

Deutsch - Oesterreichisch - Ungarischer Verband
für Binnenschifffahrt.

Verbands-Schriften. * Neue Folge. * No. XIX.

Studien

über die

Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau

von Kelheim bis nach Ulm

von

Eduard Faber,

Kgl. Bauamtmanu und Vorstand des technischen Amtes
des Vereines für Hebung der Fluss- und Kanalschifffahrt in Bayern.

Mit 3 Tafeln.



Berlin-Grunewald.
Verlag von A. Troschel.
1903.

III A 10767

Deutsch - Oesterreichisch - Ungarischer Verband
für Binnenschifffahrt.

Verbandsschriften. Neue Folge.

No. XIX.

Studien

über die

Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau

von Kelheim bis nach Ulm

von

Eduard Faber,

Kgl. Bauamtmann und Vorstand des technischen Amtes
des Vereines für Hebung der Fluss- und Kanalschifffahrt in Bayern.

Mit 3 Tafeln.



Berlin-Grunewald

Verlag von A. Troschel.

1903.



11-354185

3PL-3-M/2019

Der Verein für Hebung der Fluß- und Kanalschiffahrt in Bayern faßte auf seiner Haupt-Versammlung in Augsburg am 12. Mai 1901 den Beschluß, durch sein technisches Amt gemäß Antrag und auf Kosten der Handelskammer Ulm Studien über eine Wasserstraße im Tal der bayerischen Donau anstellen zu lassen. Diese Studien, mit denen im Frühjahr 1902 begonnen wurde, haben sich mit zweierlei zu befassen. Zunächst mit der Donau selbst und zwar mit der Frage, in welchem Maße ihre Schiffbarkeit nach den neueren Erfahrungen im Flußbau zu bessern wäre, sodann mit der Frage, was dort zu geschehen hätte, wo in der Donau die für eine Großschiffahrt nötige Fahrtiefe durch eine Regulierung nicht geschaffen werden kann.

Die auf Grund der Studien auszuarbeitenden Entwürfe sollen genereller Art sein und darüber Aufschluß geben, in welcher Weise die Verbesserung der Schiffahrt der Donau, sowie die Großwasserstraße auszuführen sei, und mit welchen Kosten dies geschehen könne. Die beiden Arbeiten sind soweit vorgeschritten, daß deren Fertigstellung im Oktober laufenden Jahres erfolgen wird.

Im Anschluß an die Vorträge, welche Oberbaurat Hensel und Bauamtmann Rapp über die bayerische Donau auf den Jahresversammlungen des Vereines gehalten haben, wurde angenommen, daß Schiffe mit etwa 600 Tonnen Ladung in der Donau über Kelheim hinauf wegen der geringen Wassertiefe — eine Folge der raschen Zunahme des Gefälles — nicht regelmäßig verkehren können, und daß sonach von Kelheim aufwärts bis Ulm an Stelle des natürlichen Wasserlaufes ein besserer Weg geschaffen werden muß. Der Entwurf über diese neue Wasserstraße wird nach ähnlichen Grundsätzen ausgearbeitet,

wie sie bei dem Entwurf des technischen Amtes über einen Großschiffahrtsweg im Maintal von Aschaffenburg bis Bamberg zur Anwendung kamen. *)

Eine Kanalisierung der ganzen Donau durch Einbauten von Wehren ist nicht geplant, im Gegenteil soll der Fluß so wenig wie möglich benutzt und also die Wasserstraße durch Kanäle längs der Donau hergestellt werden. Damit lange Haltungen und ein guter Anschluß an die Seitenkanäle erzielt werden, sollen sie möglichst auf das Hochufer verlegt und die Niederung selbst nur dann durchfahren werden, wenn sonst kein Weg offen steht. Entsprechend diesen Grundsätzen hat der Kgl. Bauamtmann Vogt beim technischen Amt den Entwurf über den Großschiffahrtsweg von Kelheim bis nach Ulm ausgearbeitet. Die wichtigsten Ausmaße der Großwasserstraße werden wegen des Zusammenhanges mit der Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau hier mitgeteilt.

Die gesamte Höhe, die von Ulm bis in die Donau bei Kelheim zu überwinden ist, beträgt 127 m. Bei einer Länge von 168,5 km sind im ganzen 13 Stufen erforderlich, sodaß die durchschnittliche Länge einer Haltung nahezu 13 km beträgt, eine Länge, die als außerordentlich günstig zu bezeichnen ist, wenn man nicht gerade die Kanäle in den Tiefebenen damit vergleicht. Für den Querschnitt der Seitenkanäle und ebenso für die Hebewerke werden die gleichen Ausmaße gewählt, wie sie der Dortmund-Ems-Kanal besitzt, auf dem Schiffe bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit mit einer Geschwindigkeit von 5 km in der Stunde verkehren.

In dem Entwurf über einen Großschiffahrtsweg im Maintal ist der Querschnitt wesentlich größer angenommen worden und zwar passend für ein Normalschiff mit 1000 Tonnen Tragfähigkeit. Dort soll eine Wasserstraße geschaffen werden, welche gleichwertig ist mit dem bis Offenbach bereits kanalisierten Main und ebenso gleichwertig mit der von Bayern und Preußen bis nach Aschaffenburg geplanten Wasserstraße. Für die Kanäle längs der Donau wurde deshalb ein kleineres Normalschiff vorgesehen, weil auch der Entwurf über einen neuen Donau-Main-Kanal auf

*) 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.

dem 600 Tonnen-Schiff basiert ist und sich somit ein Vergleich hinsichtlich der Kosten ermöglichen läßt, hauptsächlich aber deshalb, weil für den Ausbau der österreichischen Kanäle nahezu die gleichen Ausmaße bestimmt worden sind.

Bei dem Entwurf über eine großschiffahrtsfähige Wasserstraße im Tal der Donau mußte ferner auch daran gedacht werden, daß, wenn einmal eine solche Wasserstraße besteht, ein Anschluß vom Oberrhein und Neckar her angestrebt werden wird. Nach der Beschaffenheit des Neckartales, nach der Höhenlage der Wasserscheide zwischen Neckar und Donau, wird, soweit die seither darüber bekannt gewordenen Untersuchungen dies erkennen lassen, anzunehmen sein, daß eine Wasserstraße im Tal des Neckars kaum wesentlich leistungsfähiger als für Schiffe bis zu 600 Tonnen Tragfähigkeit hergestellt werden wird, so daß also auch nach dieser Hinsicht die projektierten Seitenkanäle entsprechen. Der Anschluß von Württemberg her hätte nach der über die Brenz führenden Haltung zu geschehen, deren Wasserspiegel auf einer Höhe von 441 m über Normal-Null projektiert ist.

Da voraussichtlich der Großschiffahrtsweg durch Anlage von Seitenkanälen über Kelheim hinaus nicht so bald zur Verwirklichung kommen wird, so streben die Interessenten an, durch eine Regulierung der bayerischen Donau, wozu auch die Herausnahme der Sperre bei Regensburg gehört,*) den Verkehr auf der natürlichen Wasserstraße neu zu beleben und somit durch eine Hebung von Handel und Verkehr, durch eine Erstarkung der Industrie der zukünftigen Großwasserstraße vorzuarbeiten.**) In der gleichen Weise geschieht dies mit Erfolg am Main auf bayerischem Gebiete, wo auf Kosten des Staates die Niederwasserrinne bis Bamberg hinauf für den Betrieb der Ketten-schiffahrt reguliert wird.

Da Oesterreich und Ungarn die Verbesserung der Schiffbarkeit der ihnen zugehörigen Donaustrecken mit aller Tatkraft

*) Schildhauer. Die Schiffahrtshindernisse bei der alten Brücke in Regensburg und die Mittel zur Beseitigung dieser Mißstände. Bericht über die X. Hauptversammlung des bayerischen Kanal-Vereins. 1900. S. 23/31.

***) Welche Bedeutung einer Schiffahrt auf der oberen Donau zukommt, ist in der von Professor Dr. W. Götz in München verfaßten Schrift dargelegt: Die Schiffahrt auf der oberen Donau. Donauwörth 1901.

erfolgreich betreiben, so wird die Frage, was mit der bayerischen Donau geschehen kann, immer vordringlicher. Auch diese Studien sollen dazu beitragen, eine baldige Lösung der für die Entwicklung der bayerischen Wasserstraßen wichtigen Frage herbeizuführen.

Die anliegende Abhandlung gibt zunächst eine Darstellung des Zustandes der Donau von Ulm bis Passau, sodann die Ergebnisse der Studien über die Möglichkeit einer Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau von Kelheim bis Ulm, die der Verfasser dieser Abhandlung seit Mai vorigen Jahres angestellt hat, mit Ausnahme der noch im Gange befindlichen Studien über die Häufigkeit der Wasserstände, sowie über die Kosten der Verbesserung.

Im Zusammenhang damit werden auch Beobachtungen und Studien über den Oberrhein und den Inn hier besprochen werden. Das letztere geschieht, da nur eine vergleichende Betrachtung verschiedener, künstlich gestalteter Flüsse mit beweglicher Sohle dazu führen kann, zutreffende Vorschläge über die Verbesserung der Schiffbarkeit solcher Flüsse zu machen.

Der bayerische Binnenschiffahrtsverein faßte in Augsburg seinen Beschluß über die Donauwasserstraße unter der Voraussetzung, daß das Kgl. Staatsministerium des Innern die Benutzung der einschlägigen, von den Straßen- und Flußbauämtern ausgeführten Messungen und Ausarbeitungen genehmigen werde. Dies ist denn auch auf Ansuchen des Vereins in der bereitwilligsten Weise geschehen. Ein reichhaltiges, sorgfältig bearbeitetes Material wurde von den Kgl. Bauämtern Dillingen, Neuburg, Ingolstadt, Regensburg, Rosenheim und Speyer dem technischen Amt zur Verfügung gestellt. Mit dem Dank für die Unterstützung, die das Amt durch diese Behörden gefunden hat, verbinde ich den Wunsch, es möge den Beamten, die ein derartiges Beobachtungsmaterial geschaffen haben, Zeit gegeben werden, ihre Beobachtungen eingehend zu bearbeiten und zum allgemeinen Nutzen bekannt zu geben.

Der Vorstand der Kgl. württ. Straßenbauinspektion Ulm, Baurat Angele, hat dem technischen Amt eine vollständige Messung der Wasserführung in der Donau bei Ulm überlassen, und ebenso fand das technische Amt bei seinen Arbeiten viel-

fach Unterstützung durch den Vorstand des städtischen Tiefbauamtes in Ulm, Baurat Braun, wofür hier gleichfalls zu danken ist.

Außerdem sei hervorgehoben, daß sich die Untersuchungen über die Schiffbarkeit der Donau auf die Vorträge stützen, die Oberbaurat Hensel, Baurat Schildhauer und Bauamtmann Rapp über die Schifffahrtsverhältnisse in der Donau von Ulm bis Passau auf den Hauptversammlungen des bayerischen Binnenschiffahrtsvereines in den Jahren 1897, 1899 und 1900 gehalten haben und die in den Jahresberichten des Vereins veröffentlicht sind. Ebenso wurden vielfach benutzt die von dem Kgl. Hydrotechnischen Bureau in München seit 1899 herausgegebenen Jahrbücher, sodann das von der Kgl. Obersten Baubehörde im Jahre 1888 herausgegebene Werk über den „Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern“, dem auch die nachfolgende Schilderung der allgemeinen Flußverhältnisse entnommen ist.*)

Die Donau wird mit der Einmündung der Iller nächst oberhalb der Stadt Ulm schiff- und flößbar und beginnt hiemit die große Bedeutung zu erlangen, welche 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 km Länge die nasse Landesgrenze zwischen Bayern und Württemberg, tritt von Thalgingen an mit beiden Ufern nach Bayern ein, verbleibt so bis zu km 365,0 unterhalb Passau und bildet von dort an bis zur deutschen Reichsgrenze bei Jochenstein — km 386,710 — wiederum die nasse Landesgrenze zwischen Bayern und Österreich.

Auf ihrem Lauf 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 dasselbe mit einem durch Korrektion nunmehr gestreckten Lauf und erreicht oberhalb Ulm die Juraklüftungen der Rauhen Alb, die sie auf der kurzen Strecke bis Thalgingen 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-Plein-

*) Der Wasserbau S. 7 bis 41.

ting, km 322, den Urgebirgsstock im südlichen Teile des bayerischen Waldes, den sie bis über die deutsch-österreichische Grenze hinaus in eng geschlossenem, zu beiden Seiten mit Höhenzügen begrenztem Bette durchbricht.

Durch zwei natürliche Einschnürungen, die eine zwischen Stepperg und Neuburg — km 102 und 111 —, die andere zwischen Weltenburg und Großprüfening — km 168 und 201 —, wird die Ebene von Thalfingen bis Hofkirchen-Pleinting in drei Teile gegliedert, die unter sich als obere, mittlere und untere Donauebene bezeichnet werden.

Die obere Donauebene begleiten zur Linken die sanften Höhen des Schwäbischen Jura, der zwischen Gundelfingen und Donauwörth — km 40 bis 78 — in flachen Bogen weit zurücktretend, eine große Talausbuchtung bildet. Zur Rechten wird sie 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 Donauebene zu. Den Übergang von der oberen zur mittleren Donauebene bildet die Flußstrecke von Stepperg bis Neuburg, eingerissen in die Ausläufer des Fränkischen Jura, welcher den Flußlauf mit mäßig hohen Ufern eng begrenzt.

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

von Weltenburg abwärts in die Ausläufer des Jura eintritt und sie bis gen Großprüfening nächst oberhalb Regensburg durchströmt.

Die untere Donauebene, eine beiderseits ausgedehnte, fruchtbare Ebene, die sogenannte niederbayerische Tiefebene, erstreckt sich von Regensburg bis nach Hofkirchen-Pleinting, d. i. vom Durchbruch der Juraklippen bis zum Querspalt des Urgebirgsstockes im Südabhange des Bayerischen Waldes.

Die Donau von Ulm bis nach Hofkirchen-Pleinting ist der Hauptsache nach in einen leicht beweglichen, aus quartärem Geröll 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 Flußsohle ganz oder zum Teil aus Felsen gebildet, stellenweise überdeckt ihn nur seicht das Geschiebe.

Das Geschiebe der Donau besteht aus Kalk, selten aus Quarz. Seine Größe wechselt vom feinsten Gries bis zu Geröllen von 14 cm Länge, 8 cm Breite und 7 cm 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 nächst unterhalb der Weltenburger Enge zeigen die größten Geschiebe nur etwa die Hälfte der angegebenen Ausmaße.

