



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305640

xx
19

Die verschiedenen Methoden

zur

Verbesserung der Schiffbarkeit

von Flüssen in Deutschland, Frankreich, Russland u. s. w.

von

S. JANICKI,

Director der Moskvaschiffahrt, früher Ober-Ingenieur am Suezcanal.

Ritter der franz. Ehrenlegion, des preuss. Kronen-, des österr. Kronen-, des russ. Stanislaus-Ordens u. s. w.

Bearbeitet und mit Zusätzen versehen

von

Baumeister Klett

an der technischen Hochschule in Hannover.

15747

Mit 2 Lithographien und mehreren Holzschnitten.

VII C 40



Hannover.

Verlag der Kniep'schen Buchhandlung (Paul Krause) in Hannover.

Die verschiedenen Methoden

ZUM

Verbesserung der Schiffbarkeit

von Flüssen in Deutschland, Frankreich, Russland u. s. w.

von

S. JANICKI,

Director der Moskvaschiffahrt, früher Ober-Ingenieur am Suezkanal.
Ritter des russ. Kaiserlichen, des preuss. Kronen-, des österr. Kronen-, des russ. Staatsrats-Ordens u. s. w.



Bearbeitet von ...

33409



Hannover.

Verlag der Krieger'schen Buchhandlung (Paul Krieger) in Hannover.

Akc. Nr.

224/50

136

Vorwort.

Die Thatsache, dass die Verbesserung der Flussverhältnisse hinsichtlich Erleichterung des Schiffverkehrs in Deutschland bis jetzt in einseitiger Weise vorwiegend durch Einschränkungswerke vor sich ging und dass nach Arbeiten von Jahrzehnten, ja oft Jahrhunderten und Anwendung vieler Millionen in den meisten Fällen nicht die erstrebten Erfolge eingetreten sind, haben die Veranlassung gegeben, nachstehende Abhandlung zu veröffentlichen. Dieselbe besteht einestheils in der Bearbeitung der Broschüren des Schifffahrtsdirectors J a n i c k i in Moskau, welcher seine Studien zum Theil in Hannover machte und vielseitig, u. A. als Oberingenieur am Suezcanal thätig war, und über dessen Broschüren in einer Sitzung der Société des ingenieurs civils in Paris vom 20. Januar 1882 S. 42 folgendes Urtheil abgegeben wird:

„Un de nos collègues, M. S. Janicki, ingénieur fort expérimenté en cette matière a résumé deux notes très instructives, un ensemble d'observations et de remarques intéressantes qui confirment pleinement tout ce qui précède etc.“

Diese Abhandlungen enthalten u. A. die Beschreibung zweier einander gegenüberstehender Projecte zur Rhöneregulirung, welche die Ingenieure J a c q u e t und P a s q u e a u verfassten; von welchen dasjenige des Hrn. Jacquet wirklich in Ausführung begriffen ist und zwar glaubt derselbe durch Anwendung von Grundswellen seinen Zweck zu erreichen und stützt sich auf Erfahrungen an deutschen Flüssen, die aber nicht nur einseitig dargestellt sind, sondern auch wegen der kurzen Zeit ihrer Anwendung keineswegs zu solchen weitgehenden Hoffnungen bis jetzt berechtigen.

Die beigefügten Anmerkungen sollen die Verhältnisse und Erfahrungen an deutschen Flüssen klar legen.

Ein weiterer von mir bearbeiteter Abschnitt gibt eine Uebersicht über verschiedene Flusscanalisirungen einzelner Länder, sowie über einige Projecte, deren Ausführung bevorsteht.

Der Anhang über die Literatur von Werken über den Wasser- besonders Flussbau in Deutschland wird manchem Collegen viel Mühe und Zeit ersparen.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass hier wohl zum ersten Male eine Uebersicht über russische Flüsse sowie über die wichtigsten canalisirten Ströme verschiedener Länder gegeben wird. Wegen Mangel an Zeit konnte eine Bearbeitung der neueren Transportmethoden auf Schifffahrtsstrassen wie Tauerei u. s. w. der Abhandlung, wie ursprünglich beabsichtigt war, nicht mehr beigefügt werden.

Eine Kritik vorliegenden Werkes ist um so mehr erwünscht, als bei der sicht jetzt Bahn brechenden Erkenntniss, dass die Schifffahrtsstrassen ein hervorragender Factor zur Hebung des Nationalwohlstandes sind, Klarheit über die Frage der besten Flussregulirungsmethode nur von Vortheil für das Vaterland sein kann.

Hannover im März 1882.

V O R W O R T

Inhalts-Verzeichniss.

I. Theil.

	Seite
Wichtigkeit der Binnenschifffahrt	1—2
Nothwendigkeit der Flussregulirungen	2—3
Die Buhnenanlagen	3—4
System der Längsdämme (Parallelwerke)	4—5
Ausbaggerung u. s. w.	5—6
Bildung der Serpentinien und Untiefen	6—9
Regulirung der Wolga	9—12
Canalisirung von Flüssen	12
Vergleichung der Canalisirungs- und Regulirungskosten	12—13
Beschreibung einiger russischen Flüsse	13—14
Die Canalisirung der Moskva	14—18

II. Theil.

Polemik gegen Schlichting hinsichtlich der Flussregulirungen	19—23
Beispiele von der Seine	23—24
Die in Deutschland durch die Regulirungsarbeiten erzielten Resultate	24—27
Regulirung der Rhöne nach dem Projecte von Ingenieur Jacquet	27—30
Schiffbarmachung der Rhöne nach dem Projecte des Ingenieurs Pasqueau	30—36
Unterschiede in beiden Projecten und Schlussfolgerungen	36—38

III. Theil.

Beschreibung canalisirter Flüsse und einiger Projecte.

Canalisirung der Saar	39—41
" " Mosel	41—42
" " Brahe	42
Project zur Main-Canalisirung	43
" " Fulda-Canalisirung	43—44
Canalisirung der Seine	24—46
" " Saône	46
" " Maas	46—54
Zusammenstellung deutscher, französischer und belgischer canalisirter Flüsse	55—56

Anhang.

Literatur der Abhandlungen über deutsche Flüsse	57—60
---	-------

I. Theil.

Wichtigkeit der Binnenschifffahrt, Ansichten über die verschiedenen Arten der Flussregulirungen u. s. w.

Vor dem Bau der Eisenbahnen nahm die Canal- resp. Flussschifffahrt die erste Stelle unter denjenigen Verkehrswegen ein, die für den Handel und die Industrie von Werth waren.

Nach Einführung der Eisenbahnen glaubte man die billigste Transportart durch dieselben zu besitzen, man vernachlässigte nicht nur die Wasserstrassen, sondern beeilte sich vielmehr das Eisenbahnnetz soviel als möglich zu vermehren und berücksichtigte vielfach erst in zweiter Linie die Binnenschifffahrt. Nachdem aber in Folge des Eisenbahnbaues die Industrie und der Handel sich sehr ausgedehnt haben und das allgemeine Wohl den billigen Bezug vieler Sachen erfordert, kam man schliesslich zu der Einsicht, dass hiefür die Eisenbahnen schon nicht mehr vollständig genügen; weil eine gut geordnete Binnenschifffahrt den Versandt grösserer Massen zwei- bis dreimal billiger als die Eisenbahn bewerkstelligen kann*), was kein geringer Vortheil für billigere Waaren und Rohproducte ist; andererseits ist dieselbe auch bezüglich der Leistungsfähigkeit den Bahnen überlegen, die bei dem Vorhandensein von einem oder zwei Geleisen und dem jeweiligen Betriebsmaterial an Lokomotiven, Wagen u. s. f. verhältnissmässig viel mehr in der Grösse des Transportes begrenzt ist, als die Wasserstrassen, auf denen unendlich viel verschickt werden kann. Endlich sind die Bahnen vielfach mit Staatsgarantie gebaut und ein Monopol und nur mit den Wasserwegen in Concurrnz, weswegen Letzteren in vielen Fällen auf alle mögliche Weise durch die Bahnverwaltungen geschadet wurde**).

Die Art und Weise der Herstellung von Eisenbahnen entwickelte und vervollkommnete sich jeden Tag mehr und mehr, machte sozusagen Riesenfortschritte, ohne dass die Verbesserungen und Einrichtungen der Schifffahrtsstrassen, hauptsächlich die der Flüsse, hiemit gleichen Schritt gehalten hätten. Die verschiedenen Eisenbahnen wurden unter tausend abweichenden topographischen Verhältnissen gebaut und sind bis in die kleinsten Details vervollkommenet, was man von den Flussregulirungen nicht sagen kann, bei denen noch viel im Nebel herum gearbeitet wird, ja man trifft selbst unter den Ingenieuren, die sich hauptsächlich diesem Zweige widmen, heutzutage noch die widersprechendsten Anschauungen über die Hauptgrundsätze und über die Anwendung und den Werth der bekannten Verfahren. Beauftragt man z. B. zwei Ingenieure, unabhängig von einander eine Bahn zwischen zwei Punkten zu traciren, so können wir sicher sein, dass dieselben sowohl in technischer Beziehung als auch hinsichtlich der Baukosten ziemlich übereinstimmende Projecte verfassen, während über zwei verschiedene Flusscorrectionsprojecte, die an einem und demselben Flusse von verschiedenen Ingenieuren entworfen werden, kaum eine ähnliche Uebereinstimmung herrschen würde. Sehr wahrscheinlich würden die Projecte vollständig verschieden und nach ganz entgegengesetzten Grundsätzen aufgestellt sein. Diese Verschiedenheit rührt von den abweichenden Ansichten der Ingenieure über die zur Correction der Flüsse anzuwendenden Mittel her, wesshalb es von allge-

*) F. Bellingrath veröffentlichte einen am 25. Juni 1879 gehaltenen Vortrag über Eisenbahntarife und Schifffahrtsfrachten, nach welchem die Minimaltarife für Kohlen durchschnittlich 1,26 Pf. per Ztr.-Meile auf deutschen Eisenbahnen betragen, welchen ein mittlerer Canalfrachtsatz von etwa 0,56 Pf. gegenübersteht, während die Frachtsätze auf dem Rhein, der Elbe u. s. w. nur 0,25–0,7 Pf. per Zentner-Meile betragen. Dr. Wyss Broschüre „Eisenbahn oder Canal“ ist auch sehr beachtenswerth hinsichtlich des Vergleiches beider Transportarten.

**) Bericht M. M. v. Weber's über die Wasserstrassen Englands u. s. w.

meinem Interesse sein wird, die Vortheile und die Nachtheile jedes dieser Mittel zu erörtern, um Klarheit über den Werth des einen oder andern Systems für einen bestimmten Fall zu bekommen.

Die Theorie und die Erfahrung sollen immer die zwei nöthigen Führer für die Ingenieure sein; bei dem uns jetzt beschäftigenden Gegenstand sind wir leider genöthigt zu gestehen, dass Erstere uns noch keineswegs genügende Aufschlüsse in vielen Fällen gibt. Ungeachtet bemerkenswerther Arbeiten vieler Gelehrten ist die Hydraulik, welche die physikalischen Gesetze, denen das fließende Wasser besonders in unregelmässigen Flussbetten unterworfen ist, festzusetzen sucht, noch nicht so weit gekommen, in mathematischen Formeln die Erscheinungen zu erklären, deren Kenntniss nöthig ist, um in der Praxis die Grundsätze der reinen Wissenschaft anwenden zu können. Was die Erfahrungen hinsichtlich der Flussregulirungen betrifft, so existiren nur wenige, welche die gesteckten Ziele erreichten, und zwar weil die Verhältnisse, unter denen die Arbeiten ausgeführt wurden, zu verschieden, zu verwickelt, und die Zeit zur Ausführung der Werke und zur Erkennung der Ergebnisse gewöhnlich sehr lang ist.

Ein anderer Umstand macht die Frage der Schiffbarmachung oder wie man auch gewöhnlich zu sagen pflegt der Regulirung der Flüsse verwickelt, nämlich der, dass die Arbeiten nicht allein den Bedingungen der Schifffahrt entsprechen sollen, sondern in grösserem oder kleinerem Maassstabe zu verhindern haben, dass die Ufer beschädigt und die benachbarten Ländereien zeitweise überschwemmt werden, ferner soll durch dieselbe das benachbarte Terrain gewöhnlich trocken gelegt werden durch Verbesserung der Vorfluth u. s. w.

