken eingeschaltet, wie dies in gleich günstiger Weise am Oberrhein nicht der Fall ist.

Auch bestätigt die Donau von Ulm bis Kelheim mit ihrer vielfach wechselnden Ausbildung des Talweges, daß schon durch wenig umfangreiche Versuche der Erfolg einer Regulierung richtig zu beurteilen wäre. Und die Versuche am Inn bestätigen, daß auch bei stärkeren Gefällen, wie sie selten an der Donau, niemals am Oberrhein bis weit über Straßburg hinauf vorkommen, der Fluß mit Leichtigkeit in eine regelmäßige Bahn gebracht und darin gehalten werden kann.

Am unteren Ende einer gut ausgebildeten Flußstrecke könnte mit einem Versuch begonnen und von hier aus dem Stromstrich nach und nach die nötige Beständigkeit gegeben werden. Mit einem Kostenaufwand von etwa 50000 Mark wäre es möglich, eine Frage zu entscheiden, an der das ganze südliche Bayern ein hervorragendes Interesse hätte. Alljährlich werden Millionen für die Verbesserung unserer Flüsse aufgewendet. Sollte es da nicht möglich sein, die notwendigen Mittel für ein Studium zu erhalten, durch das unsere Kenntnis über die Eigenschaften der Gewässer wesentlich gefördert werden könnte?

Jeder Hydrotekt, der Gelegenheit hatte, sich eingehender mit vergleichenden Studien über die verschieden behandelten, verschieden ausgebildeten Flußstrecken zu befassen, wird die Überzeugung gewonnen haben, daß sich nur durch das planmäßige Schaffen verschiedenartiger Zustände in den natürlichen Flüssen, wie es durch die Ausführung von Versuchsbauten möglich ist, die Eigenschaften der Gewässer klar und bestimmt erkennen lassen.

Jahrelanger Streit, zahllose Konferenzen und Begutachtungen über die Frage einer richtigen Bauweise zur Verbesserung der Flüsse in beweglichem Boden wären zu vermeiden gewesen, wenn den schon seit langer Zeit gegebenen Anregungen, auf dem Wege des Versuches vorzugehen, in größerem Umfange Folge geleistet worden wäre. Erhielten die Wasserbauverwaltungen zur Vornahme und zum eingehenden Studium der gedachten Bauten mehr als seither die nötigen Mittel zur Verfügung, dann würde bald allgemein erkannt werden, daß die Verbesserung der Schiffbarkeit der rektifizierten Flüsse eine einfache Sache ist.

### Die Errichtung von Flußbau-Laboratorien.

— Die Voraussetzung, daß durch Versuchsbauten in den natürlichen Wasserläufen nur mit großem Aufwand an Zeit und Geld eine Entscheidung über die zur Verbesserung der Schiffbarkeit zweckdienlichste

Bauweise möglich wäre, hat zu dem Vorschlage geführt, die Studien über eine entsprechende Bauweise den in neuerer Zeit entstandenen Flußbau-Laboratorien allein zuzuweisen. Dem Geheimen Hofrat Professor Engels in Dresden gebührt das Verdienst, in kleinen, mit Sand angefüllten Rinnen, die durch Vermittlung eines Hochbehälters mit Leitungswasser gespeist werden, Versuche über das Wesen und Verhalten der natürlichen Wasserläufe zuerst angestellt zu haben und zwar schon vom Jahre 1890 an als Hilfsmittel für seine Vorlesungen über Wasserbau.<sup>1)</sup>

Die jetzt von Professor Engels verwendete, aus Eisenblech bestehende Rinne hat eine Länge von 14 Metern und eine Breite von 2 Metern. Über einer Sandschicht von etwa 10 Zentimeter Höhe werden die Ufer eines Flusses modellartig hergestellt. Die Versicherung der Ufer geschieht durch kleine, mit Schrot gefüllte Säckchen, neuerdings auch mit Platten aus Beton in der Absicht, die Arbeit für das Modell zu vereinfachen.

Vorzügliche Instrumente ermöglichen die Bestimmung der durchfließenden Wassermenge und der Menge des abgeführten Sandes, sodann die Aufnahme der Querschnitte, des Wasserspiegelgefälles und zwar mit einer Genauigkeit, wie sie bei den in der Natur vorkommenden Größen, wenn sie überhaupt meßbar sind, nicht erreicht werden kann. Dazu kommt als besonderer Vorzug, daß sich die Änderungen in der beweglichen Sohle unter der Wirkung des fließenden Wassers und der eingestellten Bauten sichtbar vollziehen, wenigstens bis zu einer für das Modell verhältnismäßig großen Tiefe, und daß der Zustand der Flußrinne für jeden Augenblick festgestellt werden kann.

Einer Einladung des Herrn Engels, die Versuche in seinem Laboratorium in Dresden näher kennen zu lernen, folgte der Verfasser dieser Denkschrift mit großem Danke. Nach seinen Angaben wurde daselbst in die Versuchsrinne eine Flußstrecke eingebaut, die nach ihrer äußeren Form der auf Seite 74 dieser Denkschrift beschriebenen Inn-Strecke zwischen Kiefersfelden und Reisach annähernd entsprach.

Es war nun deutlich zu sehen, wie die anfangs ebene, aus Sand bestehende Sohle zwischen den mit gröberen Sandkörnern überdeckten Kiesbänken nach und nach unter der Einwirkung des fließenden Wassers Formen annahm, wie sie in den korrigierten Flüssen bekannt sind. Tiefe Rinnen längs der Ufer, hohe Schwellen von Kiesbank zu Kiesbank nach der Mitte des Flußbettes gelagert und schroffe Übergänge des Talweges. Ebenso interessant war zu beobachten, wie die hohen Schwellen in den Übergängen unter der Einwirkung buhnenartiger Bauten verschwanden, wie sich der Talweg bei allmählicherem Übergange von einem zum anderen Ufer gleichmäßiger ausbildete.

Nach diesen Beobachtungen und was der Verfasser früher schon in Sand führenden Rinnen gelegentlich beobachten konnte, gelangte er zu der Überzeugung, daß alle Formen eines Flußbettes, die sich

<sup>1)</sup> Engels: Das Flußbau-Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule in Dresden. Berlin 1900.

bei den geschiebeführenden Flüssen, sei es in einem vollständig frei beweglichen Bette, sei es unter der Einwirkung fester Uferbauten, zeigen, in den Laboratorien nachzubilden sind. Durch vielfaches Versuchen müßte der für das Modell geeignete Maßstab festgestellt werden, also auch das Verhältnis der Breite des Wasserspiegels sowie der Tiefe der Rinne zu den in der Natur vorkommenden Größen.

Eine Hauptsache für das Studium der gekürzten und kanalartig gestalteten Flüsse wäre, sogenannte wandernde Kiesbänke in den Versuchsrinnen zur Erscheinung zu bringen. Damit dies jedoch in etwas größerem Maßstab gelänge und damit es auch möglich wäre, mehrere Talweg-Übergänge und stärker gewundene Flußstrecken im Modell darzustellen, müßte die Rinne auf mindestens 30 Meter verlängert und auch ihre Breite vergrößert werden. Letzteres jedoch nur stellenweise, wie es die Ausbildung der Flußkrümmen erfordert und dann so, daß die Vorgänge in der Rinne noch zu übersehen wären.

Auch mit einer größeren Wassertiefe als seither müßten die Modellversuche durchgeführt werden. Bis jetzt wurde an einer Tiefe von etwa 10 Zentimetern festgehalten, weil darüber hinaus das Wasser sich derart trübt, daß die Beobachtung der Sandbewegung in der Rinne unmöglich wird. Wenn nun auch dieser Mißstand mit in Kauf zu nehmen wäre, so verbliebe gegenüber den natürlichen Wasserläufen immer noch der bereits angegebene Vorteil, daß man den Zustand der Flußrinne durch Querschnitte und Längenschnitte für jeden Augenblick bestimmen könnte.

Sodann wäre es notwendig, um die Natur möglichst nachzuahmen, mit einem aus verschiedenen Korngrößen gemischten Sande zu arbeiten, am besten in natürlicher Mischung, wie ihn eine Grube oder ein Bach liefert, wenn nur das größte Korn derart ist, daß es bei stärkerer Wasserführung in Bewegung gerät. Und wäre dies hie und da auch nicht der Fall, dann entspräche ein solches Vorkommen den natürlichen Verhältnissen. Denn manche Flüsse treffen bei ihrer Eintiefung auf Geröllschichten, die ältere Flüsse mit stärkerem Gefälle abgelagert haben. Zur Bestimmung von Koeffizienten und Formeln mag man immerhin gesiebten Sand verwenden. In dem vorliegenden Falle jedoch, wo es sich um die Nachbildung der äußeren Gestalt der Flußbette handelt, ist ein Sand von natürlicher Mischung wohl am geeignetsten.

Ganz besonders aber müßte gefordert werden, die Abdeckung der sandigen Ufer in einer Weise vorzunehmen, daß auch bei einer Vertiefung der Sohle die Anlage der Uferböschungen sich nicht gegen die dem Modellversuch zugrunde liegende Absicht verändert. Bei einer Abdeckung mit Schrotsäckchen, wie dies seither der Fall gewesen ist, verflacht sich durch die nachrutschenden Säckchen die Böschung nach abwärts zu und zwar umso mehr, je stärker sich die Sohle vertieft. Durch das bühnenartige Vortreten des Fußes der Böschung wird jedoch die Tiefe vom Ufer ferngehalten und dadurch eine günstigere Ausbildung des Talweges veranlaßt, als sie sich in der Natur bei den bis zu 10 Meter Tiefe und darüber gleichmäßig steil, oft kaum anderthalbmalig geböschten Ufern vorfindet.

Dieser Mißstand zeigte sich auch bei dem angegebenen Versuch mit der „Inn-Strecke“, zu dem noch Schrotsäckchen verwendet wurden. Schon damals hatte Professor Engels Betonplatten für sein Laboratorium zu dem Zweck bestellt, die Uferdeckung, die mit Anwendung der kleinen Schrotsäckchen viel Mühe und Zeit erfordert, rascher vornehmen zu können. Mit Anwendung dieser Platten hat Professor Engels den Versuch mit der „Inn-Strecke“ wiederholt.

Wie sich aus der nachfolgenden Darstellung ergibt, die dem zweiten Versuche entspricht und die zur Veröffentlichung gütigst zur Verfügung gestellt wurde, legte sich im Modell der Talweg zwischen den Übergängen hart an das eine Ufer an. Das mit Kurven gleicher Wassertiefe dargestellte Flußbett in der Versuchsrinne zeigt ähnliche Formen wie die Darstellungen für den Oberrhein und den Inn auf Blatt VII. Schon diese beiden Versuche, die den Einfluß der Böschungsanlage auf die Ausbildung der Flußsohle deutlich erkennen ließen, beweisen den Wert der Laboratoriumsversuche.

Wenn man trotzdem einwerfen wollte, daß man doch unmöglich aus dem Verhalten der kleinen, Sand führenden Rinnen Schlüsse ziehen könnte, die sich auf große, wasserreiche Ströme, wie Oberrhein, Donau oder Inn, mit einer starken Bewegung an groben Geschieben anwenden lassen, so sei daran erinnert, daß man früher einen ähnlichen Unterschied, ebenfalls ganz mit Unrecht, zwischen den einzelnen, natürlichen Flüssen gemacht hat. Der Umstand, daß die Entstehung der verschiedenartigen Formen, die wir bei der beweglichen Sohle fließender Gewässer beobachten, lange Zeit hindurch nicht in einer für alle Fälle zutreffenden Weise erklärt werden konnte, führte allmählich zu der Anschauung, daß man in jedem Flusse ein besonders geartetes Individuum vor sich habe und daß sonach jeder Fluß in anderer Weise zu behandeln sei und zwar je nach seinem Gefälle, je nach seiner Wasserführung, je nach der Beschaffenheit und der Menge seiner Geschiebe. Man kam somit auf eine falsche Fährte, suchte nach Koeffizienten und Kräften, deren Größe nicht zu bestimmen war, und glaubte vor allem, wie dies schon wiederholt hervorgehoben wurde, einen wesentlichen Unterschied machen zu müssen zwischen den stark abfallenden und grobes Geschiebe führenden Flüssen Süddeutschlands und den schwach fließenden, Sand führenden Flüssen in der Norddeutschen Tiefebene.

Man ging noch weiter, unterschied sogar zwischen den einzelnen größeren Flüssen Süddeutschlands, gleichfalls in der Annahme, daß jeder dieser Flüsse seine besondere Behandlung erfordere. Noch bis vor wenigen Jahren galt es als eine große Unbescheidenheit, ein Urteil über einen Fluß abzugeben, an dem man nicht wenigstens ein halbes Menschenalter hindurch gesessen hatte. All diese, die Entwicklung der Flußbautechnik hemmenden Grundsätze mußten verschwinden, nachdem erkannt war, daß die verschiedene, für die Schifffahrt günstige oder ungünstige Ausbildung einer Flußsohle durch die Grundrißform, also durch die Richtung und durch die gegenseitige Entfernung der beiden Ufer sowie durch die Böschungsanlage der festen Ufer vorwiegend beherrscht wird.

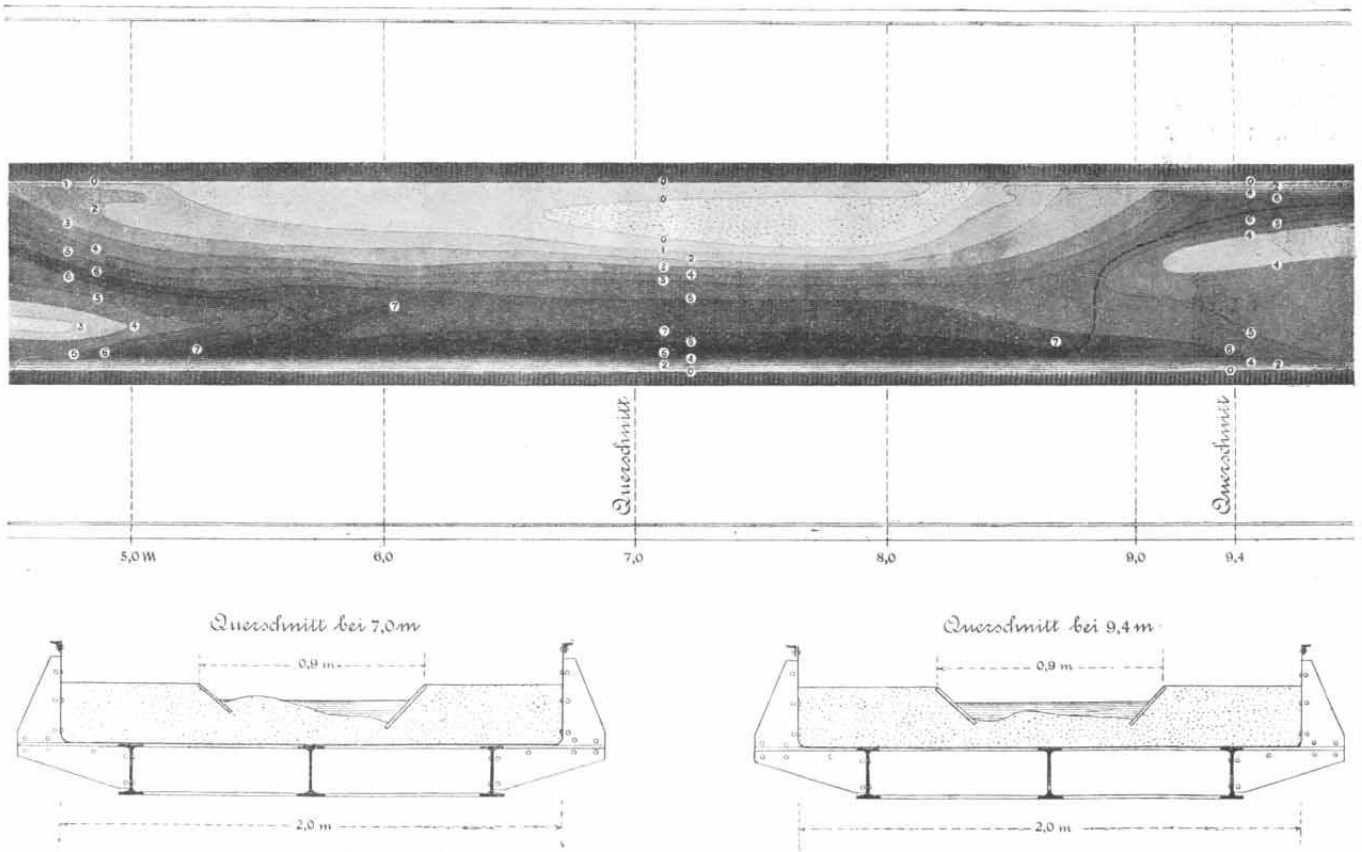


Versuch im Flußbau-Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule in Dresden  
über die  
Ausbildung einer geraden Flusstrecke mit stabil gelagerten Kiesbänken  
nachgebildet der  
Innstrecke bei Oberaudorf.

Die Durchflußdauer betrug 14 Stunden,  
die sekundliche Wassermenge 8,4 Liter.

Lageplan.

Die Kurven gleicher Höhe im Lageplan sind in  
Abständen von je einem Zentimeter eingetragen.



Auch Girardon, ein Meister in der Regulierung der Rhône, hat die Vorstudien zu seiner Bauweise an den norddeutschen Flüssen gemacht und die norddeutsche Bauweise als geeignet erkannt für die Behandlung der stark fließenden und grobes Geschiebe führenden Rhône.

Selbstverständlich muß die gegenseitige Entfernung der Ufer, die Stärke der Uferkrümmungen sowie die Länge der Übergänge des Talweges nach der Wasserführung und dem Gefälle des Flusses eingerichtet werden, wie dies gleichfalls schon erwähnt wurde. Aber auch in diesem Falle ist mit Koeffizienten und Formeln nicht viel zu erreichen. Am besten erkennt man das Zutreffende aus den einzelnen, gut ausgebildeten Flußstrecken sowie durch versuchsweises Vorgehen. Ebenso selbstverständlich verlangt ein stark strömendes Gewässer zur Sicherung seiner Laufrichtung massiv konstruierte und mit großer Sorgfalt zu erhaltende Bauten, während bei schwächerem Gefälle leichtere Konstruktionen anwendbar sind. Doch bildet dieses rein handwerksmäßige Anpassen der Bauten an die besonderen Eigenschaften eines Flusses keinen grundsätzlichen Unterschied bei der Beurteilung der fließenden Gewässer.

Trotz der Möglichkeit, alle in der Natur vorkommenden Formen im Laboratorium nachbilden zu

können, wird es nicht gelingen, die zur Regulierung eines geschiebeführenden Flusses geplante Bauweise bis ins einzelne zu bestimmen und zwar deswegen, weil die Herstellung der Bauten in einem stark strömenden Flußlaufe mit Schwierigkeiten zu kämpfen hat, die in einer künstlichen Rinne nicht nachzuahmen sind. Die Modellversuche können aus diesem Grunde nur dazu dienen, die Bauweise in ihren Grundzügen zu bestimmen und somit allerdings noch wesentlich die Ausführung von Versuchsbauten in den natürlichen Wasserläufen zu erleichtern.

Unbestritten aber und in vollem Maße besteht der Wert der Flußbau-Laboratorien auf dem Gebiete, auf dem ihn Professor Engels zuerst erkannt hat. Auch der beste Vortrag, gestützt auf die gewöhnlichen Modelle, Zeichnungen und Tabellen, vermag den Studierenden einer Hochschule in vielen und wichtigen Fällen keine klare Vorstellung über den natürlichen und künstlichen Bau der geschiebeführenden Flüsse zu geben. Die wenigen Exkursionen, die allenfalls während der Studienzeit an einzelne Flüsse unternommen werden, helfen diesem Übelstande nicht ab.

In die Praxis eingetreten, sind sodann die jungen Flußbau-Ingenieure meist sich selbst überlassen, da den mit Amtsgeschäften überlasteten Beamten selten Zeit verbleibt, sich mit der technischen Ausbildung ihrer

Kollegen eingehender zu beschäftigen. Auch ist oft keine Gelegenheit geboten, die verschiedenartigen Erscheinungen, wie sie die geschiebeführenden Flüsse darbieten, gerade an den Orten, an welche die jungen Herren gekommen sind und an denen sie oft jahrelang verweilen, kennen zu lernen. Somit besteht die Gefahr, daß sich eine unzutreffende Anschauung über die Flußbautechnik ausbildet und daß somit der Staat in die Lage kommen kann, ein teures Lehrgeld zahlen zu müssen.

Diesem Mißstande ist in gründlicher Weise durch die Flußbau-Laboratorien abzuhelfen, die an den Sitzen der Hochschulen auch zum Gebrauch für die Bauverwaltungen einzurichten wären. Mit den Laboratorien ließe sich ein Lehrmittel beschaffen, mit dem in kurzer Zeit die Vorgänge, deren Kenntnis zur Beurteilung einer Flußlage notwendig ist, jedem vor Augen geführt werden könnten. Durch selbst ausgeführte Versuche würden die jungen Ingenieure zur Beobachtung angeregt und das Bestreben zur Entwicklung der Flußbautechnik mit Nutzen gefördert werden. Dem mustergültigen Vorgehen des Herrn Engels in Dresden ist man bereits in Karlsruhe und Berlin gefolgt und es kann heute schon gesagt

werden, daß nur dort ein zeitgemäßer Unterricht im Wasserbau möglich ist, wo ein Flußbau-Laboratorium besteht.

Unser Verein hat neben seiner vornehmsten Aufgabe, die Bestrebungen zur Herstellung einer leistungsfähigen Wasserstraße zwischen Donau und Main zu fördern und zu unterstützen, auch die Aufgabe übernommen, mitzuhelfen an einer Verbesserung der natürlichen Wasserstraßen. Es gehört sonach auch zu den Aufgaben des Vereines, kennen zu lernen, was die Flußbautechnik zu leisten vermag, welche Anregungen zum Besseren auf diesem Gebiete gegeben werden und ob auch im Staate die Einrichtungen vorhanden sind, um das leisten zu können, was zur Hebung der Schifffahrt erforderlich ist. Und so soll auch diese Denkschrift zeigen, auf welche Weise eine Förderung der Flußbautechnik möglich ist und durch welches Vorgehen eine Verbesserung der Flußschifffahrt am ersten sich erreichen läßt. Möge die Denkschrift dazu beitragen, ein sicheres Fundament zu schaffen für die Bestrebungen zur Verbesserung der natürlichen Wasserstraßen.

# VIII. Die Kosten einer Verbesserung der Donau- Wasserstraße in Bayern.

Dieses Kapitel behandelt sowohl die Kosten einer Verbesserung der Niederwasserrinne der bayerischen Donau als auch die Kosten einer Großwasserstraße entlang der Donau von Kelheim bis nach Ulm. Hinsichtlich der Donau sind drei Strecken zu unterscheiden;

für die Großschifffahrt: die Strecke von Passau durch das Kachlet bis zu Kilometer 331,0 nächst unterhalb Hofkirchen, sodann die Strecke von Kilometer 331,0 bis zur Abzweigung des Ludwig-Donau-Main-Kanales bei Kelheim und

für die Kleinschifffahrt: die Strecke von Kelheim bis nach Ulm.

Die Kosten für die Herstellung einer entsprechend leistungsfähigen Wasserstraße im Kachlet sind zurzeit noch nicht genau zu bestimmen. Im übrigen liegt die Sache insofern günstig, als die Arbeiten zur allmählichen Verbesserung der Fahrrinne einen guten Verlauf nehmen.

Was die zweite Strecke von Hofkirchen bis nach Kelheim betrifft und ebenso die Strecke von Kelheim bis nach Ulm, so können für deren Regulierung die Kosten mit ziemlicher Sicherheit geschätzt werden. In der nachfolgenden Kostenberechnung ist die Strecke Kelheim-Ulm zuerst behandelt, weil aus den Kosten für diese Strecke die Kosten für die Strecke von Hofkirchen bis nach Regensburg abgeleitet wurden.

**Die Kosten einer Verbesserung der Niederwasserrinne der Donau zum Zwecke der Kleinschifffahrt von Kelheim bis nach Neu-Ulm.** — Die Verbesserung der Niederwasserrinne der Donau ist von Kilometer 165,0 oberhalb der Weltenburger Enge bis nach Kilometer 2,5 nächst unterhalb der Straßenbrücke zwischen den Städten Neu-Ulm und Ulm in Betracht zu ziehen, also auf eine Länge von . . . . . 162,5 Kilometern.

Wie in dem Vorhergehenden nachgewiesen wurde, ist die Ausbildung der Fahrrinne und die Beharrlichkeit in der Lage des Talweges auf den einzelnen Strecken sehr verschieden. Die Kosten für eine Verbesserung der Flußstrecken, in denen der Talweg fast alljährlich seine Lage von einem zum anderen Ufer wechselt, können nach den Kosten zur Verbesserung des Inn zwischen Kilometer 4,4 und 4,9 unterhalb Kiefersfelden geschätzt werden. Diese Kosten waren auf 25 000 Mark veranschlagt worden. Sie ent-

sprechen nach einer Mitteilung des jetzigen Leiters der Bauarbeiten, des Kgl. Bauamtsassessors Groß, durchschnittlich den seither entstandenen Kosten für die Regulierung eines Flußüberganges.

Nach der Tabelle 11 im Anhange beträgt die mittlere Entfernung der Übergänge des Talweges auf den vorbezeichneten Flußstrecken der Donau 415 Meter. Es kämen sonach für jeden Kilometer etwas mehr als zwei vollständige Übergänge in Betracht. Da jedoch die Flußverhältnisse in der oberen Donau wesentlich günstiger gelagert sind als am Inn zwischen Kiefersfelden und Reisach, so genügt es jedenfalls, die kilometrischen Kosten einer Regulierung der Donau-Strecke mit pendelndem Talwege anzunehmen zu . . . . . 60 000 Mark.