Wie bei allen Flüssen in beweglichem Boden floß die Donau in ihrem natürlichen Zustande zu Anfang des vorigen Jahrhunderts überall da, wo solcher Boden vorhanden ist, in weiten Windungen dahin und war um so zahlreicher in einzelne Rinnen gespalten und verwildert, je niedriger die Ufer sind. Mit dem Eintritt des Flusses in das Gebiet des Bayerischen Waldes wird dessen Lauf ein wesentlich anderer. Der die Donau durchsetzende und an den Ufern zu Tag tretende Granit beugt einem Ausschreiten des Flusses vor, wie solches oberhalb Hofkirchen-Pleinting der Fall ist. Der Lauf ist deshalb ein mehr gestreckter und geregelter, doch häufiger durch ausgedehnte Felsbänke gespalten. Die Geschiebe bedecken meist seicht den felsigen Untergrund und verursachen an übermäßig breiten Stellen ein schlechtes Fahrwasser.

Nicht ganz in Uebereinstimmung mit der topographischen und hydrographischen Beschaffenheit des Donautales 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 Ulm bis zur schwäbisch-oberbayerischen Grenze bei km 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 km 209. Die untere Donau erstreckt sich durch den westlichen Teil der Oberpfalz und durch ganz Niederbayern hindurch bis zur deutsch-österreichischen Grenze bei Jochenstein — km 386,710.

Wie die meisten der in beweglichem Boden eingebetteten Flußläufe, so befand sich auch die Donau, soweit sie die Ebene durchfließt, gegen Ende des 18. Jahrhunderts streckenweise in einer trostlosen Verfassung. So schrieb im Jahre 1807 der Kgl. bayerische Generaldirektor des Wasser-, Brücken- und Straßenbaues von Wiebeking: *) „Bayern's Hauptflüsse: der Inn, Lech, die Isar und Donau, wovon die drei ersteren zu den schnellsten in Europa gezählt werden müssen, haben ihre Betten 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.“

Die Korrektion der Donau von Ulm abwärts wurde erst seit Mitte der 30er Jahre nach einem einheitlichen Plan durchgeführt, nachdem schon vom Jahre 1790 ab zahlreiche Durchstiche in der oberen Donau zur Ausführung gekommen waren. Alle Flußbauunternehmungen in der oberen Donau geschahen, wie das auch bei andern geschiebeführenden Flüssen zu Anfang des vorigen Jahrhunderts der Fall gewesen ist, 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 km 46 bis zu 50, die zusammen den sogenannten Karolinen-Kanal bilden. Die Korrektion des bis-

*) Wiebeking. Allgemeine, auf Geschichte und Erfahrung gegründete theoretisch-praktische Wasserbaukunst. Darmstadt 1807. V. Bd. S. 165.

her nur als ein verheerendes, unbezähmbares Element bekannten Stromes war seinerzeit ein so staunenerregendes Unternehmen, daß der Karolinenkanal in den Lehrbüchern und in der Topographie Bayerns lange Zeit als besonders bemerkenswert erwähnt wurde.

Infolge der zahlreichen Durchstiche auf der oberen Donau haben die geraden Flußstrecken zusammen eine Länge von 53,210 km, das sind 44 Prozent der gesamten Länge mit 121,070 km. Die längste gerade befindet sich zwischen Thaltingen und Nersingen zwischen km 8 und 16, mit 6,9 km Länge. Die gekrümmten Flußstrecken, oft gleichfalls künstlich mittelst Durchstiche hergestellt, verlaufen vielfach sehr flach mit Radien bis zu nahezu 5000 m.

Die Korrekektionsbauten, welche an der mittleren Donau in früheren Zeiten ausgeführt wurden, waren hauptsächlich auf die Sicherung der durch den unregelmäßigen Lauf angegriffenen Ufer gerichtet. Erst seit Mitte der 40er Jahre durch die allgemeine Ausdehnung der Dampfschiffahrt und durch die damals im Bau begriffene Anlage des Ludwig-Donau-Main-Kanales wurde zugleich auch im Interesse der Schiffahrt eine Reihe von Durchstichen ausgeführt und zwar fast alle zwischen km 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 km, das sind 42 Prozent der gesamten Flußstrecke mit 43 km 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 km 133 und 135 mit einer Länge von 2000 m. Die Halbmesser der gekrümmten Flußstrecken haben meist eine Größe von 1000 m, nicht selten eine solche zwischen 3000 und 7000 m.

Der Lauf der unteren Donau erfuhr durch die Korrektion unwesentliche Aenderungen. Von den zahlreichen Windungen des Flusses in der niederbayerischen Tiefebene wurden nur wenige durchschnitten. Der Fluß war bei zumeist geschlossenem Lauf in einem verhältnismäßig guten Zustande und die Korrek-

tion erstreckte sich hier vorwiegend auf den Ausbau der bestehenden, beweglichen Ufer.

Die Festsetzung einer Normalbreite für die Korrektur der Donau fand für die Strecke von Ulm bis zur Lechmündung erst im Jahre 1837 statt, von da abwärts wurde erst seit dem Jahre 1851 an bestimmten Breiten festgehalten, 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' (= 58,4 und 93,4 m). Die nachstehende Zusammenstellung enthält die Normalbreiten für die einzelnen Flußstrecken bezogen auf eine mittlere Wasserhöhe.

Bezeichnung der Flußstrecke		Kilometrische Einteilung des Flusses		Normalbreite in m
von	bis	von	bis	
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 liegt überall in der geplanten Flußbahn, die Ufer sind durch Steinbauten mit meist $1\frac{1}{2}$ maligen Böschungen gegen Abbruch gesichert.

Die ersten Untersuchungen, die mit Rücksicht auf eine Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau angestellt wurden, bezogen sich auf den Grad der Veränderlichkeit in der Lage des Talweges, sowie auf die Art seines Ueber-

ganges von einem zum andern Ufer und zwar für die Strecke von km 0 bis zu km 194, d. i. von Ulm bis nächst unterhalb Kelheim. Die untere Grenze wurde deshalb bei km 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 der Donau, deren Lage und Ausbildung infolge der Korrektion am meisten verändert worden ist.

Die zu diesen Untersuchungen verwendeten Aufnahmen, welche sich von der jüngsten Zeit bis zurück in das Jahr 1874 erstrecken, 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 Uebergänge von einem Ufer zum andern geschehen in lang gezogener Richtung. Gerade entgegengesetzt ist das Verhalten in anderen Flußstrecken. Der Talweg wechselt fast alljährlich, je nach dem Verlauf der Hochwasser seine Lage von Ufer zu Ufer und erfolgen die Uebergänge 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 I dargestellt. Die Grenzen zwischen den einzelnen Abteilungen liegen vielfach nicht in jedem Jahre genau bei den auf Blatt I 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 vorgenommen werden, als sie im vorliegenden Falle mit Rücksicht auf Kosten und Zeit geschehen konnten. Die Hauptsache jedoch ist, daß allenfalls vorhandene Ungenauigkeiten nicht daran hindern, das Bild in richtiger Weise zu deuten.

Soviel ist sicher: Auf der Donau von Ulm bis 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 Uebergänge, 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 verlaufen würde.

Damit der Talweg dauernd festgehalten wird, dazu gehört zunächst ein gewundener Lauf. Als weitere Bedingungen treten hinzu, daß die Halbmesser der aufeinanderfolgenden Gegenkrümmen eine bestimmte Länge nicht überschreiten, ebenso die einzelnen Krümmungen selbst, sowie die geraden Flußstrecken, die zwischen den aufeinanderfolgenden Krümmungen eingelegt 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.

Soviel erscheint richtig, daß die geraden Flußstrecken zwischen den einzelnen Krümmungen nicht länger als 200 bis 300 m sein sollten, und daß die Grenze, bis zu der die Länge eines Krümmungshalbmessers noch entspricht, für die obere Donau unter 1000 m gelegen ist. Für die mittlere Donau mag das letztere Maß 200 bis 300 m mehr betragen.

In nachstehender Zusammenstellung sind die Längen der einzelnen Flußstrecken mit verschieden ausgebildetem Talweg angegeben, sowie die den einzelnen Strecken entsprechenden, mittleren Längen der Wechsel des Talweges. Das letztere Maß ist im einzelnen bestimmt von Mitte zu Mitte derjenigen Tal-

*) Es wäre besser gewesen, das Wort „Rektifikation“, mit dem Tulla die von ihm zur Verbesserung des Oberrheins angewandte Bauweise benannte, beizubehalten. Diese Bauweise — Streckung des Flusses durch zahlreiche Durchstiche — fand fast das ganze vorige Jahrhundert hindurch in Süddeutschland bei allen geschiebeführenden Flüssen mit starkem Gefälle Anwendung und findet dies auch heute noch viel zu viel. Die Bezeichnung „Korrektion“ ist zu allgemein, da sie für jede Verbesserung an einem Flußlaufe angewendet wird

wegsstrecken, welche, bald rechts bald links, parallel der Ufer verlaufen und ergibt zugleich auch die mittlere Entfernung der Schwellen.

Ifd. No.	Grad der Veränderlichkeit in der Lage des Talweges, sowie die Art seines Ueberganges von einem zum andern Ufer	Länge der Flußstrecke		Mittlere Länge der Wechsel des Talweges in m
		in km	in % der gesamten Flußlänge mit 194 km	
I.	Festliegender Talweg mit lang gezogenen Uebergängen	63,2	32,6	943
II.	Fast alljährlich, je nach dem Verlauf der Hochwasser, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit schroffen Uebergängen	46,7	24,0	415
III.	Talweg mit wenig veränderlicher Lage und mit langen Uebergängen.	53,2	27,4	812
IV.	In längerer Zeit, oft nach mehreren Jahren, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit kurzen Uebergängen	30,9	16,0	594
	Zusammen	194,0	100,0	653

Faßt man nur die Donau von km 0 bis km 165 ins Auge, also diejenige Strecke, deren Lauf mittelst Durchstichen gekürzt worden ist, dann ergeben sich nachstehende Maße:

I. Länge der Flußstrecken, in denen der Talweg festliegt 42,4 km 25,8 %

II. Länge der Flußstrecken, in denen der Talweg fast alljährlich seine Lage von einem zum andern Ufer wechselt 46,7 „ 28,2 „

III. u. IV. Länge der Flußstrecken, die als Uebergänge zwischen den beiden vorgenannten Strecken zu betrachten sind 75,9 „ 46,0 „

Zusammen . . 165,0 km 100,0 %

Die Unterschiede in der Ausbildung des Talweges der voraus angegebenen Flußstrecken finden ihren Ausdruck in den Maßen für die mittlere Länge der Wechsel. Für die unter Ziffer I zusammengefaßten, am besten ausgebildeten Flußstrecken beträgt dieses mittlere Maß 943 m,

für die unter Ziffer II zusammengefaßten, am schlechtesten ausgebildeten Flußstrecken 415 m.
 In der oberen Donau geht die mittlere Länge eines Wechsels auf der Flußstrecke zwischen km 52,7 und km 56,3 zurück bis auf 360 m,
 eine Länge, die 4,7 mal so groß ist, als die Normalbreite des Flusses. Im allgemeinen nimmt die Länge der Wechsel flußabwärts zu. Vergl. die am Schluß beigegebene Zusammenstellung der Längen der Wechsel des Talweges der Donau von km 0 bis zu km 194.

Hält man sich an die übliche Ausdrucksweise, dann wären die voraus unter Ziffer II zusammengefaßten Flußstrecken als solche mit regelmäßig wandernden Kiesbänken zu bezeichnen, diejenigen unter Ziffer I als Flußstrecken mit festliegenden Kiesbänken. Mit Absicht ist von der seitherigen Bezeichnung abgegangen worden, weil sie den Vorgängen mit einem beweglichen Flußbett nicht entspricht und daher auch vielfach zu irriger Auffassung Anlaß gegeben hat.

Das allmähliche Verschieben der Kiesbänke und des Talweges nach abwärts in den geraden oder sanft gekrümmten Flußstrecken mit übermäßigen Breiten läßt sich bei kleineren Anschwellungen leicht verfolgen. Dagegen lassen sich die Umbildungen bei hohen Wasserständen in ihrem vollständigen Verlaufe nicht beobachten, mindestens ist dies bis jetzt noch nicht geschehen. Doch ist aus einzelnen Beobachtungen bekannt, daß sich je nach der Höhe und der Dauer der Wasserstände der Talweg streckt und sich die Tiefen im Flußbette mehr oder weniger ausgleichen.

Es darf daher nach den Beobachtungen bei Niederwasser und Mittelwasser nicht vorausgesetzt werden, daß eine Verschiebung der Kiesbänke und des Talweges ohne wesentliche Aenderungen der äußeren Form auch bei den stärksten Anschwellungen vor sich geht. Eine Bestätigung dieser Annahmen ergibt sich sogar aus der Gestaltung des Flußbettes bei Niederwasser. Da für die Donau genauere Aufnahmen über die Gestalt des Flußbettes nicht vorhanden sind, so 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 km 13,2 und km 14,7 der bayerischen Ufereinteilung, nächst unterhalb Maximiliansau, die auf Tafel III dargestellt ist und als typische Form eines Flußbettes mit wandernden Kiesbänken gelten kann.

Längs der beiden Ufer ziehen sich tiefe Rinnen hin, weit über die Strecken hinaus, denen der Talweg und auch die Stromrinne 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 müßte. 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 auf Blatt III dargestellten Innstrecke zwischen Kiefersfelden und Flintsbach der Fall ist, dann kann doch wohl 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.

Bei fallendem Wasser findet sodann wieder eine Rückbildung statt und es kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die Veränderungen, die sich von Niederwasser zu Niederwasser beobachten lassen, umsoweniger von einer Verschiebung der Kiesbänke herrühren, wie sie bei dem sogenannten Wandern angenommen wird, je höher die Anschwellungen zwischen den einzelnen Niederwassern aufgetreten sind. Bei einem stetigen Wandern der Kiesbänke müßte eine so große Geschiebebewegung vorausgesetzt werden, wie sie zum Glück wohl nicht vorhanden ist.

Mit Bezug auf die Angaben von Grebenau über die große Regelmäßigkeit, die sich in der Lage der Kiesbänke und des

Talweges im Oberrhein ausspricht, schrieb der Verfasser dieser Abhandlung im Jahre 1887:*) „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.“

Vielleicht würde sich empfehlen, statt Flußstrecke mit wandernden Kiesbänken zu sagen: Flußstrecke mit pendelndem Talweg.