Es ist nun klar, dass ein und dieselben Mittel nicht zu gleicher Zeit entgegengesetzten Zwecken dienen können und dass z. B. diejenigen Vorkehrungen, durch welche zu grosses Hochwasser leichter abgeleitet wird, den Schifffahrtsbedingungen nachtheilig werden können und umgekehrt. Um Missverständnissen übrigens vorzubeugen, soll nachstehend die Regulirung der Flüsse, hauptsächlich der Russischen, nur unter dem Gesichtspunkte der Schiffbarmachung besprochen werden.

Die russischen Flüsse haben gewöhnlich ein sehr geringes Gefälle und desshalb geringe Strömungen. Die Ufer werden wenig durch die Hochwasser angegriffen und wenn dies auch der Fall ist, so ist doch ein Uferschutz wegen des geringen Bodenwerthes häufig überflüssig. Die Ueberschwemmungen im Frühjahr verursachen nicht nur keinen Schaden, sondern sind vielmehr eine wahre Wohlthat für die anliegenden Steppen; ausserdem sind Ueberschwemmungen in andern Jahreszeiten selten. Auch berücksichtigt man bei der Regulirung der Flüsse zum Zwecke der Schiffbarmachung nur in zweiter Linie den Abfluss des Hochwassers und die Befestigung der Böschungen, wenn diess nicht in besonderen Fällen wegen besserer Erhaltung der Schifffahrtsrinne erforderlich ist. Uebrigens dürfen natürlich in keinem Falle die Regulirungsarbeiten den anliegenden Güterbesitzern Schaden bringen.

Nachstehend sollen nun so klar als möglich die bis jetzt zur Regulirung der Flüsse angewandten Mittel auf Grund vielfacher Erfahrungen und gewissenhafter Prüfung der einschlägigen Verhältnisse. erläutert werden.

Nothwendigkeit der Regulirung der Flüsse.

Die meisten europäischen Staaten, hauptsächlich aber Russland, haben das grösste Bedürfniss, die natürlichen Wasserwege zu reguliren. In den letzten Jahren sind auch in Russland durch das Vorgehen des umsichtigen Verkehrsministers wichtige Arbeiten im Schoosse der Commission zur Prüfung der Wasserstrassen gemacht und einschlägiges Material gesammelt worden, und wir besitzen jetzt eine grosse Anzahl genauer Notizen über die wichtigsten Flüsse Russlands. Aber wie soll dieses Material verwendet werden? Wie Reguliren? Welches System wählen? Diess sind die Tagesfragen. Die Regierung findet zweifelsohne die nöthigen Hilfsmittel, um die Arbeiten ausführen zu lassen, aber ob die Kosten, die zur Ausführung nöthige Zeit, sowie die noch wichtigere Bedingung des Erfolges genügend sein werden.

Man wird aus den folgenden Ausführungen entnehmen können, bis zu welchem Punkte obigen Bedingungen entsprochen werden kann.

Unter dem Schiffbarmachen von Flüssen versteht man das vollkommene Entfernen aller Hindernisse für die Schifffahrt. Solche Hindernisse sind: Die Untiefen (ungenügende Wassertiefen) der Fahrstrasse, die Felsen (welche unter dem Wasser Riffe bilden), die entwurzelten ins Flussbett geschleuderten Bäume,

die Stromschnellen, die zu engen Stellen, die zu scharfen und zu häufig vorhandenen Krümmungen; letztere Hindernisse sind besonders schädlich, wenn der Wasserstand sich dem Niederwasser nähert. Uebrigens soll nachstehend bei Besprechung der Flussschiffahrtsbedingungen, wenn kein besonderer Wasserstand erwähnt ist, immer der Niederwasserstand in's Auge gefasst werden. Beim Beginn jeder Flussregulierung muss man die einzelnen Felsblöcke, die entwurzelten Bäume, gesunkenen Fahrzeuge u. s. w. entfernen. Dieses Verfahren ist ziemlich einfach, so dass es nicht der Mühe werth ist, dasselbe weiter zu beschreiben.

Die Stromschnellen, welche eigentlich nur eine Abart der Untiefen sind, bei denen an Stelle von Gerölle und Sand gewöhnlich grössere Felsblöcke in dem Flussbette sich befinden, finden sich selten in russischen Flüssen und überdiess erfordert ihre Beseitigung Spezialstudien und bei jedem einzelnen Falle ein bestimmtes Verfahren, so dass dieselben auch hier übergangen werden können.

Es bleiben daher als hauptsächlichste und am häufigsten vorkommende Hindernisse für die Schifffahrt die Beseitigung der Untiefen, Stromengen, zu grossen Krümmungen u. s. w. zu besprechen.

Die Untiefen bestehen gewöhnlich aus dem Geschiebe (Sinkstoffen), welches sich im Flussbette befindet und welches durch den Stoss des künstlich oder natürlich bewegten Wassers fortbewegt wird*). Das nächste, sozusagen auf der Hand liegende Mittel besteht darin, durch künstliche Vermehrung der Geschwindigkeit dieselben zu beseitigen; weil nun im Allgemeinen die Flussbreite in der Gegend der Untiefen grösser ist als die mittlere Breite der ober- und unterhalb gelegenen Strecken, so lag es nahe, durch Einschränkung des Bettes an dieser erbreiterten Stelle eine grössere Tiefe zu erzielen, die der mittleren Flusstiefe sich nähert und zwar verwendete man hiezu vielfach zuerst die Buhnen, deren Wesen nachstehend erläutert werden soll.

Die Buhnenanlagen**).

Im letzten Jahrhundert schon verwendeten die Ingenieure zur Einschränkung des benetzten Querprofils des Flussbettes die Buhnen, eine Art Dämme, welche mehr oder weniger in das Flussbett hineinragen und theilweise dessen verengtes Bett bilden. Es ist überflüssig anzuführen, dass diese Bauten (Buhnen) aus einem Material gebildet werden, welches das Wasser nicht leicht fortreissen kann, wie Steinfaschinen, Steine u. s. w. Eine einzelne Buhne verändert nun das benetzte Querprofil nur an der Stelle, wo dieselbe gebaut ist, und in Folge hievon verursacht sie häufig nur eine Vertiefung vor dem Kopfe, deshalb muss man, um die Bildung einer Rinne über der ganzen Länge der Untiefe zu erzielen, eine ganze Reihe von Buhnen oder ein sogenanntes Buhnensystem anlegen.

Aber wenn man den benetzten Querschnitt nur an einer Seite einschränkte, könnte der Fall eintreten, dass der Voraussetzung entgegen die Strömung das entgegengesetzte Ufer angreift, woraus sich die Nothwendigkeit ergibt, zwei Buhnensysteme anzulegen und zwar auf beiden Seiten des Flusses, wenn man die Bildung eines Flussbettes von bestimmter Breite und Tiefe zwischen den Buhnenköpfen anstreben will. Die in das Flussbett ragenden Buhnen halten die durch die Strömung fortgerissenen Sinkstoffe auf und veranlassen, dass dieselben sich an den Ufern ablagern und zwar an der Stelle zwischen Ufer und Buhne, wo das Wasser verhältnissmässig ruhig ist. Das ganze System bewirkt daher die Bildung eines neuen Ufers, dessen Grenze die Fläche bildet, welche durch die Buhnenköpfe gezogen wird. Diese Eigenschaft der Buhnen, die Geschiebe zwischen ihren Zwischenräumen abzulagern, ist sehr vortheilhaft; sie gestattet, die Strömung des Wassers zur Bildung neuer Ufer an der zu regulirenden Strecke zu benützen.

Die Sinkstoffablagerung nimmt gewöhnlich immer mehr zu und schützt im Laufe der Zeit, wenn dieselbe die Höhe der Buhnen erreicht hat, diese Querbauten gegen heftige Strömungen. Die Unterhaltung des Systems beschränkt sich im Wesentlichen auf die Instandhaltung der Köpfe der einzelnen Buhnen. Wenn das Bedürfniss vorliegt, in einem bestimmten Zeitraume das Bett noch enger zu machen (und der

*) Ueber Geschiebeführung veröffentlichte Professor Sternberg in Carlsruhe eine interessante Abhandlung, Zeitschrift für Bauwesen 1875, ferner Grebenau über die Sandbänke im Rheine, sowie Schlichting im Handbuch der Ingenieurwissenschaft III. Band.

**) Ueber Buhnenbau, Hagen's Wasserbau II. Theil Ströme; Eitelwein, Construction der Faschinenwerke, Berl. 1808; Lagrené, Cours de navigation; Storm buising; Handbuch der Ingenieurwissenschaft III. Band.

Fall kommt, wie man später sehen wird, nur zu häufig vor), so ist es sehr leicht, die Buhne zu Erreichung dieses Zweckes zu verlängern.

Leider hat dieses System den Fehler, dass das neue durch die Buhnen erzeugte Bett unregelmässig ist und bleibt bis zur vollständigen Bildung neuer Ufer durch die Sinkstoffablagerung; dann muss man an den konkaven Flussseiten die Buhnen kurz machen, denn es ist allgemeine Regel, die konkaven Ufer so wenig als möglich zu vermindern und in diesem Falle ist ihr Einfluss zu unbedeutend, um neue Ufer zu bilden, er ist selbst nach den gemachten Erfahrungen oft schädlich für die Unterhaltung der natürlichen Ufer, die in den meisten Fällen durch die Regulierung in ihrer ursprünglichen Form geschützt und erhalten werden sollen.

Im Allgemeinen bewirken die Buhnen nur sehr langsam die Bildung eines neuen eingeschränkten Bettes, selbst wenn das System nach den strengsten Regeln der Kunst angelegt ist. Die norddeutschen Ingenieure, welche grosse Erfahrungen im Buhnenbau haben, sind der Ansicht, dass man die Buhnen gleichzeitig auf der ganzen Strecke baut; aber dass man dieselben nicht sogleich auf volle Höhe bringt; man soll sie vielmehr in horizontalen Lagen konstruiren und zwischen dem Aufbringen jeder Lage einen Zeitraum lassen, der den Sinkstoffen gestattet, sich über der letzten angebrachten Lage zu vereinigen. Die Arbeiten dürfen daher nur nach und nach ausgeführt werden und erfordern viele Zeit für den Fall, dass man nicht das kostspieligere Verfahren der künstlichen Auffüllung zwischen den Buhnen mit zu Hilfe nimmt, was z. B. häufig bei der Weserregulierung geschieht.

System der Längsdämme oder Parallelwerke, deren Vortheile und Fehler.

Nach den Buhnen kamen die Längsdämme oder Parallelwerke, die parallel zur Flussrichtung liegen, in Anwendung*). Vermöge ihrer Lage bilden diese Dämme selbst die Ufer eines neuen eingeschränkten Bettes und man erreicht desshalb durch dieselben oft rasch eine gewisse Flussvertiefung. Die Wasserbewegung ist in dem durch Parallelwerke eingeschränkten Bette regelmässiger als in dem durch Buhnen Gebildeten, aber diese Längsdämme sind auch auf die ganze Länge der fortwährenden Einwirkung einer grösseren Strömung als vor Errichtung derselben unterworfen und ihr Fundament kann unter diesen Verhältnissen leicht unterspült und zerstört werden. Der Raum zwischen den Parallelwerken und dem Ufer wird nicht oder nur sehr langsam von den Sinkstoffen ausgefüllt, auch fliesst das steigende Wasser über die Krone und kann durch die oft bedeutenden Hinterströmungen die Parallelwerke an der Uferseite gefährden. Die Unterhaltung erfordert eine grosse fortwährende Ueberwachung und die Erneuerungskosten sind beträchtlich. Die geringste Nachlässigkeit in ihrer Unterhaltung kann zur Zeit der Hochwasser die Ursache von grösseren Zerstörungen werden. Endlich gestattet die Lage der Längsdeiche gar nicht oder nur mit beträchtlichen Kosten die Verengung oder Verbreiterung, wenn die Nothwendigkeit hiezu sich zeigt, welcher Fall öfter eintritt, da eine genaue Bestimmung der Normalbreite sehr schwierig ist. Ein weiterer Nachtheil ist die Vermehrung der Strömung, der besonders für die Schifffahrt gen Berg oft sehr hinderlich wird. Am Oberrhein zwischen Basel und Mannheim ist die Schifffahrt wegen der grossen Strömung (2 m bis 3,5 m pro Sekunde) beinahe Null**).