Dementsprechend wurden die Kosten geschätzt: für die Flußstrecke mit festliegendem Talwege und mit einer durchschnittlichen Entfernung der Flußübergänge von 940 Metern zu . . . . . 35 000 Mark und für die Flußstrecken, die als Übergänge zwischen den beiden vorgenannten Strecken zu betrachten sind und bei denen die mittlere Entfernung der Flußübergänge 700 Meter beträgt, zu . . . . . 45 000 Mark.

Nach dieser Annahme berechnen sich die Kosten, wie folgende Zusammenstellung angibt.

Zustand der Flußstrecke der Donau zwischen Ulm und Kelheim mit Bezug auf die Veränderlichkeit des Talweges	Länge in Kilometern	Kosten der Regulierung der Niederwasserrinne	
		für jeden Kilometer	in ganzen
I. Flußstrecken mit festliegendem Talwege . . . . .	41,5	35,000	1 452 500
II. Flußstrecken, in denen der Talweg fast alljährlich seine Lage von einem zum andern Ufer wechselt . . . . .	46,7	60,000	2 802 000
III. Flußstrecken, die als Übergang zwischen den beiden vorgenannten Strecken zu betrachten sind . . . . .	74,3	45,000	3 343 500
Zusammen . . . . .	162,5	46,757	7 598 000
Hiezu kommen noch für Baggerungen schätzungsweise für die ganze Flußstrecke			1 402 000
Sonach die Kosten der Regulierung der Niederwasserrinne zwischen Ulm und Kelheim . . . . .	162,5	55,385	9 000 000

Zu den Kosten der Regulierung der Niederwasserrinne kommen noch die Kosten für die Verbesserung der Mündungsstelle des Lechs sowie für den Umbau der Gemeindebrücke über die Donau bei Marxheim nächst unterhalb der Mündung des Lechs.

Die Kosten der Lech-Korrektion sind für Grundentschädigung, Erdarbeiten, Ufererhöhung und Bauleitung berechnet zu . . . . . 640 000 Mark, die Kosten für den Brückenbau zu 190 000 „ und sonach zusammen für die Verbesserung des Fahrwassers bei der Mündung des Lechs . . . . . 830 000 Mark.

Rechnet man dazu die obigen Kosten mit 9 Millionen Mark, dann ergeben sich die gesamten Kosten einer Verbesserung der Niederwasserrinne der Donau zum Zwecke der Kleinschiffahrt von Kelheim bis nach Ulm zu rund . . . . . 10 Millionen Mark, das sind für jeden Kilometer der 162,5 Kilometer langen Strecke etwa . . . . . 61 000 Mark, also etwa die kilometrischen Kosten, die im allgemeinen für den Bau einer vollspurigen Lokalbahn in Süddeutschland aufgewendet werden.

**Die Kosten einer Verbesserung der Niederwasserrinne der Donau zum Zwecke der Großschiffahrt von Hofkirchen bis nach Kelheim.** — Die Regulierung umfaßt die Donau von Kilometer 331,0 bis zu Kilometer 173,4, also eine Flußstrecke von . . . . . 157,6 Kilometern.

seine vollständige Festlegung in einfacherer Weise zu erreichen ist als in den geraden oder schwach gekrümmten Flußstrecken oberhalb Kelheim, so genügen als kilometrische Kosten für die Regulierung der Fahrrinne durchschnittlich . . . . . 25 000 Mark und sohin für die 157,6 Kilometer lange Strecke von Hofkirchen bis nach Kelheim rund 4 Millionen Mark.

Rechnet man hiezu noch die Kosten für Bauten zur Verhütung von schädlichen Querströmungen bei hohen Wasserständen in den schärferen Krümmungen mit etwa . . . . . 1 Million Mark, so ergeben sich im ganzen die Kosten für die Regulierung der Donau zwischen Hofkirchen und Kelheim zu . . . . . 5 Millionen Mark, das sind für den laufenden Kilometer 32 400 Mark, ein Betrag, der gegenüber dem hervorragenden wirtschaftlichen Wert einer Regulierung sicher als ein mäßiger zu bezeichnen ist.

**Die Kosten für den Bau der Großwasserstraße entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm** sind in den Tabellen 23 mit 28 angegeben. Ein Auszug aus diesen Tabellen enthält folgende Zusammenstellung, die die Kosten der einzelnen Teilstrecken sowohl im ganzen als auch für jeden Kilometer angibt.

Die höchsten kilometrischen Kosten mit . . . . . 540890 Mark entfallen auf die erste, 49,4 Kilometer lange Teilstrecke von Saal bis nach Ingolstadt, die besonders teure Bauten erfordert, zunächst den 600 Meter langen Tunnel zwischen Kilometer 4,4 und 5,0.

Nummer der Teilstrecke	Örtliche Bezeichnung der Teilstrecke	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung des Seitenkanales		Länge der Teilstrecke in Kilometern	Kosten der Teilstrecke in Mark	
		von	bis		im ganzen	für jeden Kilometer
1.	Von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ingolstadt . .	0	49,4	49,4	26 720 000	540 890
2.	Von Ingolstadt bis nach Neuburg . . . . .	49,4	67,9	18,5	8 970 000	484 865
3.	Von Neuburg bis nach Donauwörth . . . .	67,9	98,6	30,7	15 350 000	500 000
4.	Von Donauwörth bis nach Lauingen . . .	98,6	129,6	31,0	16 130 000	520 323
5.	Von Lauingen bis nach Ulm und Neu-Ulm .	129,6	168,5	38,9	15 830 000	406 941
Zusammen für die ganze Länge der Wasserstraße		0	168,5	168,5	83 000 000	492 582

Für die Kachletstrecke ist voraus nachgewiesen worden, daß eine kleinste Fahrwassertiefe von 1,70 Meter bei gewöhnlichem Niederwasser, das ist bei 10 Zentimeter über dem Nullpunkt des Pegels zu Vilshofen, genügt, um auf lange Zeit hinaus den Bedürfnissen der Schifffahrt zu entsprechen. Da nun streckenweise diese Fahrtiefe zwischen Hofkirchen und Kelheim schon vorhanden ist und da infolge des gewundenen Laufes der Donau der Talweg fast überall die gleiche Richtung beibehält und somit

Sodann erfordert die Entwässerung des Hinterlandes, namentlich die Ableitung der Hochwasser der Abens, der Ilm und der Paar, teure Kanalbrücken, teure Korrekturen und nötigt dazu, den Kanal streckenweise auf eine Höhe zu legen, die dem Gelände nicht entspricht. Infolge der ungünstigen Höhenlage sind auch bedeutende Erdarbeiten vorzunehmen.

Diesen mißlichen Verhältnissen in der Bauausführung des Kanales steht als ein großer Vorteil für

den Betrieb der Umstand gegenüber, daß der Kanal vom Aufstieg aus der Donau-Niederung bis in die Nähe des Zentralbahnhofes bei Ingolstadt auf eine Länge von 47 Kilometern die gleiche Höhe beibehält.

Am billigsten in der Ausführung ist die fünfte, 38 Kilometer lange Teilstrecke von Lauingen bis nach Ulm mit einem kilometrischen Kostenaufwand von durchschnittlich . . 406941 Mark. Hier bestehen für die Anlage eines Seitenkanales bis in die Nähe der Stadt Ulm günstige Verhältnisse.

Die kilometrischen Kosten für den Bau der ganzen Strecke von der Donau bei Saal bis nach Ulm sind ungefähr 33 Prozent niedriger als die für einen neuen Donau-Main-Kanal, dagegen um etwa 11 Prozent höher als die kilometrischen Kosten für den im Main-Tale projektierten Großschiffahrtsweg von Aschaffenburg bis Bamberg, trotzdem in diesem Projekte der Verkehr von Schiffen bis zu 1000 Tonnen Tragfähigkeit angenommen wurde. Die niedrigeren Kosten der Main-Wasserstraße rühren davon her, daß sie ungefähr auf ein Viertel ihrer Länge den Flußlauf benutzt, während eine solche Benutzung aus den angegebenen Gründen an der Donau zu vermeiden war. Außerdem bietet die Entwässerung des Binnenlandes im wasserarmen Main-Tale weniger Schwierigkeit als bei einem Kanale längs der Donau.<sup>1)</sup>

Bei dem Großschiffahrtskanale von Kelheim bis nach Ulm ist auch der Nutzen in Betracht zu ziehen, der durch eine Melioration des vom Kanale durchzogenen Geländes, durch die Verlegung der Donau

bei Donauwörth, durch die Gewinnung gespannter Wasserkräfte geschaffen werden wird. Dieser Nutzen kann, auch unter der Voraussetzung, daß in den ersten Jahren nach der Ausführung der Wasserstraße die Wasserkräfte nur zum Teil Verwertung finden können, mindestens auf . . . . . 8 Millionen Mark geschätzt werden.

Der wirtschaftliche Nutzen der Wasserstraße, rein als Verkehrsweg gedacht, darf daher nur nach einem Kostenaufwand von . . 75 Millionen Mark, gegenüber 83 Millionen Mark im Kostenanschlag, bemessen werden. Mit der kleineren Summe gerechnet ergeben sich die Kosten für jeden Kilometer durchschnittlich zu . . . . 445100 Mark.

Zur Beurteilung der Höhe dieser Kosten sei erwähnt, daß bei der im Bau befindlichen Eisenbahn von Donauwörth nach Treuchtlingen allein nur zur Herstellung des Bahnkörpers und der Schienenlage für jeden Kilometer durchschnittlich 395000 Mark vorgesehen sind. Der Kostenunterschied von nur 50000 Mark für jeden Kilometer widerspricht der bekannten Annahme, daß gegenüber den Eisenbahnen der Bau von Wasserstraßen in Süddeutschland horrenden Kosten verursache und weit über die Steuerkraft eines Landes hinausgehe. So wenig man in einer gebirgigen Gegend darauf verzichten konnte, Eisenbahnen zu bauen trotz der wesentlich höheren Kosten als im Flachlande, wie dies die Eisenbahn von Donauwörth nach Treuchtlingen beweist, ebenso wenig wird man aus dem Vergleich der Kosten einer Wasserstraße in Süddeutschland mit den billigeren Kosten einer solchen in der Norddeutschen Tiefebene folgern können, daß wir in Süddeutschland der Wasserstraßen entbehren müssen.

<sup>1)</sup> Denkschrift über die Donau-Main-Wasserstraße, S. 118 u. 133.

# Schlusswort.

Die Studien über die Verbesserung der bayerischen Donau-Wasserstraße, deren Ergebnisse in dieser Denkschrift niedergelegt sind, lassen sich in Kürze, wie folgt, zusammenfassen.

Die Donau von Passau über Regensburg hinaus bis nach Kelheim kann für den Betrieb der Großschiffahrt hergerichtet werden. Es ist dabei vorausgesetzt, daß durch eine Regulierung des Talweges bei gewöhnlichem Niederwasser, wie es alljährlich und meist nur im Winter auf wenige Tage eintritt, eine kleinste Fahrtiefe von 1,70 Meter geschaffen wird. Bei dieser Tiefe könnte der Normalschlepp der österreichischen Donau, der bei seiner größten zulässigen Ladung von 675 Tonnen bis auf eine Tiefe von 1,90 Meter taucht, bereits eine Ladung von 500 Tonnen aufnehmen. Da erfahrungsgemäß auch bei genügender Fahrtiefe die Schiffe vielfach nicht mit voller Ladung verkehren, so kann wohl gesagt werden, daß auf einer regulierten Donau die Großschiffahrt während der Schifffahrtsperiode, das ist in den neun Monaten März mit November, regelmäßig oder doch nur mit geringen Störungen und seltenen Unterbrechungen betrieben werden kann.

Größere technische Schwierigkeiten findet eine Regulierung nur in dem felsigen Durchbruch der Donau im Südabhange des Bayerischen Waldes. Auf dieser 29 Kilometer langen Stromstrecke zwischen Passau und Hofkirchen, im sog. Kachlet, sind die Arbeiten zur Verbesserung der Niederwasserrinne im Gange. Zurzeit beträgt bei gewöhnlichem Niederwasser, das ist im Kachlet 10 Zentimeter über dem Nullpunkt am Pegel zu Vilshofen, die kleinste Fahrtiefe 1,40 Meter. Sollte die für eine Großschiffahrt genügende Fahrtiefe von 1,70 Meter bei dem vorbezeichneten Niederwasser nicht durch das ganze Kachlet hindurch geschaffen werden können, dann müßten die der Schifffahrt nicht entsprechenden Stromstrecken durch Seitenkanäle außerhalb des Strombettes umgangen werden. Wie aus dem Inhalt der Denkschrift hervorgeht, ist die Kgl. Staatsregierung mit allen Kräften bemüht, die Schifffahrtsverhältnisse im Kachlet zu bessern und somit den Zugang zu der oberhalb gelegenen Stromstrecke zu öffnen.

Von Hofkirchen an aufwärts begegnet die Regulierung keinen besonderen Schwierigkeiten. Sie erfordert für die 158 Kilometer lange Stromstrecke von Hofkirchen bis nach Kelheim einen Kostenaufwand von . . . . . 5 Millionen Mark,

demnach durchschnittlich für jeden Kilometer . . . . . 32 400 Mark. Dabei ist vorausgesetzt, daß das größte Schifffahrtshindernis in der Donau von Ulm bis zum Schwarzen Meere, nämlich die alte Regensburger Brücke, die auch den Zugang zu dem mit Unrecht so geringwertig geschätzten Ludwig-Donau-Main-Kanale versperrt, nach dem Vorhaben der Kgl. Staatsregierung umgebaut wird.

Oberhalb Kelheim besitzt die Donau nicht mehr die Eigenschaft, sie durch Regulierung dem regelmäßigen Verkehr der Großschiffahrt zugänglich zu machen. Auch eine Kanalisierung des Flusses ist wegen des zu starken Gefälles, das eine übermäßig große Anzahl Stauwehre und zu kurze Haltungen bedingt, praktisch unmöglich. Die Großschiffahrt soll daher durch einen Kanal längs der Donau, der auf dem rechten Ufer bei Saal nächst unterhalb Kelheim abzweigt, weitergeführt und der Schifffahrtsweg so eingerichtet werden, daß er nur bei Neuburg und dann wieder zwischen Ulm und Neu-Ulm die Donau zu kreuzen hat.

Der 168,5 Kilometer lange Seitenkanal hat ein Gefälle von 127 Metern zu überwinden, was sich mit 13 Stufen erreichen läßt. Den Haltungen kann sonach eine dem Schifffahrtsbetriebe angemessene Länge gegeben werden. Die Wassertiefe im Seitenkanale soll 2,5, die Sohlenbreite 16,0 Meter betragen, so daß sich bei zweimaliger Böschungsanlage der nasse Querschnitt zu 52,5 Quadratmeter berechnet. Die Möglichkeit eines guten Anschlusses der Wasserstraße an ihre Umgebung ist auf ihre ganze Länge hin gesichert.

Zur Kreuzung der Donau bei Niederwasser durch die Großschiffahrt soll nächst unterhalb der Städte Neuburg und Neu-Ulm je ein Stauwehr errichtet werden. Ein drittes Wehr wird unterhalb der Mündung der Wörnitz bei Donauwörth, welches Gewässer den Seitenkanal durchfließt, in die Donau eingebaut. Die drei Wehre dienen zugleich dazu, dem Seitenkanal das nötige Speisungswasser zuzuführen. Auch haben die Untersuchungen über die bei den Stauwehren gespannte Wasserkraft ergeben, daß sich die Wasserkräfte der Donau bei geeigneter Wahl der Baustellen in lohnender Weise ausnützen lassen und daß dies bei Anwendung von Walzenwehren auch ohne Bedenken hinsichtlich des Wasserabflusses und der

Geschiebebewegung der Donau geschehen kann. Die hervorragend wirtschaftliche Bedeutung dieser Sachlage für das ganze Donau-Tal beweist in handgreiflicher Weise die Stadt Augsburg, in der die Energie des Lechs und der Wertach in den Dienst der Industrie und des Gewerbes gestellt ist und die damit beiden zu einer großartigen Entwicklung verholfen hat. Ein glänzendes, nachahmenswertes Beispiel!

Mit Anrechnung der Werte im Betrage von acht Millionen Mark, die geschaffen werden hauptsächlich durch die Gewinnung von Wasserkraft sowie durch die umfangreichen Meliorationen, die die Anlage des Seitenkanales zum Schutze gegen Hochwasser der Binnengewässer notwendig machen, ergeben sich die Kosten für die Herstellung der Großwasserstraße von Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm zu . . . . .

. . . . . 75 Millionen Mark,  
das sind für jeden Kilometer rund . . 445 000 Mark.

Aus allen Untersuchungen geht somit hervor, daß sich die Kosten für die Herstellung einer das ganze südliche Bayern durchziehenden Großwasserstraße in den Grenzen halten, die erfahrungsgemäß nach dem Vorgehen anderer Staaten als wirtschaftlich für den Bau einer leistungsfähigen Wasserstraße zu bezeichnen sind.

Jedes neue Projekt über eine Verbesserung der bayerischen Wasserstraßen gibt den Gegnern dieser Unternehmungen Anlaß, auf die Höhe der Kosten hinzuweisen, die Bayern aufwenden müßte, um leistungsfähige Wasserstraßen zu erhalten. So wird man auch dieses Mal wieder zur Abschreckung alsbald feststellen, daß sich eine Kostensumme von 350 Millionen Mark ergibt, wenn man zu den in dieser Denkschrift angegebenen Kosten für eine Großwasserstraße, die einschließlich der in der Ausführung begriffenen Regulierung des Kachlets den Betrag von etwa 100 Millionen Mark erreichen werden, noch die in der Denkschrift vom Jahre 1903 angegebenen Kosten für einen Großschiffahrtsweg von der Donau über Nürnberg nach Aschaffenburg mit 250 Millionen Mark hinzurechnet.

Solchen Additionen gegenüber kann nicht oft genug hervorgehoben werden, wie wesentlich die vorausgenannten Kosten hinter denen zurückbleiben, die in den Eisenbahnen festgelegt sind. Bis zum Ende des Jahres 1903 hat Bayern für den Bau und die Einrichtung seiner Eisenbahnen mit etwa 6000 Kilometer Länge rund 1500 Millionen Mark verausgabt. Diese enorme Leistung folgte unmittelbar einer Zeit, in der nach der damaligen Verkehrsentwicklung, nach dem damals vorhandenen Bedürfnisse mancher glaubte, den Nachweis erbringen zu können, daß der Bau von Eisenbahnen ein dem nationalen Wohlstande gefahrbringendes Unternehmen sei und daß man gegenüber diesen teuren Bahnen den Verkehr doch wohl wirtschaftlicher auf den Landstraßen bewältigen könnte. Bei diesem Widerstreben hatte man zudem noch keine Ahnung, daß der Bau der Eisenbahnen Milliarden erfordern und daß man schließlich Schienenwege mit einem Kostenaufwand herstellen werde, gegenüber dem die Kosten für eine Landstraße vollständig verschwinden. Es wäre ungerecht, diejenigen, die sich damals einer neuen Zeit entgegenstemmten,

der Kurzsichtigkeit anklagen zu wollen. Für eine Entwicklung, wie sie die Eisenbahn in so kurzer Zeit genommen hat, bot die Geschichte kein Beispiel. Aber für unsere Zeit gibt es in solchen Dingen keine Entschuldigung.

Die Erfahrung lehrt, daß ein Stillstand im Verkehrsleben bald zu einem Rückschritt wird. Und wenn je einmal seine Entwicklung als beendet erschien, dann bewies jede Verbesserung auf dem Gebiete des Verkehrs dies als irrtümlich. Eine solche Verbesserung bietet jede modern angelegte und modern ausgestattete Wasserstraße. Erst auf diesen Verkehrswegen konnte sich der den Markt beherrschende Massentransport, der Transport geringwertiger Güter, für den die Eisenbahn ein viel zu feines und zu teures Vehikel ist, in dem heutigen Umfange entwickeln.

Ein weiterer Vorzug, welcher der Wasserstraße gegenüber der Eisenbahn zukommt, beruht auf der Möglichkeit, die Wasserstraße allorts in einfachster Weise dem Verkehre zugänglich zu machen und den Betrieb auf ihr dem allgemeinen Wettbewerb zu überlassen. Dieser Vorzug befähigt auch die modernen Wasserstraßen in größerem Umfange, als es die Eisenbahnen vermögen, belebend und fördernd auf Handel und Verkehr einzuwirken. Wo zudem die Notwendigkeit besteht, wie im Eisenbahnbetriebe, den Verkehr nach Zeit und Richtung genau zu regeln, die Geschäfte mit straffer Zucht und durch ein zahlreiches Überwachungspersonal zu führen, wo Gefahren für Leben und Gesundheit in besonderem Maße bestehen, dort sollte man stets nach einer Erleichterung im Verkehre trachten und soweit als möglich alle massigen und hemmenden Güter, die nur mäßige Transportkosten vertragen, den billiger und bequemer zu befahrenden Wasserstraßen zuweisen.

Leider ist zu befürchten, daß eine lange Zeit vergehen wird, ehe sich in Bayern durch die wirtschaftlichen Erfolge seiner Nachbarstaaten ein Umschwung in der Beurteilung der Wasserstraßen bei den seitherigen Gegnern vollzogen hat. Ebenso wird es noch bitterer Erfahrung bedürfen, ehe man im Deutschen Reiche davon abgehen wird, bei der Schaffung internationaler Verkehrswege den lokalen Interessen weit über ihre Berechtigung hinaus Geltung zu verschaffen und die Konkurrenzfähigkeit des Reiches in seiner Gesamtheit dem Auslande gegenüber in erheblichem Maße zu schädigen.

Die Zeit mag also noch fern liegen, in der die Mehrheit auch in Bayern die Wasserstraßen als unentbehrlich neben den Eisenbahnen erachtet, in der ein Großschiffahrtsweg durch das südliche Bayern hindurch besteht und in der neben einem Donau-Main-Kanale sich auch Württemberg und Baden an die Donau-Wasserstraße angeschlossen haben, ferne also die Zeit, in der die Donau-Wasserstraße ihre volle, internationale Bedeutung erlangt hat. Aber deshalb ist es nicht am Platze, diese Zeit müßig zu erwarten. Jede Gelegenheit muß wahrgenommen werden, wenn auch zunächst nur mit kleinen Mitteln, Handel und Verkehr zu beleben, wie dies am Main oberhalb der kanalisierten Strecke durch eine Regulierung der Niederwasserrinne und durch Einrichtung der Kettenschiffahrt mit wachsendem Erfolge geschieht.

Der gleiche Erfolg ließe sich an der Donau erzielen. Durch eine Regulierung der Niederwasserlinie oberhalb Kelheim könnte die Wasserstraße bis nach Neu-Ulm hinauf für einen lohnenden Verkehr von Schiffen bis zu etwa 300 Tonnen Ladefähigkeit hergerichtet werden. Die Regulierung wäre auf eine Flußstrecke von 162,5 Kilometern notwendig und erforderte einen Kostenaufwand von etwa 10 Millionen Mark, das sind für jeden Kilometer 61000 Mark, so nach Kosten, die dem wirtschaftlichen Nutzen vollkommen entsprächen. Durch eine Belebung von Handel und Verkehr, durch eine Förderung der Industrie mit Hilfe der Donau-Wasserkraft wäre die Möglichkeit gegeben, das angestrebte Ziel, die Einrichtung der Großschifffahrt, auf kürzerem Wege zu erreichen.

Die Notwendigkeit, den Ausbau der Wasserstraßen im Interesse aller Berufsstände zu betätigen, hat der Geheime Hofrat Dr.-Ing. Max von Eyth auf den Hauptversammlungen des Bayerischen Kanalvereines in überzeugender Weise dargelegt.<sup>1)</sup> Es kann daher die Denkschrift nicht besser geschlossen werden als mit den Ausführungen dieses hervorragenden Ingenieurs, der sich als Gründer und langjähriger Vorstand der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft auch um die Förderung der Landwirtschaft ein großes Verdienst erworben hat.

Auf der neunten Hauptversammlung des Vereines in Neu-Ulm im Jahre 1899 äußerte sich Max von Eyth in seinem Vortrage über Binnenschifffahrt und Landwirtschaft nachfolgend:

*Wir Deutsche, die wir das verhältnismäßig unfertige System unserer Wasserstraßen vor uns sehen, und in dieser Beziehung hinter andern Völkern zurückgeblieben sind, stehen entsetzt vor den Kosten der künftigen Kanalbauten und berechnen mühselig, ob und wie sie sich bezahlen werden. Auch hiebei dürfen wir nicht vergessen, daß es sich um einen Krieg handelt, in welchem unsere Existenz auf dem Spiel steht. Wenn in einem wirklichen Krieg der Gegner ein schneller feuerndes Geschütz, ein weitertragendes Gewehr gefunden, so bleibt keine Wahl: Es muß eine ähnliche, womöglich eine bessere Waffe*

<sup>1)</sup> Über die wirtschaftliche Bedeutung einer Donau-Wasserstraße vergleiche auch:

Lang-Blaubeuren: Die wirtschaftliche und politische Bedeutung der Donau-Schifffahrt oberhalb Passau. Bericht über die sechste, am 31. Mai 1896 in Nürnberg abgehaltene Hauptversammlung des Vereines für Hebung der Fluß- und Kanalschifffahrt in Bayern.

Auer: Warum wir die Dampfschifffahrt wollen. Donauwörth 1896.

Ditthorn: Die Dringlichkeit eines Donauhafens in Regensburg. Bericht über die neunte Hauptversammlung des vorgenannten Vereines. 1899. Die Bedeutung der Donau-Wasserstraße für die Petroleumzufuhr. Nr. XVIII der Verbandsschriften des Deutsch-Österreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1903.