Außer nach der Veränderlichkeit des Talweges und nach der Richtung der Flußübergänge bestimmt sich der Grad der Schiffbarkeit eines Flusses weiterhin, wie bekannt, nach der Tiefe über den Schwellen im Talweg.

Aus allen von den Kgl. Bauämtern dem technischen Amt zur Verfügung gestellten Aufnahmen über den Talweg der Donau, sodann aus einer Aufnahme, welche das technische Amt für die Strecke von km 0 bis zu km 77 im Februar 1903 hat vornehmen lassen, wurden die Tiefen über den Schwellen entnommen und nach Art eines Längenschnittes aufgetragen, wobei der Wasserspiegel als wagerecht verlaufende Linie angenommen wurde.

Die Aufnahmen, welche 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 II die Tiefen über den Schwellen nach Aufnahme aus dem Jahre 1899 für die ganze Flußstrecke von km 0 bis zu km 194 aufgetragen. Diese Aufnahmen wurden deshalb gewählt, weil sie bei einem lang andauernden Niederwasserstand vorgenommen wurden.

Die Tiefmessung von km 0 bis zu km 121,070 wurde am 2. September 1899 während eines vom 26. August bis zum 4. September an allen Pegeln nur wenige Centimeter schwankenden Wasserstandes vorgenommen, dagegen die Messung von km 121,070 bis zu km 173 am 6. und die von km 173 bis zu km 194 am 7. März 1899, letztere gleichfalls während einer

*) Faber. Ausbau der Ufer des Oberrheins zwischen Straßburg und Mannheim zur Verbesserung der Wasserstraße. Deutsche Bauzeitung 1887. S. 425.

Zeit, in der der Stand der Donau nur wenige Centimeter schwankte. Der Wasserstand vom 6./7. März lag durchschnittlich 30 cm höher, als der vom 2. September. Um daher die Tiefenmessung vom 6./7. März mit der vom 2. September vergleichen zu können, wurden die Tiefen über den Schwellen vom 6./7. März um 20 cm verkleinert unter der Annahme, daß einem kleineren Wasserstande tiefer gelegene Schwellen entsprechen. Jedenfalls entsteht mit dieser Verkleinerung kein Fehler, der die nachfolgende Betrachtung stören könnte.

Der Verlauf der Höhenlage der Schwellen im Talweg von km 0 bis km 194 auf Tafel II zeigt eine stark gewellte Linie mit einzelnen, besonders auffallenden Tiefen und Höhen. Am auffallendsten erscheint die hohe Lage der Schwellen bei Leipheim zwischen km 20 und 23, sodann bei Höchstädt — km 21 — und ferner von nächst oberhalb Ingolstadt bis gegen die Weltenburger Enge, km 122 bis 167. Die kleinsten Wassertiefen über den Schwellen im Talweg betragen auf diesen drei Strecken 20, bzw. 25 und 60 cm.

Die bemerkenswerteste Einsenkung im Bilde auf Tafel II ist diejenige von Münster bis in die Nähe von Ingolstadt, von km 69 bis zu km 122. Die Tiefen über den Schwellen schwanken auf dieser Flußstrecke mit seltenen Ausnahmen zwischen 1,0 und 1,5 m. In zweiter Linie steht die Einsenkung nächst unterhalb Ulm zwischen km 2 und 10, sodann diejenige bei Günzburg zwischen km 25 und 30, weiterhin zwischen Lauingen und Dillingen, km 44 und 50, mit Wassertiefen von 0,7 bis zu 1,2 m. In diesen oberen Flußstrecken finden sich sonach Tiefen, wie sie bei Ingolstadt auf längeren Strecken hin nicht vorhanden sind.

Der Verlauf der Tiefe über den Schwellen im Talweg 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 Tafel II dargestellt. Die Wassermenge konnte nach den in den drei Jahren 1899 mit 1901 von dem Kgl. Hydrotechnischen Bureau in München vorgenommenen Messungen

in der Donau und in ihren Zuflüssen mit großer Genauigkeit bestimmt werden. *) Das Gefälle des Wasserspiegels entspricht für die Flußstrecke von km 0 bis zu km 121 einer Aufnahme vom 2. September 1899, und für die Flußstrecke von km 121 bis zu km 194 einer solchen vom 28. August 1899, also einer Zeit, in welcher die Donau, wie bereits angegeben, nahezu auf gleicher Höhe beharrte. Am Pegel bei Ingolstadt stand die Donau an den beiden genannten Tagen auf 9 cm unter Null, an den übrigen Pegeln unterhalb Ingolstadt war derselbe am 28. August 1899 nur 1 bis 2 cm niedriger als am 2. September 1899.

Nach der Darstellung auf Tafel II ist die sekundliche Wassermenge bei Kelheim entsprechend dem Niederwasser vom 2. September 1899 doppelt so groß als bei Donauwörth und das Wasserspiegelgefälle bei Kehlheim um 40 % kleiner als am letzteren Ort, trotzdem sind die Tiefen über den Schwellen im Talweg bei Kelheim nach der Aufnahme bei Niederwasser im Jahre 1899 durchschnittlich nur 20 bis 30 cm tiefer, als bei Donauwörth.

Auf Tafel II sind sodann noch zwei Längenschnitte des Talweges von km 38 bis zu km 65,5 nach einer Aufnahme vom 6. bis 7. September 1880 und einer solchen vom 25 bis 26. Februar 1903 dargestellt, welche im allgemeinen den Charakter in dem Verlauf der Tiefe im Talweg 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 km 38 bis zu km 43,5 und wiederum von km 52,8 bis zu km 65,5 gegenüber dem sonstigen Verhalten. Am günstigsten zeigt sich der Verlauf der Tiefe zwischen km 44,5 und 47,5.

In beiden Längenschnitten auf Tafel II ist über der Linie, welche den Wasserspiegel darstellt, ein Band, das die gleiche Schraffur zeigt, wie der Lageplan auf Tafel I. 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 anderen Ufer abfällt, also im allgemeinen in den geraden oder sanft gekrümmten Flußstrecken.

*) Jahrbuch des Kgl. Hydrotechnischen Bureaus in München 1901, S. XXII bis XXVII.

Jedoch nicht immer findet sich in solchen Flußstrecken eine hohe Lage der Schwellen. Dies zeigt deutlich die Ausbildung des Flußbettes im Karolinenkanal unterhalb Lauingen, der von 50 km aufwärts bis zu 46,865 km, also auf eine Länge von 3135 m gerade verläuft. Oberhalb dieser geraden Strecke stößt auf etwa 4 km Länge eine schlangenförmig gewundene Flußstrecke an, deren Krümmungshalbmesser 300 bis 876 m betragen. (Vergl. die Darstellung auf Tafel III.) Unterhalb des Karolinenkanals bis zu km 67 folgen Krümmungen mit Halbmessern von 2040 bis 4700 m und lange gerade Strecken.

Von km 43,5 bis zu km 48,0, also weit in die gerade Strecke hinein, liegt der Talweg stets an den gleichen Uferstellen an, von km 48 bis zu km 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 damit, daß die Flußrinne zwischen den geraden Ufern allmählich ihre Leitung verliert, in ihrer 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 die Flußrinne aus einer geraden Strecke mit pendelndem Talweg in eine gewundene Strecke eintritt. Die Beweglichkeit der Rinne, der Wechsel in den Ablagerungstellen der Geschiebe bei fallendem Wasser verschwindet erst allmählich nach Eintritt in die gewundene Strecke und die Konkave der ersten Krümmung vermag noch nicht den Talweg dauernd festzuhalten.

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 Thalgingen und ebenso wieder unterhalb Neuburg, von km 112 bis zu km 121. Vermutlich ist es der gewachsene Fels, der zum

Teil an die Flußsohle anstößt, zum Teil auch unter der Sohle hinstreicht und die Bildung abnorm großer Tiefen verhindert. Wo solche Tiefen aber nicht vorhanden sind, dort können auch keine seichten Furten entstehen. Es wäre von Interesse, diese Flußstrecken eingehend zu untersuchen und festzustellen, welchen Einfluß die zwischen km 112 und 121 außergewöhnlich hohen Ufer auf die günstige Gestaltung der Flußstrecke allenfalls ausüben.

Noch sei auf zwei bemerkenswerte Fälle hingewiesen. Zu den besseren Flußstrecken zählt diejenige nächst unterhalb des Lechs. Trotz der sicher nicht unbedeutenden Geschiebeführung dieses Flusses erscheint auch hier der Grad der Schiffbarkeit der Donau nur abhängig von ihrer Grundrißform. Dagegen findet sich ein sehr schlechtes Fahrwasser von Ingolstadt bis nächst unterhalb Eining, also in einer von einem größeren Geschiebezubringer weitabliegenden Strecke. Zunächst mag hier infolge der vielen Durchstiche, deren Ausräumung mit Ausnahme eines etwa 15 m 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.

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 % 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 würde auch eine genaue Bestimmung aller Einflüsse nichts an der Tatsache ändern, 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, welche mit Lageplan und Längenschnitt nach Plänen des Kgl. Straßen- und Flußbauamtes Speyer auf Tafel III dargestellt ist, kurz besprochen und damit zugleich gezeigt werden, daß die Ausbildung der nach Wasserführung, Gefälle und Geschiebe so verschiedenen Flüsse stets nach denselben, einfachen Grundsätzen zu beurteilen ist.

Im Oberrhein auf der Stromstrecke zwischen Basel und Dettenheim mit seinem für die Ableitung der Niederwässer übermäßig breiten Bette war es, wo die wandernden Kiesbänke entdeckt und zum ersten Mal von Grebenau eingehender beobachtet wurden.*) Dieses Phänomen, hervorgerufen durch die Streckung des Stromlaufes, hatte, wie aus der Literatur zu entnehmen, allgemein überrascht und die verschiedenartigsten Deutungen gefunden, wurde sogar als das Zeichen einer gelungenen Bauausführung in Anspruch genommen.

Lange Zeit wurde nicht genügend gewürdigt, daß bei Dettenheim, zwischen km 25 und 26 der bayerischen Ufereinteilung die „wandernden“ Kiesbänke, wie sie von Basel abwärts auf 211 km Stromlänge bestehen, mit einem Male verschwinden. Unvermittelt stößt die Stromstrecke mit pendelndem Talwege, 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 Talweg, mit Kiesbänken, die sich bei Niederwasser trocken an das Ufer anschließen und die Mitte des Stromes freier lassen. Dazu sind nach der Darstellung auf Tafel III bei Niederwasser im festliegenden Talweg die Tiefen über den Schwellen fast doppelt so groß, als diejenigen über den Schwellen im beweglichen Talweg.

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

*) 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 Vereins der Rheinpfalz. Dürkheim a. d. H. 1870.

bayerisch-badischen Rheinstrecke von Lauterburg bis zur Mündung des Neckars etwa in Höhe des Mittelwassers 240 m 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.

Doch im Gefälle kann die Ursache für die plötzliche Aenderung in der Gestaltung des Strombettes, die Ursache für die verschiedene Beständigkeit in dieser Gestaltung nicht gelegen sein, sondern nur darin, daß die Ufer von km 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 m der Niederwassermenge, dem Geschiebe und dem Gefälle so entsprechen, daß der Stromrinne eine stetige Leitung gegeben ist. Weiter abwärts weisen die Krümmungshalbmesser Längen bis zu 4500 m auf. Da außerdem zwischen den einzelnen Gegenkrümmungen gerade Strecken bis nahezu 2 km Länge eingeschaltet sind, so verliert der Strom öfters seine Leitung und es stellen sich mit der größeren Freiheit wieder größere Unregelmäßigkeiten in der Bewegung und Lagerung der Geschiebe ein. Auch dazu kommt es noch, daß der Talweg an einzelnen Stellen seine Lage von einem zum andern Ufer verlegt, wie dies zwischen km 39 und 40 der Fall ist. Im allgemeinen aber macht sich die Gefällsabnahme unterhalb Dettenheim immer mehr geltend. Bei gleichbleibender Wasserspiegelbreite nehmen die Tiefen rasch zu, so daß die für den Betrieb der Schifffahrt so schlimmen Verhältnisse in dem Maße, wie sie oberhalb Dettenheim bestehen, nicht wieder auftreten.

Bei einem Vergleich zwischen Donau und Rhein ist noch hervorzuheben, daß die Stromrinne des Oberrheins von Dettenheim aufwärts eine unregelmäßigere Ausbildung zeigt, als dies bei der Donau in den Strecken mit wandernden Kiesbänken 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 Maßstab für den Grad der unregelmäßigen Ausbil-

dung eines Flußbettes ergibt das Verhältnis zwischen der mittleren Länge der Wechsel des Talweges, oder, was dasselbe ist, der mittleren Entfernung der Kiesbänke zur Breite des Flußbettes bei Niederwasser. Zur Bestimmung dieses Verhältnisses genügt es für den vorliegenden Fall mit der Normalbreite zu rechnen.

Nach Aufnahmen des Kgl. Straßen- und Flußbauamtes Speyer in der 24,7 km langen Rheinstrecke von Lauterburg bis Dettenheim betrug in den 6 Jahren 1895 mit 1900 die Länge der Wechsel durchschnittlich 860 m.

Die kleinste mittlere Länge wurde beobachtet am 20. Ok-

tober 1900 mit 850 m,
die größte mittlere Länge am 26. September 1895 mit 880 m.

Die mittlere Länge der Wechsel für die 6 Beobachtungsjahre berechnet sich sonach um 3,6 mal größer als die Normalbreite mit 240 m, 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 km 131,5 bis zu km 138,9. Bei einer Normalbreite von 102,2 m und bei einer mittleren Länge der Wechsel beträgt das Verhältnis wie 1 : 4,5. In der Tat zeigt auch diese Don austrecke, über deren Verhalten ausgedehnte Messungen von Bauamtmann Rapp vorhanden sind, die meiste Aehnlichkeit mit dem Rhein oberhalb Dettenheim.

Es wäre sicher von Wert für die Beurteilung der Flußverhältnisse, die Länge der Wechsel in Flußstrecken mit pendelndem Talweg in ihrer Abhängigkeit von der Breite der beweglichen Flußsohle, von der Wasserführung, vom Gefälle und von der Beschaffenheit der Geschiebe festzustellen.