Die Regulierungsmethoden mit Buhnen und Parallelwerken hatten unter den Ingenieuren in den verschiedenen Zeiten ihre grossen Anhänger und Gegner. In Frankreich bediente man sich zuerst der Buhnen und kam alsdann auf die Parallelwerke; jetzt sind beide Systeme beinahe vollständig verlassen, wenigstens insofern, als dieselben allein zur Schiffbarmachung der Flüsse dienen sollen***). In Norddeutschland hat man noch das Buhnensystem, in Süddeutschland zieht man Parallelwerke vor.

*) Das Parallelwerksystem wurde besonders bei der Regulierung des oberen Rheines zwischen Basel und Mannheim mit ziemlichem Erfolg angewandt (Grebenu, Der Rhein vor und nach seiner Regulierung, 1869) und wird neuerdings seit 1860 auch zur Regulierung der Elbe in Sachsen benützt (s. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Band). In Bayern wurde es für Flussregulierungen s. Z. von der Regierung anempfohlen und darauf bezügliche Normalien ausgearbeitet. S. auch Becker, Wasserbau und Correction der Donau in Schwaben, Dillingen 1870.

**) Deutsche Bauzeitung 1867 S. 497, 1869 S. 443, 1871 S. 383, 1872 S. 291, 1873 S. 283, 1874 S. 127, 1875 S. 346.

***) Die in der letzten Zeit in Ausführung begriffene Regulierung der Rhône unterhalb Lyon mittelst Parallelwerken soll wieder aufgegeben werden und eine andere Regulierungsmethode an die Stelle treten.

Verschiedene Ingenieure wenden in letzter Zeit ein gemischtes System an*), indem sie vor den konkaven Ufern Parallelwerke, vor den konvexen Ufern Buhnen errichten. An beinahe regulirten Strecken wenden sie bald das eine oder andere System je nach den lokalen Verhältnissen oder der persönlichen Ansicht an.

Vorstehendes sind die beiden wichtigsten zur Vertiefung resp. Regulirung der Wasserstrassen angewandten Methoden mittelst Einschränkungenwerken. Es erübrigt desshalb nur noch — der Vollständigkeit halber — zwei oder drei untergeordnete Verfahren anzugeben, deren Anwendung nur zeitweise erfolgt: d. h. von der Ausbaggerung, von den beweglichen Stauwehren, von den netzartigen Deichen des Ingenieurs Janekowski u. s. w.

Ausbaggerung.

Die Ausbaggerung ist nützlich und mit Vortheil anwendbar, wenn ein Wiederausfüllen der durch Baggermaschinen erzielten Tiefen nicht oder nur schwer erfolgen kann. Nun wird jeder natürliche Flusslauf, der über einem durch Strömung zerstörbaren Grund sich befindet, im Allgemeinen eine serpentinartige Richtung haben in Folge der ungleichen Widerstände des Terrains, welches er durchschneidet, der verschiedenen Gefälle, verschiedenen Wassermengen und anderen geringfügigerer Ursachen, deren Erläuterung zu weit führen würde. Von Wichtigkeit ist vorläufig nur der Umstand, dass die Form des Längen- und Querprofils des Flusses in bestimmten Zeiten von diesen Einwirkungen abhängt und dass daher diese Momente einen Gleichgewichtszustand zwischen dem Angriffe der Wassermassen und der Widerstandsfähigkeit der so gebildeten Ufer oft hervorrufen. Ebenso schwierig wie es nun ist, einen Sandhaufen in's fließende Wasser zu bringen, ohne dass derselbe von der Strömung fortgerissen wird, ebenso schwierig ist es, bei einer beweglichen Flusssohle Rinnen auszuschachten, ohne Gefahr zu laufen, dass sich dieselben wieder ausfüllen. Die Ausbaggerung kann angewandt werden, wenn man in kurzer Zeit eine bestimmte Tiefe erzielen will, sie kann noch angewandt werden zur Schaffung eines künstlichen Bettes; dann als Hilfsmittel bei Anwendung der Parallelwerke und Buhnen. Die bemerkenswerthesten Baggerarbeiten wurden in dem Clyde in Schottland ausgeführt und soll nicht unterlassen werden hier die befriedigenden Resultate zu erwähnen, welche bei der Regulirung dieses Flusses durch die gleichzeitige ausgedehnte Anwendung von Buhnen, Parallelwerken und Ausbaggerung erzielt worden sind**). Aber es darf auch die Einwirkung eines wichtigen Factors hier nicht vergessen werden, diess ist der der Ebbe und Fluth bei Glasgow***).

Es kommt übrigens oft vor, dass der Erfolg gewisser Aufsehen erregender Arbeiten auf unrichtige Weise ausgelegt wird. Die Anhänger der einen oder anderen angewandten Methode schreiben derselben den ganzen Erfolg zu und führen dadurch Irrthümer herbei.

Was die verschiedenen provisorischen Werke und Apparate, wie Grundswellen, zeitweise angewandte Schleusenwehre u. s. w. anbetrifft, die dazu dienen sollen, für kurze Zeit das Flussbett einzuschränken, so können dieselben bei richtiger Anwendung die Untiefen unschädlich machen, sie können in gewissen Fällen gute Erfolge geben, aber im Allgemeinen sind dieselben sehr unbedeutend und hängen so sehr von Nebenumständen ab, dass man, meines Erachtens, denselben keine grosse Beachtung schenken darf. Man kann sie gewöhnlich nur anwenden, wenn das Wasser seinen tiefsten Stand erreicht hat und die dann blossgelegten Untiefen der Schifffahrt besonders hinderlich werden.

Es genügt das kleinste Hochwasser, ein Sturm, Unaufmerksamkeit beim Bedienen der Apparate, ein Stoss oder selbst ein heftiges Anlaufen eines Schiffes, um dieselben in Unordnung zu bringen und damit die erhaltene Tiefe auf den Sandbänken zu zerstören. Die Flüsse haben übrigens immer mehrere Untiefen, die der Schifffahrt hinderlich sind, so dass einige Centimeter Mehrtiefe, welche durch verhältnissmässig grosse Kosten erreicht werden, nicht als rationelle Regulirung bezeichnet werden können. Diese Apparate sind eigentlich mehr ein Ermunterungsmittel für die Schiffer, die dadurch erkennen, dass man sich um die Verbesserungen der Flussverhältnisse kümmert †).

*) Schlichting, Das kombinirte Flussregulirungssystem (Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1878, pag. 173). Regulirung der Weser zwischen Münden und Karlshafen von Bauinsp. Schattauer. Centralbl. der Bauverwaltung 1881, Nr. 23, 24 u. 25.

***) Ebenso wird wirklich die Regulirung der Weser bewirkt (Centralblatt der Bauverwaltung 1881, Nr. 23, 24 u. 25).

****) Franzius in Bremen hat ein ähnliches Project für die untere Weser ausgearbeitet. Siehe Deutsche Bauztg. 1881.

†) Hierher gehört auch das Markiren des Fahrwassers. Siehe hierüber Centralblatt 1881, die Elbe.

Aus den soeben gemachten kritischen Untersuchungen der beiden Hauptssysteme zur Verengung eines Flusses an den zu seichten Stellen geht hervor, dass mittelst derselben die Vertiefung des Bettes auf eine gewisse Ausdehnung — nämlich da, wo die Werke ausgeführt worden sind — erreicht wird; aber es ist auch leicht abzusehen, dass bei der mehr oder weniger beweglichen Sohle der meisten Flüsse die durch Verkleinerung des Profils erlangte Vertiefung die Senkung des ehemaligen Wasserstandes oberhalb der betreffenden Stelle nach sich zieht und die Erfahrungen an allen Regulierungsarbeiten dieser Art haben diess genügend erwiesen. Das Gefälle irgend eines Flusses ist nicht überall gleich; besonders dasjenige des Niederwasserspiegels bildet eine gebrochene Linie mit geringerem Gefälle in tieferer Flusssohle und stärkerem Gefälle in der Nähe von Untiefen. Dadurch dass man den oberen Wasserspiegel der Untiefen senkt, kann man veranlassen, dass neue Hindernisse, neue Sandbänke sich zeigen, die vorher nicht bemerkbar waren, weil genügende Wasserhöhe über denselben sich befand; was gewiss nicht in der Absicht liegt, und um diesem Uebelstande abzuhelpen, muss man den benetzten Querschnitt oberhalb der Untiefe einschränken und Vorsichtsmassregeln ergreifen, damit die Strömung keine zu grosse Tiefe erzeugt. Zu Erreichung letzteren Zweckes muss man die Sohle mit Faschinen, Steinen u. s. w. befestigen event. sogen. Grundswellen anbringen*).

Es werden übrigens nicht nur neue Untiefen in den Strecken oberhalb des Regulierungsortes blosgelegt, sondern die heutigen Erfahrungen haben gezeigt, dass die Geschiebe, welche die Strömung an den eingeeengten Stellen fortreisst, unterhalb neue Sandbänke bilden und desshalb gibt die Regulierung eines Flusses, welche nur in der Nähe der Untiefen ausgeführt ist, gewöhnlich nicht die erwünschten Resultate. Nach Verlauf einer gewissen Zeit gelangt man dahin, rasch die Einschränkungsarbeiten auf die ganze Flusslänge auszudehnen, welcher Fall bei vielen Flüssen im westlichen Europa eintrat. Bei beinahe allen diesen Flüssen findet man eine fortlaufende Befestigung der Ufer dem Flusslaufe entlang und die Einschränkungswerke des Flussbettes folgen ebenso ohne Unterbrechung auf einander.

Es ist nun erwiesen, dass die meisten Flüsse im natürlichen Zustande eine Reihe tiefere Strecken hatten, die nur durch Untiefen getrennt waren, was man heute noch an Flüssen beobachten kann, welche von der Hand der Ingenieure noch nicht berührt wurden. Bei der Ausführung der Regulierungsarbeiten an denselben sah man bald, dass die ursprünglich blos für einzelne Stellen vorgesehenen Arbeiten nicht genügten und auf weite Strecken ausgedehnt werden mussten.

Um sich eine Rechenschaft über die Art der Wirkung der Regulierungsarbeiten zu geben, ist es nöthig, die hauptsächlichsten Eigenschaften der Flüsse im natürlichen Zustande aufzuführen.

Das Wasser folgt im Allgemeinen der grössten Gefälllinie im Terrain; wenn das Gefälle schwach ist, so ist die Strömung langsam und greift die Ufer nicht an, weshalb auch keine Veränderung in der Form und Lage des Bettes vor sich geht.

Aber wenn das Gefälle so gross wird, dass eine grössere die Ufer angreifende Strömung sich bildet, so nimmt das Bett eine Form an, welche durch die Wassergeschwindigkeit und die Wassermenge bedingt ist.

Die Wassermenge eines Flusses wechselt sehr häufig und damit die Stärke der Strömung, weshalb auch Veränderungen in der Lage der Ufer häufig vorkommen. Das Querprofil, welches der Menge und Geschwindigkeit bei N.W. entspricht, kann nicht denjenigen aller anderen Wasserstände genügen, und da zwischen H.W. und N.W. ziemlich viele andere Wasserstände liegen, so versteht es sich von selbst, dass das Flussbettquerprofil nicht gleichförmig, sondern so veränderlich als möglich sein soll, um den verschiedensten Bedingungen zu genügen**).

Bildung der Serpentin und Untiefen.

Die Bildung der Serpentin und Untiefen, welche auch allgemein als Flussverwilderung bezeichnet wird, soll nachstehend untersucht werden. Um die Eigenheiten dieser Bildungen besser zu verstehen, nehmen wir einen vollständig geraden, leicht geneigten Canal mit regelmässigem Profil an.

In diesen Canal soll ein Fluss mit gewisser Max.-Wassermenge geführt werden. Dieser Fluss habe eine gewisse Wassergeschwindigkeit, welche die Ufer und Sohle des Canals wegspült, so dass folgende Er-

*) Siehe hierüber Hagen's Wasserbau, sowie Regulierung der Weser und Elbe; Centralblatt 1881, Erbkam's Zeitschrift und Deutsche Bauzeitung.