Dr. W. Götz: Die Schifffahrt auf der oberen Donau. Herausgegeben vom Süddeutschen Donau-Verein. Donauwörth 1901.

Auer und Gebhardt in dem Bericht über die VI. Generalversammlung des Süddeutschen Donau-Vereines zu Ingolstadt am 1. Dezember 1901. Donauwörth 1902.

*gefunden werden. Wasserstraßen sind eine Waffe dieser Art. Wenn wir uns der Vorteile begeben, welche sich unsere Gegner durch deren Entwicklung verschaffen, so müssen wir die Folgen tragen und die Folgen sind für die Landwirtschaft ebenso vernichtend als für Handel und Gewerbe, weil in Deutschland keines mehr ohne das andere bestehen kann.*

*Hierin liegt die Bedeutung des Ringens um den Mittellandkanal in Norddeutschland, wie um die Wiederbelebung der alten Schifffahrtsstraßen in Bayern, das seinen Anschluß nach Norden und Osten ebenso dringend braucht als irgend ein anderer Teil Deutschlands seine Verbindung mit dem Reste der Welt. Die bayerische Landwirtschaft ist durch ihre verhältnismäßige Abgeschlossenheit der allgemeinen Notlage nicht entgangen, so wenig als dies in den industriellen Provinzen des preußischen Ostens der Fall war. Dort zeigt sich aufs schärfste die gegenteilige Erscheinung, die mit jedem Jahre unleidlicher werden müßte, je mehr andere Provinzen, andere Länder an der allgemeinen Weltbewegung teilnehmen und in ihr, als Glieder eines großen Ganzen, ihre natürliche Stellung finden.*

Und ein Jahr voraus auf der Hauptversammlung in Schweinfurt am Main trat Max von Eyth für die Verbesserung der Donau-Wasserstraße mit folgenden Worten ein:

*Wir hören immer wieder von dem geringen, von dem stetig abnehmenden Verkehr auf der oberen Donau, und auch in unseren Kreisen wird mit Berechnungen gespielt, die aus den bestehenden Verhältnissen auf die Zukunft schließen wollen. Nichts ist falscher, nichts irreführender. Auf einer Wasserstraße, wie es die heutige obere Donau ist, kann sich kein Verkehr zeigen, wie er allein in unserer Zeit möglich ist. Der Handel sucht andere, bequemere Wege, selbst um Spanien herum, wenn er von Bayern nach Konstantinopel kommen will. Oder in noch viel häufigeren Fällen erstickt das Fehlen der natürlichen Verkehrsmittel die Entwicklung der Leistungsfähigkeit des Landes im Keime. Hundert Beispiele ließen sich aufführen, die all dies in schlagender Weise zeigen, vor allem aber, wie wertlos Berechnungen und Voraussagen sind, die auf solch falschen Grundlagen aufgebaut werden.*

*Sodann kämpfen wir mit der Furcht der Staatsbahnen, die sich jede Konkurrenz vom Halse halten wollen. Als ob nicht überall, wo die Schifffahrt sich entwickelt, die Bahnen das doppelte und dreifache zu tun hätten als zuvor. Die überzeugendsten Beispiele, der Rhein und die Elbe, liegen uns so nahe. Weshalb soll dies in Bayern anders sein? Der engherzige Standpunkt, der in dieser Ängstlichkeit für ein spezielles Verkehrsmittel wurzelt, straft sich bitter durch die Hintanhaltung einer Entwicklung, die nur dem regeren Nachbarn Nutzen bringt. Wir wissen aus statistischen Quellen, daß der Kohlenverbrauch in Bayern ein Fünftel von dem des übrigen Deutschlands ist. Ist dies natürlich und berechtigt für ein Land, das von der größten Verkehrsader nach dem Orient durchschnitten wird?*

*Weiter haben wir mit dem neuerdings so regen Widerstand der Landwirtschaft gegen die Entwicklung*



der Wasserstraßen zu rechnen. Dieser schmerzt mich persönlich ganz besonders; denn ich habe zwölf Jahre lang mit Begeisterung und nicht ohne Opfer, ich darf allerdings auch sagen, nicht ohne einigen Erfolg, für ihre sachlichen Interessen gearbeitet und bin überzeugt, daß auch hier der einseitige, engherzige Standpunkt nur dazu führen kann, uns ins eigene Fleisch zu schneiden. Die Landwirtschaft bedarf für den Transport ihrer Hilfsmittel und Erzeugnisse billiger Frachten, fast mehr als ein anderes Gewerbe. Sie bedarf deshalb der Wasserstraßen, wo sie zu schaffen sind. Was den gefürchteten Import anbelangt, so bieten die Zölle Mittel, der Übermacht fremder Konkurrenz entgegenzuarbeiten. Falsch und unrechtmäßig aber ist es, den nötigen und berechtigten Schutz in der Unterdrückung eines Verkehrsmittels zu suchen, das nicht nur für die Landwirtschaft selbst, sondern für alle anderen Erwerbszweige des Volkes von so hoher Bedeutung ist. Und leidet etwa die Landwirtschaft durch eine blühende Industrie in der Rheinprovinz, in Westfalen, in Sachsen? Wäre es ein so großes Unglück für den bayerischen Bauern, wenn er zwischen Neu-Ulm und Passau, zwischen Schweinfurt und Kempten ein Dutzend Industriestädte wie Köln, Düsseldorf, Barmen, Chemnitz mit seinem Korn, mit Fleisch, Milch und Butter zu versorgen hätte?

Ich sprach von den Befürchtungen der Eisenbahnen für ihr Monopol. Schon jetzt sind die Hauptlinien Deutschlands, auch in Bayern, kaum imstande, den sich immer riesiger gestaltenden Verkehr zu bewältigen. Wie soll das in Zukunft werden, wenn wir uns künstlich der Möglichkeiten begeben, welche uns die Natur anweist? Wir stehen an der Schwelle einer großen Umwälzung, die gerade für Bayern und Süddeutschland von der allerhöchsten Bedeutung werden kann, wenn diese Länder die Vorteile rechtzeitig erfassen, die vor ihrer Türe liegen.

In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts hat der Dampf, d. h. die Kraftquelle, die in den Kohlen liegt, der Industrie ihre bestimmte Richtung gegeben und Länder und Provinzen in den Vordergrund gestellt,

die zuvor im volkswirtschaftlichen Leben der Welt keine Rolle gespielt hatten. Die Industrie-Zentren am Rhein, an der Saar, in Belgien verdanken ihre erstaunliche Entwicklung der Kohle, auf der sie stehen. Englands Größe ruht auf derselben Grundlage. Auch vor der Zeit des Dampfes gab es Industrie und Industriebezirke. Seitdem verschoben sie sich in der überraschendsten Weise und folgen den Kohlenlagern oder den Linien, entlang deren Kohle leicht zu beschaffen ist.

Vor einer ähnlichen Verschiebung stehen wir heute durch die Fortschritte der Technik auf elektrischem Gebiet. Diese Fortschritte ermöglichen es, die Wasserkräfte der Natur in bisher ungeahnter Weise auszunützen. In den kommenden fünfzig Jahren wird dies einen gewaltigen Einfluß auf die Lage der industriellen Knotenpunkte der Welt ausüben. Nicht mehr, sicher nicht mehr allein, wo Kohle gefunden wird, sondern wo Wasser und Gefälle vorhanden sind, wird sich die Industrie des kommenden Jahrhunderts festsetzen. Süddeutschland mit seinen Hügeln und Wasserläufen, vor allem die Alpenländer werden eine Bedeutung erlangen, die wir heute noch nicht zu ermessen vermögen, obgleich in allen Richtungen die Zeichen sich mehren, daß dem so ist. Und Bayern mit seinen Millionen Pferdekräften, die heute ungenützt von seinen Bergen in die Donau fallen, mit seinem Strom, schiffbar von der Illermündung bis ins Schwarze Meer, wenn man nur will, ist in einer Lage, der sich kaum eine zweite zur Seite stellen läßt.

Für diese Entwicklung vorbereitet zu sein, ist die Hälfte des zu gewinnenden Sieges, und dieser Gedanke weist uns aufs neue darauf hin, daß unsere große Wasserstraße von einem Ende des Landes zum anderen dem modernen Schiffahrtsverkehr übergeben werden muß. Es ist die Aufgabe unseres Vereines, dies nie aus dem Auge zu verlieren. Ich wenigstens verspreche Ihnen, zur Zeit und zur Unzeit den alten Cato zu spielen und keine unserer Versammlungen vorübergehen zu lassen, ohne Ihnen zuzurufen: *Ceterum censeo, Danubium navigabilem esse faciendum!* Die Donau muß schiffbar gemacht werden!

# TABELLEN.

# 1. Die wichtigsten Wasserstände in Zentimetern an den Pegeln der bayerischen Donau

nach den Angaben in den Jahrbüchern des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus in München.

Bezeichnung der Pegelstation der Donau nach der nächst beim Pegel gelegenen Ortschaft	Lage, bezogen auf die kilometerische Einteilung der Donau	Höhe des Pegelnullpunktes in Metern über Normalnull	Regelmäßige und verlässige Beobachtungen sind vorhanden seit dem Jahre	Die Vollständigkeit der Ufer mit Ausnahme der tief gelegenen Niederungen tritt im allgemeinen ein bei einem Pegelstand von	Die Fahrt von Dampfschiffen ist nach Ver-ordnung vom 1. Januar 1901 untersagt, wenn der Wasserstand eine Höhe erreicht von	Seit Errichtung der Pegelstation und mit Einschluß des Jahres 1903 beobachteter höchster und niedrigster Wasserstand				Höhenunterschied zwischen dem bekannnten niedrigsten und höchsten Wasserstand	Niedrigster Wasserstand in den ersten Tagen des Septembers 1899	Höchster Stand während des Hochwassers Mitte September 1899	Höhenunterschied zwischen dem Nieder- und Hochwasser im September 1899	Niedrigster Wasserstand im November 1901	Höchster Stand während des Hochwassers vom 8. bis 13. April 1901	Höhenunterschied zwischen dem Niederwasser im November und dem Hochwasser im April 1901	Niederwasser vom 15. März 1883, Wendepunkt bei langsam fallendem und steigendem Wasser	Höchster Stand während des Hochwassers vom 29. Dezember bis zum 3. Januar 1883	Höhenunterschied zwischen dem Niederstand vom 15. März 1883 und dem Hochstand vom Dezember-Januar 1882/83	Gemittelter Jahreswasserstand der 10 Jahre 1890 mit 1899			Höhenunterschied zwischen dem gemittelten niedrigsten und höchsten Jahreswasserstand	
						niedrigster		höchster												niedrigster	mittlerer	höchster		
						Monat und Jahr	Höhe am Pegel	Monat und Jahr	Höhe am Pegel															
Neu-Ulm . . . . .	2,373	464,97	1826	200	—	Sept. 1855	— 63	Dez. 1882	465	528	— 20	173	193	— 21	242	263	78	465	387	— 12	52	240	252	
Günzburg . . . . .	27,001	439,67	1826	260	—	Febr. 1901	— 64	Dez. 1882	332	396	— 26	177	203	— 37	239	276	24	332	308	—	32	—	—	
Dillingen . . . . .	49,976	418,76	1826	130	—	Sept. 1868	— 131	Jan. 1838	263	394	— 58	142	200	— 60	190	250	— 28	233	261	— 59	2	181	240	
Donauwörth . . . . .	78,493	397,09	1826	260	290	Febr. 1901	— 33	März 1845	484	517	— 8	226	234	— 16	308	324	69	388	319	10	86	303	293	
Stepperg . . . . .	101,822	383,8	1878	—	—	Jan. 1894	— 94	Sept. 1890	342	436	— 62	274	336	— 55	301	356	— 10	338	348	— 73	23	259	332	
Neuburg . . . . .	110,786	377,33	1826	240	320	Febr. 1901	— 100	März 1845	523	623	— 70	280	350	— 65	320	385	— 17	420	437	—	26	—	—	
Ingolstadt . . . . .	130,494	363,76	1826	80	220	Jan. 1858	— 131	Dez. 1882	413	564	— 9	299	308	— 13	319	306	— 2	413	415	— 35	53	292	327	
Großmehring . . . . .	138,741	358,41	1853	60	—	Dez. 1865	— 105	Sept. 1890	235	340	— 13	207	230	— 13	228	241	— 24	220	244	Fehlen die An- gaben	—	48	—	—
Vohburg . . . . .	145,330	353,94	1852	40	—	Jan. 1858	— 80	Sept. 1890	348	428	8	276	268	16	302	286	15	345	330	—	73	—	—	
Pförring . . . . .	151,369	350,25	1851	60	—	Jan. 1858	— 117	Febr. 1893	283	400	— 28	228	256	— 21	243	264	— 13	237	250	—	43	—	—	
Neustadt . . . . .	156,032	346,99	1847	250	230	Dez. 1848	— 80	März 1845	372	452	92	350	258	76	361	285	95	333	238	—	169	—	—	
Kelheim . . . . .	173,890	338,807	1826	300	300	Jan. 1829	— 56	März 1845	545	601	17	294	277	17	320	303	48	428	380	— 8	88	299	307	
Niederwinzer . . . . .	206,400	328,93	1883	—	—	Jan. 1894	— 46	Febr. 1893	539	585	— 16	268	284	— 4	316	320	—	231	—	— 16	81	326	342	
Regensburg (eiserne Brücke) . . . . .	209,000	327,528	1826	200	300	Dez. 1864	— 44	März 1845	508	552	— 8	281	289	0	329	329	45	450	405	—	89	—	—	
Schnabelweis . . . . .	211,280	326,6	1884	—	—	Dez. 1899	— 46	Febr. 1893	519	565	— 20	300	280	— 12	360	372	—	—	—	— 19	89	354	373	
Straubing . . . . .	266,709	313,5	1826	265	320	Jan. 1894	— 40	April 1845	511	551	— 2	257	259	9	312	303	50	412	362	— 16	95	307	323	
Deggendorf . . . . .	303,537	309,2	1826	350	350	Febr. 1895	— 72	Febr. 1850	482	554	— 3	324	327*)	5	320	315	20	418	398	— 29	75	315	344	
Niederalteich . . . . .	311,963	306,84	1883	—	—	Jan. 1901	— 36	Febr. 1893	447	483	— 3	364	367*)	4	310	306	—	396	—	—	85	—	—	
Vilshofen . . . . .	339,200	299,03	1826	350	320	Jan. 1858	— 27	März 1845	608	635	10	303	293*)	14	247	233	32	429	397	27	88	290	317	
Passau . . . . .	361,514	288,45	1826	350	520	Febr. 1845	— 58	Febr. 1862	965	1023	180	918	738*)	100	468	368	125	802	677	—	239	—	—	
Ilzstadt . . . . .	362,988	288,22	1876	—	—	Febr. 1901	— 31	Sept. 1899	935	966	192	935	743*)	82	435	353	116	770	654	—	230	—	—	
Obernzell . . . . .	379,478	281,7	1861	—	—	Jan. 1894	— 105	Febr. 1862	924	1029	83	879	796*)	— 5	375	380	28	813	785	— 43	149	569	612	

\*) Isar und Inn waren außergewöhnlich hoch angeschwollen. Die Isar mündet bei Kilometer 307, der Inn bei Kilometer 363 in die Donau.

## 2. Die Wasserstände an den Pegeln der bayerischen Donau während der Niederwasserperioden vom 5. bis zum 12. März 1899 und vom 26. August bis zum 4. September 1899.

Auf diese beiden Niederwasserperioden ist im Texte der Denkschrift wiederholt Bezug genommen.

Bezeichnung der Pegelstation der Donau nach der nächst beim Pegel gelegenen Ortschaft	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung der Donau	Höhe des Pegelnullpunktes in Metern über Normalnull	Niederwasserstand in Zentimetern im März 1899									Niederwasserstand in Zentimetern im August und September 1899									Höhendifferenz in Zentimetern zwischen dem Niederwasser vom März 1899 (+) und dem Niederwasser vom August und September 1899 (—)
			am									am									
			5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	
Neu-Ulm . . . . .	2,373	464,97	10	6	3	2	2	2	3	12	— 19	— 19	— 25	— 21	— 20	— 21	— 20	— 20	— 19	23	27
Günzburg . . . . .	27,001	439,67	3	2	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 24	— 27	— 28	— 26	— 25	— 24	— 25	— 26	— 24	— 25	27
Dillingen . . . . .	49,976	418,76	— 28	— 27	— 30	— 30	— 29	— 30	— 30	— 29	— 57	— 58	— 59	— 60	— 60	— 58	— 58	— 58	— 58	— 58	30
Donauwörth . . . . .	78,493	397,09	40	40	40	35	35	35	35	33	— 6	— 7	— 8	— 10	— 9	— 8	— 8	— 7	— 8	— 7	23
Stepperg . . . . .	101,822	383,8	— 24	— 24	— 27	— 28	— 31	— 33	— 31	— 25	— 58	— 61	— 65	— 68	— 65	— 60	— 62	— 61	— 62	— 59	35
Neuburg . . . . .	110,786	377,33	— 32	— 28	— 33	— 35	— 35	— 35	— 35	— 35	— 64	— 68	— 70	— 72	— 70	— 70	— 70	— 68	— 70	— 66	37
Ingolstadt . . . . .	130,494	363,76	8	10	6	6	5	6	5	5	— 5	— 8	— 9	— 12	— 10	— 8	— 8	— 9	— 9	— 8	17
Großmehring . . . . .	138,741	358,41	15	15	13	11	10	10	10	10	— 10	— 12	— 14	— 15	— 15	— 14	— 13	— 13	— 13	— 13	25
Vohburg . . . . .	145,330	353,94	44	45	42	40	40	40	39	39	10	8	7	5	5	5	8	8	8	15	34
Pförring . . . . .	151,369	350,25	1	1	1	— 1	— 1	— 2	— 2	— 2	— 23	— 27	— 28	— 30	— 29	— 27	— 26	— 27	— 28	— 25	28
Neustadt . . . . .	156,032	346,99	124	126	123	121	120	120	120	120	97	96	95	93	91	92	92	93	94	95	29
Kelheim . . . . .	173,890	338,807	50	51	49	47	47	47	45	45	20	18	18	15	15	17	18	17	18	17	30
Niederwinzer . . . . .	206,400	328,93	30	30	30	25	25	25	24	21	— 10	— 13	— 15	— 15	— 17	— 14	— 13	— 14	— 13	— 16	38
Regensburg (eiserne Brücke) . . . . .	209,000	327,528	35	35	35	30	29	32	30	25	— 4	— 7	— 7	— 8	— 11	— 8	— 4	— 7	— 4	— 8	36
Schnabelweis . . . . .	211,280	326,6	28	28	27	22	20	19	19	18	— 15	— 17	— 19	— 20	— 22	— 19	— 17	— 18	— 18	— 20	40
Straubing . . . . .	266,709	313,5	46	45	44	39	36	38	40	36	1	0	— 3	— 5	— 5	— 3	— 1	— 1	— 1	— 2	41
Deggendorf . . . . .	303,537	309,2	31	29	29	28	24	23	25	24	2	— 1	— 3	— 4	— 5	— 5	— 2	— 2	— 2	— 3	28
Niederalteich . . . . .	311,963	306,84	29	28	28	26	21	22	23	21	1	— 3	— 4	— 3	— 6	— 4	— 2	— 1	— 1	— 3	27
Vilshofen . . . . .	339,200	299,03	45	46	46	45	41	40	40	40	17	12	11	10	10	10	12	13	13	10	30
Passau . . . . .	361,514	288,45	131	133	129	127	123	121	121	126	165	162	162	170	193	182	198	188	180	211	— 41
Ilzstadt . . . . .	362,988	288,22	112	109	111	110	108	106	108	115	186	183	182	193	203	197	203	198	192	227	— 76
Obernzell . . . . .	379,478	281,7	30	25	27	24	30	19	19	19	60	55	56	66	92	86	100	92	83	130	— 36











7. Anzahl der Tage mit Eisgang und Eisstand in der Donau bei Neu-Ulm  
nach den Beobachtungen  
in den 30 Winterperioden 1873/1874 bis 1902/1903.

Winterperiode	Eisgang					Eisstand					Eisgang zu- sammen	Eisstand zu- sammen	Eisgang und Eisstand zu- sammen
	November	Dezember	Januar	Februar	März	November	Dezember	Januar	Februar	März			
	Anzahl der Tage												
1873/74	—	1	4	4	—	—	—	—	—	—	9	—	9
74/75	—	8	2	10	8	—	—	—	—	—	28	—	28
75/76	—	10	5	2	—	—	—	—	—	—	17	—	17
76/77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77/78	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	5	—	5
78/79	—	5	3	—	—	—	—	—	—	—	8	—	8
79/80	—	22	10	9	—	—	3	1	—	—	41	4	45
80/81	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	9	—	9
81/82	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2	—	2
1882/83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
durchschnittlich im Jahr	—	4,6	3,8	2,7	0,8	—	0,3	0,1	—	—	11,9	0,4	12,3
1883/84	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	3
84/85	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	12	—	12
85/86	—	2	2	2	5	—	—	—	—	—	11	—	11
86/87	—	—	9	7	—	—	—	—	—	—	16	—	16
87/88	—	8	13	—	3	—	—	—	—	—	24	—	24
88/89	—	—	5	6	4	—	—	—	—	—	15	—	15
89/90	—	—	—	6	6	—	—	—	—	—	12	—	12
90/91	—	15	20	7	—	—	—	—	—	—	42	—	42
91/92	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	5
1892/93	—	6	21	3	—	—	—	—	—	—	30	—	30
durchschnittlich im Jahr	—	3,9	8,2	3,1	1,8	—	—	—	—	—	17,0	—	17,0
1893/94	—	2	5	6	—	—	—	—	—	—	13	—	13
94/95	—	1	16	25	5	—	—	—	—	—	47	—	47
95/96	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2	—	2
96/97	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	5	—	5
97/98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
98/99	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	3
99/00	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	14	—	14
1900/01	—	—	11	13	—	—	—	—	—	—	24	—	24
01/02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1902/03	—	10	10	—	—	—	—	—	—	—	20	—	20
durchschnittlich im Jahr zusammen in den 30 Jahren	—	3,0	4,7	4,6	0,5	—	—	—	—	—	12,8	—	12,8
durchschnittlich im Jahr	—	115	167	104	31	—	3	1	—	—	417	4	421
durchschnittlich im Jahr	—	3,83	5,57	3,47	1,03	—	0,10	0,03	—	—	13,90	0,13	14,03

## 8. Anzahl der Tage mit Eisgang und Eisstand in der Donau bei Donauwörth

nach den Beobachtungen in den 30 Winterperioden 1873/1874 bis 1902/1903.

Winterperiode	Eisgang					Eisstand					Eisgang zu- sammen	Eisstand zu- sammen	Eisgang und Eisstand zu- sammen
	November	Dezember	Januar	Februar	März	November	Dezember	Januar	Februar	März			
Anzahl der Tage													
1873/74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74/75	2	6	2	8	—	—	—	—	—	—	18	—	18
75/76	—	6	8	1	—	—	—	—	—	—	15	—	15
76/77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77/78	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	4	—	4
78/79	—	11	4	—	—	—	—	—	—	—	15	—	15
79/80	—	16	13	7	—	—	13	1	—	—	36	14	50
80/81	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	10	—	10
81/82	—	3	—	3	—	—	—	—	—	—	6	—	6
1882/83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
durchschnittlich im Jahr	0,2	4,2	4,1	1,9	—	—	1,3	0,1	—	—	10,4	1,4	11,8
1883/84	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	4
84/85	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—	17	—	17
85/86	—	—	4	3	5	—	—	—	—	—	12	—	12
86/87	—	—	8	5	—	—	—	—	—	—	13	—	13
87/88	—	8	25	5	3	—	—	—	—	—	41	—	41
88/89	—	2	6	5	2	—	—	—	—	—	15	—	15
89/90	—	2	—	2	5	—	—	—	—	—	9	—	9
90/91	—	17	19	9	—	—	—	12	—	—	45	12	57
91/92	—	—	6	—	2	—	—	—	—	—	8	—	8
1892/93	—	7	17	2	—	—	—	14	1	—	26	15	41
durchschnittlich im Jahr	—	4,0	10,2	3,1	1,7	—	—	2,6	0,1	—	19,0	2,7	21,7
1893/94	—	3	16	6	—	—	—	4	—	—	25	4	29
94/95	—	—	20	9	1	—	—	—	19	9	30	28	58
95/96	—	—	3	3	—	—	—	—	—	—	6	—	6
96/97	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	7	—	7
97/98	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	5
98/99	—	5	—	1	—	—	—	—	—	—	6	—	6
99/00	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	16	—	16
1900/01	—	—	17	14	—	—	—	—	—	—	31	—	31
01/02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1902/03	1	7	9	—	—	—	—	—	—	—	17	—	17
durchschnittlich im Jahr zusammen in den 30 Jahren	0,1	3,6	7,2	3,3	0,1	—	—	0,4	1,9	0,9	14,3	3,2	17,5
durchschnittlich im Jahr	3	118	215	83	18	—	13	31	20	9	437	73	510
durchschnittlich im Jahr	0,1	3,93	7,17	2,77	0,60	—	0,43	1,03	0,67	0,30	14,57	2,43	17,00

9. Anzahl der Tage mit Eisgang und Eisstand in der Donau bei Neuburg  
nach den Beobachtungen  
in den 30 Winterperioden 1873/1874 bis 1902/1903.