Noch eine weitere Flußstrecke, das ist der Inn von Kiefersfelden bis nach Flintsbach 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 Gestaltung der Flußsohle von der Grundrißform des Flusses geben, und somit auch Anhaltspunkte für die Vorschläge zur Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau. Die bezeichnete Innstrecke ist auf Tafel III dargestellt und es verdient Erwähnung, daß die be-

treffenden 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 km Länge die Grenze zwischen Bayern und Oesterreich und ist auf dieser Strecke mit nur kurzen Unterbrechungen beiderseits von Hochwasserdämmen eingeschlossen. In dem Hochwasserbett besteht für die Ableitung des Mittel- und Niederwassers kein besonderer Querschnitt. Die Flußsohle zwischen den Vorfüßen der Hochwasserdämme ist beweglich und zeigt bei Niederwasser namentlich zwischen Kiefersfelden und Reisach — km 3 und 9 — eine außergewöhnlich unregelmäßige Ausbildung.

Der Talweg folgt streckenweise auf durchschnittlich 900 m Länge dem einen Ufer, hart an diesem anliegend, überquert 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. Dieselben treten jedoch stets an dem gleichen Ort zu Tag und zeigen nur an ihren beiden Enden Verschiebungen.

Bei Hochwasser tritt insofern eine Aenderung ein, als der Stromstrich in gestreckterer Richtung das Flußbett kreuzt. So zweigte der Stromstrich während des Hochwassers vom 22. Mai 1899 bei km 4,5 vom linksseitigen Ufer ab, also nahezu an der gleichen Stelle, wie bei Niederwasser, fiel dagegen rechts zwischen km 4,750 und 4,850 stark wirbelnd an das Ufer an. Während sich also nach der Darstellung auf Tafel III der Uebergang bei Niederwasser im November 1897 auf eine Länge von etwa 160 m vollzog und in der Mitte des Flußbettes eine zu den Ufern senkrechte Richtung nahm, betrug die Länge des Ueberganges während des Hochwassers 1899 etwa 350 m.

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 kg, hinsichtlich der Kiesbänke zwischen

km 12 und 13 durchschnittlich 7 kg. Das größte bei 4,8 km gefundene Geschiebestück (Granitstein) hatte ein Gewicht von 26,75 kg.

Den schroffen Uebergängen des Talweges bei Niederwasser entspricht eine treppenförmige Ausbildung des Wasserspiegelgefälles, das für die Strecke von km 3,0 bis km 5,0 auf Tafel III nach einer Aufnahme vom 11. Januar 1899 bei $-1,61$ m am Reisacher Pegel (-9 cm über dem damals bekannt niedrigsten Stand vom 22. Februar 1898) dargestellt ist. Während sich nun das mittlere Wasserspiegelgefälle auf der 13,5 km langen Innstrecke zwischen Kiefersfelden und Windshausen zu 1,11 m auf 1000 m Länge berechnet, betrug das mittlere Wasserspiegelgefälle in der Flußrinne längs des linksseitigen Ufers von 3,8 bis 4,4 km nur $0,04 \text{ ‰}$ und im Flußübergang von km 4,550 bis 4,735 km: $3,64 \text{ ‰}$. Wie die Richtung der Flußübergänge, so nehmen auch die Gefälle bei höheren Wasserständen einen gleichmäßigeren Verlauf, was sich aus dem Längenschnitt auf Tafel III ergibt und jedenfalls die Anschauung bestätigt, daß bei hohen Wasserständen eine Ausgleichung des Flußbettes vor sich gehen muß.

Dem unregelmäßigen Gefälle bei Niederwasser entspricht die Ausbildung des Talwegs. Nach einer mit der Wasserspiegel-fixierung gleichzeitig vorgenommenen Aufnahme betrug die mittlere Tiefe im Talweg zwischen Kiefersfelden und Windshausen 2,10 m, die größte Tiefe bei km 7,760: 6,50 m und die kleinste Tiefe bei km 6,120: 0,50 m. Bei einer Aufnahme vom 26. November 1897 mit $-1,46$ m am Reisacher Pegel, also bei einem um 15 cm höheren Wasserstand als am 11. Januar 1899, wurde die kleinste Tiefe im Talweg mit 0,40 m bei 4,6 km gemessen.

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 Innständen 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 km 2,0 und der Auerbach bei km 8,6 in den Inn verschleppt, wird die Flußrinne nach dem rechten Ufer 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 km 2,0 und 3,2 und zwischen 8,4 und 9,6 bestehenden Krümmungen mit Halbmessern von 600 bis 1000 m eine gute Leitung. Ferner bestehen noch bei km 4,0, sodann bei km 6,2 Krümmungen mit 1700 bzw. 800 m großen Halbmessern, die gleichfalls eine Anziehungskraft ausüben.

Dadurch nun, daß die Flußrinne mindestens an zwei Stellen bei km 2,0 und bei km 8,6, also innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Entfernung unveränderlich festliegt, wird ein Pendeln des Stromstriches, also ein sog. 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 Teil des Karolinenkanals 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 von einander entfernt gelegen und die dazwischen befindlichen Flußkrümmen zu kurz, so daß dem Lauf des Flusses bei den Uebergängen eine zu große Freiheit belassen ist. Die größte Unordnung findet sich auch in der nahezu gerade verlaufenden Flußstrecke zwischen km 4,2 und 4,6, auf welcher der Inn seine größte Breite zwischen den Kronen der beiden Hochwasserdämme mit 154 m besitzt, während diese Breite auf der österreichisch-bayerischen Innstrecke in der Regel annähernd 120 m beträgt.

Die Ueberdeckung der ganzen Flußsohle mit schwererem Gerölle, wie ein Schuppenpanzer aussehend, ist jedenfalls nicht die Grundursache, daß der Talweg stets an der gleichen Uferseite beharrt. Das beweisen schon die großen Veränderungen in dem Zustande des Flußbettes bei den Uebergängen, 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 km 4,4 bis zu km 5,2 auf Tafel III erkennen lassen. Dabei ist nicht ausgeschlossen, daß die Panzerung der Kiesbänke, welche infolge der seit Jahren andauernden Eintiefung des Flußbettes an Dichtigkeit zugenommen hat, nunmehr verhindert, daß auch bei außergewöhnlich hohen und lang andauernden Anschwellungen des Flusses eine gänzliche Verlegung der Flußrinne eintritt.*)

In ähnlicher Weise, wie zwischen Kiefersfelden und Reisach, ist die Flußrinne zwischen Reisach und Windshausen festgelegt. Der Festpunkt bei Windshausen verdankt sein Dasein einem besonderen Umstand. Wohl veranlaßt durch die schlechte Ausbildung der vorgedachten Flußstrecke versuchte man anfangs der 60er Jahre, die richtige Normalbreite für die Rektifikation der bayerischen Innstrecke unterhalb Windshausen durch Rechnung zu erhalten und bestimmte sie somit auf Höhe des mittleren Wasserstandes zu 250 Fuß = 73 m, also um nahezu 50 m weniger als auf der Innstrecke 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 für jedes Kilometer um 90 cm zunehmen sollte. Der Uebergang zu der Flußenge, welche späterhin bezüglich ihrer Ausbildung besprochen werden wird, wurde von der Reichsgrenze bei Windshausen ab auf eine Länge von 4000 Fuß = 1167 m vollzogen.**)

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 cbm bestimmt wurde, eine Wassermenge, die beim kleinsten Stand

*) Der Verfasser hat in seiner Abhandlung: „Ueber neuere Methoden des Flußbaues“, veröffentlicht in der Zeitschrift Danubius, Wien 1897, S. 147, angenommen, daß die schweren Geschiebe allein die stabile Lage der Kiesbänke ermöglichen. Eingehendere Beobachtungen und namentlich Vergleiche über das Verhalten des Talweges in verschiedenen Flußstrecken lassen jedoch diese Annahme nicht als zutreffend erscheinen.

***) Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888. S. 206.

in der Donau zwischen Ulm und Günzburg abfließt, und die etwa den achten Teil der kleinsten sekundlichen Niederwassermenge des Oberrheins bei Sondernheim beträgt. Die letztere Wassermenge wird nach Messungen in den 60er und 70er Jahren zu 450 cbm angegeben.

Die größte sekundliche Hochwassermenge des Inn wird angenommen zu 1800 cbm.
Dieser Wassermenge entsprechen für die Donau

oberhalb Donauwörth	1450	„ „
für die Donau bei Ingolstadt	2100	„ „
für die Donau bei Niederwinzer oberhalb Regensburg	2600	„ „
und für den Oberrhein bei Germersheim .	4000 bis 5000	„ .

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	cbm,
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*)

Nach 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 der Flußrinne auf seiner ganzen Länge erreicht werden kann. Bekanntlich stehen für diesen Zweck der Technik bei Flüssen mit beweglicher Sohle zwei Mittel zu Gebote.

Die Flußrinne 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, Grundswellen genannt,**) oder auch die vollwandigen, flach geböschten Ufer selbst.

*) Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888. S. 24, 25, 201 und 206.

**) Unter Grundswellen sollen hier, wo es sich um die Verbesserung eines Flusses mit durchweg beweglicher Sohle handelt, Bauten verstanden sein, die nur zum Teil die bewegliche Flußsohle überdecken. Wie jetzt allgemein anerkannt wird, wäre, für den vorliegenden Fall gedacht, die vollständige Ueberquerung der beweglichen Flußsohle mit einer Grundschwelle ein verfehltes Unternehmen.

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 Uebergänge. Zur rechnerischen Bestimmung der Normalbreite fehlt eine sichere Kenntnis darüber, wie sich das Gefälle in den Uebergängen bei Niederwasser infolge einer Regulierung gestalten wird. Man ist nur in der Lage, nach Messung, Rechnung und Erfahrung eine Grenze zu 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 Uferböschungen durch bühnenartige Einbauten der Flußrinne nach Bedürfnis die nötige Beharrlichkeit gegeben werden kann.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse an Flüssen, denen, wie beim Oberrhein, bei der Donau, streckenweise auch beim Inn durch die Rektifikation ein kanalartiger Lauf gegeben wurde. Wie bereits erwähnt, ist am Inn unterhalb Windshausen der Versuch gemacht worden, durch ein Zusammenschieben der für die Ableitung der Niederwasser zu weit gestellten Ufer ein gleichmäßiger gestaltetes Flußbett herzustellen. Die Absicht wurde vollkommen erreicht. Das Flußbett bildete sich wie ein nach der Schnur gegebener Kanal aus. (Vergl. den Querschnitt des Inn bei km 15,133 auf Tafel III.)

Nach Aufnahmen bei Niederwasser zwischen km 15,5 und km 20 aus den 80er und 90er Jahren bestand in den einzelnen Querschnitten des Flusses zwischen der größten und kleinsten Tiefe über dem beweglichen Teil des Bettes in der Regel nur ein Unterschied bis zu 50 cm. In mehreren Querschnitten war

*) Faber. Zur Regulierung geschiebeführender Flüsse. Berlin 1898. Verbandsschrift No. XXIX; sodann: Die Regulierung geschiebeführender Flüsse auf Niederwasser. Süddeutsche Bauzeitung. München 1898.

die Sohle vollständig wagerecht. Nach einer Aufnahme vom Jahre 1895 bestand zwischen km 16,1 und 20,5 in den Tiefen im Talweg ein Unterschied von gleichfalls nur bis zu 50 cm.

Also auch bei Niederwasser keine Kiesbänke, keine Kolke und keine Schwellen, dementsprechend auch ein gleichmäßiges Gefälle, trotzdem aus der zunehmenden Vertiefung des Innbettes über Kiefersfelden hinauf, aus dem Verhalten der beiden Wildbäche, Kieferbach und Auerbach, auf eine lebhaftes Geschiebebewegung zu schließen ist.

Die gleichmäßige Ausbildung des Flußbettes erregte früher allgemeine Bewunderung und noch vor wenigen Jahren wurde die Innstrecke von Windshausen abwärts bis gegen km 21 nächst oberhalb Neubeuern als das Muster einer Regulierung zum Zwecke der Schifffahrt gerühmt. Sicher wäre auch nichts dagegen einzuwenden, wenn ein derartig ausgebauter Fluß in ein weites und tiefes Seebecken einmünden würde. Unter den gegebenen Verhältnissen jedoch stellten sich allmählich unangenehme Folgen ein. In dem engen Flußschlauch entstand eine für die abwärts gelegenen Ländereien schädliche Vertiefung, die vom Jahre 1873 bis gegen Ende der 90er Jahre etwa 2 m betrug.

Seit 1879 wurde denn auch für die Korrektur von km 20 abwärts eine größere Zunahme der Flußbreite bestimmt und dem neuen Bett ein geschlängelter Lauf gegeben. Zudem wird seit Ende der 90er Jahre eine Verbreiterung der Flußenge nach einem von dem Kgl. Regierungs- und Kreisbaurat Wöhrle ausgearbeiteten Entwurf vorgenommen.

Aehnlich wie am Inn geht es, wenn zur Herstellung eines Niederwasserbettes zwischen den vorhandenen, auf Mittelwasser gelegenen Ufern ein Parallelbau eingebaut werden würde.)* Mit der entsprechenden Wirkung einer derartigen Bauausführung verbindet sich eine zu große Steigerung der Wassergeschwindigkeit und sonach eine stärkere Vertiefung der Sohle, als erwünscht ist.

Der Nachteil, der im allgemeinen mit der Verstärkung der Erosionskraft eines Flusses verbunden ist, wird am ehesten vermieden, wenn man entsprechend den Vorgängen in der Natur

*) Schifffahrt und Strombettregulierung des Oberrheins. Deutsche Bauzeitung 1878.

dem Talweg innerhalb der auf Mittel- oder Hochwasser gelegenen Ufer einen schlangenförmig 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 Uebergängen wird im allgemeinen nach dem Verlauf 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 Talweg der Niederschlag der bei Hochwasser in Bewegung befindlichen Geschiebe zum Schaden für die Schifffahrt haufenweise geschieht.

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 bühnenartiger, weit in das Flußbett hineinragender, flach abfallender Bauten, also die Anwendung der norddeutschen Bauweise mit verhältnismäßigen Kosten sich ermöglichen läßt.

Früher glaubte man, die Flüsse mit starkem Gefälle, wie sie in Süddeutschland bestehen, gewalttätig behandeln zu müssen. Der Anblick eines verwilderten Flusses ließ den Gedanken, daß es ein Leichtes sei, ihn zu beherrschen, nicht aufkommen. Erst nach einer langjährigen Erfahrung konnte hier Wandel geschaffen werden. Viele Jahrzehnte arbeitete man mit aller Gewalt dem Flusse entgegen und bot ihm dadurch Gelegenheit, sein Gefälle noch mehr zu konzentrieren, als dies in seinem verwilderten Bette bereits der Fall gewesen ist. Soweit Bühnen in Anwendung kamen, wurden sie wie ein Kasten mit senkrechten Wänden in das Flußbett eingestellt, verursachten unergründliche Kolke und waren der Schifffahrt äußerst gefährlich.