**) Siehe Untersuchungen von „Sasse“, Zeitschrift des hannöv. Archit.- und Ingen.-Vereins 1870, S. 195.

scheinungen auftreten: Das Wasser reisst zuerst einige Sohlentheile fort und ebenso solche aus den Böschungen, aber da in den meisten Fällen die Ufer verschiedene Widerstandsfähigkeit haben, so wird eines der Ufer an einer Stelle rascher angegriffen, als das entgegengesetzte Ufer. Dieser erste Abbruch bildet eine Bank, welche die Symetrie des ursprünglichen Profils stört und die Strömung gegen das eine Ufer kehrt. Bald wird dieses Ufer angegriffen an der Stelle, wo die stärkere Strömung dieselbe trifft. Der abgespülte Boden bleibt aber nicht mehr am Fusse der zerstörten Böschung liegen; die dort stärkere Wasserströmung reisst ihn fort und bildet eine andere Bank, die ihrerseits das Wasser gegen dasjenige Ufer drängt, wo der erste Abbruch stattfand. Wenn wir hinzufügen, dass die Strömung, wenn sie einmal von der ursprünglichen Linie abgewichen ist, sich immer mehr von dieser Richtung entfernt durch den Einfluss des Beharrungsvermögens und dass diese Zerstörung anhält, bis in Folge der Ablenkung selbst das Gefälle und die Strömung nachgelassen haben und nicht mehr im Stande sind, die Böschungen wegzuspülen, so haben wir eine Erklärung der Serpentinbildungen. Die Vergrößerung der Krümmungen hört erst auf, wenn durch Verlängerung der Wasserstrasse das Gefälle sich so vermindert hat, dass das Wasser weder Sohle noch Ufer mehr angreifen kann. Die Theorie und die Erfahrung lehren überdiess, dass die Wassergeschwindigkeit nicht allein von der Grösse des Gefälles, sondern auch von der Form des Querprofils und der Rauhhigkeit desselben abhängig ist*). Bei einer bestimmten Bodenart und einem bestimmten Gefälle gibt es nur eine einzige Querschnittsform, bei welcher in Folge geringsten Widerstandes eine grösste Geschwindigkeit eintritt**). In der gekrümmten Flussstrecke wird das Querprofil zweifelsohne verschieden sein, je nachdem das Bett am Anfange einer Krümmung, in der Mitte oder am Ende derselben betrachtet wird; aber diese Unterschiede werden bei jeder betrachteten Strecke gleichartig sein, weil das in Folge Vergrößerung des Wasserlaufes gebildete neue Gefälle ziemlich gleichmässig geworden ist und die beiden anderen Factoren (Wassermenge und Bodenbeschaffenheit) als gleichmässig angenommen wurden; es werden daher auch die Tiefen und Breiten des Profils ähnliche Verhältnisse zeigen.

Wenn nun das eine Ufer steiler oder widerstandsfähiger ist als das Andere oder wenn wegen besonderer Bodenbeschaffenheit der Fluss eine oder mehrere Krümmungen nicht genügend ausbilden kann, so wird in Folge des grossen Gefälles das Bett mehr und mehr angegriffen und der Boden da ablagern, wo die Flussverhältnisse diess gestatten, d. h. gewöhnlich da, wo die Sohle erhöht werden kann. Es wird also eine Flusssohlenerhöhung erzeugt, welche vielfach wie ein Querdamm im Flussbette wirkt und die Wassergeschwindigkeit oberhalb vermindert.

Bleibe die Wassermasse in einem bestimmten Flusse immer dieselbe, so würde innerhalb einer gewissen Zeit ein annähernder Gleichgewichtszustand zwischen Strömung und Terrainfestigkeit der ganzen Flusslänge nach eintreten. Die Krümmungen und Sohlenerhöhungen würden eine bestimmte angenommene Form beibehalten, aber da die Wassermassen sehr verschieden sind, so werden andere Verhältnisse eintreten.

Wir haben in unseren künstlichen Canal einen Fluss mit seiner grössten Wassermenge geführt; in dem Maasse nun, in dem sich dieselbe verringert, senkt sich der Wasserspiegel; an tieferen Stellen wird der Querschnitt für den Wasserdurchfluss trotz der Gefällsverminderung in Folge Fallens des Wasserspiegels genügen und der Zustand solcher Strecken ändert sich nicht. Aber an den Stellen, wo sich die Sohle gehoben hat, wirken diese Erhöhungen mehr und mehr wie im Bette befindliche Wehre. Das Wasser strömt darüber, greift dieselben an und schafft für das Niederwasser ein neues Bett mit der nöthigen Breite und Tiefe, welche Dimensionen übrigens von der Bodenbeschaffenheit, dem Gefälle und der Wassermasse abhängig sind. Wenn der Wasserspiegel wieder steigt, so werden durch die vermehrte Strömung neue Senkstoffe mitgeführt, welche häufig die gebildete Niederwassergasse ausfüllen und so die Untiefe auf die ursprüngliche Höhe bringen werden.

Dieser Wechsel der Höhenlage der Untiefen wiederholt sich nach jedem Hochwasser. Das Längenprofil eines bei Niederwasser aufgenommenen Flusses besteht aus einer Reihe tiefer Strecken, deren Gefälle im Allgemeinen geringer als das mittlere Gefälle ist. Diese Strecken sind durch Untiefen, bei denen das Gefälle grösser als das Mittlere ist, getrennt. Unserer Betrachtung lag ein Fluss mit ursprünglich regelmässigem Bette, gleichmässigem Gefälle, dessen Sohle aus gleichförmigem Material besteht, zu Grunde. In der Praxis werden die verschiedenen Terrain- und geologischen Verhältnisse ebenso viele verschiedene

*) Siehe Abhandlung von Prof. E. Schmitt, Bauhandbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Band.

***) „Sasse“, Zeitschrift des hannöv. Archit.- und Ingen.-Vereins 1870.

Profil-, Gefälls- und Krümmungsabweichungen ergeben. Aus Obigem geht übrigens hervor, welche grosse Uebereinstimmung und Abhängigkeit bei allen diesen Erscheinungen herrscht. Man kann in keiner Weise, sei es an der Flusströmung, dem Gefälle oder der Tiefe des Profils etwas ändern, ohne sogleich ober- und unterhalb dieses Punktes eine Aenderung der im Gleichgewicht sich befindenden Bedingungen hervorzurufen. Dieses Gleichgewicht ist, wohl bemerkt kein statisches, sondern ein dynamisches und deshalb ist es bei dem heutigen Stande der Wissenschaft sehr schwer, die Bedingungen desselben zum Voraus genau zu bestimmen. Es ist gezeigt worden, dass die zu geringe Bodenfestigkeit der natürliche Regulator der Strömung ist. Dadurch wird die Bildung von Krümmungen und Untiefen gestattet, welche das Gleichgewicht zwischen der Festigkeit der Böschungen und der Strömung herstellen. Der Zustand, der allgemeine Character eines Flusses hängt demnach wesentlich von 3 Factoren ab: von der veränderlichen Wassermenge, dem veränderlichen Gefälle und der Terrainbeschaffenheit in den verschiedenen Strecken.

Ein schiffbarer Fluss soll nun seiner ganzen Länge nach eine genügend tiefe Rinne haben. Derselbe kann viel Wasser abführen, ohne eine genügende Schiffahrtsrinne zu haben, welcher Fall bei grossem Gefälle und beweglicher Sohle häufiger vorkommt*). Im Gegensatze hiezu gibt es Flüsse mit verhältnissmässig kleiner Wassermenge und grossem Gefälle, welche wegen der Sohlenfestigkeit für die Schiffahrt sehr geeignet sind. Man darf deshalb bei Aufstellung eines Projectes zur Verbesserung der Schiffbarkeit eines Flusses sich nicht auf eine grosse Wassermenge verlassen und glauben, durch Einschränkungswerke die gewünschte Tiefe erreichen zu können. Man muss sich vielmehr unter allen Umständen vergewissern, dass das Gefälle und die Bodenbeschaffenheit zur Regulirung geeignet sind, weil sonst kaum wieder gutzumachende Misserfolge sicher wären.

Die Geschichte der Flussregulirungen in Russland und dem westlichen Europa weist uns viele derartige Misserfolge auf.

Die Ursachen derselben sind sehr häufig ganz unrichtig angegeben worden, z. B. schieben die Anhänger der Buhnen- resp. Parallelwerksysteme gewöhnlich die Schuld der Misserfolge der Anwendung anderer als der von ihnen angegebenen Mittel zu.

Die französischen Ingenieure, welche viel practischen Sinn haben, erkannten zuerst die Unvollkommenheiten, Schwierigkeiten und Unzulänglichkeiten der Einschränkungswerke und haben zuerst die Canalisirung mittelst beweglicher Stauwehre bewerkstelligt**). Die immer methodischen deutschen Ingenieure fahren noch fort, ihre Flüsse dadurch schiffbar machen zu wollen, dass sie die Ufer befestigen und das Profil mittelst Parallelwerken oder Buhnen einschränken, in Folge dessen die in Deutschland erzielten Erfolge nicht glänzend sind; auch existirt bis jetzt im ganzen Lande kein einziger vollständig regulirter Fluss***). Professor Schlichting gibt diess selbst zu in einem seiner Werke, in welchem er Studien über die Regulirung und Canalisirung der Flüsse beschreibt. (Handbuch der Ingenieurwissenschaft, III. Band, von Franzius und Sonne herausgegeben.)

Schlichting beschreibt die Regulirungsarbeiten der Elbe in Sachsen, die auf einer Länge von 113 km gemacht wurden und führt an, dass im Jahre 1871 die Arbeiten auf 47 km Länge fertig waren und eine Schiffahrtsrinne mit der gesuchten Tiefe von 0,94 m annähernd ergaben; aber er setzt bald darauf hinzu, dass 1874 und 1875 auf einmal Niederwassersenkungen von 0,2 m eintraten, so dass die schiffbare Tiefe sich um ebensoviel verringerte. Der Verfasser scheint sich nicht darüber Rechenschaft zu geben, dass diese Senkung sehr wahrscheinlich von den Correctionsarbeiten selbst herrührt. Auf der preussischen Elbestrecke, wo ausschliesslich Buhnen verwendet werden, hat man in den letzten Jahren angefangen, überall die Flusssohle durch Grundschnellen (von Senkfashinen gemacht) zu verstärken, welche sich zwischen den Köpfen zweier gegenüberliegender Buhnen befinden†). Man sieht daher leicht ein, dass die Einschränkungswerke nur eine genügend tiefe Schiffahrtsrinne in den Flüssen mit beweglicher Sohle unter der Voraussetzung

*) Ein Beispiel bietet die Saar, die Mosel, Ober-Rhein, obere Theil der Rhône u. s. w.

***) Der Erfinder der ersten rationellen beweglichen Wehre (Nadelwehre) war der französ. Ingenieur Poirée (1833), der auch 1845 das erste grössere Project zur Canalisirung der Seine mittelst 12 Stauanlagen entworfen hat.

Ueber Nadelwehre s. Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingen.-Vereins 1868 und Annales industrielles 1880.

****) Diess wird neuerdings durch die Erfahrungen an der Weser bestätigt. S. Correction der Oberweser und Canalisirung der Fulda von Franzius, Deutsche Bauzeitung 1881, Nr. 86.

†) Grundschnellen werden auch bei der Weserregulirung häufig angewandt. Centralblatt der Bauverwaltung 1881, Nr. 23—25, ebenso bei der Elberegulirung. S. ferner Eitelwein, Fashinenwerke, Berlin 1880.

geben, dass gleichzeitig die Flusssohle befestigt wird. Aber welche Kosten würde eine derartige Regulirung erfordern, bei der also nicht nur Einschränkungswerke, sondern sogar Sohlenbefestigung gemacht und unterhalten werden müssten.

Im Vorhergehenden wurde die Bildung der Flusskrümmungen und der Untiefen, sowie die Art und Weise, wie die Sohlenerhöhungen sich zur Zeit der Hochwasser bilden, besprochen, und es wird wohl hierüber kein Widerspruch herrschen; aber man schenkte meiner Ansicht auch noch zu wenig Aufmerksamkeit der Thatsache, dass die genannten Erhöhungen viel beträchtlichere Auskolkungen des Flussgrundes zur Zeit der Hochwasser veranlassen, als wir es später während des Niederwassers wahrnehmen. Und gerade dieser Umstand ist sehr wichtig für die Resultate der Regulirung. Das Wasser, welches eine Untiefe überströmt, bildet sich nach und nach ein genügendes Profil an der Untiefe, wenn nun die Wassermenge ihre Minimalgrenze erreicht, so strömt die ganze Wassermenge in dieser neuen Rinne. Nun ist das Geschiebe in der Rinne in Ruhe, wird aber durch Einschränkungswerke eine grössere Geschwindigkeit erzeugt, so wird die Sohle angegriffen, die Untiefe beseitigt und dadurch der Ober-Wasserspiegel gesenkt.