Winterperiode	Eisgang					Eisstand					Eisgang zu- sammen	Eisstand zu- sammen	Eisgang und Eisstand zu- sammen
	November	Dezember	Januar	Februar	März	November	Dezember	Januar	Februar	März			
	Anzahl der Tage												
1873/74	—	—	4	4	—	—	—	—	—	—	8	—	8
74/75	2	6	—	4	—	—	—	—	—	—	12	—	12
75/76	—	4	7	4	—	—	—	—	—	—	15	—	15
76/77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77/78	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	4	—	4
78/79	—	8	5	—	—	—	—	—	—	—	13	—	13
79/80	—	12	13	10	—	—	16	2	—	—	35	18	53
80/81	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—	11	—	11
81/82	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	5	—	5
1882/83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
durchschnittlich im Jahr	0,2	3,0	4,4	2,7	—	—	1,6	0,2	—	—	10,3	1,8	13,1
1883/84	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	4
84/85	—	—	17	1	—	—	—	—	—	—	18	—	18
85/86	—	1	3	2	5	—	—	—	—	—	11	—	11
86/87	—	—	12	5	—	—	—	—	—	—	17	—	17
87/88	—	7	14	5	2	—	—	7	—	—	28	7	35
88/89	—	1	6	9	2	—	—	—	—	—	18	—	18
89/90	—	1	—	2	5	—	—	—	—	—	8	—	8
90/91	—	16	10	5	—	—	—	21	7	—	31	28	59
91/92	—	6	5	—	2	—	—	—	—	—	13	—	13
1892/93	—	7	14	5	—	—	—	17	—	—	26	17	43
durchschnittlich im Jahr	—	4,3	8,1	3,4	1,6	—	—	4,5	0,7	—	17,4	5,2	22,6
1893/94	—	3	16	6	—	—	—	4	—	—	25	4	29
94/95	—	—	12	1	1	—	—	—	28	9	14	37	51
95/96	—	—	5	4	—	—	—	—	—	—	9	—	9
96/97	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	7	—	7
97/98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
98/99	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	3
99/00	—	16	2	—	—	—	2	—	—	—	18	2	20
1900/01	—	—	13	12	—	—	—	7	2	—	25	9	34
01/02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1902/03	1	10	8	—	—	—	—	—	—	—	19	—	19
durchschnittlich im Jahr zusammen in den 30 Jahren	0,1	3,2	6,3	2,3	0,1	—	0,2	1,1	3,0	9,0	12,0	5,2	17,2
durchschnittlich im Jahr	3	105	188	84	17	—	18	58	37	9	397	122	519
durchschnittlich im Jahr	0,10	3,50	6,27	2,80	0,57	—	0,6	1,93	1,23	0,3	13,23	4,07	17,30

10. Anzahl der Tage mit Eisgang und Eisstand in der Donau bei Ingolstadt  
nach den Beobachtungen  
in den 30 Winterperioden 1873/1874 bis 1902/1903.

Winterperiode	Eisgang					Eisstand					Eisgang zu- sammen	Eisstand zu- sammen	Eisgang und Eisstand zu- sammen
	November	Dezember	Januar	Februar	März	November	Dezember	Januar	Februar	März			
	Anzahl der Tage												
1873/74	—	1	4	6	—	—	—	—	—	—	11	—	11
74/75	—	7	3	17	—	—	—	—	—	—	27	—	27
75/76	—	—	6	2	—	—	—	—	—	—	8	—	8
76/77	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2
77/78	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	6	—	6
78/79	—	11	4	—	—	—	—	—	—	—	15	—	15
79/80	—	10	16	5	—	—	20	2	7	—	31	29	60
80/81	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	12	—	12
81/82	—	5	—	4	—	—	—	—	—	—	9	—	9
1882/83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
durchschnittlich im Jahr	—	3,6	5,1	3,4	—	—	2,0	0,2	0,7	—	12,1	2,9	15,0
1883/84	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	3
84/85	—	—	11	1	—	—	—	6	3	—	12	9	21
85/86	—	1	3	3	6	—	—	—	—	—	13	—	13
86/87	—	—	9	9	—	—	—	—	—	—	18	—	18
87/88	—	7	13	4	—	—	—	9	—	—	24	9	33
88/89	—	1	6	5	1	—	—	—	—	—	13	—	13
89/90	—	2	—	1	5	—	—	—	—	—	8	—	8
90/91	—	17	1	2	—	—	—	30	15	—	20	45	65
91/92	—	6	5	—	2	—	—	—	—	—	13	—	13
1892/93	—	7	7	1	—	—	—	24	4	—	15	28	43
durchschnittlich im Jahr	—	4,4	5,5	2,6	1,4	—	—	6,9	2,2	—	13,9	9,1	23,0
1893/94	—	2	5	4	—	—	—	16	—	—	11	16	27
94/95	—	—	11	1	1	—	—	4	27	13	13	44	57
95/96	—	—	6	4	—	—	—	—	—	—	10	—	10
96/97	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	8	—	8
97/98	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
98/99	—	3	—	1	—	—	—	—	—	—	4	—	4
99/00	—	9	2	—	—	—	12	—	—	—	11	12	23
1900/01	—	—	5	8	1	—	—	19	9	1	14	29	43
01/02	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1
1902/03	1	9	11	—	—	—	—	4	—	—	21	4	25
durchschnittlich im Jahr zusammen in den 30 Jahren	0,1	2,4	4,8	1,9	0,2	—	1,2	4,3	3,6	1,4	9,4	10,5	19,9
durchschnittlich im Jahr	1	10,4	15,4	7,9	1,6	—	3,2	11,4	6,5	1,4	35,4	22,5	57,9
durchschnittlich im Jahr	0,04	3,47	5,13	2,63	0,53	—	1,07	3,80	2,16	0,47	11,80	7,50	19,80

II. Die Anzahl und die mittlere Entfernung der Wechsel  
des Talweges der Donau von Neu-Ulm bis nächst unterhalb Kelheim  
Kilometer 0 bis Kilometer 194  
nach Aufnahmen aus den Jahren 1874 bis 1903.

Von Kilometer	Bis Kilometer	Längen- unter- schied in Kilo- metern	Anzahl der Wechsel des Talweges	Mittlere Entfernung der Wechsel in Metern	Festliegender Talweg mit lang gezogenen Übergängen	Fast alljährlich, je nach dem Verlauf der Hoch- wasser, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit schroffen Übergängen	Talweg mit wenig veränderlicher Lage und mit langen Über- gängen	In längerer Zeit, oft nach mehreren Jahren, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit kurzen Übergängen
0	1,6	1,6	3	533	—	—	1,6	—
1,6	7,2	5,6	9	622	5,6	—	—	—
7,2	11,3	4,1	5	820	—	—	2,5	1,6
11,3	18,1	6,8	16	425	—	6,8	—	—
18,1	19,9	1,8	4	450	—	—	—	1,8
19,9	24,9	5,0	13	385	—	5,0	—	—
24,9	27,6	2,7	3	900	2,7	—	—	—
27,6	30,4	2,8	4	700	—	—	2,8	—
30,4	43,5	13,1	29	452	—	13,1	—	—
43,5	48,0	4,5	7	643	4,5	—	—	—
48,0	52,7	4,7	8	588	—	—	4,7	—
52,7	56,3	3,6	10	360	—	3,6	—	—
56,3	60,5	4,2	10	420	—	—	—	4,2
60,5	67,8	7,3	19	384	—	7,3	—	—
67,8	71,8	4,0	6	666	4,0	—	—	—
71,8	74,6	2,8	4	700	—	—	2,8	—
74,6	90,8	16,2	13	1246	16,2	—	—	—
90,8	97,0	6,2	3—8	1033	—	—	6,2	—
				755—2063				
97,0	101,0	4,0	4—9	571	—	—	—	4,0
				444—1000				
101,0	104,0	3,0	4	750	3,0	—	—	—
104,0	106,2	2,2	3	733	—	—	2,2	—
106,2	107,4	1,2	1	1200	1,2	—	—	—
107,4	109,2	1,8	2	900	—	—	1,8	—
109,2	113,6	4,4	6	733	4,4	—	—	—
113,6	118,0	4,4	3—6	1100	—	—	4,4	—
				733—1467				
118,0	121,9	3,9	7	577	—	—	—	3,9
121,9	123,1	1,2	2	600	—	—	1,2	—
123,1	124,1	1,0	1—2	500	—	—	—	1,0
				500—1000				
124,1	127,6	3,5	7—11	389	—	3,5	—	—
				318—500				
127,6	130,3	2,7	5—7	450	—	—	—	2,7
				386—540				
130,3	131,5	1,2	2	600	—	—	1,2	—
131,5	138,9	7,4	15—18	463	—	7,4	—	—
				411—493				
138,9	144,2	5,3	10—14	482	—	—	—	5,3
				408—530				
144,2	145,0	0,8	1	800	0,8	—	—	—
145,0	153,6	8,6	8—13,5	896	—	—	8,6	—
				637—1075				
153,6	157,6	4,0	3,5—7,5	727	—	—	—	4,0
				533—1143				
157,6	159,8	2,2	2,5—4	800	—	—	2,2	—
				550—880				
159,8	162,2	2,4	3—5	600	—	—	—	2,4
				480—800				
162,2	165,0	2,8	2—4	1400	—	—	2,8	—
				700—1400				
165,0	183,0	18,0	15	1200	18,0	—	—	—
183,0	190,6	7,6	7	1086	—	—	7,6	—
190,6	193,4	2,8	2	1400	2,8	—	—	—
193,4	194,0	0,6	½	1200	—	—	0,6	—
Summen . . . . .					63,2	46,7	53,2	30,9
Anzahl der Wechsel . . . . .					67,0	112,5	65,5	52,0
Mittlere Entfernung zwischen den Wechseln					0,943	0,415	0,812	0,594

## 12. Der Hochwasserabfluß bei den Wehranlagen in der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg.

Höhe des Wehrrückens in der Schiffs-öffnung	Mittlere Tiefe der Flußsohle berechnet nach Aufnahmen vom 2. Sept. 1899	Der Wehrrücken in der Schiffs-öffnung liegt unter der Höhe der mittleren Flußsohle in Metern	Bekannt höchster Wasserstand der Donau		Niederwasser der Donau am 2. Sept. 1899, Höhe am Pegel in Zentimetern	Höhenunterschied in Zentimetern zwischen dem Hochwasser- und Niederwasserstand	Niederwasserhöhe der Donau an der Wehrstelle am 2. Sept. 1899	Höhe des bekannt höchsten Wasserstandes der Donau bei der Wehrstelle	Die für das fertige Wehr angenommene Höhe des höchsten Hochwasserstandes	Die für das fertige Wehr angenommene Höhe des Hochwassers liegt unter dem bekannt höchsten Wasserstand in Metern	Größe der Flutöffnungen in Quadratmetern unter dem für das fertige Wehr angenommenen Hochwasserstand	Gefälle des Wasserspiegels bei der Wehrstelle in Metern auf 1000 Meter Länge	Sekundliche Wassermenge in Kubikmetern		Die für das fertige Wehr berechnete mittlere Wassergeschwindigkeit bei Hochwasser in Metern	
			Datum	Höhe am Pegel in Zentimetern									berechnet für den beim fertigen Wehr angenommenen Hochwasserstand	seither angenommen als größte Hochwassermenge der Donau		

### 1. Wehranlage in der Donau unterhalb Neu-Ulm bei Kilometer 5,8.

Die nachfolgenden Angaben über die Wasserstände der Donau beziehen sich auf die Pegelstation Neu-Ulm bei Kilometer 2,373.

Bei dieser sowie bei den nachfolgend genannten Wehranlagen ist angenommen, daß der Wasserstand der Donau an der Wehrstelle und an dem Pegel in gleichem Maße schwankt, welche Annahme mit Rücksicht auf die nahe Lage der Wehrstelle bei der Pegelstation zulässig ist.

460,000	460,635	0,635	Dezember 1882	465	— 20	485	461,355	466,205	465,700	0,505	528,5	1,00	1633	1450 *)	3,09
---------	---------	-------	---------------	-----	------	-----	---------	---------	---------	-------	-------	------	------	---------	------

### 2. Wehranlage in der Donau unterhalb Donauwörth bei Kilometer 80,1.

Die nachfolgenden Angaben über die Wasserstände der Donau beziehen sich auf die Pegelstation Donauwörth bei Kilometer 78,493.

394,300	394,958	0,658	September 1890	372	— 7	379	396,178	400,968	400,500	0,468	742,0	0,53	1777	1700	2,38
---------	---------	-------	----------------	-----	-----	-----	---------	---------	---------	-------	-------	------	------	------	------

### 3. Wehranlage in der Donau unterhalb Neuburg bei Kilometer 112,1.

Die nachfolgenden Angaben über die Wasserstände der Donau beziehen sich auf die Pegelstation Neuburg bei Kilometer 110,786.

373,500	374,140	0,640	März 1845	523	— 68	591	375,380	381,290	380,800	0,490	696,5	0,68	2167	2100	3,12
---------	---------	-------	-----------	-----	------	-----	---------	---------	---------	-------	-------	------	------	------	------

\*) 1469 Kubikmeter nach den von dem Kgl. Baurat A n g e l e in den Jahren 1899 bis 1901 vorgenommenen Messungen in der Donau bei dem Kilometer 3,0 der bayerischen Ufereinteilung.

13. Die Kosten für den Baugrubenaushub und die Spundwände, für die pneumatische Fundierung, für die Maurer- und Steinhauer-Arbeiten sowie für die Wasserförderung zur Herstellung der Widerlager, der Pfeiler und der Wehrrücken in den Wehranlagen der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg.

In den Darstellungen der Wehre auf Blatt III sind 8 Meter breite Turbinenpfeiler eingezeichnet. Bei der Berechnung der Kosten sind gewöhnliche, 4 Meter breite Pfeiler vorgesehen.

Ort der Wehranlage		Bezeichnung der Bauarbeiten	Kosten in Mark für ein Widerlager	Kosten in Mark für einen Pfeiler	Kosten in Mark für die 35 Meter langen Wehrrücken		
unterhalb der Stadt	bei dem Donau-Kilometer				in der am tiefsten gelegenen Flutöffnung, zugleich Schiffsfahrtsöffnung	in der um 1 Meter höher als die Schiffsfahrtsöffnung gelegenen Flutöffnung	in der um 1,3 Meter höher als die Schiffsfahrtsöffnung gelegenen Flutöffnung
Neu-Ulm	5,8	Baugrubenaushub über dem Niederwasser mit einer Höhe von 461,5 m + N.N. . . . . .	550	400	1 100	1 100	—
		Baugrubenaushub unter dem Niederwasser zwischen Spundwänden	1 300	1 300	3 800	2 800	—
		Spundwände . . . . .	9 650	7 900	11 600	11 600	—
		Maurer- und Steinhauer-Arbeiten	14 500	18 400	26 500	26 500	—
		Wasserförderung . . . . .	1 000	1 000	1 000	1 000	—
		zusammen	27 000	29 000	44 000	43 000	—
Donauwörth	80,1	Baugrubenaushub über dem Niederwasser mit einer Höhe von 396,0 m + N.N. . . . . .	200	1 000	2 450	750	—
		Baugrubenaushub unter dem Niederwasser zwischen Spundwänden	1 300	—	3 900	3 100	2 850
		Spundwände . . . . .	9 650	—	11 600	11 600	11 600
		Maurer- und Steinhauer-Arbeiten	17 850	13 700	29 550	29 550	29 550
		Pneumatische Fundierung zwischen den Höhen 388,0 m und 396,0 m + N.N.	—	89 300	—	—	—
		Wasserförderung . . . . .	1 000	—	1 500	1 000	1 000
		zusammen	30 000	104 000*)	49 000	46 000	45 000
Neuburg	112,1	Baugrubenaushub über dem Niederwasser mit einer Höhe von 375,4 m + N.N. . . . . .	1 470	1 250	—	1 500	2 500
		Baugrubenaushub unter dem Niederwasser zwischen Spundwänden	1 330	1 250	2 350	3 350	3 350
		Spundwände . . . . .	10 200	7 900	11 600	11 600	11 600
		Maurer- und Steinhauer-Arbeiten	22 000	25 100	29 550	29 550	29 550
		Wasserförderung . . . . .	1 000	1 500	1 500	1 000	1 000
		zusammen	36 000	37 000	45 000	47 000**)	48 000**)

\*) Im Wehre unterhalb Donauwörth ergibt sich beim mittleren Pfeiler, der in das Flußbett zu stehen kommt, über dem Niederwasser kein Aushub; daher die Baukosten dieses Pfeilers 103 000 Mark.

\*\*\*) Im Wehre unterhalb Neuburg liegt der Wehrrücken in der zweiten und dritten Öffnung, vom linken Ufer aus gerechnet, auf gleicher Höhe, nämlich 1 Meter über der Höhe der Schiffsfahrtsöffnung.

## 14. Die Kosten der Widerlager, Pfeiler, Wehrrücken sowie des Fischpasses, sodann der Walzen für den Verschluss der Flutöffnungen in den Wehranlagen der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg.

In den Darstellungen der Wehre auf Blatt III sind 8 Meter breite Turbinenpfeiler gezeichnet. Bei der Berechnung der Kosten sind gewöhnliche, 4 Meter breite Pfeiler vorgesehen.

Wehr unterhalb Neu-Ulm bei dem Donau-Kilometer 5,8		Wehr unterhalb Donauwörth bei dem Donau-Kilometer 80,1		Wehr unterhalb Neuburg bei dem Donau-Kilometer 112,1	
Bezeichnung der Bauarbeiten, von links nach rechts aufgezählt	Kosten in Mark	Bezeichnung der Bauarbeiten, von links nach rechts aufgezählt	Kosten in Mark	Bezeichnung der Bauarbeiten, von links nach rechts aufgezählt	Kosten in Mark
Widerlager, durch die Seitenmauer der Kammer- schleuse gebildet . . . . .	—	Widerlager . . . . .	30 000	Widerlager, durch die Seitenmauer der Kammer- schleuse gebildet . . . . .	—
Fischpaß . . . . .	15 000	Wehrrücken . . . . .	45 000	Fischpaß . . . . .	15 000
Wehrrücken in der für die Schifffahrt bei aufge- zogenem Wehrverschluß dienenden Flutöffnung	44 000	Pfeiler . . . . .	104 000	Wehrrücken in der für die Schifffahrt bei aufge- zogenem Wehrverschluß dienenden Flutöffnung	45 000
Pfeiler . . . . .	29 000	Wehrrücken . . . . .	45 000	Pfeiler . . . . .	37 000
Wehrrücken . . . . .	43 000	Pfeiler . . . . .	103 000	Wehrrücken . . . . .	47 000
Pfeiler . . . . .	29 000	Wehrrücken . . . . .	46 000	Pfeiler . . . . .	37 000
Wehrrücken . . . . .	43 000	Pfeiler . . . . .	103 000	Wehrrücken . . . . .	48 000
Widerlager . . . . .	27 000	Wehrrücken in der für die Schifffahrt bei aufge- zogenem Wehrverschluß dienenden Flutöffnung	49 000	Widerlager . . . . .	36 000
		Fischpaß . . . . .	15 000		
		Widerlager, durch die Seitenmauer der Kammer- schleuse gebildet . . . . .	—		
zusammen die Kosten für Widerlager, Pfeiler, Wehrrücken und Fischpaß . . . . .	230 000	zusammen die Kosten für Widerlager, Pfeiler, Wehrrücken und Fischpaß . . . . .	540 000	zusammen die Kosten für Widerlager, Pfeiler, Wehrrücken und Fischpaß . . . . .	265 000
Walze mit 4,0 Meter Höhe in der Schifffahrtsöffnung	115 000	Walze mit 3,0 Meter Höhe in der 1. Öffnung . . .	74 000	Walze mit 4,5 Meter Höhe in der Schifffahrtsöffnung	127 000
Walze mit 3,0 Meter Höhe in der 2. Öffnung . . .	74 000	Walze mit 3,0 Meter Höhe in der 2. Öffnung . . .	74 000	Walze mit 3,5 Meter Höhe in der 2. Öffnung . . .	94 000
Walze mit 3,0 Meter Höhe in der 3. Öffnung . . .	74 000	Walze mit 3,3 Meter Höhe in der 3. Öffnung . . .	85 000	Walze mit 3,5 Meter Höhe in der 3. Öffnung . . .	94 000
		Walze mit 4,3 Meter Höhe in der Schifffahrtsöffnung	121 000		
zusammen die Kosten der Walzen für den Ver- schluß der Flutöffnungen in dem Wehre*) . . .	263 000	zusammen die Kosten der Walzen für den Ver- schluß der Flutöffnungen in dem Wehre*) . . .	354 000	zusammen die Kosten der Walzen für den Ver- schluß der Flutöffnungen in dem Wehre*) . . .	315 000

\*) Die Angaben dieser Kosten verdankt das technische Amt der „Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G.“.



**15. Die gesamten Kosten der Wehranlagen  
in der Donau  
unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg.**

Laufende Nummer	Bezeichnung der Bauteile der Wehranlage	Kosten in Mark der Wehranlage in der Donau unterhalb		
		Neu-Ulm bei Kilometer 5,8	Donauwörth bei Kilometer 80,1	Neuburg bei Kilometer 112,1
1.	Die Bauarbeiten in Tabelle 14, Widerlager, Pfeiler, Wehrrücken und Fischpaß . . . . .	230 000	540 000	265 000
2.	Die Kammerschleuse für Schiffe und Flöße . . . . .	440 000	457 000	505 000
3.	Die Trennungsmauern zwischen Wehr und Kammerschleuse beim Ober- und Unterhaupt der Schleuse zur Sicherung der Schiff- und Floßfahrt . . . . .	150 000	180 000	200 000
4.	Die Flußbatterweiterung wegen der hochwasserfreien Anlage der Ufer . . . . .	265 000	537 000	278 000
5.	Die Sicherung der Flußsohle . . . . .	44 000	58 000	47 000
6.	Die Sicherung der Uferböschungen . . . . .	94 000	120 000	140 000
7.	Die Wärterwohnung und das Magazin . . . . .	30 000	30 000	30 000
	zusammen die Kosten unter Nr. 1 mit Nr. 7 . . .	1 253 000	1 922 000	1 465 000
8.	Die Walzen für den Verschluß der Flutöffnungen in den Wehren	263 000	354 000	315 000
9.	Der Laufsteg einschließlich des Bohlenbelages . . . . .	18 000	24 000	18 000
	zusammen die Kosten unter Nr. 8 und Nr. 9 . . .	281 000	378 000	333 000
	hiezü wie voraus die Kosten unter Nr. 1 mit Nr. 7	1 253 000	1 922 000	1 465 000
	Die gesamten Kosten der Wehranlage . . . . .	1 534 000 *)	2 300 000	1 798 000

\*) In diesen Kosten sind die Kosten für die Förderung, den Transport und die Ablagerung von 270 000 Kubikmetern zur Erweiterung des Flußbettes bei der Wehranlage enthalten, die zur Herstellung des Seitenkanales für die Schifffahrt Verwendung finden. Die betreffenden Kosten betragen 243 000 Mark und sind bei den Kosten für den Seitenkanal verrechnet. Unter Titel VI, „Wehranlagen“, der Tabelle 28 sind daher nur eingesetzt:  $(1 534 000 - 243 000) = 1 291 000$ .

# 16. Der Wasserbedarf für den Betrieb der Schifffahrt im Kanale längs der Donau von Ulm bis nach Saal unterhalb Kelheim, sodann die zur Ausnutzung verfügbaren Wassermengen im Seitenkanale.

Bei der Berechnung des Wasserbedarfes wurde vorausgesetzt: ein sekundlicher Wasserverlust durch Versickerung und Verdunstung von 14 Litern für jeden Kilometer Kanal, ein sekundlicher Wasserverlust durch die Verluste an den Toren einer jeden Schleuse von 5 Litern für jeden Meter Gefälle, ein durchschnittlich 270 Tage im Jahre andauernder Güterverkehr von 4 Millionen Tonnen, sodann bei jeder Stufe ein doppeltes Hebewerk, da ein einfaches Hebewerk, wie im Entwurf zur Kostenberechnung vorausgesetzt ist, nur für einen jährlichen Güterverkehr bis zu 2 Millionen Tonnen genügt. Die Anzahl der Füllungen für jede Schleuse und für jeden Tag wurde angenommen wie in der Denkschrift über die Donau—Main—Wasserstraße vom Jahre 1903, Seite 36.

Bei der Berechnung der verfügbaren Wassermenge im Seitenkanale wurde ein größter sekundlicher Zufluß von 11,5 Kubikmetern vorausgesetzt, der bei Neu-Ulm, bei Donauwörth und Neuburg stattfindet. Zur Bestimmung des nutzbaren Gefälles bei den Staustufen wurde das Wasserspiegelgefälle in den Haltungen zu 1,5 Zentimeter auf 1000 Meter Länge angenommen.