Nach solchen Erfahrungen hatte Professor Frauenholz allerdings Recht, wenn er in seiner im Jahre 1881 erschienenen Abhandlung: „Das Wasser mit Bezug auf wirtschaftliche Auf-

gaben der Gegenwart“ schrieb:*) „Die Zeit, in welcher heftige Kämpfe darüber auszufechten waren, ob das Quer-(Buhnen-)Bausystem 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, andererseits aber Buhnen angewendet werden können.“

Der Verfasser dieser Abhandlung fand bereits im Spätjahr 1877 bei der Herstellung eines Parallelwerkes am Oberrhein nächst unterhalb Dettenheim und sodann in den Jahren 1880 und 1881 bei der Herstellung einer Flügelbuhne unterhalb Germersheim zum Abschluß des Lingenfelder Altrheins Gelegenheit, die günstige Wirkung flach geböschter Bauten auf die Ausbildung einer beweglichen Flußsohle kennen zu lernen, in dem gleichen Sinne, wie sie schon lange voraus in den norddeutschen, langsam fließenden Gewässern beobachtet worden ist.

Früher war es am Oberrhein üblich, die Parallelwerke derart herzustellen, daß zunächst rechts und links in 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 der Zwischenraum mit Kies ausgefüllt wurde.***) Die Bauweise hatte manche Nachteile. Es entstanden Rutschungen und Setzungen, auch waren die Bauten durch den großen Bedarf an Senkstücken sehr teuer.

Aus diesem Grunde versuchte ich, zuerst den Damm durch eine Kiesschüttung herzustellen und ihn sodann mit Bruchstein-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. Da der Strom gegen die Baulinie anfiel, so wurde beim jeweiligen Ende des Baues und zwar vom Fuße der Böschung weg, eine Grundschwelle aus mehreren Stein-Senkstücken bestehend eingeworfen,

*) München 1881. S. 43 und 44.

**) Vergl. die technischen Vorschriften an den öffentlichen Flüssen in Bayern vom 21. November 1878, § 74, veröffentlicht im „Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern“. München 1888. S. 56.

somit die Strömung vom Bau abgelenkt und nunmehr der Kiesdamm in ruhigeres Wasser angeschüttet. Die Bauweise wurde hinsichtlich der Kosten mit Erfolg angewendet, trotzdem Tiefen bis über 10 m unter Niederwasser vorhanden waren und die mittlere Geschwindigkeit des Wassers während der Bauzeit 1,5 bis 2,0 m betragen hat.

Nach ihrer Abdeckung mit Senkstücken erhielten die Dämme stromseits eine 2 bis 3malige Böschung, also wesentlich flacher als seither. Dieser Umstand ergab eine günstigere Ausbildung des Stromquerschnittes. Je flacher die Bauten geböschet wurden, desto mehr rückte die größte Tiefe im Querschnitt, die bei steiler, $\frac{5}{4}$ maliger Böschung stets unmittelbar am Fuße der Bauten zu finden war, von dem festen Bauende ab und der Stromquerschnitt bildete sich mit geringerer Tiefe und größerer Breite aus.*)

Versuche wie am Oberrhein habe ich gleichfalls mit Erfolg in den Jahren 1892 bis 1900 am Inn zwischen Kiefersfelden und Reisach, sodann am Inn in der Nähe von Kraiburg fortgesetzt und zwar bei einem Wasserspiegelgefälle von durchschnittlich 1 m auf 1000 m, während das Gefälle am Oberrhein zwischen Dettenheim und Germersheim auf die gleiche Länge nur etwa 25 cm beträgt.

Ich möchte diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne dem damaligen Vorstände des Kgl. Straßen- und Flußbauamtes Rosenheim, dem Kgl. Regierungs- und Kreisbaurat Wöhrl, der meine Arbeiten stets in zuvorkommendster Weise unterstützt und gefördert hat, auch hier zu danken.

Aus allen Versuchen hat sich ergeben, daß es mit geübter Mannschaft möglich ist, auch bei starker Strömung und großer Wassertiefe vom Schiffe aus Senkstücke an den richtigen Ort zu verbringen und also auch einzelne, flach abfallende Grundschwelle aus Senkstücken plangemäß herzustellen. Es hat sich ergeben, daß buhnenartige Bauten auch bei den Flüssen mit starkem Gefälle und leicht beweglicher Sohle mit Erfolg an-

*) Faber. Die Herstellung der Parallelwerke längs der bayerischen Rheinstrecke. Deutsche Bauzeitung. S. 10 bis 12. — Ausbau der Ufer des Oberrheins zwischen Straßburg und Mannheim zur Verbesserung der Wasserstraße. Deutsche Bauzeitung 1887. S. 424.

gewendet werden können, wenn die Stromrichtung in allen Teilen des Flußquerschnittes nur allmählich geändert wird, wenn krasse Uebergänge von den festen Bauten zur beweglichen Sohle vermieden und wenn die Bauarbeiten, sobald sie stärkere, schädliche Stauungen hervorrufen, solange unterbrochen werden, bis sich der Fluß den ausgeführten Bauten entsprechend umgebildet hat. Namentlich ist in den Strecken, in denen die Flußrinne von einem zum andern Ufer übergeht, wegen des stärkeren Gefälles langsamer zu verfahren und es sollte in diesen Strecken die Wirkung der Bauten stets durch Baggerungen unterstützt werden, damit das Gefälle möglichst rasch bis zur erreichbaren Grenze ausgeglichen wird.

Auf Grund dieser Erfahrungen wurde von mir die Anregung gegeben, die Flußübergänge im Inn zwischen Kiefersfelden und Reisach durch buhnenartige Einbauten in das Hochwasserbett zu regulieren. Zur Verbesserung dieser Flußstrecken mußte etwas geschehen, da zeitweise bei Niedrigwasser sogar Flöße nicht verkehren konnten und da die heftigen Anfälle des Wassers infolge der besonders starken Konzentrierung des Gefälles, große Kosten für die Unterhaltung der Uferbauten verursachten.

Bei der gegebenen Anregung war, wie ich in dem Vorbericht zu dem Bauentwurf ausgesprochen habe, 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 gleichen Stellen zu belassenden Uebergänge notwendig wäre. Die gegenseitige Entfernung der Einbauten, die Höhe derselben beim Anschluß an die bestehenden Uferbauten, die Böschungsanlage der Krone dieser Bauten sollte durch Versuche ermittelt werden.

Als Versuchsstrecke wurde die schwierigste Stelle, der Flußübergang bei km 4,4 vorgeschlagen. Den Beobachtungen über die Stromrichtung bei Hochwasser entsprechend wurde der Ausbau dieses Ueberganges auf 400 m von km 4,4 bis zu km 4,8 vorgesehen. Auch sollten zur besseren Leitung des gegen das rechtseitige Ufer anfallenden Stromes diese, kaum einmalig geböschten Ufer bis zu km 4,9 mit Senkstücken verflacht werden.

Bei dem gänzlich verwilderten Zustand 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 Wolf'scher 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 Grundswellen 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, auch kommen auf der zu regulierenden Flußstrecke Eisstöße nicht vor. Die Pfahlbauten waren vorgesehen an dem linken Ufer auf 80 m, am rechten Ufer auf 130 m Länge. Ob und in welcher Ausdehnung eine derartige Vorsichtsmaßregel für eine gute Bauausführung notwendig ist, werden die weiteren Versuche am Inn festzustellen haben.

Die gegenseitige Entfernung der beiden Pfahlbauten wurde von dem Kgl. Regierungs- und Kreisbaurat Wöhrle auf Grund seiner Beobachtungen, die er beim Ausbau des Inn zwischen Rosenheim und Au anzustellen Gelegenheit hatte, zu 86 m angenommen. Diese Innstrecke, von km 30 bis zu km 50, hat bei Hochwasser nahezu die gleiche Wassermenge und das gleiche Gefälle wie die Flußstrecke bei km 4,4. In welchem Maße sich der Ausgleich des Gefälles bei Hochwasser in der regulierten Flußrinne vollziehen und sich somit dem auf der Innstrecke zwischen Rosenheim und Au bestehenden Gefälle nähern würde, konnte im voraus, wie gesagt, nicht angegeben werden. Soviel jedoch war sicher, daß bei einer gegenseitigen Entfernung

*) Faber. Die Wolfsche Bauweise zur Regulierung geschiebeführender Flüsse. Deutsche Bauzeitung 1895. S. 210/211.

der Pfahlbauten von 86 m keine schädliche Einschnürung des Flußbettes geschieht, und daß bei dieser Entfernung eine Verschmälerung des Querschnittes bei Niederwasser, wenn sie sich allenfalls nach Umbildung der Flußsohle als notwendig erweisen sollte, mittelst 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 25 000 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 Tafel III nach dem Zustande vom November 1901 dargestellt. Damals 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 Grundswellen, die den Talweg sanfter an das Ufer leiten sollten.

Die Grundswellen wurden, soweit es die Wassertiefe zuließ, aus Faschinat und grobem Gerölle mit Bruchsteinpflasterung und Steinwurf hergestellt. Waren größere Vertiefungen in Nähe des Baues vorauszusehen, dann wurden 1 m starke Bruchsteinsenkstücke beigelegt. In größeren Tiefen geschah der Bau der Grundswellen nur mit 8 bis 10 m langen Senkstücken.

Zur Ableitung des Stromes vom linken Ufer weg — beginnend bei km 4,2 — war ein geringer Zwang erforderlich, dagegen ist der Anfall an das rechte Ufer bei Niederwasser noch ein sehr heftiger — Erscheinungen, die, wie schon wiederholt darauf hingewiesen, mit der Gestaltung der Flußsohle, mit der treppenartigen Ausbildung des Wasserspiegelgefälles zusammenhängen. Der Abfluß bei Hochwasser zeigt an der Baustelle keine Störung, das Hochwasser geht glatt über die Bauten hinweg. 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 Uebergängen stets ein stärkeres Gefälle einstellen und somit auch in den Uebergängen bei Niederwasser ein kleinerer Wasserquerschnitt vorhanden sein, als in der Flußrinne längs der Ufer.

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 Herr Groß seine Beobachtungen nach Abschluß der Versuche allgemein bekannt geben würde.

Nach den seitherigen Beobachtungen in der Versuchsstrecke am Inn empfiehlt es sich, für die Regulierung der Uebergänge 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 ein Versuch 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 bühnenartige Bauten, Grundschwellen, wenn der Strom eine gerade Richtung verfolgt; vollwandige Bauten werden um so notwendiger, je stärker die Krümmung ist, in der der Strom verläuft, je größer die Wassergeschwindigkeit in dieser gekrümmten Bahn anwächst. Was in dieser Hinsicht für jede einzelne Flußstrecke versuchsweise noch zu entscheiden sein wird, ist ohne wesentlichen Belang für die Berechnung der Kosten.

Wenn somit auch die Konstruktion der Bauten zur Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau im wesentlichen entschieden ist, so besteht doch noch eine weitere, wichtige Frage, wie weit nämlich sich die Bauten zur Regulierung der Flußrinne beiderseits über die Uebergänge hinaus zu erstrecken haben.

Die Ausdehnung der Bauanlagen zur Regulierung wird von dem Verhalten der bestehenden Flußrinne, also auch von der Grundrißform des Flusses abhängen. Liegt die Flußrinne soweit fest, wie dies am Inn zwischen Kiefersfelden und Windshausen der Fall ist, dann wird es genügen, nur bei den Uebergängen Bauten anzulegen, wenn man die seitherigen Uebergangsstellen beibehält und wenn man die Uebergänge nicht

weiter streckt, als es sich nach den Beobachtungen bei Hochwasser ergibt. In der Regel werden sich bei diesem Vorgehen Windungen ergeben, die den Bedürfnissen der Schifffahrt entsprechen.

Was die Flußstrecken mit „wandernden“ Kiesbänken betrifft, so ist es nach dem Verhalten der eben bezeichneten Innstrecke nicht ausgeschlossen, daß der Ausbau des Flußbettes zwischen den einzelnen Uebergängen 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 Uebergänge zu beschränken, wenn man den Talweg in den Uebergängen nicht weiter streckt, als dies die Schifffahrt unbedingt erfordert, und wenn man die Länge der Wechsel so beibehält, wie sie sich bei Hochwasser zeigen.

Nach den vorliegenden Erfahrungen darf ferner angenommen werden, daß in den stets übermäßig tiefen Flußrinnen längs der Ufer durch eine Verflachung der Böschung, was durch einzelne Grundschwellen geschehen kann, für die Schifffahrt auch bei Niederwasser eine genügende Breite herzustellen ist, sofern sie sich nach der Regulierung der Uebergänge nicht ohne weiteres ausbilden sollte. Wie bei den Uebergängen soll auch in diesem Falle ein Zustand, der im allgemeinen bei Hochwasser vorausgesetzt werden darf, für das Niederwasser festgehalten werden.

Die voraus berührten Fragen über die Ausdehnung der Regulierungsbauten sind nur auf dem Wege des Versuchs zu treffend zu lösen. Ohne einen solchen Versuch ist man leider genötigt, bei der Bestimmung der Kosten für die Regulierungsarbeiten, die ungünstigsten Annahmen zu machen.

In welcher Weise der Fortschritt der Bauarbeiten zur Regulierung einer Flußrinne zu geschehen hat, 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 Oberrheins bei Dettenheim. Nach der Ausbildung derartiger Uebergänge hält, wie schon darauf hingewiesen wurde, die

Wirkung eines den Strom leitenden, gewundenen Laufes noch eine Strecke weit flußabwärts an, während nach aufwärts der Uebergang 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 Talweg ermöglicht es, an vielen Stellen die Bauarbeiten zu beginnen, was mit Rücksicht auf eine langsame, den Umformungen des Flußbettes anzupassende Bauweise von großem Vorteil ist. Bei einer flußabwärts fortschreitenden Regulierung wird zwar ihr Vorteil der Schifffahrt nicht alsbald zu gute 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 zur Zeit in der Donau vorhanden sind, so könnte dies leicht geschehen in den vielfach vorkommenden, zwischen zwei geraden Flußstrecken eingeschalteten Krümmungen.

In welcher Art die Regulierung eines Flußbettes auch vorgenommen werden mag, niemals kann sie das vollständig zurückbringen, 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.