Das Ziel des Ingenieurs soll aber nie den Naturgesetzen zuwiderlaufen, er soll wie ein verständiger Arzt dieselben benützen und zu seinen Zwecken zum Nutzen der Menschheit anwenden. Nun sind die Untiefen die Resultate ganz natürlicher Ursachen, wesshalb dieselben nicht nur nicht beseitigt, sondern vielmehr in der Höhe erhalten werden sollten, die sie haben, um dadurch die tieferen Flussstrecken zu erhalten. Wenn aber auf ihrem Rücken zu geringe Schiffahrtstiefe vorhanden ist, scheint es am zweckmässigsten zu sein, eine grössere Tiefe dadurch zu erzielen, dass man das Wasser künstlich staut. Diess ist der Zweck der Flusskanalisierung mittelst Schleusen und Wehranlagen. Der berühmte Ingenieur Hagen führt in seinem vorzüglichen Werke durch Beispiele an, wie durch die Beseitigung der Untiefen eine Gefällsvertheilung auf eine grössere Flussstrecke herbeigeführt, d. h. eine Senkung des Wasserspiegels oberhalb der Untiefe verursacht wird und gibt den Rath, vor Ausführung der Einschränkungswerke sorgfältig das Längenprofil des Flusses zu studiren, um zu sehen, ob die hervorgerufenen Senkungen nicht neue Hindernisse schaffen dadurch, dass in der oberhalb gelegenen Strecke neue, bisher genügend tiefe Stellen als Untiefen sich zeigen. Ich will noch hinzufügen, dass das neue Gefälle in dieser oberen Strecke neue Strömungen erzeugt, welche wiederum neue unregelmässige Flussbildungen verursachen können.

In dem schon einmal angeführten Werke sagt Hagen über Flussregulirungen 3. Theil I. Bd. S. 353:

„Es ergibt sich aus dem Vorstehenden, dass man bei Stromregulirungen keineswegs jeden beliebigen Erfolg herbeiführen kann, derselbe ist vielmehr durch äussere Verhältnisse und namentlich durch die Wassermenge des Flusses und durch das Gefälle bedingt, so dass gewisse Grenzen, die oft ziemlich nahe liegen, nicht überschritten werden können. Wenn es die Absicht ist, durch die vorzunehmende Regulirung die Vorfluth zu befördern, so hängt die Senkung des Wasserspiegels vorzugsweise vom Gefälle des Stromes ab und wenn dieses an sich schon sehr gering ist, so wird die Senkung auch nie bedeutend ausfallen. Andererseits wenn man die Schiffahrt erleichtern und zur Zeit des kleinsten Wassers (N.-W.) eine grössere Fahrtiefe darstellen will, so lässt sich durch die eigentliche Stromregulirung, d. h. ohne dass man Wehre und ähnliche Anlagen ausführt, die eine künstliche Anspannung des Wasserspiegels bezwecken, gemeinlich die Tiefe nicht stark vergrössern u. s. w.“

Es ist übrigens zu bemerken, dass Hagen hauptsächlich nur die Wassermenge und das Gefälle hier berücksichtigt, weniger die Sohlenbeschaffenheit, und doch spielt Letztere, wie wir früher sahen, eine bedeutende Rolle bei den Flussarbeiten.

Regulirung der Wolga und Ansichten russischer Ingenieure über Flussregulirungen.

Die wichtigsten Regulirungsarbeiten an russischen Flüssen behufs Verbesserung der Schiffbarkeit derselben wurden auf der oberen Wolga zwischen Rybinski und Tver ausgeführt. Man fing im Jahre 1838 an, Buhnen aus Faschinen einzubauen und waren im Jahre 1850 solche bei allen beträchtlicheren Untiefen angelegt. Die Beschreibung dieser Arbeiten befindet sich im IV. Band des Journals des Verkehrsministeriums 1868. Diese Correction missglückte, weil nicht nur die alten Untiefen nicht vollständig beseitigt wurden, sondern Neue noch hinzutraten, was nach der Ansicht des Ingenieurs Plissof von der Nicht-

berücksichtigung der Ursachen der Geschiebeführung herrührte. Derselbe schlug vor, in erster Linie die konkaven Ufer zu befestigen, um das Abrutschen derselben und die dadurch hervorgerufene Geschiebebildung vor den konvexen Ufern zu verhindern, und arbeitete ein Project hiefür aus, das innerhalb einiger Jahre schliesslich durch Anlage der Parallelwerke an wichtigeren Stellen vervollständigt wurde. Man erzielte auch an den Stellen, wo die Entfernung der Parallelwerke richtig festgesetzt war, eine ziemliche Vertiefung, ohne dass übrigens das gesteckte Ziel von 1,0 m Minimaltiefe erreicht wurde. Vor der Ausführung des Projectes hatten die Fahrzeuge 0,57 m Tiefgang und jetzt nach Ausgabe vieler Millionen 0,61 m, welche Vermehrung übrigens auch nur durch zeitweises Anstauen mittelst eines, in der oberen Wolga befindlichen Wehres erreicht wird.

Im Journale der Wegebauverwaltung 1851 III. Band befinden sich zwei Abhandlungen des Ingenieurs Palibine über den jetzigen Stand der Schiffahrtsverbesserungen im Westen Europa's. Dieselben sind klar geschrieben und enthalten zahlreiche richtige Bemerkungen. Der Verfasser untersucht darin die Ursachen des Misserfolges der meisten bis dahin (1850) in England, Deutschland und Frankreich ausgeführten Regulierungsarbeiten und sagt u. A., „dass die Anhänger des Einschränkungssystems glauben, alle Schwierigkeiten, welche die verschiedenen Wasserströmungen erzeugen dadurch heben zu können, dass man dem Niederwasserbett einen kanalähnlichen Querschnitt gebe, welcher hauptsächlich zur Verbesserung der Schiffahrt dienen soll. Sie dachten ohne Zweifel, dass das frei fliessende Wasser in dem früheren Theil des Flussbettes keinen Einfluss auf die Strömung der eingeschränkten Theile haben oder wenigstens bei dem Zurücksinken auf Niederwasserstand ohne Weiteres die verschiedenen Bedingungen erfüllen werde, die diesem Wasserstand entsprechen und die als Grundlage zur Berechnung der Niederwasserdimensionen gelten.

Aber die Erfahrung und Beobachtung zeigen die Fehler und mangelhafte Grundlage eines auf ähnliche Grundsätze begründeten Systems. Das, in so unregelmässigen Profilen fliessende Wasser, hat sehr verschiedene Geschwindigkeiten, je nach der Wassermasse, und stört daher oft die einseitig festgesetzten Gleichgewichtsbedingungen. Man darf den erheblichen Einfluss nicht ausser Acht lassen, welchen verschiedene Ursachen, wie Wirbel, Flussspaltungen, enge oder weite Stellen u. s. w. auf die Strömung sowohl des eingengten als auch auf das ganze Flussbettprofil selbst haben. Diese Ursachen haben theils Vertiefungen, theils Ablagerungen an verschiedenen Flussstellen im Gefolge. Die Werke selbst können auch ähnliche Erscheinungen im tieferen Niederwasserbette des eingengten Flusses erzeugen und dadurch die erste Ursache zu Veränderungen des Bettes und zu neuen Störungen in dem Gleichgewichtszustand werden.

Die Form des unter Wasser befindlichen Theiles des Flussbettes übt einen Einfluss auf die verschiedenen Wassertheile aus und dieser Einfluss zeigt sich sehr deutlich an der Oberfläche; die erfahrenen Schiffer wissen sehr gut durch gewisse Erscheinungen an dieser Oberfläche das Vorhandensein einer fahrbaren Rinne, einer Untiefe, einer Felsbank u. s. w. zu erkennen; bei Ueberschwemmungen sind die Niederwasserbegrenzungen ziemlich deutlich an der Wasseroberfläche zu ersehen, obgleich die oft dieselben bedeckende Wasserhöhe beträchtlich ist. Diese Erscheinungen finden nicht allein an der Oberfläche statt, sie zeigen sich nur daselbst als verschiedene innere Veränderungen der Strömung, die die ganze Wasserhöhe durchdringen. Diese Veränderungen hängen von der Wassergeschwindigkeit, der Tiefe, hervorstehenden Flusstheilen u. s. w. ab, kurz und gut, sie sind die Resultirende verschiedener Einflüsse, so dass ihre Gesetze und ihre Einwirkungen schwer zu ergründen sind. Desshalb ist es vollständig unmöglich, bei den Einschränkungssystemen zum Voraus die Veränderungen vorherzusehen, welche der Flusslauf zur Hochwasserzeit erfährt, und noch unstatthafter vorauszusetzen, dass mit Eintritt des Niederwassers die gleichen Verhältnisse eintreten, wie vor dem Vorhandensein der Flusseinbauten, welche Verhältnisse doch massgebend für die Anlage der Werke waren*). Man nimmt allgemein an, dass in den Grenzen des Niederwassers, wo also ein Gleichgewicht zwischen dem Gefälle, der Wassermenge und dem Flussbett stattfindet, ein Wasserlauf mit gleichmässiger Tiefe erzielt werden könnte, der unabhängig von den Wasserveränderungen im Flusse wäre. Diese Annahme ist prinzipiell unrichtig und ganz den Erfahrungen zuwider. Indessen sind auf diese irriige Annahme alle Einschränkungssysteme gegründet. Die Anhänger dieses Systems waren so sehr von der Richtigkeit und Vortrefflichkeit ihrer Grundsätze überzeugt, dass sie dieselben nicht allein für unfehlbar bei Anwendung an einer langen Flussstrecke, sondern sogar an kleineren Flussstrecken hielten; sie glaubten daher, es sei kaum nothwendig, dem Flussbette ein

*) Regulirung der Mosel von Friedel im Wochenblatt für Architekten und Ingenieure 1881.

regelmässiges eingengtes Bett auf der ganzen zu regulirenden Strecke zu geben, sie begnügten sich vielmehr damit, bloß diejenigen Strecken einzuengen, welche zu seichte Stellen hatten. Unglücklicherweise sind die Untiefen, wie schon oben angegeben wurde, nicht immer an den breitesten Flussstellen, auch wird durch die Einengung dieser vereinzelter Flussstrecken ein regelmässiger Flusslauf nicht erzeugt und entspringen hieraus eine Menge Unregelmässigkeiten, die unvermeidlich Auskolkungen im eingengten Bette und Geschiebeablagerungen ober- und unterhalb dieser Stellen erzeugen müssen.

Diese Unregelmässigkeiten treten so sicher bei jeder Flussbettverengung ein, dass man sich unwillkürlich fragen muss, wie man ein solches irrhümliches schädliches System zur Verbesserung der Schiffbarkeit der Flüsse verwenden und es so lange Jahre beibehalten konnte und dass man jetzt noch unzweifelhafte Anhänger eines solchen Systems antreffen kann.

Die Beantwortung dieser Fragen würde sehr interessant und lehrreich für die Geschichte dieser Constructionen sein, aber es fehlt das genügende Material hiezu. Man hat wenig über die Verbesserung der natürlichen Wasserstrassen geschrieben und die vorhandenen Werke haben den praktischen Gesichtspunkt hinsichtlich der Ausführung der Werke im Auge, so dass es schwierig ist anzugeben, wann das Einengungssystem zuerst angewandt wurde und wie es zur allgemeinen Verwendung gekommen ist^{*)}.

Nach dieser Kritik des Einengungssystems und seiner Anhänger bringt der Ingenieur Palibine in einer zweiten Abhandlung eine Beschreibung des Misserfolges der bedeutenden Regulierungsarbeiten an der Loire und beschreibt alsdann eine besondere Methode zur Verbesserung der Schiffbarkeit der Flüsse. Nach dieser von ihm lebhaft befürworteten Methode sollen hauptsächlich die konkaven Ufer befestigt werden zur Leitung der Strömung und zur Erzeugung eines regelmässigen Thalweges. Was die konvexen Ufer anbelangt, so rath er, dieselben durch Anpflanzungen zu schützen und empfiehlt ferner, überall Nebenarme zu schliessen^{**}). Im Verlaufe der Ausführung dieser Arbeiten zeigten sich jedoch ungenügende Resultate, die dann unglücklicherweise von Neuem die Anwendung von Parallelwerken (ohne Zuthun des Ing. Palibine) zur Folge hatten, so dass das erreichte Endresultat beinahe Null war.