Angabe der Maße zur Berechnung des Wasserbedarfes	Wasserbedarf in Sekunden- litern	Sekundliche Wassermenge in Kubikmetern, die zur Kraft- ausnützung zur Verfügung steht und zwar an		Nutzbares Gefälle bei der Staustufe in Metern	Sekundlich verwertbare Wasserkraft in PS. und zwar an	
		270	95		270	95
		Tagen			Tagen	

## I. Der Seitenkanal von Ulm bis nach Donauwörth.

<b>13. Haltung, Kilometer 168,5—160,4, 8,1 Kilometer Länge, hievon entfallen 2,350 Kilometer auf die offene Donau und 5,750 Kilometer auf den Seitenkanal.</b>						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	5,750 × 14,0	80				
2. Torverluste . . . . .	2 × 8,5 × 5,0	85				
3. Schleusungswasser . . . . .			11,5	11,5		
	$52 \times 641 \times 5,67^*) \times 1000$	2187	— 2,4	— 0,1		
*) 1 Sparbecken	86400					
	zusammen	2352	9,1	11,4	8,4	764 958
<b>12. Haltung, Kilometer 160,4—152,9, 7,5 Kilometer Länge.</b>						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	7,5 × 14,0	105				
2. Torverluste . . . . .	2 × 6,5 × 5,0	65				
3. Schleusungswasser . . . . .			11,4	11,4		
	$52 \times 641 \times 6,5 \times 1000$	2508	— 2,7	— 0,1		
	86400					
	zusammen	2678	8,7	11,3	6,4	556 723
<b>11. Haltung, Kilometer 152,9—140,6, 12,3 Kilometer Länge.</b>						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	12,3 × 14,0	172				
2. Torverluste . . . . .	2 × 8,0 × 5,0	80				
3. Schleusungswasser . . . . .			11,3	11,3		
	$52 \times 641 \times 8,0 \times 1000$	3086	— 3,4	— 0,2		
	86400					
	zusammen	3338	7,9	11,1	7,8	616 865
<b>10. Haltung, Kilometer 140,6—129,6, 11,0 Kilometer Länge.</b>						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	11,0 × 14,0	154				
2. Torverluste . . . . .	2 × 10,2 × 5,0	102				
3. Schleusungswasser . . . . .			11,1	11,1		
	$52 \times 641 \times 6,8^*) \times 1000$	2623	— 2,9	— 0,2		
*) 1 Sparbecken	86400					
	zusammen	2879	8,2	10,9	10,0	820 1090
<b>9. Haltung, Kilometer 129,6—120,3, 9,3 Kilometer Länge.</b>						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	9,3 × 14,0	130				
2. Torverluste . . . . .	2 × 8,7 × 5,0	87				
3. Schleusungswasser . . . . .			10,9	10,9		
	$52 \times 641 \times 8,7 \times 1000$	3356	— 3,6	— 0,2		
	86400					
	zusammen	3573	7,3	10,7	8,5	620 909
<b>8. Haltung, Kilometer 120,3—103,3, 17,0 Kilometer Länge.</b>						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	17,0 × 14,0	238				
2. Torverluste . . . . .	2 × 23,3 × 5,0	233				
3. Schleusungswasser . . . . .			10,7	10,7		
	$52 \times 641 \times 7,7^*) \times 1000$	2971	— 3,5	— 0,3		
*) Schleusentreppe	86400					
	zusammen	3442	7,2	10,4	23,0	1656 2392
					zu übertragen	5032 6937

Angabe der Maße zur Berechnung des Wasserbedarfes	Wasserbedarf in Sekunden- litern	Sekundliche Wassermenge in Kubikmetern, die zur Kraft- ausnützung zur Verfügung steht und zwar an		Nutzbares Gefälle bei der Staustufe in Metern	Sekundlich verwertbare Wasserkraft in PS. und zwar an	
		270	95		270	95
		Tagen			Tagen	
Übertrag					5032	6937

## II. Der Seitenkanal von Donauwörth bis nach Neuburg.

7. Haltung, Kilometer 103,3—91,2, 12,1 Kilometer Länge, hievon kommt in Betracht die Strecke der Haltung von der Donau ab, das ist von Kilometer 98,6—91,2, 7,4 Kilo- meter Länge.						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	7,4×14,0	104				
2. Torverluste . . . . .	2×5,8×5,0	58				
3. Schleusungswasser. . . . .			11,5	11,5		
	<u>52×641×5,8×1000</u>	2238	-2,4	-0,1		
	86400					
	zusammen	2400	9,1	11,4	5,7	518 649
6. Haltung, Kilometer 91,2—81,6, 9,6 Kilometer Länge.						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	9,6×14,0	134				
2. Torverluste . . . . .	2×6,0×5,0	60				
3. Schleusungswasser. . . . .			11,4	11,4		
	<u>52×641×6,0×1000</u>	2315	-2,5	-0,2		
	86400					
	zusammen	2509	8,9	11,2	5,8	516 649
5. Haltung, Kilometer 81,6—69,6, 12,0 Kilometer Länge.						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	12,0×14,0	168				
2. Torverluste . . . . .	2×9,0×5,0	90				
3. Schleusungswasser. . . . .			11,2	11,2		
	<u>52×641×6,0*)×1000</u>	2315	-2,6	-0,2		
	86400					
	zusammen	2573	8,6	11,0	8,8	756 968

\*) 1 Sparbecken

## III. Der Seitenkanal von Neuburg bis zur Donau bei Saal.

4. Haltung, Kilometer 69,6—56,6, 13,0 Kilometer Länge, hievon kommt in Betracht die Strecke der Haltung von der Donau bei Neuburg ab, das ist von Kilometer 67,9 bis 56,6, 11,3 Kilometer Länge.						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	11,3×14,0	158				
2. Torverluste . . . . .	2×6,4×5,0	64				
3. Schleusungswasser. . . . .			11,5	11,5		
	<u>52×641×6,4×5,0</u>	2469	-2,7	-0,2		
	86400					
	zusammen	2691	8,8	11,3	6,2	545 700
3. Kanalhaltung, Kilometer 56,6—49,4, 7,2 Kilometer Länge.						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	7,2×14,0	111				
2. Torverluste . . . . .	2×6,6×5,0	66				
3. Schleusungswasser. . . . .			11,3	11,3		
	<u>52×641×6,6×1000</u>	2546	-2,8	-0,1		
	86400					
	zusammen	2723	8,5	11,2	6,5	552 728
2. Kanalhaltung, Kilometer 49,4—2,4, 47,0 Kilometer Länge. *)						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	47,0×14,0	658				
2. Torverluste . . . . .	2×23,0×5,0	230				
3. Schleusungswasser. . . . .			11,2	11,2		
	<u>52×641×7,68*)×1000</u>	2963	-3,9	-0,7		
	86400					
	zusammen	3851	7,3	10,5	22,3	1557 - 2341
1. Kanalhaltung, Kilometer 2,4—1,0, 1,4 Kilometer Länge.						
1. Versickerung und Verdunstung . . . . .	1,4×14,0	20				
2. Torverluste . . . . .	2×5,0×5,0	50				
3. Schleusungswasser. . . . .			10,5	10,5		
	<u>52×641×5,0×1000</u>	1929	-2,0	-0,1		
	86400					
	zusammen	1999	8,5	10,4		
Die Kanalstrecke von Kilometer 1,0 zur Donau steht in offener Verbindung mit dem Flusse.					zusammen	9476 12972

wird von  
der Donau  
beeinflusst

\*) Bei dem Tunnel zwischen Kilometer 4,4 und 5,0 muß ein Teil des zur Kraftausnützung zur Verfügung stehenden Wassers umgeleitet werden.

# 17. Die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte der Donau am Wehre bei Kilometer 5,8 unterhalb der Städte Ulm und Neu-Ulm

bei einer Stauhöhe bis auf 464,0 m + N.N.

Wasserstand der Donau am Pegel zu Neu-Ulm bei Kilometer 2,373		Mittl. Dauer in Tagen während eines Jahres	Der nebenbezeichneten Anzahl von Tagen entspricht im Mittel		Am Wehre nutzbare Wassermenge in Sek.-Kubikmetern für jeden Tag	Gefälle am Wehre in Zentimetern bei dem mittleren Pegelstand	Sekundliche Wasserkraft in PS bei 75% Nutzeffekt der Turbinen		Produkt aus der verwertbaren Wasserkraft und ihrer jährlichen Dauer
Höhe in Zentimetern von	bis		ein Pegelstand in Zentimetern	eine Wassermenge in Sek.-Kubikmetern			vorhandene Wasserkraft	verwertbare Wasserkraft	
<b>a) in den 9 Monaten März mit November</b>									
-47	-40	—	-43	38	26	318	827	827	—
-39	-30	1	-35	42	30	310	930	930	930
-29	-20	7	-25	48	36	300	1080	1080	7 560
-19	-10	14	-15	54	42	290	1218	1218	17 025
- 9	0	18	- 5	62	50	280	1400	1400	25 200
+ 1	+10	22	+ 5	70	58	270	1566	1566	34 452
11	20	19	15	80	68	260	1768	1768	33 592
21	30	22	25	92	80	250	2000	2000	44 000
31	40	28	35	105	93	240	2232	2200	61 600
41	50	22	45	120	108	230	2484	2200	48 400
51	60	21	55	137	125	220	2750	2200	46 200
61	70	22	65	156	144	210	3024	2200	48 400
71	80	21	75	176	164	200	3280	2200	46 200
81	90	17	85	198	186	190	3534	2200	37 400
91	100	12	95	220	208	180	3744	2200	26 400
101	110	9	105	243	231	170	3927	2200	19 800
111	120	6	115	267	255	160	4080	2200	13 200
121	130	4	125	293	281	150	4215	2200	8 800
131	140	3	135	320	308	140	4312	2200	6 600
141	150	2	145	347	335	130	4355	2090	4 180
151	160	1	155	374	362	120	4344	1980	1 980
161	170	1	165	402	390	110	4290	1780	1 780
171	180	1	175	430	418	100	4180	1570	1 570
181	190	0,5	185	460	448	90	4032	1320	660
191	200	0,3	195	492	480	80	3840	1100	330
201	210	0,2	205	525	513	70	3591	880	176
211	220	0,5	215	560	548	60	3288	660	330
221	230	0,1	225	600	588	50	2940	440	44
zusammen		274,6							536 809
hiezü die Anzahl der Tage mit über 230 cm Pegelstand . . . . .		0,5							
im ganzen		275	sohin durchschnittlich . . . . .				1952		
Wird die Donau nur so lange gestaut, als sie am Pegel zu Neu-Ulm nicht über 150 Zentimeter Höhe steht, dann ergibt sich . . . . .									
									529 939
und sohin in diesem Falle die sekundliche, verwertbare Wasserkraft in der Donau unterhalb Neu-Ulm durchschnittlich in den 9 Monaten März mit November . . . . .									
									1927
<b>b) in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar</b>									
-47	-40	0,6	-43	38	26	318	827	827	496
-39	-30	2	-35	42	30	310	930	930	1 860
-29	-20	4	-25	48	36	300	1080	1080	4 320
-19	-10	6	-15	54	42	290	1218	1218	7 308
- 9	0	16	- 5	62	50	280	1400	1400	22 400
+ 1	10	14	+ 5	70	58	270	1566	1566	21 924
11	20	11	15	80	68	260	1768	1768	19 448
21	30	6	25	92	80	250	2000	2000	12 000
31	40	6	35	105	93	240	2232	2200	13 200
41	50	4	45	120	108	230	2484	2200	8 800
51	60	4	55	137	125	220	2750	2200	8 800
61	70	2	65	156	144	210	3024	2200	4 400
71	80	2	75	176	164	200	3280	2200	4 400
81	90	2	85	198	186	190	3534	2200	4 400
91	100	2	95	220	208	180	3744	2200	4 400
101	110	1	105	243	231	170	3927	2200	2 200
111	120	2	115	267	255	160	4080	2200	4 400
121	130	0,8	125	293	281	150	4215	2200	1 760
131	140	1	135	320	308	140	4312	2200	2 200
141	150	1	145	347	335	130	4355	2090	2 090
151	160	0,7	155	374	362	120	4344	1980	1 386
161	170	0,5	165	402	390	110	4290	1780	890
171	180	0,1	175	430	418	100	4180	1570	157
181	190	0,5	185	460	448	90	4032	1320	660
191	200	0,1	195	492	480	80	3840	1100	110
201	210	0,2	205	525	513	70	3591	880	176
211	220	0,2	215	560	548	60	3288	660	132
221	230	0,2	225	600	588	50	2940	440	88
zusammen		89,9							154 305
hiezü die Anzahl der Tage mit über 230 cm Pegelstand . . . . .		0,1							
im ganzen		90	sohin durchschnittlich . . . . .				1714		
Wird die Donau nur so lange gestaut, als sie am Pegel zu Neu-Ulm nicht über 150 Zentimeter Höhe steht, dann ergibt sich . . . . .									
									150 806
und sohin in diesem Falle durchschnittlich . . . . .									
									1676
Da in jedem Winter nach den Beobachtungen in den 30 Winterperioden 1873 mit 1903 durchschnittlich an 14 Tagen Eisgang oder Eisstand in Neu-Ulm eintritt, so gehen ab: 14 × 1676 . . . . .									
									23 464
									verbleiben
sohin durchschnittlich in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar . . . . .									1415
									hiezü wie unter a)
									529 939
									im ganzen
sohin die sekundliche, verwertbare Wasserkraft am Wehre in der Donau unterhalb Neu-Ulm durchschnittlich im ganzen Jahre . . . . .									1801

# 18. Die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte der Donau am Wehre bei Kilometer 80,1 unterhalb Donauwörth

bei einer Stauhöhe von 398,6 m + N.N.

Wasserstand der Donau am Pegel zu Donauwörth bei Kilometer 78,493		Mittl. Dauer in Tagen während eines Jahres	Der nebenstehenden Anzahl von Tagen entspricht im Mittel		Am Wehre nutzbare Wassermenge in Sek.-Kubikmetern für jeden Tag	Gefälle am Wehre in Zentimetern bei dem mittleren Pegelstand	Sekundliche Wasserkraft in PS bei 75% Nutzeffekt der Turbinen		Produkt aus der verwertbaren Wasserkraft und ihrer jährlichen Dauer	
Höhe in Zentimetern von	bis		ein Pegelstand in Zentimetern	eine Wassermenge in Sek.-Kubikmetern			vorhandene Wasserkraft	verwertbare Wasserkraft		
a) in den 9 Monaten März mit November										
-33	-30	—	-31	52	40	316	1264	1264	—	
-29	-20	—	-25	57	45	310	1395	1395	—	
-19	-10	5	-15	68	56	300	1680	1680	8 400	
-9	0	9	-5	81	69	290	2001	2001	18 009	
+ 1	+10	14	+ 5	95	83	280	2324	2324	32 536	
11	20	19	15	110	98	270	2646	2646	50 274	
21	30	15	25	125	113	260	2938	2938	44 070	
31	40	20	35	142	130	250	3250	3250	65 000	
41	50	20	45	160	148	240	3552	3500	70 000	
51	60	16	55	178	166	230	3818	3500	56 000	
61	70	16	65	197	185	220	4070	3500	56 000	
71	80	17	75	217	205	210	4305	3500	59 500	
81	90	14	85	238	226	200	4520	3500	49 000	
91	100	19	95	260	248	190	4712	3500	66 500	
101	110	16	105	282	270	180	4860	3500	56 000	
111	120	16	115	305	293	170	4981	3500	56 000	
121	130	14	125	328	316	160	5056	3500	49 000	
131	140	9	135	352	340	150	5100	3500	31 500	
141	150	8	145	376	364	140	5096	3500	28 000	
151	160	7	155	400	388	130	5044	3325	22 275	
161	170	5	165	425	413	120	4956	3150	15 750	
171	180	4	175	450	438	110	4818	2800	11 200	
181	190	3	185	475	463	100	4630	2450	7 350	
191	200	2	195	500	488	90	4392	2100	4 200	
201	210	1	205	526	514	80	4112	1750	1 750	
211	220	1	215	553	541	70	3787	1400	1 400	
221	230	0,9	225	580	568	60	3408	1050	945	
231	240	0,9	235	607	595	50	2975	700	630	
zusammen		271,8								861 289
hiezu die Anzahl der Tage mit über 240 cm Pegelstand . . . . .		3,6								
im ganzen		275	sohin durchschnittlich . . . . .					3132		
Wird die Donau nur so lange gestaut, als sie am Pegel zu Donauwörth nicht über 200 Zentimeter Höhe steht, dann ergibt sich . . . . .										
und sohin in diesem Falle die sekundliche, verwertbare Wasserkraft durchschnittlich in den 9 Monaten März mit November . . . . .										
									856 564	
									3115	
b) in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar										
-33	-30	0,2	-31	52	40	316	1264	1264	253	
-29	-20	1	-25	57	45	310	1395	1395	1 395	
-19	-10	3	-15	68	56	300	1680	1680	5 040	
-9	0	4	-5	81	69	290	2001	2001	8 004	
+ 1	+10	2	+ 5	95	83	280	2324	2324	4 648	
11	20	6	15	110	98	270	2646	2646	15 876	
21	30	14	25	125	113	260	2938	2938	41 132	
31	40	11	35	142	130	250	3250	3250	35 750	
41	50	9	45	160	148	240	3552	3500	31 500	
51	60	6	55	178	166	230	3818	3500	21 000	
61	70	4	65	197	185	220	4070	3500	14 000	
71	80	3	75	217	205	210	4305	3500	10 500	
81	90	3	85	238	226	200	4520	3500	10 500	
91	100	2	95	260	248	190	4712	3500	7 000	
101	110	3	105	282	270	180	4860	3500	10 500	
111	120	2	115	305	293	170	4981	3500	7 000	
121	130	2	125	328	316	160	5056	3500	7 000	
131	140	2	135	352	340	150	5100	3500	7 000	
141	150	1	145	376	364	140	5096	3500	3 500	
151	160	1	155	400	388	130	5044	3325	3 325	
161	170	1	165	425	413	120	4956	3150	3 150	
171	180	2	175	450	438	110	4818	2800	5 600	
181	190	0,9	185	475	463	100	4630	2450	2 205	
191	200	0,8	195	500	488	90	4392	2100	1 680	
201	210	0,5	205	526	514	80	4112	1750	875	
211	220	0,6	215	553	541	70	3787	1400	840	
221	230	0,4	225	580	568	60	3408	1050	420	
231	240	0,4	235	607	595	50	2975	700	280	
zusammen		85,8								259 973
hiezu die Anzahl der Tage mit über 240 cm Pegelstand . . . . .		4,3								
im ganzen		90	sohin durchschnittlich . . . . .					2889		
Wird die Donau nur so lange gestaut, als sie am Pegel zu Donauwörth nicht über 200 Zentimeter Höhe steht, dann ergibt sich . . . . .										
und sohin in diesem Falle durchschnittlich . . . . .										
									257 558	
									2862	
Da in jedem Winter nach den Beobachtungen in den 30 Winterperioden 1873 mit 1903 durchschnittlich an 17 Tagen Eisgang oder Eisstand bei Donauwörth eintritt, so gehen ab 17 × 2600 verbleiben										
sohin durchschnittlich in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar . . . . .									2321	
									hiezu wie unter a)	
									856 564	
									im ganzen	
sohin die sekundliche, verwertbare Wasserkraft am Wehre in der Donau unterhalb Donauwörth durchschnittlich im ganzen Jahre . . . . .									2919	

# 19. Die Berechnung der verwertbaren Wasserkräfte der Donau am Wehre bei Kilometer 112,1 unterhalb Neuburg bei einer Stauhöhe bis auf 378,0 m + N.N.

Wasserstand der Donau am Pegel zu Neuburg bei Kilometer 110,786		Mittl. Dauer in Tagen während eines Jahres	Der nebenstehenden Anzahl von Tagen entspricht im Mittel		Am Wehre nutzbare Wassermenge in Sek.-Kubikmetern für jeden Tag	Gefälle am Wehre in Zentimetern bei dem mittleren Pegelstand	Sekundliche Wasserkraft in PS bei 75% Nutzeffekt der Turbinen		Produkt aus der verwertbaren Wasserkraft und ihrer jährlichen Dauer	
von	bis		ein Pegelstand in Zentimetern	eine Wassermenge in Sek.-Kubikmetern			vorhandene Wasserkraft	verwertbare Wasserkraft		
<b>a) in den 9 Monaten März mit November</b>										
— 100	— 100	—	— 100	95	83	305	2531	2531	—	
— 99	— 90	—	— 95	100	88	300	2640	2640	—	
— 89	— 80	—	— 85	111	99	290	2871	2871	—	
— 79	— 70	4	— 75	123	111	280	3108	3108	12 432	
— 69	— 60	12	— 65	136	124	270	3348	3348	40 176	
— 59	— 50	13	— 55	151	139	260	3614	3614	46 982	
— 49	— 40	11	— 45	166	154	250	3850	3850	42 350	
— 39	— 30	14	— 35	182	170	240	4080	4000	56 000	
— 29	— 20	15	— 25	198	186	230	4278	4000	60 000	
— 19	— 10	18	— 15	215	203	220	4466	4000	72 000	
— 9	0	17	— 5	232	220	210	4620	4000	68 000	
+ 1	+ 10	18	+ 5	250	238	200	4760	4000	72 000	
11	20	16	+ 15	270	258	190	4902	4000	64 000	
21	30	18	25	290	278	180	5004	4000	72 000	
31	40	14	35	310	298	170	5066	4000	56 000	
41	50	16	45	332	320	160	5120	4000	64 000	
51	60	15	55	355	343	150	5145	4000	60 000	
61	70	12	65	380	368	140	5152	4000	48 000	
71	80	11	75	407	395	130	5135	3800	41 800	
81	90	10	85	436	424	120	5088	3600	36 000	
91	100	7	95	466	454	110	4994	3200	22 400	
101	110	7	105	497	485	100	4850	2800	19 600	
111	120	6	115	529	517	90	4653	2400	14 400	
121	130	4	125	562	550	80	4400	2000	8 000	
131	140	3	135	596	584	70	4088	1600	4 800	
141	150	2	145	630	618	60	3708	1200	2 400	
151	160	3	155	665	653	50	3265	800	2 400	
zusammen		266								985 740
hieszu die Anzahl der Tage mit über 160 cm Pegelstand . . . . .		9,4								
im ganzen		275	sohin durchschnittlich . . . . .						3584	
Wird die Donau nur so lange gestaut, als sie am Pegel zu Neuburg nicht über 140 Zentimeter Höhe steht, dann ergibt sich . . . . .										
und sohin in diesem Falle die sekundliche, verwertbare Wasserkraft durchschnittlich in den 9 Monaten März mit November . . . . .										
								3567	980 940	
<b>b) in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar</b>										
— 100	— 100	0,1	— 100	95	83	305	2531	2531	253	
— 99	— 90	0,3	— 95	100	88	300	2640	2640	792	
— 89	— 80	1,4	— 85	111	99	290	2871	2871	4 019	
— 79	— 70	5	— 75	123	111	280	3108	3108	15 540	
— 69	— 60	7	— 65	136	124	270	3348	3348	23 436	
— 59	— 50	11	— 55	151	139	260	3614	3614	39 754	
— 49	— 40	11	— 45	166	154	250	3850	3850	42 350	
— 39	— 30	8	— 35	182	170	240	4080	4000	32 000	
— 29	— 20	5	— 25	198	186	230	4278	4000	20 000	
— 19	— 10	4	— 15	215	203	220	4466	4000	16 000	
— 9	0	3,6	— 5	232	220	210	4620	4000	14 400	
+ 1	+ 10	3,7	+ 5	250	238	200	4760	4000	14 800	
11	20	3	15	270	258	190	4902	4000	12 000	
21	30	2	25	290	278	180	5004	4000	8 000	
31	40	3,6	35	310	298	170	5066	4000	14 400	
41	50	3	45	332	320	160	5120	4000	12 000	
51	60	3	55	355	343	150	5145	4000	12 000	
61	70	2	65	380	368	140	5152	4000	8 000	
71	80	2	75	407	395	130	5135	3800	5 600	
81	90	1,7	85	436	424	120	5088	3600	6 120	
91	100	0,8	95	466	454	110	4994	3200	2 560	
101	110	1	105	497	485	100	4850	2800	2 800	
111	120	0,7	115	529	517	90	4653	2400	1 680	
121	130	0,9	125	562	550	80	4400	2000	1 800	
131	140	0,6	135	596	584	70	4088	1600	960	
141	150	0,5	145	630	618	60	3708	1200	600	
151	160	0,6	155	665	653	50	3265	800	480	
zusammen		85,5								312 344
hieszu die Anzahl der Tage mit über 160 cm Pegelstand . . . . .		4,5								
im ganzen		90	sohin durchschnittlich . . . . .						3470	
Wird die Donau nur so lange gestaut, als sie am Pegel zu Neuburg nicht über 140 Zentimeter Höhe steht, dann ergibt sich . . . . .										
und sohin in diesem Falle durchschnittlich . . . . .										
								3458	331 264	
Da in jedem Winter nach den Beobachtungen in den 30 Winterperioden 1873 mit 1903 durchschnittlich an 18 Tagen Eisgang oder Eisstand bei Neuburg eintritt, so gehen ab: 18 × 3458 . . . . .										
								62 244	269 020	
verbleiben										
sohin durchschnittlich in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar . . . . .								2989		
hieszu wie unter a)									980 940	
im ganzen									1 249 960	
sohin die sekundliche, verwertbare Wasserkraft am Wehre in der Donau unterhalb Neuburg durchschnittlich im ganzen Jahre . . . . .										
								3425		

## 20. Die Dauer, die Größe und die Kosten der nutzbaren Wasserkraft an den Wehren in der Donau unterhalb der Städte Neu-Ulm, Donauwörth und Neuburg.

Mittlere Anzahl der Tage nach den Beobachtungen über die Wasserstandshöhe der Donau an dem der Wehranlage nächst gelegenen Pegel in den 10 Jahren 1892 mit 1901 sowie nach den Beobachtungen über Eisgang und Eisstand in den 30 Winterperioden 1873 mit 1903,									Sekundliche Wasserkraft in PS bei 75% Nutzeffekt der Turbinen						Kosten in Mark	
an denen der Stau während eines Jahres beim Wehre aufgehoben ist			an denen die Wasserkraft nutzbar gemacht werden kann			an denen die größte, sekundlich verwertbare Wasserkraft nutzbar gemacht werden kann			größte am Wehre vorhandene Wasserkraft	größte am Wehre verwertbare Wasserkraft	größte verwertbare Wasserkraft in % der größten vorhandenen Wasserkraft	durchschnittlich verwertbar nach den neben genannten Beobachtungen in den Jahren 1873 mit 1903			der Wehranlage	einer durch das Wehr gespannten, durchschnittlich im ganzen Jahr verwertbaren Wasserkraft
wegen Überschreitung des nachfolgend angegebenen Pegelstandes durch die Donau	wegen Eisgang und Eisstand	im ganzen Jahre	in den 9 Monaten März mit November	in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar	in den 12 Monaten	in den 9 Monaten März mit November	in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar	in den 12 Monaten				in den 9 Monaten März mit November	in den 3 Wintermonaten Dezember, Januar und Februar	in den 12 Monaten		
8	14	22	270	73	343	165	27	192	4355	2200	50	1927	1415	1801	1 534 000	852

### 1. Wehranlage in der Donau unterhalb Neu-Ulm bei Kilometer 5,8.

Die Donau soll nur so lange durch das Wehr gestaut werden, als sie einen Wasserstand von 150 Zentimeter Höhe am Pegel zu Neu-Ulm nicht übersteigt.