Zu Beginn der großen Flußbauunternehmungen am Ende des 18. Jahrhunderts und noch bis vor wenigen Jahren erachtete man die Streckung der Flüsse als das einzige Mittel zur Bändigung und Bemeisterung der verwilderten Gewässer. Heute weiß man, daß im allgemeinen die Verbesserung darauf zu beschränken ist, eine möglichst gleichmäßige Bewegung der Geschiebe und des Wassers herbeizuführen, und daß sich dies mit Unterlassung einer wesentlichen Kürzung des natürlichen Flußlaufes erreichen läßt. Wollte man den Oberrhein, als Meliorationswerk betrachtet, für einen Gegenbeweis heranziehen, so müßte auch nachgewiesen

werden, welchen Einfluß auf sein Verhalten die fortgesetzten, zahlreichen Baggerungen seither ausgeübt haben.

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 wäre, dann liegt der Gedanke nahe, die Altrinnen nach Möglichkeit und Zweckmäßigkeit zu öffnen und den Flüssen wieder einen gewundenen Lauf zu geben.

Nach dem heutigen Stand der Flußbautechnik kann mit vollem Recht die Forderung gestellt werden, das zum besten der Schifffahrt 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 Festlegung wesentlich erleichtert werden. Abgesehen von der Verminderung des Gefälles wäre bei Niederwasser ein geringerer Zwang zur Erhaltung der für die Schifffahrt geeigneten Stromrichtung erforderlich, somit eine bessere Ausgleichung des Gefälles und auch eine größere Wassertiefe in den Uebergängen zu erzielen.

Die schlimmen Folgen der übermäßigen Kürzungen der Flußläufe, die sich da und dort durch streckenweise Erhöhung des Flußbettes geltend machen, haben vielfach die Befürchtung entstehen lassen, daß durch eine Regulierung noch größerer Schaden verursacht werden würde.

Zunächst ist daran zu erinnern, daß der Eingriff in die bestehenden Flußverhältnisse, den eine Regulierung erfordert, von verschwindender Bedeutung ist gegenüber dem Eingriff, der durch die Rektifikation geschehen ist. Mit dieser sollte die Ableitung des Wassers und der Geschiebe beschleunigt und damit eine Senkung der Flußsohle und des Hochwassers auf einzelnen Flußstrecken erreicht werden. 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 Flußserpentin in den Uebergängen zu verhindern.

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 derartig leistungsfähiges Werkzeug geworden, daß ungünstige Folgen der allenfalls unvermutet eintretenden Aenderungen in der Höhenlage der Sohle mit billigen Kosten zu beheben wären.

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, welche sich, wie schon angegeben, in den letzten Jahrzehnten erhöht hat und zwar annähernd um 1 m.

Nach Aufnahmen vom Jahre 1899 beträgt die Ueberdeckung des Felsens mit Geschieben nach 26 Querschnitten zwischen km 157,2 und 168 : 0,9 bis 2,40 m, im Mittel 1,80 m. Diese Beobachtungen an einer Flußstrecke, die durch Korrektur 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.

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 Rheins bei Dettenheim, durch den Zustand der Donau zwischen Ulm und Kelheim. Auf der letzteren Flußstrecke wechselt die Gestaltung der Flußsohle so häufig, daß doch wenigstens auf einer Grenzstrecke ein Nachteil hinsichtlich der Geschiebeabfuhr zutage treten müßte, wenn ein solcher damit verbunden wäre.

Der Vollständigkeit halber soll nicht versäumt werden zu bemerken, daß in einem Flusse mit leicht beweglicher Sohle durch die Baggermaschine allein, so unentbehrlich sie auch infolge ihrer Leistungsfähigkeit bei den Bauausführungen geworden ist, niemals eine dauernde und genügende Besserung der Schifffahrtsrinne erreicht werden kann. Um dies zu beweisen, hätte es für den, der die Natur der Flüsse mit leicht beweglicher Sohle kannte, keiner Versuche bedurft.

Etwas anderes ist es, wenn sich in Uebergängen nach und nach eine feste Kruste aus schwereren Geröllen gebildet hat. Wird diese entfernt, dann kann lange 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 schon bald dahin. In solchen Flüssen 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 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 geschehen, werden auch der Schifffahrt zugute kommen, da selbstverständlich die Tiefe in dem Talweg 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, weil sie sich

hauptsächlich dadurch eine dauernde Verbesserung der Wasserstraße erhoffen. Dieser Forderung liegt wohl eine irrige Auffassung über das sog. Wandern der Kiesbänke zu Grunde: „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 Ausbildung im Flußbett nur in etwas größerer Tiefe vollziehen, so lange sich über dem felsigen Untergrund noch eine Kiesschicht befindet.

Für den Betrieb der Schifffahrt ist es 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 Wasserstraßen 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. Deutlich erkennt man dies auch in dem Verhalten der Donau nächst unterhalb der Mündung des Lechs. Solange der Fluß sich in Windungen bewegt, ist er gut, erst oberhalb Stepperg in einer geraden Flußstrecke findet sich ein schlechtes Fahrwasser. In der Kurve bei Stepperg folgen dann wieder größere Tiefen.

Wie aus der Besprechung über das Verhalten der Flußübergänge hervorgeht, ist es eine schwierige Sache im voraus zu bestimmen, welche Wassertiefe bei kleinstem Niederwasser durch Regulierung gewonnen werden kann. Auch hier zeigt die Donau wiederum günstige Verhältnisse, da die von Ulm bis 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 Tafel II, welcher die Tiefe über den Schwellen im Talweg für das

Niederwasser vom 2. September 1899 angibt, 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 $1\frac{1}{2}$ fachen Uferböschungen.

Eine horizontale Flußsohle wird zwar in seltenen Fällen vorhanden sein und zudem wird die Größe des Gefälles in den Uebergängen 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 Detail-Entwurf sich nicht begnügen, die anzustrebende Wassertiefe nur auf rechnerischem Wege zu bestimmen. Man wird das in genauerer Weise zu erreichen suchen durch Messung der Querprofile, der Gefälle und der Wassermengen an den besser ausgebildeten Uebergängen des Talweges.

Aus dem Längenschnitt vom 2. September 1899 ersieht man nun, daß auf einzelnen Flußstrecken über den Schwellen im Talweg 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 (etwa das Mittel aus den alljährlich beobachteten niedrigsten Wasserständen einer 10 bis 15jährigen Reihe) auf die der Schifffahrt notwendigen Breite eine kleinste Tiefe von etwa 0,70 m bei Ulm, 1,20 m bei Donauwöth, 1,30 m bei Ingolstadt und etwa 1,70 m bei Kelheim, ohne großen Zwang und also auch ohne besondere Schwierigkeiten und Kosten dauernd erhalten lassen. Das für Kelheim genannte Maß hat auch Oberbaurat Hensel in seinem im Jahre 1898 auf dem Nürnberger Verbandstag gehaltenen Vortrag über „die Donau von Kelheim bis Passau als Großschiffahrtsweg“ angegeben.*)

*) Verbandsschrift No. XLII des Deutsch-Oesterreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt. Berlin 1899.

Inwieweit ohne Gefahr für die Geschiebebewegung und ohne zu hohe Kosten für den Bau und für die Unterhaltung größere Wassertiefen in der Donau zu erzielen sind, als sie sich nach dem jetzigen Zustand mit Sicherheit bestimmen lassen, namentlich auf der Strecke unterhalb der Einmündung des Lechs, wäre durch Versuche festzustellen.

Die Verbesserung der Schiffbarkeit der Donau über die Mündung des Lechs hinauf macht zugleich eine Regulierung der Mündungsstrecke dieses Seitenflusses notwendig. Die Mündungsstrecke ist zur Zeit 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, nur unmittelbar bei ihrem Zusammenfließen bestehend, 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 linksseitigen Ufer der Donau finden. Auch in diesem Falle ist nicht daran zu denken, durch Baggerung allein eine Abhilfe zu ermöglichen.

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 (vergl. Tafel I und II) sind zwischen Donauwörth und der Lechmündung Wassertiefen zu schaffen, die nicht wesentlich unter den nächst abwärts der Lechmündung erreichbaren Wassertiefen verblieben.

Was eine Regulierung des Talweges für Donauwörth bis auf eine Tiefe von 1,20 m bei gewöhnlichem Niederwasser zu bedeuten hätte, ist daraus zu entnehmen, daß nach der mittleren

Häufigkeit der Donau-Wasserstände am Pegel zu Donauwörth für die 10 Jahre 1892 mit 1901 Schiffe mit 1,00 m Tiefgang wegen ungenügender Fahrtiefe über den Schwellen an etwa 160 Tagen nicht bis Donauwörth hinauf gelangen können.

Als ich im Jahre 1884 den Vorschlag machte, im Oberrhein Versuche mit einer Bauweise anzustellen, mit der der Talweg in dem jetzt bestehenden Stromquerschnitt festgelegt werden könnte, war ich nach den damals vorliegenden Beobachtungen nicht im stande, ohne Zweifel anzugeben, in welchem Umfange die Versuche zur Gewinnung einer richtigen Beurteilung der vorgeschlagenen Bauweise auszuführen seien, wie weit in die bestehenden Stromverhältnisse des Oberrheins eingegriffen werden müßte, um eine der Schifffahrt entsprechende Ausbildung des Talweges ohne Gefahr für das sonstige Verhalten des Stromes zu erzielen.

Da jedoch zu damaliger Zeit nur wenige Bauweisen erprobt waren, und da zudem, wie bereits angegeben, hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit in den norddeutschen und süddeutschen Flüssen ein scharfer Gegensatz bestand, so fehlte die Möglichkeit eines sicheren Vergleichs zwischen dem Wert der einzelnen Bauweisen. Da zudem damals auch geltend gemacht werden konnte, daß einzelne Versuche nichts entscheiden könnten für die Behandlung der ganzen Stromstrecke, so fand der von mir gemachte Vorschlag keine Würdigung.

Unter diesen Verhältnissen war auch der Hinweis ohne Erfolg, daß die Frage, ob durch eine Strombett-Regulierung des Oberrheins oder durch einen Schifffahrts-Kanal von Straßburg nach Ludwigshafen die längst angestrebte Verbindung des elsäß-lothringischen Kanalnetzes mit dem Mittel- und Unterrhein am besten zu erreichen sei, erst dann in richtiger Weise gelöst werden kann, wenn zur Beurteilung der Stromverhältnisse des Oberrheins eine sichere Grundlage geschaffen worden ist. *)

*) Faber, Die Strombett-Regulierung des Oberrheins und der Schifffahrts-Kanal Straßburg—Ludwigshafen. Deutsche Bauzeitung 1885, S. 353/355 und S. 365/367; sodann: Faber: Ueber den natürlichen und künstlichen Bau geschiebeführender Flüsse mit besonderer Berücksichtigung einer Regulierung des Oberrheins zum Zwecke der Großschifffahrt. Bericht über die VI. Hauptversammlung des Vereins für Hebung der Fluß- und Kanalschifffahrt in Bayern, 1896, S. 19 mit 27.

Im Vergleich mit den damaligen Anschauungen und mit Rücksicht auf den heutigen Stand der Angelegenheit bieten die Ergebnisse der vorliegenden Studien wohl ein allgemeineres Interesse. Gerade die Donau von Ulm bis Kelheim mit ihrer vielfach wechselnden Ausbildung des Talweges bestätigt, 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 von Straßburg abwärts auftreten, der Fluß mit Leichtigkeit in eine regelmäßige Bahn gebracht und darin gehalten werden kann.

Leider geschieht hinsichtlich der Vornahme von Versuchsbauten noch viel zu wenig, trotzdem die vergleichenden Studien über die verschieden behandelten, verschieden ausgebildeten Flußstrecken überzeugen, daß sich nur durch das planmäßige Schaffen verschiedenartiger Zustände in den natürlichen Flüssen, wie es durch die Ausführung von Versuchsbauten möglich wäre, die Eigenschaften der Gewässer klar und bestimmt erkennen lassen.

Die Flußbau-Laboratorien zur Veranschaulichung der Vorgänge in einem Flußbette sind unentbehrlich geworden. Aber auch im besten Falle können sie die Versuche in den natürlichen Wasserläufen, also die Versuche im unverkleinerten Maßstabe nicht vollständig ersetzen. Es bleibt stets notwendig, die technischen Hilfsmittel zur Ausführung einer Regulierung, die ganze Bauweise in dem Flusse selbst zu prüfen.

Es genügt nicht, wie dies in der Regel geschieht, zur Begründung von Vorschlägen über die Verbesserung der Schiffbarkeit einer Flußstrecke mit pendelndem Talwege auf die Erfolge an der Rhône hinzuweisen, die Girardon mit Anwendung der norddeutschen Bauweise erreichte, und die er auf dem VI. internationalen Binnenschiffahrts-Kongreß im Jahre 1894 allgemein bekannt gegeben hat. In der ersten Begeisterung über diese großartigen, vielfach unerwarteten Erfolge übersah man ganz und gar, 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, daß sich in den durch die Ausführung zahlreicher Durchstiche kanalartig gestalteten

Flüssen hinsichtlich der Bewegung und Lagerung der Geschiebe und also auch hinsichtlich der Talwegsrinne Zustände ausgebildet hatten, wie sie in einem natürlichen, gewundenen Laufe nicht bestehen, und daß sonach die an der Rhône gewonnenen Erfahrungen noch erweitert werden müssen.*)

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?

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, Folge geleistet worden wäre. Erhielten die Wasserbauverwaltungen zur Vornahme und zum eingehenden Studium der gedachten Bauten die nötigen Mittel zur Verfügung, dann würde bald allgemein erkannt werden, daß die Verbesserung der Schiffbarkeit der rektifizierten Flüsse eine einfache Sache ist.

*) Girardon. Flußregulierung bei niedrigem Wasserstande. Haag 1894. Jasmund. Die Regulierung der Rhône. Berlin 1900.

Zusammenstellung
 der
**Längen der Wechsel
 des Talweges der Donau**

von km 0 bis km 194
 d. i. von Ulm bis nächst unterhalb Kelheim
 nach Aufnahmen aus den Jahren 1874 bis 1903.