Aus dem Vorhergehenden geht hervor, wie schwierig es ist, zum Voraus genau die Resultate zu bestimmen, welche die gewöhnlichen Flussregulierungsarbeiten geben, und ist es sicher, dass nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft, sowie den praktischen Erfahrungen kaum ein gewissenhafter Ingenieur wagen wird, bei Aufstellung eines Flussregulierungsprojectes für den Erfolg einzustehen.

Bezüglich dieser Anlagen soll noch auf einen wichtigen Punkt aufmerksam gemacht werden, nemlich auf die zur vollständigen Ausführung der Regulierungsarbeiten nöthigen Zeit.

Man kann die Arbeiten nicht beschleunigen, man muss dieselben langsam und in verschiedenen Theilen ausführen und je nach Bedürfniss das Project ergänzen oder verändern. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die Art und Weise des Verfahrens von Seiten deutscher Ingenieure sehr radikal; aber es darf nicht verschwiegen werden, dass diese nothwendige Langsamkeit einen grossen Nachtheil hat, nemlich Millionen während Dutzenden von Jahren auszugeben, ohne die Gewissheit zu haben, dass das gewünschte Ziel erreicht werde; diess scheint den Interessen des Staates, der Industrie und des Handels zuwiderzulaufen.

Es gibt übrigens noch zwei Verfahren, um die Schiffbarmachung eines Flusses zu erreichen, dieselben sollen bloß wegen Vervollständigung dieser Abhandlung erwähnt werden, nemlich :

1. Die entweder zeitweise oder fortwährend veranlasste Hebung der Wasserspiegel durch oberhalb gelegene Wasserreservoirs (welche gewöhnlich durch Thalsperre gebildet werden);^{***})
2. Erbauung von Lateralkanälen entweder auf der ganzen Flusslänge oder nur an den schlechteren Flussstrecken. Dieses Verfahren wird nur angewandt, wenn es ganz unmöglich ist, die Schiffbarmachung an bestimmten Flussstrecken zu erreichen.

Das unter 1. vorgeschlagene Verfahren — Ansammlung von Speisewasser — wurde einige Male glücklich in Russland angewandt, so z. B. durch das Wehr in der oberen Wolga, aber im Allgemeinen genügt es den jetzigen Anforderungen an Schiffbarmachung nicht und man kann es kaum in grösserer Ausdehnung anwenden.

Nach diesen Ausführungen über die verschiedenen Schiffbarmachungsmethoden wird man wohl mit dem berühmten französischen Ingenieur Lagrené übereinstimmen, der in seinem Werke „Cours de Navigation interieur“ über die Flussregulirungen sagt: „Die Verbesserungsarbeiten behufs Schiffbarmachung von Flüssen

*) Dieses Citat des Ingenieurs Palibine stammt aus dem Jahre 1850.

***) Ingenieur Plissof, ein Schüler Palibine's, regulirte die Wolga nach diesen Grundsätzen.

****) Auch die Fluthwellen auf französis. Flüssen gehören hieher.

bestehen in Schaffung einer Schiffahrtsrinne durch Einschränkungen, Stauwerke und Ausbaggerungen. Diese Arbeiten haben an gewissen Flussläufen genügt, so lange die Schifffahrt nicht die Concurrenz der Eisenbahnen zu bekämpfen hatte, aber heutzutage sind sie nur einfache Hilfsarbeiten zu einem anderen Systeme, welches in dem fünften Theil dieses Werkes beschrieben wird, welches nicht nur eine grössere Wassertiefe bildet, sondern auch eine leichtere Bergfahrt gestattet. Indessen begnügt man sich damit an verschiedenen Flüssen, wie der Rhône und dem Rheine*), Flüsse, welche eine beträchtliche Niederwassermenge haben. Die Zukunft wird lehren, ob man sich noch lange mit solchen Mitteln begnügen kann.“

Canalisirung mittelst Stauanlagen.

Es sollen nach diesen Ausführungen noch kurz und bündig die Vor- und Nachteile der Canalisirung der Flüsse beschrieben werden.

Ein wesentlicher Vortheil ist der Umstand, dass die Arbeiten sehr rasch ausgeführt werden können und die erwünschten Resultate sichern, z. B. wurde die Canalisirung der Moskva auf 176 km Länge in 1½ Jahren, die einer Saarstrecke in 2—3 Jahren, der Brahe in 3 Jahren bewerkstelligt.

Wenn die Vorarbeiten gemacht sind und das Project detaillirt nach den Erfahrungen in Wissenschaft und Praxis ausgearbeitet ist, so kann man, ohne Irrthümer befürchten zu müssen, den Gang der Ausführung ziemlich genau feststellen. Die Canalisirung ist ein tief eingreifendes Verfahren, wenn auch die Schleusen- und Wehrarten noch nicht endgültig für alle verschiedenen Verhältnisse festgestellt sind, so ist doch begründete Aussicht vorhanden, dass binnen Kurzem die jetzigen Systeme Einfacheren und Billigeren Platz machen. Und in dieser Hinsicht können wir sagen, dass die z. B. in der Moskva ausgeführten Arbeiten, vom Gesichtspunkt der Ausführung aus betrachtet, trotz einiger anfänglich gemachter Fehler in jetziger Zeit als ein unstreitiger Fortschritt bezeichnet werden können, sogar in der Anordnung von Details im Vergleich zu Solchen im westlichen Europa. Man hat Ueberfallwehre und Schiffdurchlässe weggelassen, und die gebräuchlichen Poirée'schen Nadeln durch Verschlüsse des Systems Boulé ersetzt**). Diese Letzteren gestatten, das Wehr als Ueberfall der ganzen Länge nach zu behandeln, ja es ist sogar möglich Wehre für grössere Gefälle, als für Nadelwehre möglich und praktisch ist, herzustellen; endlich kann man durch die Wehre leicht einen dichteren Verschluss erzielen und ermöglicht dadurch die Canalisirung von Flüssen, deren Wassermenge gering ist, und die bessere Ausnützung des Stauwassers für die Industrie und Landwirthschaft (Wiesenbewässerungen u. s. w.).

Diess sind die wesentlicheren Vervollkommnungen bei der Canalisirung der Moskva. Aber es gibt noch viel in dieser Richtung zu thun, um eine Verbesserung und Vereinfachung der für die Canalisirung erforderlichen Bauwerke zu erreichen. So kann man z. B. die Wehrböcke einfacher und fester dadurch machen, dass man alte ausgebrauchte Schienen anstatt besonders geformtes theures Walzeisen verwendet***). Weiter kann man die Schleusenanlage dadurch vereinfachen, dass man dieselbe nicht in einen Seitenkanal legt, sondern in den Fluss selbst in der Weise, dass das Ufer eine der Seitenmauern bildet, während die andere Seite einen Theil des Wehres bildet. Weiter können die Schleusenthore horizontal gemacht werden nach der Art und Weise, wie sie bei gewöhnlichen Canalschleusen in Amerika gebräuchlich sind †), deren Anwendung bei Flussschleusen sich hauptsächlich wegen der leichten Ausführung und Betriebsweise derselben rechtfertigt.

Vergleichung der Canalisirungs- und Regulirungskosten.

Es ist schwierig, in allgemeinen Sätzen eine genaue Vergleichung zwischen den Kosten für Canalisirung und denjenigen für Regulirung aufzustellen, da die verbesserten Canalisirungsanlagen je nach den lokalen Verhältnissen verschiedene Kosten verursachen.

Es sollen nachstehend die Kosten einzelner bekannter Fluss-Correctionen angeführt werden:

Die erwähnten Regulirungsarbeiten an der Elbe kosteten bei 47½ km Länge 2 Millionen Mark oder 42,100 Mark per km. Die Weichsel fliesst durch drei preussische Districte von je 64 km Länge, die

*) Siehe Centralblatt 1881 Nr. 34, Regulirung des Rheines in Preussen.

**) Dieselben wurden zu der Stauanlage in der Seine bei Port à l'Anglais verwendet.

***) Canalisirung der Maas von M. Haus, ingenieur en chef beschrieben, hat einfachere Wehrböcke.

†) Haben sich jedoch bis jetzt z. B. auf dem Neckar nicht bewährt, weil leicht Verkiesungen das Hervorheben derselben erschweren. Siehe auch Annales industrielles 1880 S. 8: Schleusen im Ohio.

aufgewandten Kosten betragen etwa 900,000 Mark. Die Arbeiten wurden im Jahre 1847 angefangen und 10 Jahre später 1857 hatte man schon für einzelne Strecken etwa 30,000 Mark per km ausgegeben. Die Canalisirung der Moskva wurde in 1½ Jahren ausgeführt und kostete 45,000 Mark per km. Die Canalisirung der oberen Seine*) kostete bei 102 km Länge etwa 7½ Millionen Mark oder etwa 70,000 Mark per km.

Zwar kosten anfangs die Canalisirungsarbeiten in manchen Fällen etwas mehr, als die gewöhnlichen Regulierungsarbeiten; aber man darf die grossen Vortheile Ersterer nicht ausser Acht lassen. Ein canalisirter Fluss gestattet z. B. den Schiffen einen beträchtlich grösseren Tiefgang, die Zugkosten bei der Bergfahrt werden vermindert, was für solche Flüsse, welche einen lebhaften Verkehr flussaufwärts haben, sehr wichtig ist; und in Russland sowohl als auch in Deutschland sind dieselben häufiger. Die Ersparniss an Zugkosten allein deckt oft einen grossen Theil des für Canalisirung verwendeten Kapitals.

Endlich werden bei der Canalisirung durch Wehre viele Wasserkräfte für die Industrie aufgespeichert. Bei jedem Flusse mit noch so geringem Niederwasser erfordert die Canalisirung nur einen verhältnissmässig geringen Theil der disponiblen Wassermasse und es bleibt gewöhnlich genug Wasser zur Bewegung hydraulischer Motoren übrig**). Es wird keine Täuschung sein, wenn man annimmt, dass in manchen Fällen die Ausgaben für die Schleusen- und Wehrbauten an canalisirten Flüssen durch die Einnahmen für die Wasserkräfte gedeckt werden.

Beschreibung der russischen Flüsse.

Es ist früher schon erwähnt worden, dass die Canalisirung resp. die Regulirung in dem einen oder anderen Falle angewandt werden kann, je nachdem die örtlichen Verhältnisse hiezu geeignet sind. Es soll nun bei den russischen Flüssen gezeigt werden, dass deren besonderen Eigenschaften sie für die Canalisirung geeignet machen. Das europäische Russland bildet eine grosse Ebene ohne Berge, welche nur im Norden durch die Hochebene von Waldai-Ural, im Süden durch die Hochebene Ural-Carpathen unterbrochen ist. Die meisten russischen Flüsse entspringen auf der erstgenannten Hochebene und ergiessen sich nach dem Durchfliessen der Ebene in ein entferntes Meer. Desshalb ist erwiesenermassen ihr Gefälle viel kleiner als dasjenige aller anderen europäischen Flüsse, deren Quelle und Mündung verhältnissmässig nahe bei einander liegen. Untenstehende Tabelle wird die Unterschiede genügend zeigen:

Name des Flusses.	Länge des Laufes in Kilometer.	Mittleres Gefälle.	
Donau von Donaueschingen bis zur Mündung	2800	0,00025	1 : 4000
Rhone vom Genfer See bis zur Mündung	527	0,00071	1 : 1400
Seine	561	0,000119	1 : 9000
Rhein vom Bodensee bis Rotterdam	700	0,000554	1 : 1900
Russische Flüsse.			
Wolga vom oberen Wehre bis Astrachan	3515	0,000072	1 : 14000
Don	634	0,000068	1 : 16000
Oka von Kolomna bis Niyini	864	0,000053	1 : 20000
Moskva von Moskau bis Kolomna	176	0,000085	1 : 13000
Moskva, Oka und Wolga von Moskau nach Astrachan	3415	0,000038	1 : 28000

Ein zweiter charakteristischer Umstand unterscheidet die russischen Flüsse wesentlich von denen Europa's, nämlich der, dass die Ueberschwemmungen seltener sind und nur in bestimmten Zeiträumen eintreten. Die meisten Flüsse haben nur ein Hochwasser im Frühjahr, während in der übrigen Jahreszeit selten höhere Wasserstände vorkommen. Es ist bekannt, dass die Verhältnisse an den übrigen europäischen Flüssen andere sind. Dieselben entspringen meistens im Gebirge und hat das Schmelzen des Schnee's oft grossen Einfluss auf die Wasserstände***), weshalb häufig unerwartete Ueberschwemmungen eintreten. In

*) Die Kosten für Saar-, Mosel-, Brahe-Canalisirung sind später erwähnt.