Die größte, sekundlich verwertbare Wasserkraft am Wehre beträgt bei einem Stau bis auf 464,0 m + N.N. 2200 PS.

8	14	22	270	73	343	165	27	192	4355	2200	50	1927	1415	1801	1 534 000	852
---	----	----	-----	----	-----	-----	----	-----	------	------	----	------	------	------	-----------	-----

### 2. Wehranlage in der Donau unterhalb Donauwörth bei Kilometer 80,1.

Die Donau soll nur so lange durch das Wehr gestaut werden, als sie einen Wasserstand von 200 Zentimeter Höhe am Pegel zu Donauwörth nicht übersteigt.

Die größte, sekundlich verwertbare Wasserkraft am Wehre beträgt bei einem Stau bis auf 398,6 m + N.N. 3500 PS.

14	17	31	267	67	334	165	37	202	5100	3500	69	3115	2321	2919	2 300 000	788
----	----	----	-----	----	-----	-----	----	-----	------	------	----	------	------	------	-----------	-----

### 3. Wehranlage in der Donau unterhalb Neuburg bei Kilometer 112,1.

Die Donau soll nur so lange durch das Wehr gestaut werden, als sie einen Wasserstand von 140 Zentimeter Höhe am Pegel zu Neuburg nicht übersteigt.

Die größte, sekundlich verwertbare Wasserkraft am Wehre beträgt bei einem Stau bis auf 378,0 m + N.N. 4000 PS.

20	18	38	261	66	327	173	41	214	5152	4000	78	3567	2989	3425	1 798 000	525
														8145	5 632 000	691

## 21. Die Ergebnisse der Versuche über Schleppwiderstand,

ausgeführt von Baurat Schmitt, Vorstand der Kaiserl. Wasserbauinspektion in Colmar, im August und September 1892 mit einem eisernen Kanalschiff von nachstehenden Gröfsenverhältnissen und bei 1,80 Meter Tiefgang.

Länge des Schiffes von Steven zu Steven . . . . .	28,50 Meter,
Breite (im Mittelschiff auf 16,1 Meter Länge) . . . . .	5,00 „
Deplacement . . . . .	220,1 Kubikmeter,
Völligkeitsgrad . . . . .	0,858,
Ladung . . . . .	188,3 Tonnen,
Eingetauchter Querschnitt bei ganzer Ladung . . . . .	9,0 Quadratmeter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Versuchsstrecke	Wasserspiegelbreite in Metern	Benetzter Kanalquerschnitt in Quadratmetern	Fahrtwassertiefe in Metern	Wasserhöhe unter dem Schiff in Metern	Verhältnis des nassen Kanalquerschnitts zum eingetauchten Schiffquerschnitt	Fahrtgeschwindigkeit in der Sekunde in Metern	Schleppwiderstand in Kilogramm	Bemerkungen	
	$W_b$	$C$	$W_i$	$W - T$	$n$	$V$	$R$		
<b>1. Im Moselkanale:</b>									
Bei Novéant	17,8	29,5	2,05	0,25	3,28	0,558	110	Die in den Spalten 7 und 8 aufgeführten Ergebnisse sind das Mittel aus je zwei Parallelbeobachtungen, die eine in der Richtung zu Berg, die andere in der Richtung zu Tal ausgeführt. Die Versuche wurden bei geringem Wasserabfluß vorgenommen, so daß auch nur geringe Unterschiede zwischen den Schleppwiderständen zu Berg und zu Tal gemessen wurden. So ergaben sich für den an 3. Stelle angegebenen Versuch: bei der Fahrt zu Berg . . . . . $V=1,002$ , $R=401$ bei der Fahrt zu Tal . . . . . $V=1,013$ , $R=403$ im Mittel . . . . . $V=1,007$ , $R=402$  Die Wassergeschwindigkeit in der gestauten Mosel betrug etwa 10 Zentimeter in der Sekunde. Dementsprechend ergaben sich auch hier keine großen Unterschiede zwischen den Parallelbeobachtungen. Für den an letzter Stelle angegebenen Versuch sind die entsprechenden Messungen:	
	„	„	„	„	„	„	0,743		203
	„	„	„	„	„	„	1,007		402
Unterhalb Jouy-aux-Arches	20,1	34,3	2,00	0,20	3,81	0,448	46		
	„	„	„	„	„	0,636	106		
	„	„	„	„	„	0,834	178		
	„	„	„	„	„	0,997	281		
Bei Maison-rouge	„	„	„	„	„	1,189	433		
	20,4	43,5	2,80	1,00	4,83	0,891	135		
	„	„	„	„	„	1,279	298		
Oberhalb Montigny	30,8	92,5	4,10	2,30	10,28	0,625	39		
	„	„	„	„	„	1,005	105		
	„	„	„	„	„	1,306	180		
	„	„	„	„	„	1,671	282		
	„	„	„	„	„	1,787	337		
<b>2. In der gestauten Mosel, bei Niederwasser:</b>									
Zwischen Novéant und Jouy-aux-Arches	70—80	nicht ermittelt	2,55	0,75	—	1,682	277	bei der Fahrt zu Berg . . . . . $V=1,887$ , $R=333$ bei der Fahrt zu Tal . . . . . $V=2,041$ , $R=339$ im Mittel: . . . . . $V=1,964$ , $R=336$	
	„	„	3,00	1,20	—	1,762	279		
	„	„	3,25	1,45	—	1,815	281		
	„	„	4,15	2,35	—	1,844	279		
Zwischen Longeville und Sauvage, oberhalb Metz	135	460	3,65	1,85	51	0,700	42		
	„	„	„	„	„	1,015	86		
	„	„	„	„	„	1,436	175		
	„	„	„	„	„	1,964	336		



## 22. Die Längen und Höhen der Haltungen der projektierten Grofwasserstrafse von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm. 600 Tonnen-Wasserstrafse.

Die kilometrische Angabe für den Ort einer Kammerschleuse bezieht sich auf den Schnittpunkt der Achse der Kammerschleuse mit der Kante der Fallmauer.

Laufende Nummer der Haltung	Lage, bezogen auf die kilometrische Einteilung des Seitenkanales mit Nullpunkt in der Mittellinie des Donaubettes bei Saal unterhalb Kelheim (Donau-Kilometer 177,6)		Länge der Haltung in Kilometern	Höhe der Haltung in m + N.N. bei normalem Stau	Gefälle der Staustufe in Metern bei normalem Stau	Nummer der Staustufe	Örtliche Lage der Staustufe	Zur Berechnung der Kosten ist ein reiner Schleusenkanal angenommen		Anzahl der Sparbecken	Bemerkungen
	von Kilometer	bis Kilometer						Anzahl der Schleusen	Gefälle einer jeden Schleuse in m mit Berücksichtigung der durch die Donau veranlaßten Wasserstandsschwankungen in der 4., 7. u. 13. Haltung		
	Von der Mittellinie der Donau bis zur 1. Staustufe										
	0,000	1,000	1,000	337,0	5,0	1.	Saal unterhalb Kehlheim . . . . .	1	5,0	—	Schleusen, die in Wirksamkeit zu treten haben, sobald der normale Wasserstand überschritten wird, befinden sich: in der Haltung 4 bei Neuburg und zwar bei Kilometer 67,2, sodann in der Haltung 7 bei Donauwörth und zwar bei Kilometer 98,3.  <b>Hochwasserschleuse bei Neuburg.</b>  Der normale Wasserstand in der Haltung 4 bei Neuburg beträgt 378,0 m + N.N. Das HW. steigt bis auf eine Höhe von . . . . . <u>381,3 m + N.N.</u> Höhenunterschied 3,3 m  <b>Hochwasserschleuse bei Donauwörth.</b>  Der normale Wasserstand in der Haltung 7 bei Donauwörth beträgt . . . . . 398,8 m + N.N. Das HW. steigt bis auf eine Höhe von . . . . . <u>400,9 m + N.N. †)</u> Höhenunterschied 2,1 m
1.	1,000	2,400	1,400	342,0	23,0	2.	Thaldorf . . . . .	3	7,68	—	
2.	2,400	49,400	47,000	365,0	6,6	3.	Unterbrunnenreit bei Ingolstadt . .	1	6,6	—	
3.	49,400	56,600	7,200	371,6	6,4	4.	Weichering . . . . .	1	7,2 *)	—	
4.	56,600	69,600	13,000	378,0	9,0	5.	Bittenbrunn oberhalb Neuburg . .	1	9,0	1	
5.	69,600	81,600	12,000	387,0	6,0	6.	Bertoldsheim . . . . .	1	6,0	—	
6.	81,600	91,200	9,600	393,0	5,8	7.	Altisheim . . . . .	1	6,6 *)	—	
7.	91,200	103,300	12,100	398,8	23,3	8.	zwischen Münster und Donauwörth	3	7,77	—	
8.	103,300	120,300	17,000	422,1	8,7	9.	Höchstädt . . . . .	1	8,7	1	
9.	120,300	129,600	9,300	430,8	10,2	10.	Lauingen . . . . .	1	10,2	1	
10.	129,600	140,600	11,000	441,0	8,0	11.	Bächingen a. d. Brenz . . . . .	1	8,0	—	
11.	140,600	152,900	12,300	449,0	6,5	12.	Riedheim . . . . .	1	6,5	—	
12.	152,900	160,400	7,500	455,5	8,5	13.	Oberelchingen . . . . .	1	10,3 **)	1	
13.	160,400	168,500	8,100	464,0							
	Gesamtlänge		168,500	Gesamtgefälle	127,0			17		4	
	Mittlere Länge der 13 Haltungen		12,88								

\*) In der Haltung 4 und 7, die mit der Donau in offener Verbindung stehen, wird ein Ansteigen des Wasserspiegels bis zu 80 cm über dem normalen Stand zugelassen; bei höherem Ansteigen der Donau kommt die Schutzschleuse in Verwendung.

\*\*) Die Haltung 13 steht auf ihrer ganzen Länge hin mit der offenen Donau in Verbindung. Der Wasserstand in der Haltung steigt sonach bis auf die Höhe des Hochwassers an.

†) Die Höhe mit 400,9 ist nur dann maßgebend, wenn die Donau nicht verlegt wird. Sehr wahrscheinlich wird man sich in der ersten Zeit mit einem Wehr in der Donau bei km 80,1 begnügen und im übrigen der Donau ihren heutigen Lauf belassen, bis sich der Verkehr in entsprechender Weise entwickelt haben wird.

23. Die Kosten der Grofwasserstrafse von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm für Titel I, Grunderwerbung für die Herstellung des Kanalbettes samt den Kammerschleusen.

Laufende Nummer	Bezeichnung der Erwerbungen	I. Teilstrecke von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ingolstadt, Kilometer 0 bis Kilometer 49,4			II. Teilstrecke von Ingolstadt bis nach Neuburg mit Kreuzung der Donau, Kilometer 49,4 bis Kilometer 67,9			III. Teilstrecke von Neuburg bis nach Donauwörth, Kilometer 67,9 bis Kilometer 98,6			IV. Teilstrecke von Donauwörth bis nach Lauingen, Kilometer 98,6 bis Kilometer 129,6			V. Teilstrecke von Lauingen bis nach Ulm, Kilometer 129,6 bis Kilo- meter 168,5			Gesamte Kosten in Mark
		Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	
1.	Ankauf von Grund und Boden: Ödung und mageres Weidland . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	ha 0,70	800	560	—	—	—	560	
2.	Torfelder . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ha 11,68	4 000	46 720	46 720	
3.	Moosfelder . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,62	1 500	50 430	50 430	
4.	Auen (ohne Holz) . . . . .	—	—	—	ha 2,38	1 500	3 570	ha 53,47	1 500	80 205	—	—	—	—	—	83 775	
5.	Wald (ohne Holz) . . . . .	ha 113,90	1 800	205 020	42,34	1 800	76 212	14,94	2 500	37 350	—	—	—	18,49	3 000	55 470	374 052
6.	Äcker . . . . .	103,29	3 200	330 528	43,73	3 500	153 055	55,08	3 000	165 240	145,70	3 200	466 240	81,06	3 500	283 710	1 398 773
7.	Wiesen . . . . .	77,06	3 200	246 592	19,03	3 600	68 472	58,05	3 200	185 760	31,64	3 400	107 576	59,42	3 700	219 854	828 254
8.	Gärten . . . . .	—	—	—	0,11	10 000	1 100	1,88	6 000	11 280	—	—	—	—	—	12 380	
9.	Anwesen (ohne Grund und Boden)	1 Anwesen bei Kilometer 26,7	—	15 000	1 kleineres An- wesen bei Kilo- meter 49,9	10 000	—	2 kleinere An- wesen bei Kilo- meter 80,5	15 000	—	1 kleineres An- wesen bei Kilo- meter 102,9	—	5 000	—	—	—	150 000
					1 Anwesen bei Kilometer 66,9	15 000	—	4 Anwesen bei Kilometer 86,5	60 000	—	—	—	—	—	—	—	150 000
					zusammen	25 000	—	1 Anwesen bei Kilometer 93,5	30 000	—	—	—	—	—	—	—	150 000
							zusammen		105 000	—	—	—	—	—	—	—	105 000
10.	Einschätzung, Vermarkung, Vermessung u. Verbriefung.	km 49,4	600	29 640	km 18,5	600	11 100	km 30,7	600	18 420	km 31,0	600	18 600	km 38,9	600	23 340	101 100
11.	Zur Abrundung . . . . .	—	—	20	—	—	91	—	—	45	—	—	24	—	—	76	256
	Summe Titel I Grunderwerbung			826 800			338 600			603 300			598 000			679 600	3 046 300

# 24. Die Kosten der Großwassertrasse von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm für Titel II, Erdarbeiten zur Herstellung des Kanalbettes.

Laufende Nummer	Bezeichnung der Bauarbeiten	I. Teilstrecke von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ingolstadt, Kilometer 0 bis Kilometer 49,4			II. Teilstrecke von Ingolstadt bis nach Neuburg mit Kreuzung der Donau, Kilometer 49,4 bis Kilometer 67,9			III. Teilstrecke von Neuburg bis nach Donauwörth, Kilometer 67,9 bis Kilometer 98,6			IV. Teilstrecke von Donauwörth bis nach Lauingen, Kilometer 98,6 bis Kilometer 129,6			V. Teilstrecke von Lauingen bis nach Ulm, Kilometer 129,6 bis Kilo- meter 168,5			Gesamte Kosten in Mark
		Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	
1.	Ungebundener Abtrag aus Einschnitten; zu fördern, zu laden und auf eine mittlere Ent- fernung von 2 Kilometern zu transportieren: Torf; mit Rücksicht auf den Wert des für den Brand tauglichen Torfes werden für die Förde- rung, das Laden und den Transport zu den Lagerplätzen keine Kosten berechnet . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	cbm 170 000	—	—	—	
2.	Sandiger Boden und Kies . . . . .	889 800	0,7	622 860	348 300	0,7	243 810	1 029 700	0,7	720 790	885 000	0,7	619 500	800 000	0,7	560 000	2 766 960
3.	Sandiger oder kiesiger Boden mit Lehm . . . . .	2 000 000	0,9	1 800 000	250 000	0,9	225 000	400 000	0,9	360 000	1 769 200	0,9	1 592 280	695 300	0,9	625 770	4 603 050
4.	Lehm und Gerölle . . . . .	300 000	1,2	360 000	50 000	1,2	60 000	200 000	1,2	240 000	150 000	1,2	180 000	500 000	1,2	600 000	1 440 000
5.	Gebundener Abtrag aus Einschnitten wie voraus: Kalksteine des Jura, zum Teil geschichtet . . . . .	1 000 000	3,5	3 500 000	—	—	—	570 000	3,5	1 995 000	70 000	3,5	245 000	—	—	—	5 740 000
6.	Ungebundener Abtrag aus Füllgruben wie voraus samt Grundentschädigung: Sandiger Boden und Kies . . . . .	731 500	0,9	658 350	406 600	0,9	365 940	68 900	0,9	62 010	151 000	0,9	135 900	855 000	0,9	769 500	1 991 700
7.	Sandiger oder kiesiger Boden mit Lehm . . . . .	400 000	1,1	440 000	300 000	1,1	330 000	50 000	1,1	55 000	302 000	1,1	332 200	600 000	1,1	660 000	1 817 200
8.	Überschüssigen Abtrag abzulagern samt Grundentschädigung . . . . .	1 374 400	0,3	412 320	113 600	0,3	34 080	196 500	0,3	58 950	788 100	0,3	236 430	714 200	0,3	214 260	956 040
9.	Schichtenmäßiges Lagern und Stampfen der Dammschüttungen . . . . .	3 946 900	0,3	1 184 070	1 241 300	0,3	372 390	2 122 100	0,3	636 630	2 539 100	0,3	761 730	2 906 100	0,3	871 830	3 826 650
10.	Überdecken der Böschungsflächen mit guter Erde und Begrünen . . . . .	809 200	0,1	80 920	260 700	0,1	26 070	412 600	0,1	41 260	508 100	0,1	50 810	524 500	0,1	52 450	251 510
11.	Dichten des Kanalbettes: in Dämmen; 0,5 Meter starker Lehmschlag und 0,5 Meter starke Sand- und Geröllüberdeckung	m 27 600	70	1 932 000	m 8 400	70	588 000	m 10 800	70	756 000	m 11 100	70	777 000	m 16 140	70	1 129 800	5 182 800
12.	in Einschnitten mit ungebundenem Boden; 0,3 Meter starker Lehmschlag und 0,5 Meter starke Sand- und Geröllüberdeckung . . . . .	5 500	80	440 000	—	—	—	900	80	72 000	700	80	56 000	—	—	—	568 000
13.	in Einschnitten mit gebundenem Boden; 0,3 Meter starker Lehmschlag und 0,5 Meter starke Sand- und Geröllüberdeckung . . . . .	1 200	130	156 000	—	—	—	1 900	130	247 000	800	130	104 000	—	—	—	507 000
14.	in Einschnitten mit gebundenem Boden; Ein- schlämmen von Lehm . . . . .	6 700	10	67 000	6 200	10	62 000	8 700	10	87 000	1 000	10	10 000	7 100	10	71 000	297 000
15.	Entschädigung für Benützung fremder Grundstücke; 5% der Kostensumme unter Nr. 10, 11, 12, 13 und 14 . . . . .	Mark 2 675 920	0,05	133 796	Mark 676 070	0,05	33 803	Mark 1 203 260	0,05	60 163	Mark 997 810	0,05	49 890	Mark 2 253 250	0,05	112 662	390 314
16.	Kleinere Entwässerungsanlagen und in der IV. Teilstrecke auch Sickerdohlen zum Schutze des Untergrundes für den Kanal, schätzungsweise . . . . .	m 49 400	1,0	49 400	m 18 500	1,0	18 500	m 30 700	1,0	30 700	m 31 000	—	124 000	m 38 900	1,0	38 900	261 500
17.	Zur Abrundung . . . . .			84			7			97		60			28	276	
	Summe Titel II Erdarbeiten			11 836 800			2 359 600			5 422 600			5 274 800			5 706 200	30 600 000

25. Die Kosten der Grofswasserstrafse von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm für Titel III, Befestigung der Uferböschungen und Ziehwege des Kanales samt Schutz der Kanaldämme gegen Hochwasser.

Laufende Nummer	Bezeichnung der Bauarbeiten	I. Teilstrecke von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ingolstadt, Kilometer 0 bis Kilometer 49,4			II. Teilstrecke von Ingolstadt bis nach Neuburg mit Kreuzung der Donau, Kilometer 49,4 bis Kilometer 67,9			III. Teilstrecke von Neuburg bis nach Donauwörth, Kilometer 67,9 bis Kilometer 98,6			IV. Teilstrecke von Donauwörth bis nach Lauingen, Kilometer 98,6 bis Kilometer 129,6			V. Teilstrecke von Lauingen bis nach Ulm, Kilometer 129,6 bis Kilo- meter 168,5			Gesamte Kosten in Mark
		Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	
1.	Befestigung der Böschungen der Kanaldämme mit Pflasterung: Befestigung der inneren Böschungen bis zu 80 Zentimetern unter den normalen Wasserstand und bis zu 50 Zentimetern über diesen Stand, berechnet nach dem laufenden Meter Kanal, mit den aus dem Abtrag gewonnenen Steinen . . . . .	qm 13 802	17,0	234 634	—	—	—	m 7 964	17,0	135 388	m 3 245	17,0	55 165	—	—	—	425 187
2.	mit neu zu beschaffenden Steinen . . . . .	34 244	35,0	1 198 540	m 18 268	35,0	639 380	22 300	35,0	780 500	27 233	35,0	953 155	m 36 126	35,0	1 264 410	4 835 985
3.	Befestigung der inneren Böschungen über die voraus genannte Höhe mit Rücksicht auf den wechselnden Wasserstand in der 4. Haltung bei Neuburg, in der 7. Haltung bei Donauwörth und in der 13. Haltung bei Ulm, berechnet nach Quadratmetern, mit den aus dem Abtrag gewonnenen Steinen . . . . .	—	—	—	—	—	—	qm 10 440	1,0	10 440	—	—	—	—	—	—	10 440
4.	mit neu zu beschaffenden Steinen . . . . .	—	—	—	qm 48 160	2,5	120 400	41 260	2,5	103 150	qm 43 240	2,5	108 100	qm 45 920	2,5	114 800	446 450
5.	Befestigung der äußeren Böschungen gegen Hochwasser, berechnet nach Quadratmetern, mit den aus dem Abtrag gewonnenen Steinen . . . . .	—	—	—	—	—	—	29 550	3,0	88 650	—	—	—	—	—	—	88 650
6.	mit neu zu beschaffenden Steinen . . . . .	—	—	—	12 900	6,0	77 400	110 645	6,0	663 870	31 525	6,0	189 150	77 755	6,0	466 530	1 396 950
7.	Befestigung der beiden Ziehwege; Einheitspreis berechnet nach dem laufenden Meter Kanal . . . . .	48 546	4,0	194 184	m 18 468	4,0	73 872	m 30 664	4,0	122 656	m 30 778	4,0	123 112	m 36 425	4,0	145 700	659 524
8.	Entschädigung für Benützung fremder Grundstücke zur Lagerung und zum Transport von Bruchsteinen, Sand und Kleingeschläg, 5% der Kostensummen der vorstehenden Positionen Nr. 1 mit 7 . . . . .	Mark 1 627 358	0,05	81 368	Mark 911 052	0,05	45 553	Mark 1 904 654	0,05	95 233	Mark 1 428 682	0,05	71 434	Mark 1 991 440	0,05	99 572	393 160
9.	Zur Abrundung . . . . .	—	—	74	—	—	95	—	—	13	—	—	84	—	—	88	354
	Summe Titel III Befestigung der Uferböschungen und Ziehwege samt Schutz der Kanaldämme gegen Hochwasser . . . . .	—	—	1 708 800	—	—	956 700	—	—	1 999 900	—	—	1 500 200	—	—	2 091 100	8 256 700

## 26. Die Kosten der Grofwassertrasse von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm für Titel IV, Kunstbauten ohne Wehranlagen und Kammerschleusen.