50 Zusammenstellung der Längen der Wechsel des Talweges der Donau.

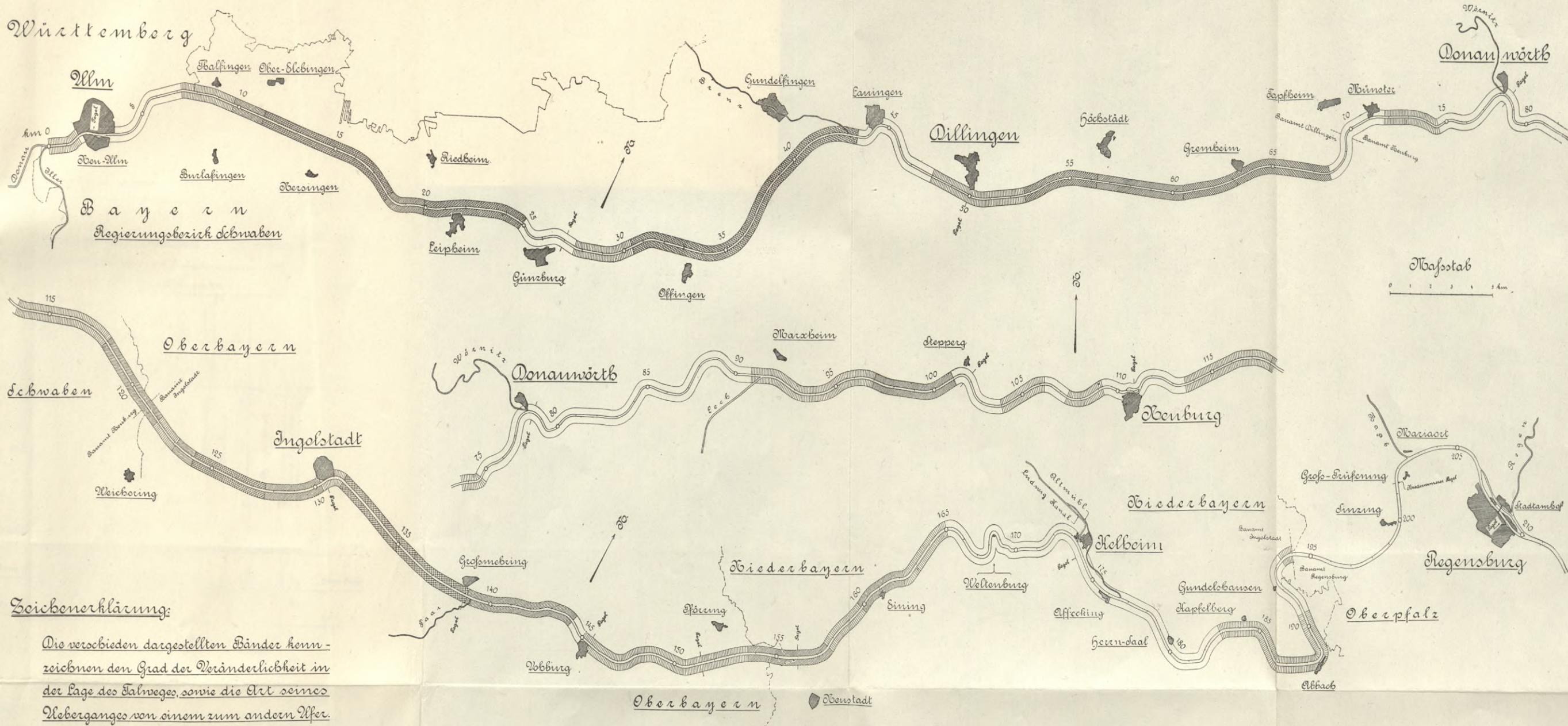
Von	Bis	Längen- unterschied in	Anzahl der Wech- sel des Tal- weges	Mittlere Länge eines Wechsels in	Fest- liegen- der Tal- weg mit lang ge- zogenen Ueber- gängen	Fast alljähr- lich, je nach dem Verlauf der Hochwasser, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit schroffen Uebergängen	Talweg mit wenig ver- änder- licher Lage und mit langen Ueber- gängen	In längerer Zeit, oft nach mehreren Jahren, seine Lage von einem zum an- dern Ufer wechselnder Talweg mit kurzen Ueber- gängen
km	km	km		m	Länge der Flußstrecken in km			
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				
			Seite		41,6	35,8	30,2	16,5

Von	Bis	Längen- unter- schied in km	Anzahl der Wech- sel des Tal- weges	Mittlere Länge eines Wechsels in m	Fest- liegen- der Tal- weg mit lang ge- zogenen Ueber- gängen	Fast alljähr- lich, je nach dem Verlauf der Hochwasser, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder Talweg mit schroffen Uebergängen	Talweg mit wenig ver- änder- licher Lage und mit langen Ueber- gängen	In längerer Zeit, oft nach mehreren Jahren, seine Lage von einem zum an- dern Ufer wechselnder Talweg mit kurzen Ueber- gängen
km	km	km		m	Länge der Flußstrecken in km			
			Uebertrag		41,6	35,8	30,2	16,5
124,1	127,6	3,5	7/11	389 318—500	—	3,5	—	—
127,6	130,3	2,7	5/7	450 386—540	—	—	—	2,7
130,3	131,5	1,2	2	600	—	—	1,2	—
131,5	138,9	7,4	15/18	463 411—493	—	7,4	—	—
138,9	144,2	5,3	10/14	482 408—530	—	—	—	5,3
144,2	145,0	0,8	1	800	0,8	—	—	—
145,0	153,6	8,6	8/13,5	896 637—1075	—	—	8,6	—
153,6	157,6	4,0	3,5/7,5	727 533—1143	—	—	—	4,0
157,6	159,8	2,2	2,5/4	800 550—880	—	—	2,2	—
159,8	162,2	2,4	3/5	600 480—800	—	—	—	2,4
162,2	165,0	2,8	2/4	1400 700—1400	—	—	2,8	—
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 Länge eines Wechsels					0,943	0,415	0,812	0,594

- Knieke**, Krankenkassen und Volkshygiene. 1902. Preis 60 Pfg.
- Knieke**, Die Kassenarztfrage und das öffentliche Gesundheitswesen in Beziehung zu der sozialpolitischen Gesetzgebung. 1903. Preis 1,20 Mk.
- Lange**, Die finanzielle Grundlage der deutschen Unfall-Versicherung. 1903. Preis 80 Pfg.
- Reinke**, Die Vermögensverwaltung der Berufsgenossenschaften. 1903. Preis 8 Mk.
- Seelmann**, Ausbau der Invaliden Versicherung zu einer allgemeinen Volks-Versicherung. 1902. Preis 60 Pfg.
- Seelmann**, Die Feststellung der Invalidität. 1901. Preis 1,20 Mk.
- Seelmann**, Die beschränkt Erwerbsfähigen und die Arbeitslosigkeit. 1902. Preis 1 Mk.
- Zacher**, Die Arbeiter-Versicherung im Auslande. Heft I—XVI, Ia, IVa. Preis zusammen 32,90 Mk. Dies bedeutende Sammelwerk behandelt die bisherigen Leistungen auf dem Gebiete der Arbeiter-Versicherung in allen europäischen Staaten.
-
-

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 anderen Ufer.



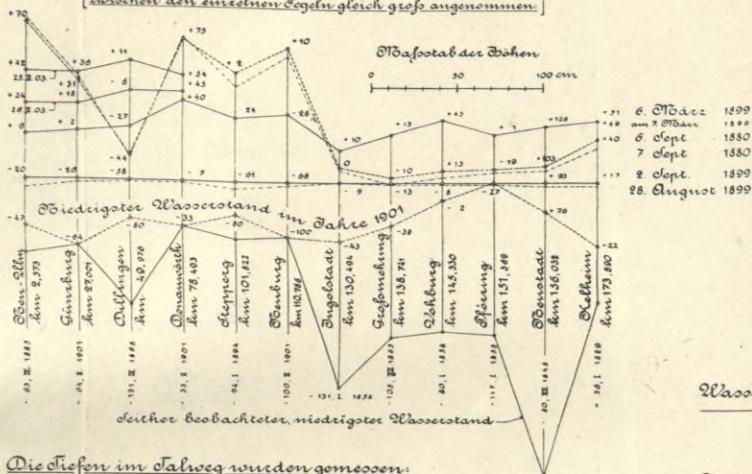
Zeichenerklärung:

Die verschiedenen dargestellten Bänder kennzeichnen den Grad der Veränderlichkeit in der Lage des Talweges, sowie die Art seines Ueberganges von einem zum andern Ufer.

- festliegender Talweg mit lang gezogenen Uebergängen.
- ▨ fast alljährlich, je nach dem Verlauf der Hochwasser, seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnder 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 wechselnder Talweg mit kurzen Uebergängen.

Die Donau von km 0 bis km 194.

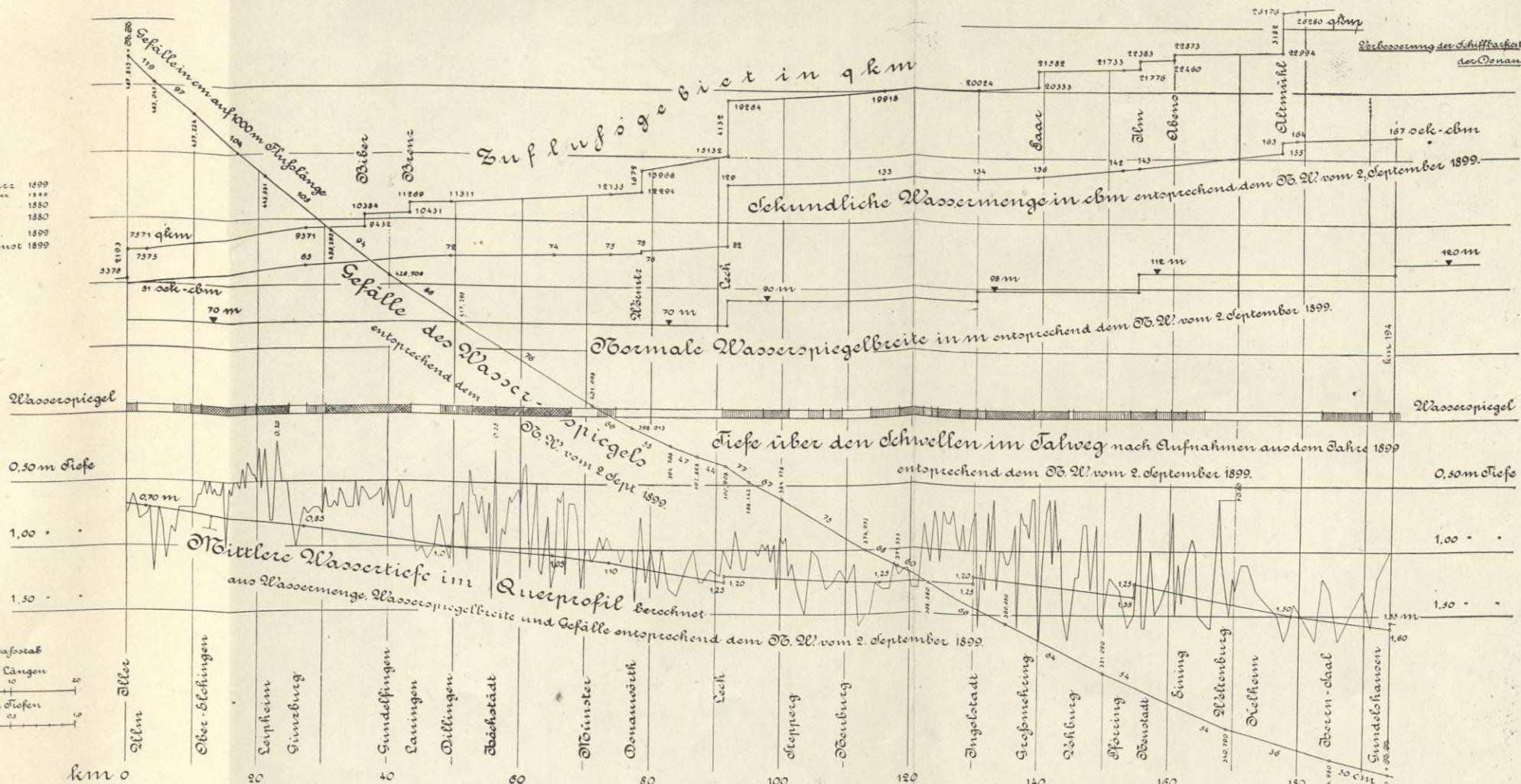
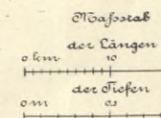
Vergleichende Darstellung
des hier in Betracht kommenden Wasserstands
an den Pegeln der Donau von Ulm bis Kelheim
bezogen auf den Pegelstand vom 2. September 1899.
Der Deutlichkeit halber wurden die Entfernungen
zwischen den einzelnen Pegeln gleich gesetzt.



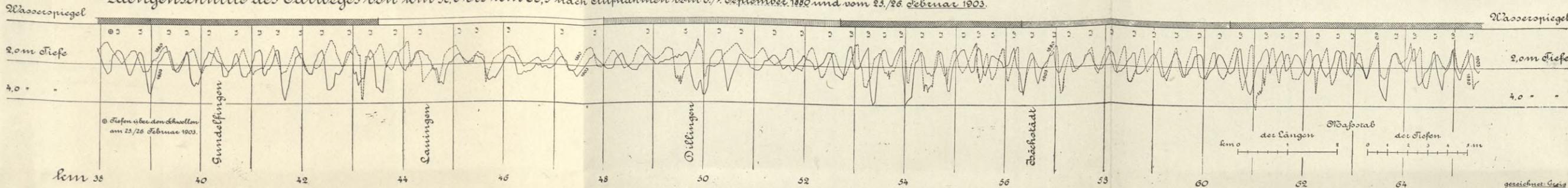
Die Tiefen im Talweg wurden gemessen:
am 2. Sept. 1880 u. am 25. Febr. 1903
von km 38,0 - 50,0
am 7. Sept. 1880 u. am 28. Febr. 1903
von km 50,0 - 65,0

Das Gefälle des Wasserspiegels wurde bestimmt:
von km 0 - 121,0 am 2. Sept. 1899
von km 121,0 - 194,0 am 28. August 1899

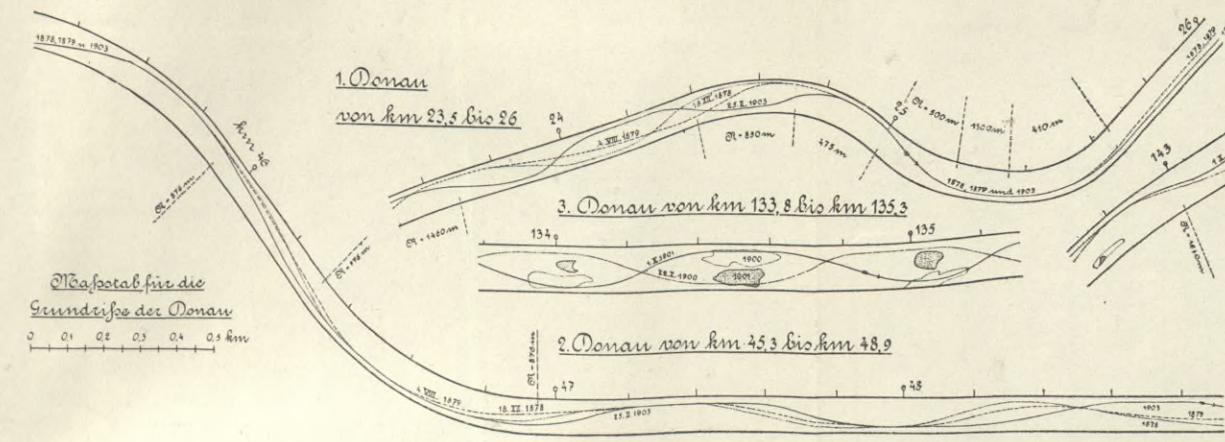
Seichenerklärung:
— festgelegter Talweg mit lang gezogenen Uferhängen,
fast abförmlich, je nach dem Verlauf der Hochwasser
seine Lage von einem zum andern Ufer wechselnd, der Tal-
weg mit scharfen Uferhängen.
— Talweg mit wenig veränderlicher Lage und mit langen
Uferhängen.
— in längerer Zeit, oft nach mehreren Jahren, seine Lage
von einem zum andern Ufer wechselnd, der Talweg mit
kurzen Uferhängen.