**) Die disponible Wassermasse ist gleich der zufließenden Wassermenge, weniger des durch das Wehr und das Durchschleusen der Schiffe verloren gehenden Wassers.

***) Am Rhein bei Strassburg z. B. findet der höchste mittlere Wasserstand im Juni + 1,97, der niedrigste Stand im Januar + 0,57 statt, nach einer Berechnung von 1840–1867 (28 Jahren).

Russland sinken die Flüsse nach dem Hochwasser im Frühjahr in den Monaten Mai oder Juni auf den Niederwasserstand und behalten denselben mit einigen kleineren Schwankungen bis zum nächsten Hochwasser im Frühjahr bei.

Diese zwei charakteristischen Eigenschaften der russischen Flüsse machen dieselben für die Canalisirung sehr geeignet. Das geringe Gefälle gestattet eine grosse Entfernung der Schleusen untereinander, d. h. man kann mit wenig Stauwehren grössere Flussstrecken canalisiren*). Die seltenen und unbeträchtlichen Hochwasser gestatten die Anwendung der Poirée'schen Nadelwehre, welche man übrigens gewöhnlich bloss einmal im Jahr umzulegen braucht. Die Canalisirung hat zwar den Uebelstand, dass sie für die Flösserei und Thalschiffahrt nicht sehr günstig ist; die Flösse und thalwärts fahrenden Schiffe ziehen zweifelsohne einen freien Fluss und selbst eine kleinere Wassertiefe dem Passiren der Schleusen vor, jedoch ist auf den meisten russischen Flüssen die Bergschiffahrt viel bedeutender als die Thalschiffahrt und zudem ist die Thalschiffahrt für solche Fahrzeuge, die mehr Flösse sind**), im Abnehmen begriffen — eine Folge der Canalisirung — und wird durch Schiffe ersetzt, die durch die Dampfschlepper flussauf- und flussabwärts gezogen werden können, wodurch nur Vortheile in volkswirtschaftlicher Beziehung entstehen. Bei dem Frühjahrs-Hochwasser werden die Wehre umgelegt, so dass das Flussbett frei passirbar ist.

Der durch seine Arbeiten in Russland sehr bekannte Ingenieur Palibine fällt im XII. Band des russischen Journales der Centralverwaltung für Wege u. s. w. vom Jahre 1850 folgendes Urtheil über die Flusscanalisirungen:

„Was die beweglichen Wehre von M. Poirée anbelangt***), die bei uns sowohl durch Beschreibung als auch durch vorhandene Anlagen bekannt sind, so müssen wir zugeben, dass dies eine der glücklichsten Erfindungen unseres an Erfindungen so reichen Jahrhunderts ist. Es ist in der That schwierig, besonders nach den grossen Verbesserungen in den letzten Jahren, zweckmässiger den vielen Anforderungen zu entsprechen, welche man an die zur Flusscanalisirung dienenden Anlagen stellt. Besonders bei unseren Flüssen, deren Ufer im Allgemeinen sehr hoch gelegen sind, erzielt man durch dieses System gute Resultate. Die meisten Flüsse im westlichen Europa werden durch die Quellen der Hochebene, auf der sie entspringen, gespeist; während im Gegensatz hiezu unsere Flüsse das Wasser von den grossen, oft von Wald entblössen Ebenen erhalten, weswegen dieselben in trockenen Sommern beinahe versiegen und nach heftigen Regengüssen anschwellen. Andererseits erzeugt die dicke Eisdecke, die sich im Winter auf unseren Flüssen bildet, und die enorme Wassermenge, welche sich in Form von Schnee während 6 Monaten ansammelt und im Frühjahr abfliesst, Erscheinungen, wie sie ähnlich kaum auf den Flüssen im westlichen Europa vorkommen; es treten Ueberschwemmungen auf mehrere Kilometer Breite und grosse Eisgänge ein, welche leicht die Einbauten im Flussbette zerstören. In Frankreich wurden die beweglichen Wehre von Poirée und Chanoine sehr günstig beurtheilt und werden allgemein bei der Flusscanalisirung verwendet; bei uns in Russland erregt die beabsichtigte Einführung derselben auf der Wasserstrasse von Dnieper nach dem Beg Aufsehen und wird als ein wichtiger Akt in der Geschichte der Flussverbesserungen betrachtet, unsomehr als die Schiffahrt von grossem Werth für den Wohlstand unseres Landes ist, und unser grosses Flussnetz grösstentheils im Sommer geringe Wassermengen abführt.“

Der Ingenieur Palibine ist der erste Verfasser eines Projectes für Canalisirung der Moskva, welches im Jahre 1850 aufgestellt wurde. Diese Arbeiten wurden aber erst in den letzten Jahren mit den inzwischen gemachten Verbesserungen ausgeführt; dieselben haben in technischer Hinsicht alle Hoffnungen erfüllt, welche der erste Verfasser des Projectes erwartete, weshalb dieselben nachfolgend beschrieben werden sollen.

Die Canalisirung der Moskva.

Aus der Zeitschrift für Baukunde 1881 von Baumeister Klett beschrieben.

Die Moskva entspringt auf der Hochebene von Waldai im Smolensker Gouvernement, hat bis zur Einmündung in die Oka bei Kolonna eine Länge von etwa 420 km und ist von Moskau bis zur Einmündung auf eine Länge von 176 km schiffbar. Dieser Fluss hat, wie die meisten russischen Flüsse, ein

*) Welche Eigenschaft auch die deutschen Flüsse vor der Einmündung in das Meer haben.

**) Ulmer Schachteln u. A. sind leichter gezimmerte Schiffe, welche am Bestimmungsorte auseinander genommen und als Nutz- oder Brennholz verwendet werden. Hieher gehören auch die auf den Wasserstrassen bei Berlin verkehrenden böhmischen Zillen. S. Meyer, Kosten der Binnenschiffahrt, Zeitschrift des Hannov. Archit.- und Ingenieur-Vereins 1881.

***) Nadelwehre im Jahre 1833 von dem französischen Ingenieur Poirée erfunden.

sehr schwaches Gefälle, von Moskau bis Kolonna etwa 1 : 11000. Die gewöhnlichen Hochwasser treten sehr langsam und in der Regel nur im Frühjahre auf; auch sind die zu anderen Jahreszeiten eintretenden Anschwellungen meistentheils unbedeutend. Indessen mussten bei der Construction der beweglichen Wehre eventuelle Wasseranschwellungen berücksichtigt werden, welche durch den Bruch eines der vielen Mülledämme an der oberen Moskva oder deren Nebenflüsse, entstehen können und durch welche oft völlig unerwartet beträchtliche Wassermassen in das Flussbett gelangen. Die Minimalwassermenge ist ziemlich gering und beträgt kaum 10 cbm pro Secunde, also etwa soviel wie im Neckar bei Cannstatt, in der Fulda bei Minden, in der Leine bei Hannover, in der Lippe bei Sander.

Vor dem Bau der Eisenbahnen bezog Moskau hauptsächlich auf diesem Flusse seine Handelsartikel u. s. w. und überstieg der Gütertransport 12 Millionen Ctr. pro Jahr; nach der Eröffnung des Eisenbahnbetriebes liess der Gütertransport per Schiff immer mehr nach, hauptsächlich wegen der durch die schlechten Flussverhältnisse veranlassten langen und unregelmässigen Lieferzeit. Die Schiffe brauchten früher von Kolonna bis Moskau bei günstigen Verhältnissen über 10 Tage; bei NW. sogar bis 2 Monate Fahrzeit. Nach der Canalisirung legen die Schiffe den 176 km langen Weg in 6—7 Tagen — also 25 bis 30 km pro Tag — zurück.

Man glaubte den auf 2 Millionen Ctr. pro Jahr gesunkenen Güterverkehr durch Einführung des Tauereibetriebes heben zu können und es bildete sich im Jahre 1873 eine Gesellschaft zu diesem Zwecke, die sich bei der Concessionsertheilung verpflichtete, den Fluss zu canalisiren. Projecte zur Canalisirung waren wie oben bemerkt schon durch den Ingenieur Palibine ausgearbeitet.

Die betreffenden Arbeiten begannen im Jahre 1874 und nach ihrer Vollendung im Jahre 1877 wurde die Drahtseiltauerei eingerichtet. Diese bewährte sich jedoch keineswegs, theils der geringen Strömung, theils der vielen Krümmungen wegen, hauptsächlich aber in Folge der ausserordentlichen Wohlfeilheit des Pferdezeuges, der etwa 0,15 Pfg. pro Ctr.-Meile beträgt, also so billig ist wie wohl nirgends sonst und halb so gross wie die Zugkosten beim Tauereibetrieb. Nach einem Betriebsjahr wurde die Tauerei ausser Betrieb gesetzt, das Drahtseil aus dem Flussbett entfernt und die Tauer (Seilschiffe) theilweise zu Remorqueuren umgebaut. Die Gesellschaft erhebt jetzt nur noch einen Schiffszoll von etwa 0,25 Pfg. pro Ctr.-Meile und betragen die Frachtkosten einschliesslich Schiffszoll ungefähr 0,60 Pfg. pro Ctr.-Meile d. i. beinahe die Hälfte des billigsten Eisenbahntarifcs von 1 Pfg. pro Ctr.-Meile.

Uebrigens waren die Frachtkosten vor der Canalisirung 4 bis 5mal höher und standen also höher wie die mittleren Eisenbahnfrachten. Der Verkehr, welcher auf 2 Millionen Ctr. gefallen war, stieg nach erfolgter Canalisirung in nachfolgender Weise. Es wurden auf der Moskva befördert :

im Jahre 1878 3473670 Ctr. Waaren, 131991 Stück Holz in Flössen,
 im Jahre 1879 3435806 Ctr. Waaren, 137526 Stück Holz in Flössen,
 im Jahre 1880 2523457 Ctr. Waaren, 101920 Stück Holz in Flössen,

welch' letztere Verkehrsabnahme aussergewöhnlichen Umständen, wie frühzeitigem Eintreten des Winters, allgemeiner Geschäfts- und Handelskrisis zuzuschreiben ist. Wenn trotz der Ausführung der Canalisirungsarbeiten nicht der gehoffte Schifffahrtsaufschwung kam, so ist dies wesentlich den schlechten Schifffahrtsverhältnissen der Oka zuzuschreiben, die trotz einer Minimalwassermenge von 140 cbm pro Secunde bei Kolonna mehrere Untiefen mit 0,45 m Wassertiefe hat. Diese machten sich vor der Canalisirung der Moskva für den Betrieb weniger störend bemerkbar, weil letzterer Fluss zu jener Zeit nur 0,3 m Minimaltiefe an vielen Stellen hatte. Nach der Canalisirung aber beträgt die Minimalwassertiefe in der Moskva 1,0 m, ist also doppelt so gross, als die an manchen Stellen in der Oka.

Die Canalisirungsarbeiten bestanden nun in der Errichtung von 6 beweglichen Wehren nach dem Systeme Poirée (Nadelwehr), jedoch mit der Modification, dass anstatt der Nadeln horizontale Bretter — ähnlich wie bei dem Boulé'schen Systeme — zum Verschlusse dienten, sowie in der Anlage von 6 Fluss-schleusen, welche aber nicht im Flussbette selbst lagen, sondern in Seitencanälen, die durch Hochwasserdämme und Nothwehre (Fig. 8) am Canal-Eingange gegen den Eintritt von Hochwasser geschützt sind. Dieser Schutz war nöthig, um einestheils ein Versanden des Canals bei Hochwasser, sowie einen Durchbruch des Stromes auf diesem kürzeren Wege und ein Beschädigen der Schleuse durch Eisgang zu verhüten.

Fig. 8 und 9 zeigen das Wehr und die Schleuse zu Pererwa, welches übrigens allein 2 Kammern und 3 Häupter hat.