Laufende Nummer	Bezeichnung der Bauarbeiten	I. Teilstrecke von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ingolstadt, Kilometer 0 bis Kilometer 49,4			II. Teilstrecke von Ingolstadt bis nach Neuburg mit Kreuzung der Donau, Kilometer 49,4 bis Kilometer 67,9			III. Teilstrecke von Neuburg bis nach Donauwörth, Kilometer 67,9 bis Kilometer 98,6			IV. Teilstrecke von Donauwörth bis nach Lauingen, Kilometer 98,6 bis Kilometer 129,6			V. Teilstrecke von Lauingen bis nach Ulm, Kilometer 129,6 bis Kilo- meter 168,5			Gesamte Kosten in Mark
		Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	
1.	Tunnel; für die Mehrkosten der Portale werden der Länge des Tunnels (600 Meter) 2 Meter zugeschlagen . . . . .	m			m			m			m			m			2 107 000
		602	3 500	2 107 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2.	Ufermauern bei den Eingängen zu dem Tunnel mit einer Höhe von 5,0 Metern . . . . .	400	170	68 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	68 000
3.	Kanalbrücken nach besonderen Anschlägen .	254	—	1 016 000	32	—	155 000	36	—	147 000	222	—	1 185 000	114	—	572 000	3 075 000
	Durchlässe und Dücker:																
4.	mit einer lichten Querschnittsfläche von 0,75 qm	697	120	83 640	125	120	15 000	—	—	—	281	120	33 720	127	120	15 240	147 600
5.	„ „ „ „ „ 3,00 „	463	280	129 640	133	280	37 240	—	—	—	194	280	54 320	130	280	36 400	257 600
6.	„ „ „ „ „ 6,50 „	325	450	146 250	—	—	—	—	—	—	74	450	33 300	65	450	29 250	208 800
7.	„ „ „ „ „ 13,00 „	68	700	47 600	63	700	44 100	—	—	—	—	—	—	72	700	50 400	142 100
8.	„ „ „ „ „ 20,00 „	—	—	—	66	950	62 700	132*)	—	151 200	—	—	—	—	—	—	213 900
9.	Unterführung, gewöhnlicher Feldweg 4,0/4,0 weit mit 12,5 Quadratmeter Lichtfläche . . .	91	680	61 880	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61 880
	Überführungen:																
10.	Feldwege, 3,5 Meter Breite . . . . .	Stückzahl			Stückzahl			Stückzahl			Stückzahl			Stückzahl			1 125 000
		12	25 000	300 000	5	25 000	125 000	11	25 000	275 000	10	25 000	250 000	7	25 000	175 000	
11.	Ortsverbindungswege und Distriktsstraßen, 5,0 Meter Breite . . . . .	10	33 000	330 000	2	33 000	66 000	1	33 000	33 000	6	33 000	198 000	3	33 000	99 000	726 000
12.	Distriktsstraßen, 7,0 Meter Breite . . . . .	8	40 000	320 000	3	40 000	120 000	1	40 000	40 000	1	40 000	40 000	5	40 000	200 000	720 000
13.	Staatsstraßen, 8,0 Meter Breite . . . . .	7	51 000	357 000	1	51 000	51 000	1	51 000	51 000	2	51 000	102 000	1	51 000	51 000	612 000
14.	Eisenbahnen: eingleisig mit 38,0 m Stützweite	1	41 000	41 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41 000
15.	zweigeisig „ 38,0 „ „	2	78 000	156 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	156 000
16.	„ „ 46,0 „ „	—	—	—	1	104 000	104 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	104 000
17.	„ „ 57,0 „ „	1	152 000	152 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	152 000
18.	„ „ 60,0 „ „	1	166 000	166 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	166 000
19.	„ „ 73,0 „ „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	236 000	236 000	—	—	—	236 000
	Überbrückungen des Unterhauptes der Kammerschleusen:																
20.	Ortsverbindungswege und Distrikts- straßen, 5,0 Meter Breite . . . . .	1	6 500	6 500	1	6 500	6 500	2	6 500	13 000	1	6 500	6 500	1	6 500	6 500	39 000
21.	Staatsstraßen, 8,0 Meter Breite . . . . .	—	—	—	1	10 800	10 800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 800
22.	Einläufe in den Kanal, 2,0 Meter weit und 2,5 Meter hoch . . . . .	1	2 500	2 500	—	—	—	—	—	—	5	2 500	12 500	4	2 500	10 000	25 000
23.	Grundablässe, verbunden mit den Kanal- brücken; hier nur die Kosten für die Ab- schlußvorrichtung . . . . .	3	1 000	3 000	1	1 000	1 000	1	1 000	1 000	6	1 000	6 000	1	1 000	1 000	12 000
24.	Sicherheitsstore, zwei Durchfahrtsöffnungen mit je 8,6 Meter lichter Weite . . . . .	2	50 000	100 000	—	—	—	—	—	—	4	50 000	200 000	2	50 000	100 000	400 000
25.	Zur Abrundung . . . . .			90			60			—			60			10	220
	Summe Titel IV Kunstbauten			5 594 100			798 400			711 200			2 357 400			1 845 800	10 806 900

\*) Mit Pfahlrost und Abschlußvorrichtung gegen Hochwasser: Kosten des Durchlasses über dem Pfahlrost . . . . . 132 × 950 = 125 400 Mark  
 „ „ Pfahlroste . . . . . 132 × 150 = 19 800 „  
 „ „ der Abschlußvorrichtung bei 2 Öffnungen von je 10 Meter Weite . . . . . 2 × 3000 = 6 000 „  
 zusammen 151 200 Mark

Tabelle 26.

## 27. Die Kosten der Grofwasserstrafse von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm für Titel V, Anpassung der Verkehrswege und der Wasserläufe an den Kanal.

Laufende Nummer	Bezeichnung der Bauarbeiten	I. Teilstrecke von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ingolstadt, Kilometer 0 bis Kilometer 49,4			II. Teilstrecke von Ingolstadt bis nach Neuburg mit Kreuzung der Donau, Kilometer 49,4 bis Kilometer 67,9			III. Teilstrecke von Neuburg bis nach Donauwörth, Kilometer 67,9 bis Kilometer 98,6			IV. Teilstrecke von Donauwörth bis nach Lauingen, Kilometer 98,6 bis Kilometer 129,6			V. Teilstrecke von Lauingen bis nach Ulm, Kilometer 129,6 bis Kilo- meter 168,5			Gesamte Kosten in Mark	
		Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark	Menge	Preis für die Einheit in Mark	Kosten in Mark		
	Anpassung der Verkehrswege an den Kanal:																	
1.	Feldwege, 3,5 Meter Breite . . . . .	m			m			m			m			m				
2.	Ortsverbindungswege, 5,0 Meter Breite . . . . .	25 100	10	251 000	8 300	10	83 000	6 300	10	63 000	10 270	10	102 700	9 830	10	98 300	598 000	
3.	Distriktstraßen, 7,0 Meter Breite . . . . .	600	15	9 000	1 150	15	17 250	250	15	3 750	450	15	6 750	—	—	—	36 750	
4.	Staatsstraßen, 8,0 Meter Breite . . . . .	7 450	25	186 250	3 600	25	90 000	2 000	25	50 000	3 750	25	93 750	3 750	25	93 750	513 750	
5.	Eisenbahnen mit zwei Geleisen . . . . .	2 450	35	85 750	1 300	35	45 500	250	35	8 750	550	35	19 250	300	35	10 500	169 750	
	Eisenbahnen mit zwei Geleisen . . . . .	3 000	—	45 000	2 000	—	33 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78 000	
	Anpassung der Entwässerungsgräben an den Kanal:																	
6.	Gräben mit 0,5 Meter Sohlenbreite und 0,8 Meter mittlerer Tiefe im Gelände zu Durchlässen mit 0,75 Quadratmeter und solchen mit 3,0 Quadrat- meter lichter Querschnittsfläche . . . . .	26 710	3	80 130	12 660	3	37 980	10 500	3	31 500	24 550	3	73 650	29 670	3	89 010	312 270	
7.	Gräben mit 2,0 Meter Sohlenbreite und 1,2 Meter mittlerer Tiefe im Gelände zu Durchlässen mit 6,5 Quadratmeter und solchen mit 13,0 Quadrat- meter lichter Querschnittsfläche . . . . .	5 060	7	35 420	250	7	1 750	—	—	—	3 750	7	26 250	9 350	7	65 450	128 870	
8.	Gräben mit 4,0 Meter Sohlenbreite und 1,5 Meter mittlerer Tiefe im Gelände zu Durchlässen mit 20,0 Quadratmeter lichter Querschnittsfläche . . . . .	—	—	—	2 740	15	41 100	5 080	15	76 200	—	—	—	—	—	—	117 300	
	Verlegung größerer Wasserläufe über die der Kanal mit einer Brücke geführt werden soll. Nach besonderen Anschlägen:																	
		Name der der Kanalbrücke nächstgelegenen Ortschaft	Kreuzungsstelle nach der kilo- metrischen Einteilung des Seitenkanales	Nieder- schlagsgebiet in Quadrat- kilometern*)														
9.	Abens . . . . .	Abensberg . . . . .	14,830	412	650	—	178 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	178 000	
10.	Ilm . . . . .	Ilmendorf . . . . .	34,950	607	1 050	45	47 250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47 250	
11.	Paar . . . . .	Manching . . . . .	43,270	1249	8 000	—	520 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	520 000	
12.	Sandrach . . . . .	Unterbrunnenreit . . . . .	49,430	—	—	—	—	220	30	6 600	—	—	—	—	—	—	6 600	
13.	Ussel . . . . .	Riedensheim . . . . .	73,250	114	—	—	—	—	—	—	3 600	—	215 000	—	—	—	215 000	
14.	Kesselbach . . . . .	Münster . . . . .	106,500	129	—	—	—	—	—	—	—	380	22	8 360	—	—	8 360	
15.	Reichenbach . . . . .	Tapfheim . . . . .	109,530	12	—	—	—	—	—	—	200	15	3 000	—	—	—	3 000	
16.	Nebelbach . . . . .	Blindheim . . . . .	114,360	42	—	—	—	—	—	—	100	15	1 500	—	—	—	1 500	
17.	Brunnenbach . . . . .	Höchstädt . . . . .	119,300	75	—	—	—	—	—	—	450	—	26 000	—	—	—	26 000	
18.	Pulverbach . . . . .	Höchstädt . . . . .	120,000	75	—	—	—	—	—	—	600	15	9 000	—	—	—	9 000	
19.	Egau . . . . .	Schretzheim . . . . .	123,200	418	—	—	—	—	—	—	600	30	18 000	—	—	—	18 000	
20.	Brenz . . . . .	Gundelfingen . . . . .	137,950	838	—	—	—	—	—	—	—	—	—	570	45	25 650	25 650	
21.	Nau . . . . .	Riedheim . . . . .	152,930	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	22	11 000	11 000	
	Verlegung größerer Wasserläufe zur Ver- meidung einer Kanal-Überbrückung und zur Platzgewinnung für die Anlage des Kanales:																	
22.	Sandrach bei Niederstimm und bei Zuchering . . . . .	3 470	—	39 000	850	—	32 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71 000	
23.	Zusam bei Donauwörth . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 000	—	410 000	—	—	—	410 000	
24.	Donau bei Stepperg, bei Lechsend, bei Donauwörth und bei Ulm . . . . .	—	—	—	—	—	—	22 000	—	354 000	3 000	—	1 740 000	2 800	—	142 000	2 236 000	
25.	Zur Abrundung . . . . .	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	90	—	—	40	150	
	Summe Titel V Anpassung der Verkehrswege und Wasserläufe an den Kanal. . . . .																	
					1 476 800			388 200			802 200			2 538 300			535 700	5 741 200

\*) Nach Angabe des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus in München.

28. Die gesamten Kosten der Großwasserstrafse von der Donau bei Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm und Neu-Ulm, Titel I mit X.

Nummer der einzelnen Titel	Bezeichnung der Bauarbeiten	Kosten der einzelnen Teilstrecken in Mark					Gesamte Kosten in Mark bei einer gesamten Länge der Großwasserstraße von 168,5 Kilometern
		I. Teilstrecke Saal-Ingolstadt Kilometer 0 bis 49,4, 49,4 Kilometer	II. Teilstrecke Ingolstadt-Neuburg Kilometer 49,4—67,9, 18,5 Kilometer	III. Teilstrecke Neuburg-Donauwörth Kilometer 67,9—98,6, 30,7 Kilometer	IV. Teilstrecke Donauwörth-Lauingen Kilometer 98,6—129,6, 31,0 Kilometer	V. Teilstrecke Lauingen-Ulm Kilometer 129—168,5, 38,9 Kilometer	
I.	Grunderwerbung für die Herstellung des Kanalbettes samt Kammer-schleusen . . . . .	826 800	338 600	603 300	598 000	679 600	3 046 300
II.	Erdarbeiten zur Herstellung des Kanalbettes . . . . .	11 836 800	2 359 600	5 422 600	5 274 800	5 706 200	30 600 000
III.	Befestigung der Uferböschungen und Ziehwege samt Schutz der Kanal-dämme gegen Hochwasser . . . . .	1 708 800	956 700	1 999 900	1 500 200	2 091 100	8 256 700
IV.	Kunstabauten ohne Wehranlagen und Kammerschleusen . . . . .	5 594 100	798 400	711 200	2 357 400	1 345 800	10 806 900
V.	Anpassung der Verkehrswege und der Wasserläufe an den Kanal . .	1 476 800	388 200	802 200	2 538 300	535 700	5 741 200
	Kosten der Bauarbeiten Titel I mit V . . . . .	21 443 300	4 841 500	9 539 200	12 268 700	10 358 400	58 451 100
VI.	Wehranlagen samt ihren Kammerschleusen in der Donau bei Neu-burg, Donauwörth und Neu-Ulm einschließlich Grunderwerbung, Wärtergehöfte und Magazine . . . . .	—	1 798 000	2 300 000	—	1 291 000	5 389 000
VII.	Kammerschleusen in den Seitenkanälen, ohne Grunderwerbung, Wärter-gehöfte und Magazine, sowie die Sparbecken . . . . .	2 007 000	1 354 000	1 927 000	2 227 000	2 459 000	9 974 000
VIII.	Wasserversorgung einschließlich Grunderwerbung, Wärtergehöft und Magazin . . . . .	600 000	—	—	—	—	600 000
IX.	Einrichtungen für den Betrieb des Kanales, hier Wohngebäude, Maga-zine und Telephonanlagen . . . . .	345 100	199 800	258 000	227 800	349 100	1 379 800
	Kosten der Bauarbeiten Titel VI mit IX . . . . .	2 952 100	3 351 800	4 485 000	2 454 800	4 099 100	17 342 800
	Hiezu kommen die Kosten der Bauarbeiten Titel I mit V, wie voraus.	21 443 300	4 841 500	9 539 200	12 268 700	10 358 400	58 451 100
	Gesamte Kosten der Bauarbeiten Titel I mit IX . . . . .	24 395 400	8 193 300	14 024 200	14 723 500	14 457 500	75 793 900
X.	Ausarbeitung des Detailentwurfes, Bauleitung und Bauführung, Unter-haltung der Bauanlagen während der Bauzeit, sodann Reserve für Unvorhergesehenes, nahezu 10% der Kosten für die Bauarbeiten Titel I mit IX . . . . .	2 324 600	776 700	1 325 800	1 406 500	1 372 500	7 206 100
	Gesamte Kosten Titel I mit X . . . . .	26 720 000	8 970 000	15 350 000	16 130 000	15 830 000	83 000 000
	Kosten in Mark für den laufenden Meter Kanal . . . . .	540 890	484 865	500 000	520 323	406 941	492 582

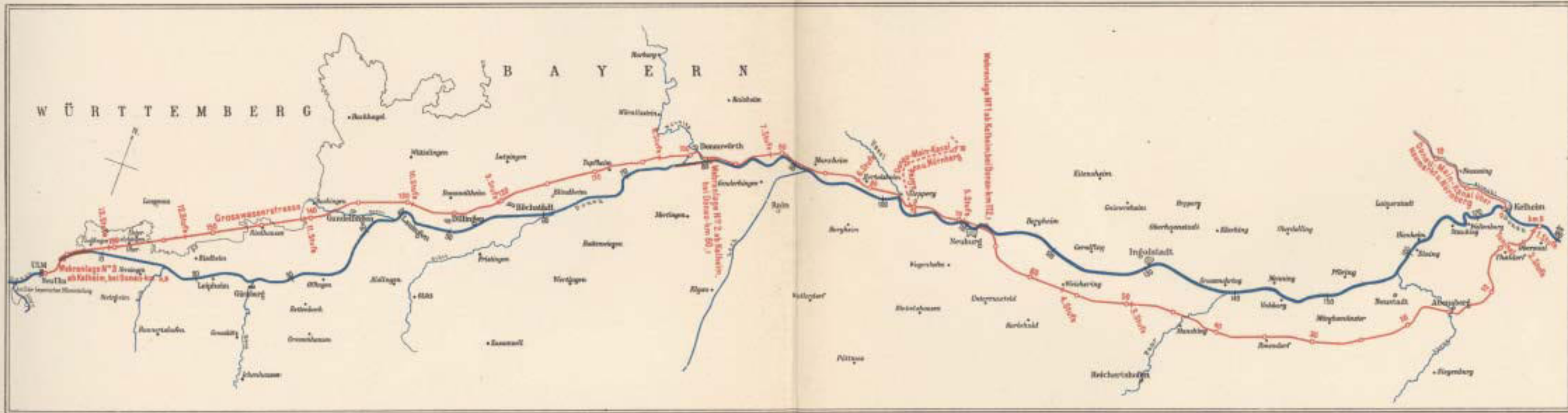
## Übersichtskarte zu den Entwürfen über eine Verbesserung der Donau-Wasserstraße in Bayern.



Lageplan zu dem Entwurfe über eine Großwasserstraße entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Neu-Ulm  
für einen Verkehr von Schiffen bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit.

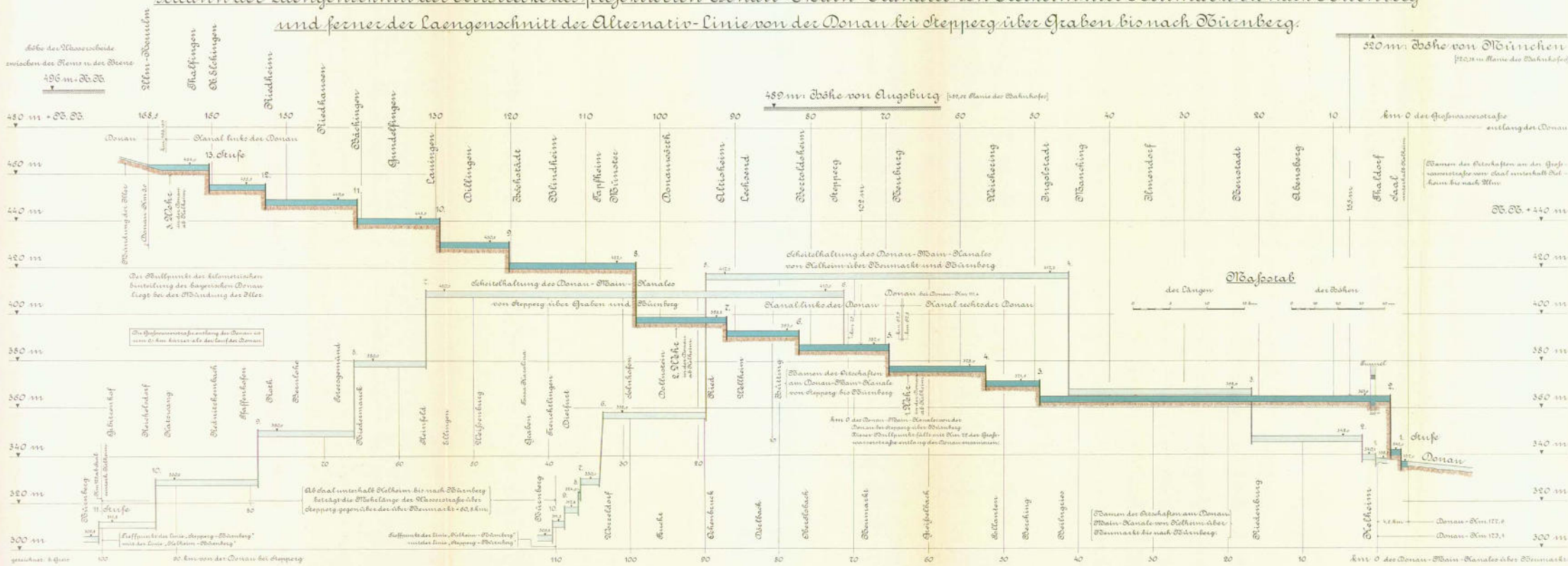


# Lageplan zu dem Entwürfe über eine Großwasserstraße entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Neu-Ulm für einen Verkehr von Schiffen bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit.

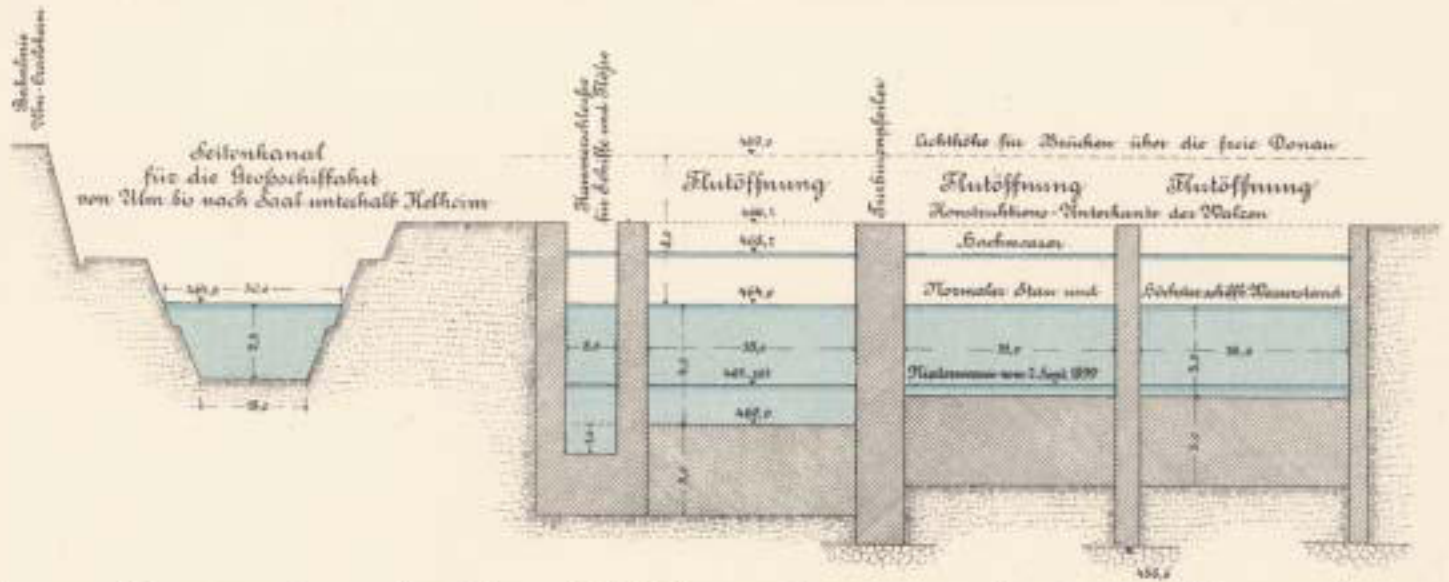


# Laengenschnitt der Großwasserstrasse entlang der Donau von Saal unterhalb Kelheim bis nach Ulm,

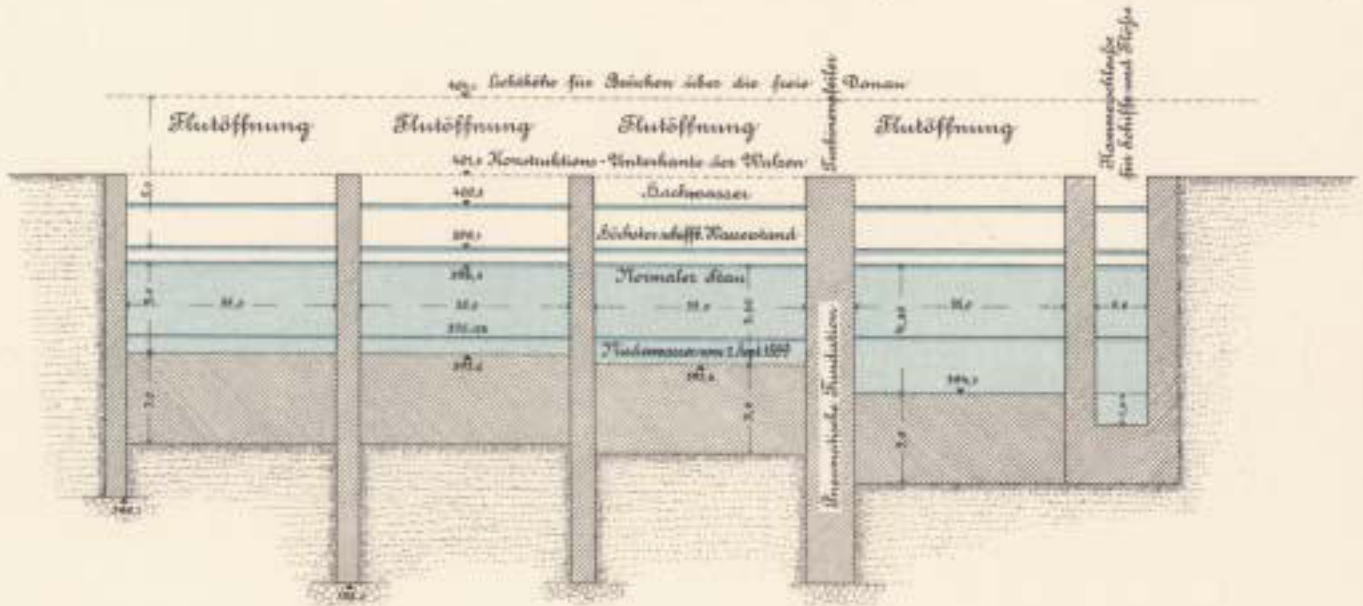
sodann der Laengenschnitt der Teilstrecke des projektierten Donau-Wein-Kanales von Kelheim über Dürnach bis nach Dürnberg und ferner der Laengenschnitt der Alternativ-Linie von der Donau bei Stepperg über Graben bis nach Dürnberg.



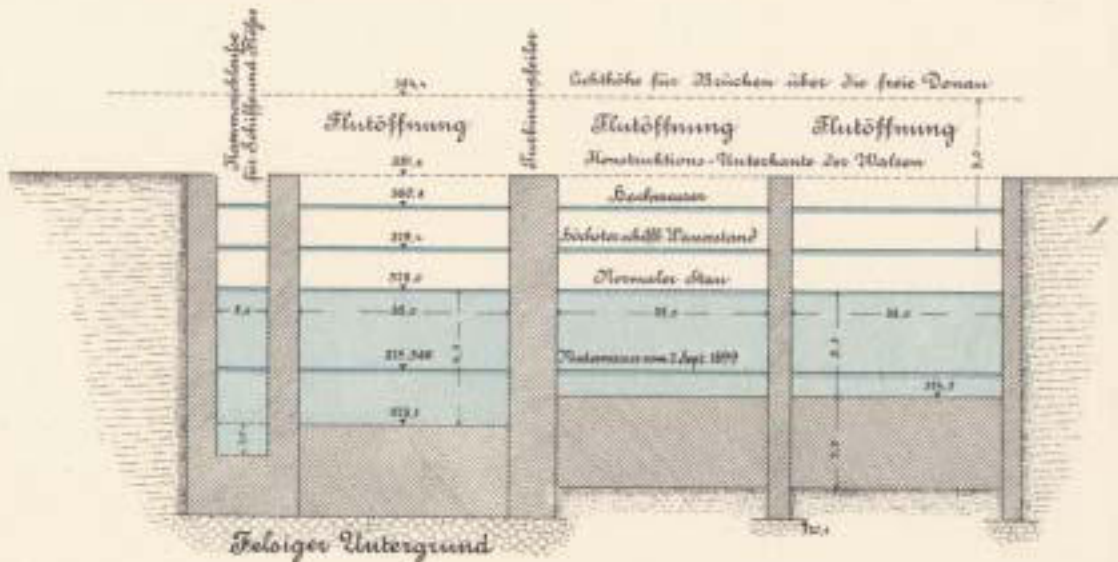
# Die Wehranlagen in der Donau für den Betrieb der Grossschiffahrt in dem Seitenkanale.