Laengenschnitte des Talweges von km 38,0 bis km 65,5 nach Aufnahmen vom 6./7. September 1880 und vom 25./26. Februar 1903.

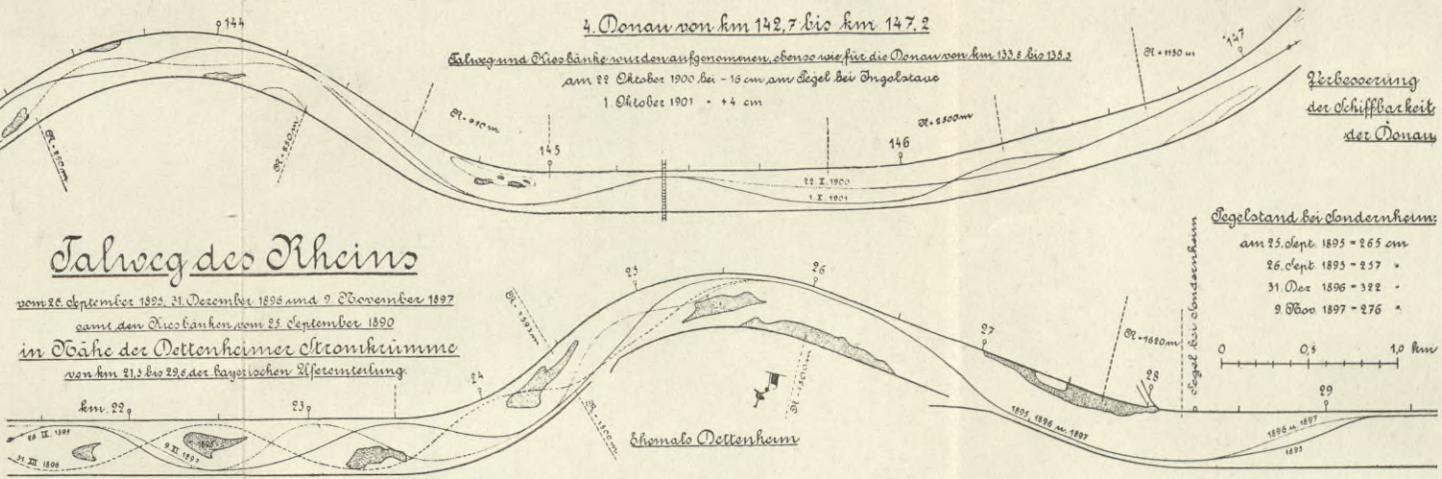


Talweg der Donau.



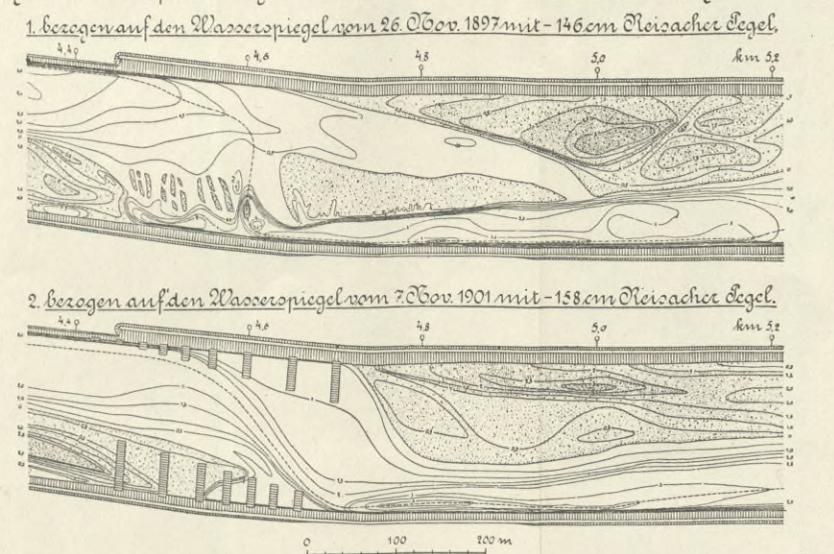
Talweg des Rheins

vom 26. September 1895, 21. Dezember 1895 und 9. November 1897
 samt den Hochbänken vom 25. September 1890
 in Nähe der Dettenheimer Stromkrümme
 von km 21,2 bis 29,0 der Bayerischen Abmessung.

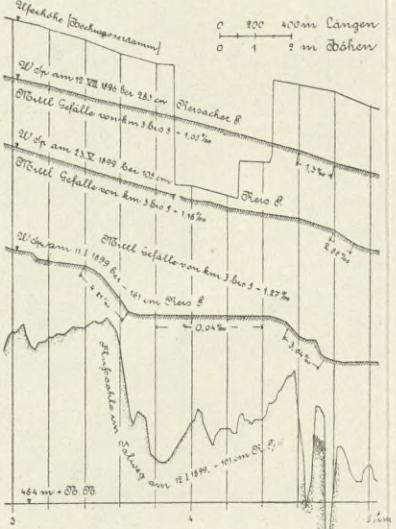


Der Inn von Kiefersfelden bis nach Flintsbach, km 0 bis km 17,8.

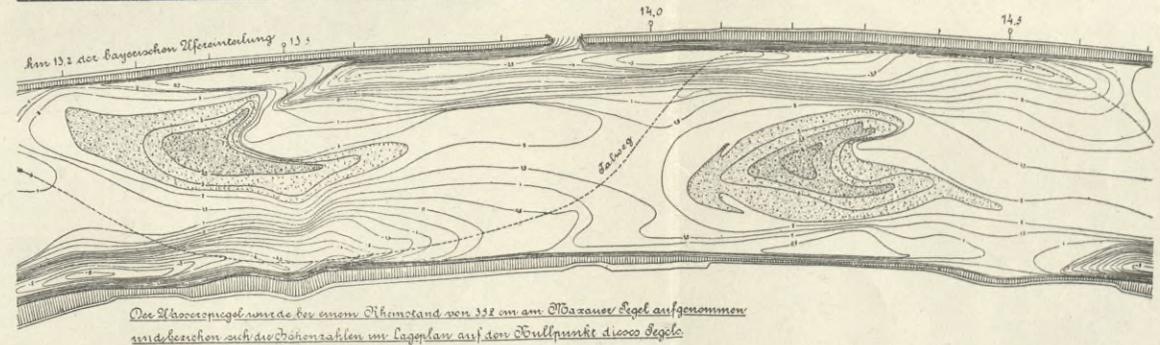
Flussbett des Inn dargestellt mit Kurven gleicher Tiefe bzw. gleicher Höhe in Abständen von je 0,5 m:



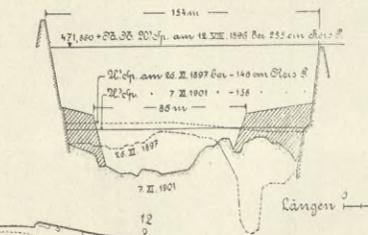
Längenschnitt des Inn von km 3 bis 5



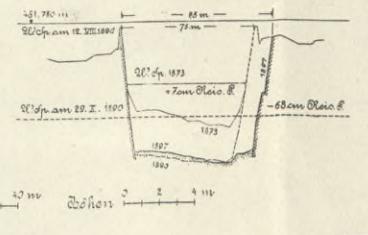
Strombett des Rheins nach Aufnahme vom November 1893



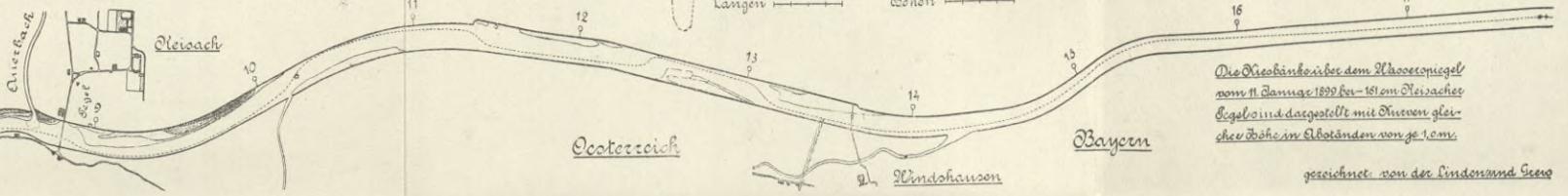
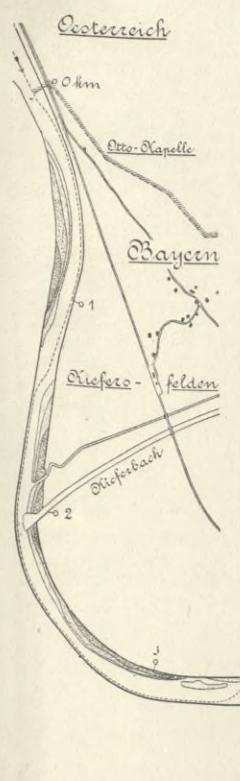
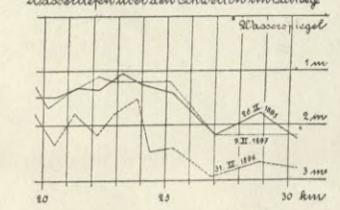
Querschnitt des Inn bei km 4,610



Querschnitt des Inn bei km 15,133



Rhein bei Dettenheim



Die Hochbänke über dem Wasserpegel vom 11. Januar 1899 bei -161 cm Weizacher Pegel sind dargestellt mit Kurven gleicher Höhe in Abständen von je 1 cm.

gezeichnet von der Landesamt Geogr.

Verbands-Schriften

des

Deutsch-Oesterreichisch-Ungarischen Verbandes für Binnenschifffahrt.

Neue Folge.

- No. I. **Die Einsenkung der Schiffe und ihr Einfluss auf die Bewegungen und den Widerstand der Schiffe.** Ingenieur und Baurath Haack-Charlottenburg. Preis Mark 2,50, für Mitgl. Mark 1,50, bei 25 Stück Mark 1,25.
- No. II. **Zur Frage der Schifffahrts-Abgaben auf bisher abgabenfreien offenen Strömen in Deutschland.** Dr. Jos. Landgraf-Wiesbaden. Preis Mark 1,—, für Mitgl. 50 Pf., bei 25 Stück 40 Pf.
- No. III. **Uferbefestigungen an Flüssen und Kanälen.** Baumeister und Ingenieur Rabitz-Berlin. Preis Mark 1,50, für Mitgl. 75 Pf., bei 25 Stück 55 Pf.
- No. IV. **Rentabilität der Binnenschiffsgefässe.** Büsser-Coepenick. Preis 75 Pf., für Mitgl. 40 Pf., bei 25 Stück 30 Pf.
- No. V. **Die wirtschaftlichen Beziehungen Ostdeutschlands zu dem Verkehrsgebiet des Donau-Oderkanals und seiner Verbindung mit Weichsel und Dniester.** Reichstagsabgeordneter Gothein. Preis Mark 1,75, für Mitgl. Mark 1,—, bei 25 Stück 75 Pf.
- No. VI. **Die Beziehungen der Seeschifffahrt zur Binnenschifffahrt.** Ingenieur Renner-Köln. Preis Mark 1,50, für Mitgl. 75 Pf., bei 25 Stück 55 Pf.
- No. VII. **Fortschritte auf hydrographischem Gebiete in Oesterreich.** Oberbaurath und Dipl. Ingenieur Lauda-Wien. Preis Mark 1,—, für Mitgl. 50 Pf., bei 25 Stück 40 Pf.
- No. VIII. **Fortschritte in der Ausbildung der Fahrerinne in der österreichischen Donau.** Baurath Herbst-Wien. Preis Mark 2,75, für Mitgl., Mark 1,50, bei 25 Stück Mark 1,25.
- No. IX. **Beiträge zur Frage über die Umlaufwerte Woltmann'scher Flügel.** Baurath Hajós-Budapest. Preis 60 Pf.
- No. X. **Der Oder-Weichsel-Dniester-Kanal.** Oberingenieur v. Chrzaszczewski-Krakau. Preis Mark 1,—, für Mitglieder 60 Pf., bei 25 Stück 45 Pf.
- No. XI. **Rück- und Ausblicke auf den Ausbau der Oder.** Regierungs- und Baurath Hamel-Breslau. **Entwicklung der Breslauer Hafenvhältnisse.** Stadtbaurath von Scholtz-Breslau. Preis Mark 1,—, für Mitgl. 60 Pf., bei 25 Stück 45 Pf.
- No. XII. **Verlauf des fünften Verbandstages in Breslau am 2., 3. und 4. September 1901.** Preis Mark 2,50, für Mitgl. Mark 1,50, bei 25 Stück Mark 1,20.
- No. XIII. **Ueber den Stand der Arbeiten für die Herstellung eines generellen Entwurfs zu einem Grossschiffahrtswege zwischen Donau und Main.** Faber-Nürnberg. Preis 50 Pf., für Mitglieder 30 Pf., bei 25 Stück 25 Pf.
- No. XV. **Die unterirdischen Gewässer, deren Beziehungen und Bedeutung für die Binnenschifffahrt.** Vogt-... k 2, für Mitgl. Mark 1,25, bei 25 Stück Mark 1.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000316773