Querschnitt durch die Wehranlage und den Seitenkanal unterhalb Ulm und Neu-Ulm, bei Kilometer 5,8.



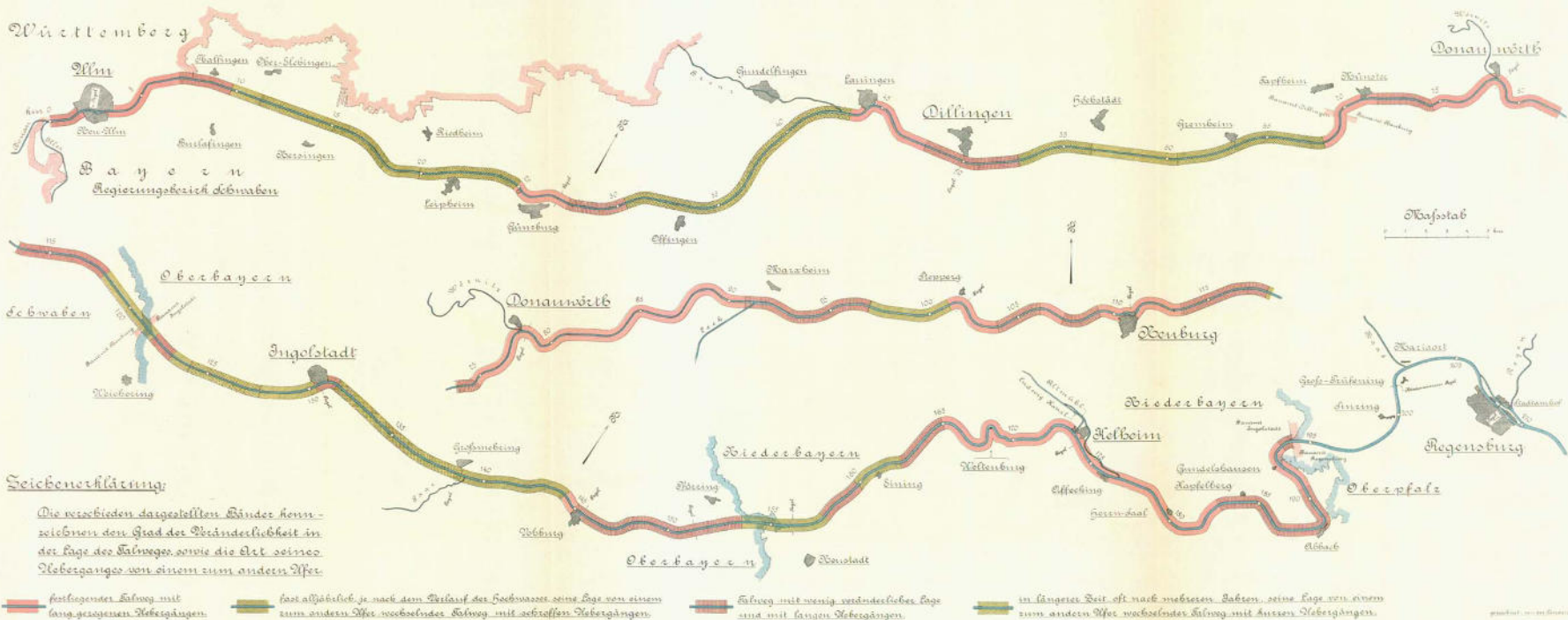
Querschnitt durch die Wehranlage unterhalb Donauwörth, bei Kilometer 80,1.



Querschnitt durch die Wehranlage unterhalb Neuburg, bei Kilometer 112,1.

# Lageplan der Donau von Ulm bis Regensburg

mit Darstellung über die Veränderlichkeit der Lage des Talweges von km 0 bis km 194  
sowie über die Art seines Ueberganges von einem zum andern Ufer.



**Seichenerklärung:**

Die verschieden dargestellten Bänder kennzeichnen den Grad der Veränderlichkeit in der Lage des Talweges sowie die Art seines Ueberganges von einem zum andern Ufer.

- festliegendes Talweg mit lang gestreckten Uebergängen.
- fast alljährlich je nach dem Verlauf des Hochwassers seine Lage von einem zum andern Ufer wechselndes Talweg mit schroffen Uebergängen.
- Talweg mit wenig veränderlicher Lage und mit langen Uebergängen.
- in längerer Zeit oft nach mehreren Jahren seine Lage von einem zum andern Ufer wechselndes Talweg mit kurzen Uebergängen.

# Die Donau von km 0 bis km 194.

Vergleichende Darstellung der hier in Betracht kommenden Wasserstände an den Pegeln der Donau von Wien bis Belgrad bezogen auf den Pegelstand vom 2. September 1899.

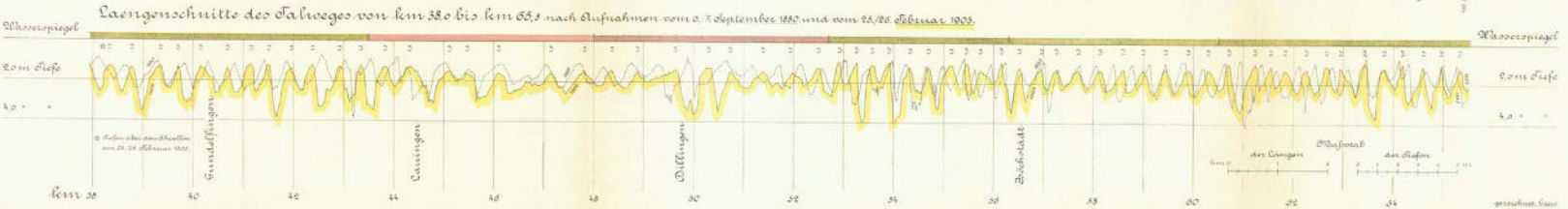
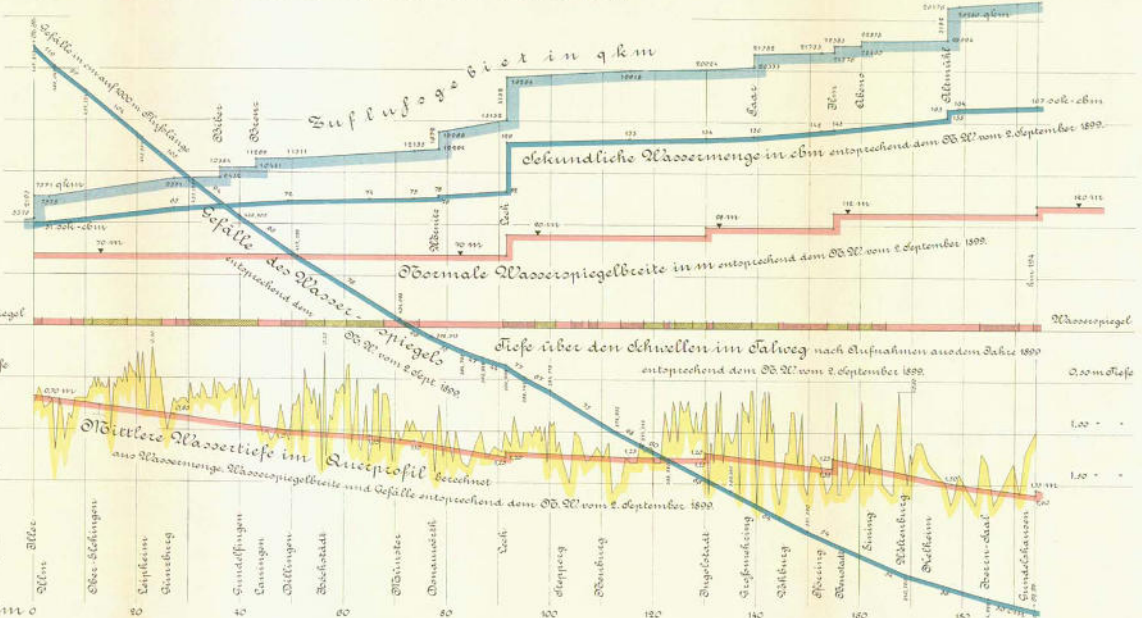
Die Wasserstände halber wurden die Stationszonen zwischen dem obersten Pegel gleich groß angenommen.



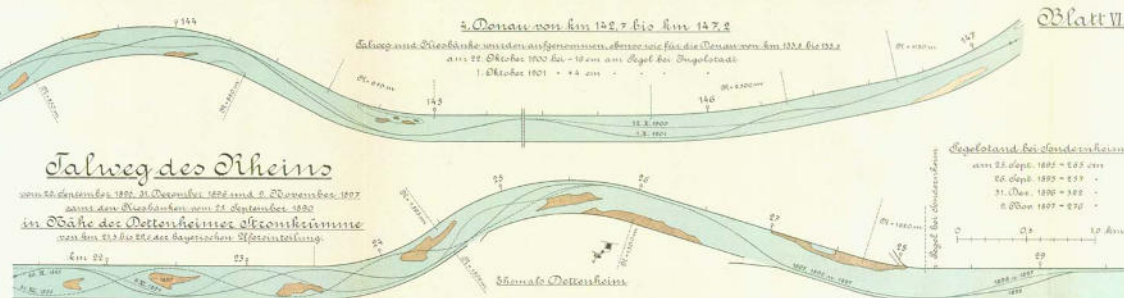
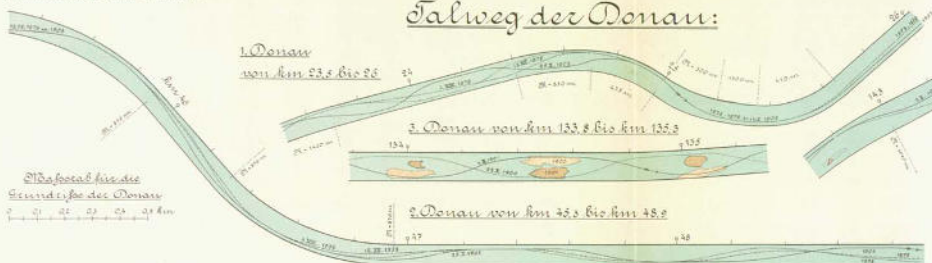
Die Tiefen im Fahrweg werden gemessen: am 2. Sept. 1899 u. am 23. Sept. 1903 von km 38,0 - 50,0 am 7. Sept. 1899 u. am 23. Sept. 1903 von km 55,0 - 67,0

Das Gefälle der Wasserpegel wurde bestimmt: von km 0 - 18,0 am 2. Sept. 1899 von km 18,0 - 37,0 am 23. August 1903

**Seichtwasserklärung:**  
 festliegender Schlamm mit lang geringem Stehbergen, fast alljährlich je nach dem Verlauf der Hochwasser seine Lage von einem zum anderen Orte wechselnden Laufweg mit störrischen Stehbergen.  
 Laufweg mit wenig wechselläufiger Lage und mit langem Stehbergen.  
 ein langeres Seit- u. ft nach mehreren Jahren seine Lage von einem zum anderen Orte wechselnden Laufweg mit kurzen Stehbergen.



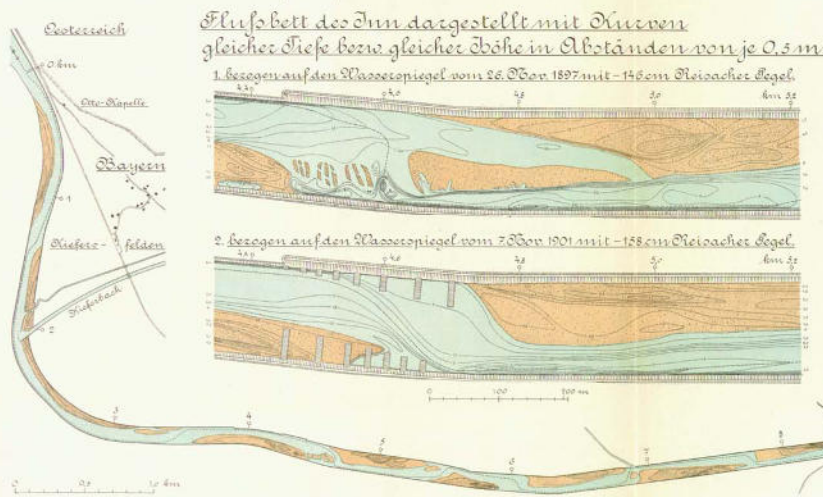
### Falweg der Donau:



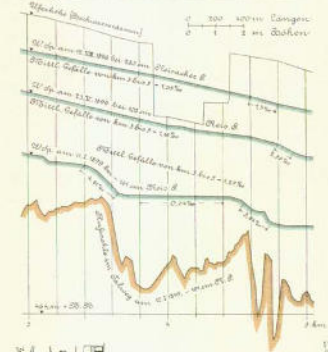
### Falweg des Rheins



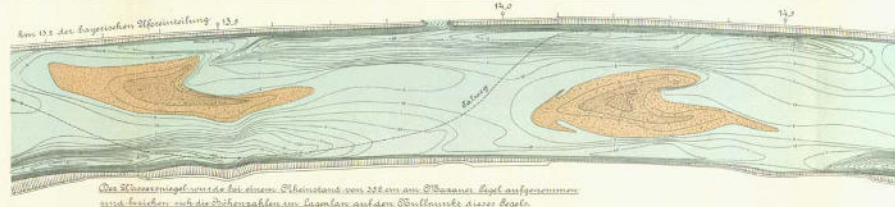
### Der Inn von Kiefersfelden bis nach Flintsbach km 0 bis km 17.8.



### Längenschnitt des Inn von km 2 bis 5



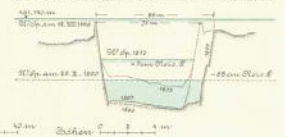
### Strombett des Rheins nächst unterhalb Maxau vom November 1893



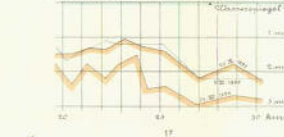
### Querschnitt des Inns bei km 4.810



### Querschnitt des Inns bei km 16.133



### Rhein bei Dettelsheim

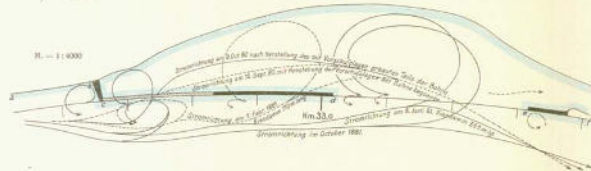


Die Kiesbänke über dem Nullsepiegel vom 2. Nov 1897 bis -158 cm Meissacher Pegel sind dargestellt mit Kurven gleicher Höhe in Abständen von je 10 cm. gesehnet von der Donau und Inn

Lageplan des Oberrheins zwischen km. 31,0 und 35,0 der bayer. Uferereinteilung nach dem Staude im Oktober 1881.

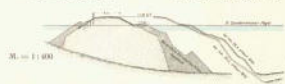


Skizze über die Veränderung der Stromrichtung bei Herstellung der Flügelbahn.



Parallelbauten nach älterer Methode.

Querschnitt bei km. 29,50 erd. 1877; mögl. 12. Okt. 1877 bei km. 29,0 und 26,0 auf 8. Nov. 1877 bei 0,0 Sond. P.



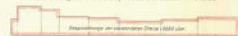
Graph. Darstellung der zum Flügelbau verwendeten Kiesmenge.

M. der Länge = 1:4000; 1 m der Höhe = 20 cbm.

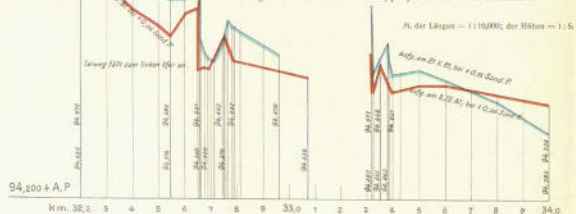


Graph. Darstellung der zur Abdeckung der vorderen Flügelböschung verwendeten Steinmenge.

M. der Länge = 1:4000; 1 m der Höhe = 4 cbm.

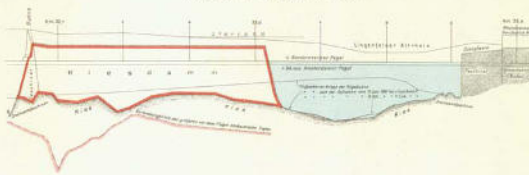


Wasserspiegelfixierungen zwischen km. 32,2 und 34,0 längs der Uferlinie a b c d e f, projiziert auf die Normallinie.



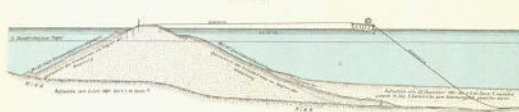
Längenschnitt des Flügels nach der vorderen Baukante.

M. der Länge = 1:4000; der Tiefen = 1:400



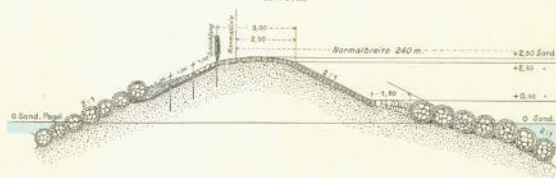
Querschnitt des Flügels, 340 m unterhalb der Buhne.

M. = 1:400



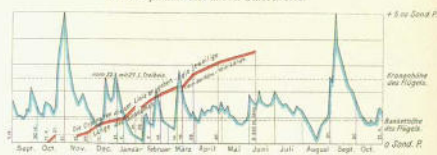
Normalquerschnitt

M. = 1:100

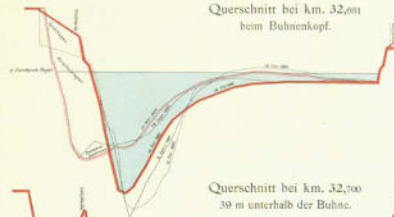


Wasserhöhen des Rheins am Pegel zu Sondernheim

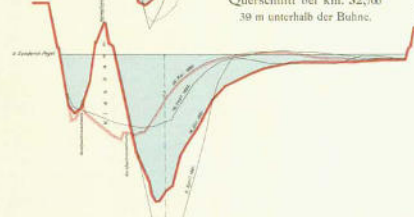
vom 1. September 1880 mit 31. Oktober 1881.



Querschnitt bei km. 32,001 beim Buhnenkopf.



Querschnitt bei km. 32,700 39 m unterhalb der Buhne.



Querschnitt bei km. 32,700 129 m unterhalb der Buhne.



Querschnitt bei km. 33,000 339 m unterhalb der Buhne.

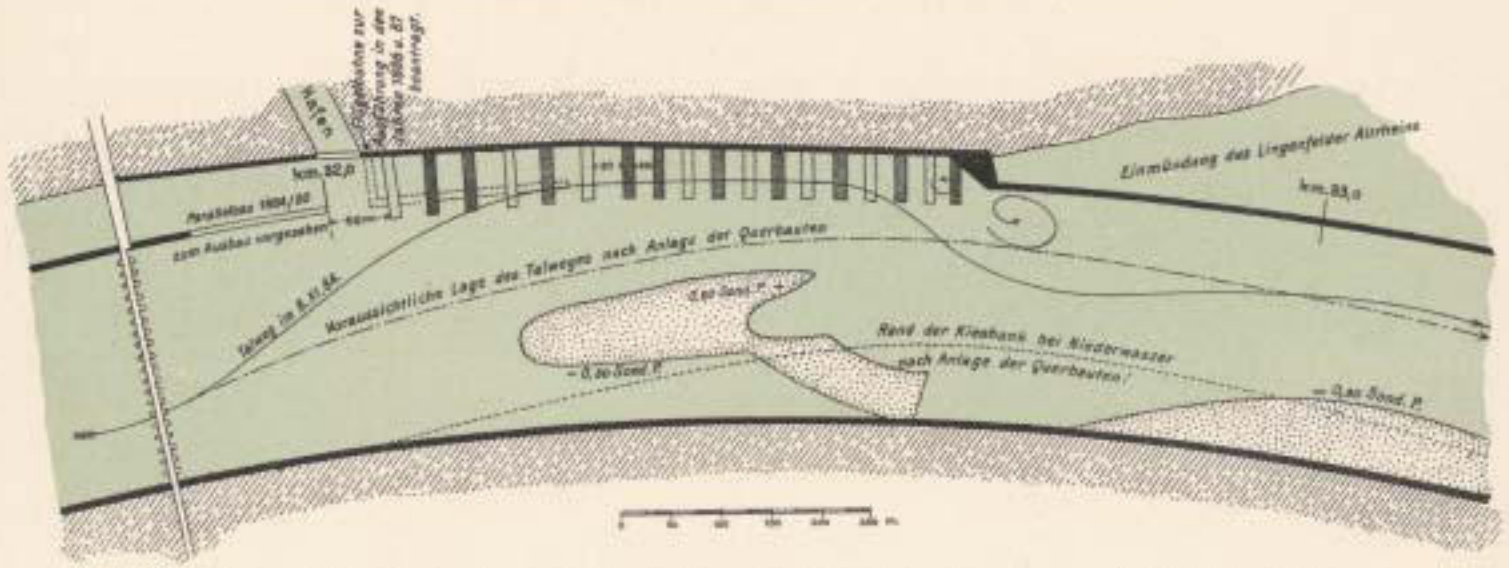


Der Nullpunkt des Pegels zu Sondernheim, bei Kilometer 34,0, wurde am 1. Januar 1880 um 2 cm in tiefer gestellt und zwar von 0,0 m v. A. P. auf 0,02 m v. A. P. Auf Normalnull bezogen beträgt seine Höhe 0,02 m.

Die klimatische Einwirkung des Unwitters, hiesigen Rheinstroms beginnt bei der bayerisch-sächsischen Grenze und die Einwirkung der Stroms bei der Baseler Rhein-Brücke.

# Ein Vorschlag zur Verbesserung der Niederwasserrinne des Oberrheins bei Germersheim durch Querbauten (Grundswellen und Buhnen), zugleich ein Vorschlag zur Erprobung einer Bauweise für die Verbesserung der Schiffbarkeit des Oberrheins, ausgearbeitet in dem Jahre 1884.

## Lageplan des Oberrheins bei Germersheim nach einer Aufnahme vom 8. November 1884 bei — 0,30 Sond. P.

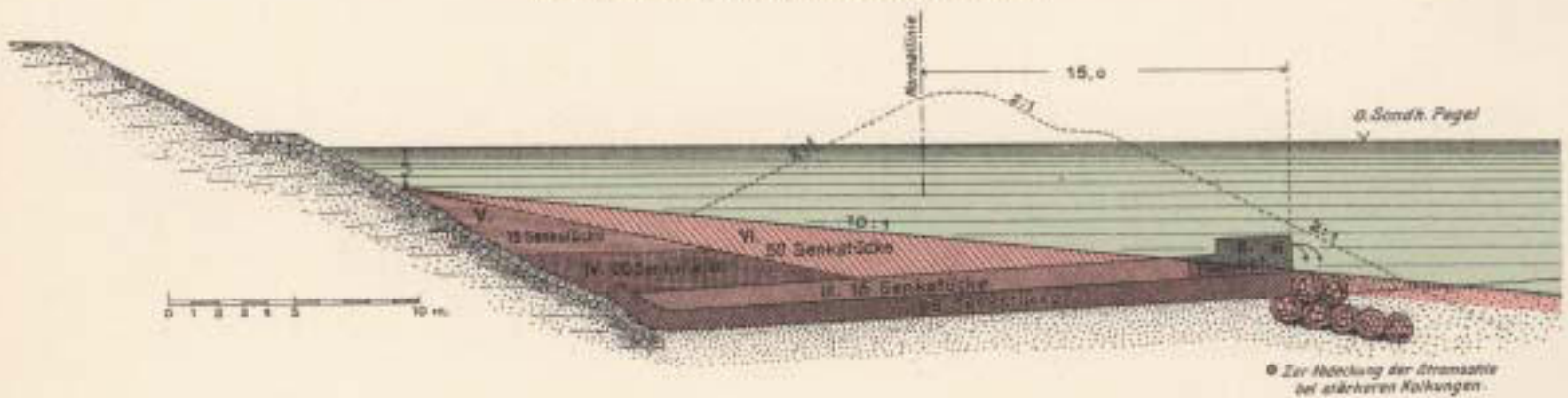


Am 1. Januar 1885 wurde der Nullpunkt des Pegels zu Sondersheim bei km. 23,368 um 2,90 Meter tiefer gesetzt.

## Querschnitt des Oberrheins bei km. 32,496 der bayerischen Uferteilung aufg. am 8. November 1884 bei — 0,30 Sond. P. samt dem Querschnitte einer vollständig ausgebauten Buhne.



## Normalquerschnitt einer mit 135 Senkstücken ausgebauten Buhne und Angabe der einzelnen Schichten, in denen der Ausbau zu erfolgen hat.



## Die Lage der Querbauten und die Anzahl der Senkstücke für jeden Querbau.