Das Gesamtgefälle der Moskva von Moskau bis Kolonna beträgt bei Niedrigwasser 16,32 m und wird folgendermassen (s. d. Tabelle) auf die 6 Wehranlagen vertheilt:

Nr. des Wehres	Name des Wehres	Entfernung in km dem Thalwege nach.	Stauhöhe der Wehre.	Höhe der Böcke.	Entfernung der Böcke unter sich.	Anzahl der Böcke.	Oeffnung des Wehres.	Tiefe der Weherschwelle unter dem niedrigst. Wasserstand.
			m	m	m		m	m
1.	Severka . . .	14 km oberhalb der Einmündung in die Oka	2,346	3,20	1,25	92	115,736	0,39
2.	Sanslow . . .	41,839 " "	2,900	4,00	1,10	86	95,174	0,32
3.	Sophino . . .	34,785 " "	3,114	4,00	1,10	96	106,180	0,22
4.	Andreefskoy . .	36,440 " "	2,580	3,80	1,25	76	95,665	0,39
5.	Beceda . . .	16,044 " "	2,538	3,80	1,25	76	95,665	0,39
6.	Pererwa . . .	17,642 " "	2,751	3,80	1,25	67	85,370	0,32
		15,478 " "						
		176,208 km Länge der canalisirten Flusstrecke						

Die Wehre haben durchweg Pfahlrostfundamente, welche mit Steinpackungen versehen sind; die Widerlager sind gleichfalls aus Holz gemacht, welche Constructionsart in Russland sehr häufig vorkommt. Bemerkenswerth ist die Verwendung einer Mischung von Kies und Thon (Erdbeton)* zur Ausfüllung bei den Spundwänden.

Gewöhnlich bestehen die in den canalisirten Flüssen befindlichen Wehranlagen aus der Schleuse, dem gewöhnlich neben derselben liegenden Schiffpass, beziehungsweise der Flossschleuse — zur Benützung bei der Thalfahrt — und einem Ueberfallwehre. Im Gegensatze hiezu haben die Anlagen in der Moskva kein besonderes Ueberfallwehr; auch liegen die Schleusen nicht neben dem Wehre, sondern am Ende besonderer Durchstiche (Lateralcanälen), die aber, wie schon erwähnt, keineswegs zum Abfließen der Hochwasser benützt werden können. Der Schiffpass oder das Wehr a a (Fig. 9) ist nicht so breit wie das Flussbett. Das rechtseitige Widerlager liegt am Ufer, während das linkseitige Widerlager in einem Erd-damme liegt, welcher den Anschluss an dieses Ufer bildet. Durch diesen Damm wird das Hochwasserprofil so eingeengt, dass die Krone des Dammes nur 0,4 m über dem gestauten Oberwasserspiegel liegt, wodurch allerdings die Sicherheit des Dammes gefährdet erscheint; besonders wenn bei rasch steigendem Wasser das Wehr nicht rechtzeitig geöffnet wird, bei Nachlässigkeit des Wehrwärters u. s. w. In diesem Falle kann ein Ueberfluthen des Anschlussdammes eintreten, wodurch derselbe — obgleich die Böschungen gepflastert und Steinschüttungen angebracht sind — zerstört werden kann. Eine solche Zerstörung trat im Jahre 1875 bei dem Wehre zu Pererwa ein und gab die Veranlassung zur Einführung einer sehr rasch zu öffnenden Wehrconstruction. Von der Anlage selbstbeweglicher Wehre (System Oppermann u. s. w.) wurde abgesehen, weil sich dieselben noch nicht genügend bewährt haben, und modificirte Poirée'sche Nadelwehre errichtet. Die eisernen umlegbaren Nadelböcke dienen als Stütze für die hölzernen Ständer o (Fig. 7), gegen welche horizontale Bohlen p sich lehnen. Es hat diese Art von Verschluss gegen den Nadelverschluss den Vortheil grösserer Wasserdichtigkeit; bei dem Nadelwehrverschluss gehen gewöhnlich mehr als 15% Wasser verloren, für den Fall, dass man nicht durch Einwerfen von Asche, Schlacke u. s. w. die Zwischenräume der einzelnen Nadeln ausfüllt. Aus verschiedenen Gründen war es auch wünschenswerth, eine gleichmässige Oeffnung auf die ganze Wehrlänge zu heben, wie es das Boulé'sche System gestattet. Um den zum Durchflusse des Wassers nöthigen Raum herzustellen, genügt es in vielen Fällen, blos einige Bohlen über die ganze Länge fortzunehmen.

*) Wird von den Engländern häufig angewandt (Puddle genannt) z. B. zur Dichtung des kaledonischen Canales. Förster's Bauzeitung 1854 S. 393.

Genanntes System, welches bei dem beweglichen Wehre in der Seine bei Port à l'Anglais angewandt wird, wurde in der durch Fig. 7 dargestellten Weise den besonderen Flussverhältnissen der Moskva und den Gewohnheiten der russischen Arbeiter entsprechend modificirt. Der Verschluss wird mit Ausnahme der beiden letzten Oeffnungen an beiden Widerlagern, welche Nadelverschluss haben, durch horizontale Tafeln (Bohlen von 7 cm Stärke) gebildet, die sich gegen die Balken O (Fig. 7) stützen, welche vor jedem Nadelbocke stehen. Diese Balken sind nicht besonders befestigt, werden also bloß durch das Andrücken an die Böcke gehalten. Die beiden ersten Oeffnungen sind mit Nadeln versehen worden, um bei plötzlichen Anschwellungen in Folge von Mühlendambrüchen, Gewittern u. s. w. die thunlichst schnelle Oeffnung zu gestatten. Man entfernt vom Ufer aus mit einem Haken die Nadeln, hierauf die Ständer durch Wegziehen mittels einer Leine oder einem Haken, worauf zwar sofort die Bohlen und Balken wegschwimmen werden, was aber in solchen Fällen, wo grössere Nachtheile verhütet werden müssen, nicht viel zu sagen hat.

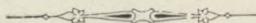
Die Verschluss tafeln sind 1,15 m lang, 0,25 m breit. und haben wegen ihrer geringen Dimensionen auch bei der grössten Stauhöhe einem hydrostatischen Druck zu widerstehen, welcher nicht grösser als 900 kg ist. Zwar ist der Reibungscoëfficient von Holz auf Holz grösser als der von Bouleé Gefundene, ist aber in keinem Falle so gross, dass 4 zusammen arbeitende Männer nicht die Tafeln heben und entfernen können, selbst wenn angenommen wird, dass während des Entfernens derselben die ganze Stauhöhe (was in Wirklichkeit nie eintritt) einwirken würde. Die Holztafeln oder einfache Bohlen sind durchgebohrt und in die Bohrlöcher runde hölzerne Stifte oder Bolzen, die auf beiden Seiten hervorragen, eingeschlagen. Die Hakenstangen, welche zum Hinabstossen gebraucht werden, sind so eingerichtet, dass sie auch zum Herausziehen benützt werden können und zu diesem Zwecke gabelartig geformt, um die hölzernen Bolzen vorn und hinten fassen zu können. Da man nie mehr wie die 3 am höchsten gelegenen Rechen unter dem Wasserdruck zu heben braucht, so genügen 2 je mit einer Hakenstange versehene Männer bei dieser Arbeit.

Als Beispiel der zur Anwendung gekommenen Schleusen-Constructionen ist in Fig. 1—6 die mit der Wehranlage zu Pererwa in Verbindung stehende Schleuse dargestellt. Die Länge derselben beträgt 204,76 m, die lichte Weite 15,56 m. Die einzelnen Kammern haben eine nutzbare Länge von etwa 85 m resp 55 m; zusammen aber eine solche von 180 m. Nur diese Schleuse hat 3 Häupter, die 5 Anderen haben nur eine Kammer mit 2 Häuptern, sind aber ebenfalls 204,76 m lang. Die Häupter sind massiv aus Bruchsteinen und Betonfundirung errichtet und mit Umläufen versehen. (Fig. 1, 2 u. 4.) Zur Ersparung an Mauerwerk sind die Thornischen bloß auf die halbe Thorlänge aus Mauerwerk hergestellt. Die Kammerwände sind aus Buschbetten gebildet, deren Fuss auf einer Betonschüttung ruht; bei den 5 anderen Schleusen wurden die Böschungen der Kammern durch Trockenmauerwerk (Perré) mit einem Anlaufe von $1 : \frac{2}{3}$ verkleidet. Das Sohlengefälle ist vor dem Oberhaupte der Schleuse durch 2 Abtreppungen gebildet (Schnitt AB CD A¹ B¹) (Fig. 2) welche durch Holzconstructionen und Betonschüttung geschützt werden. Hinter der Ausmündung der Umläufe sind zum Schutze der Böschungen blockwerkartige Holzconstructionen angebracht worden. Die Umläufe haben mehr als 1,0 qm Querschnittfläche, so dass bei der durch das Wehr von Pererwa gebildeten Stauhöhe oder Niveau-Differenz von 2,751 m eine rasche Füllung der Schleuse (in 8—10 Minuten) bewerkstelligt werden kann. Die Schützen zum Verschlusse der Umläufe befinden sich am Einlaufe derselben. Am Drempel sind hölzerne Anschlag-Schwellen angeordnet worden. Die Lage der Schleuse in dem Abzweigungscanale ermöglicht. event., dieselbe als Hafen im Winter oder beim Frühjahrs-Hochwasser, wenn das Schutzwehr H (Fig. 8) geschlossen werden muss, zu benützen.

Von einer genauen Angabe der Kosten muss hauptsächlich desswegen abgesehen werden, weil der Bau unter abnormalen Verhältnissen — wie grosser Kälte bis zu -25° , Nichtbeschränkung der Schifffahrt u. s. w. — ausgeführt wurde und weil unmittelbar nach Vollendung der Bauten eine Reconstruction der fehlerhaft ausgeführten Wehrfundamente erforderlich war. Werden die Kosten vollständig unnützer Arbeiten nicht gerechnet, so kommt jedes der 6 Wehre nebst Schleuse, Seitencanal, Dämme, Wärterhäuser auf 800000 M., welche Summe aber event. auf die Hälfte hätte reducirt werden können, wenn von Anfang an eine rationelle Pfahlrostfundirung gewählt worden wäre. Bei 176 km Länge der canalisirten Moskva kommt also der km auf 30000 M., welche geringe Summe dem schwachen Gefälle von $1 : 11000$ bei Niedrigwasser und der dadurch möglichen kleinen Anzahl von Wehren zu verdanken ist.

Für den Tauereibetrieb wurde ein Drahtseil von etwa 25 mm Durchmesser in den Fluss gelegt und 4 grössere Seilschiffe mit horizontalen Compoundmaschinen von je 120 Pferdekräften für die Seil-

trommeln und 65 Pferdekräften für 2 Schrauben nach dem Schwartz'schen Systeme, also mit schwingenden Rollen und Fowler'schen Klappentrommel construiert, sowie 3 kleinere Seilschiffe mit 20pferdigen Maschinen von der Maas nach der Moskva gesendet. Nach einjährigem Betriebe musste, wie oben erwähnt, die Tauerei wegen der beispiellosen Billigkeit des Pferdebetriebes dem Letzteren weichen. Die grossen Seiltauer wurden zu Radbugsdampfern (Remorqueuren) umgebaut und bewähren sich vortrefflich auf der unteren Oka, wo sie bei 0,65 m Tiefgang die schwerfällig gebauten kastenförmigen Fahrzeuge, die bis 70 m Länge, 15 m Breite und 15000 Ctr. Tragkraft haben, mit einer Geschwindigkeit von 4—5 km pro Stunde gen Berg schleppen. Der Kohlenverbrauch beträgt beim Schleppen von 30000 Ctr. nicht ganz 1 kg pro Stunde und indicirte Pferdekraft. Auf der Moskva geschieht der Betrieb durch Pferde, welche zu beiden Seiten des Flusses bis zu 10 hintereinander auf den 20 m breiten Leinpfaden gehen und ähnliche Fahrzeuge, wie die auf der Oka, vorwärts bewegen. Diese grossen Fahrzeuge ermöglichen auch hauptsächlich die billigen Transportkosten von 0,35 Pfg. pro Ctr.-Meile — mit Schiffszoll 0,60 Pfg. pro Ctr.-Meile.



II. Theil.

Polemik gegen Schlichting hinsichtlich der Canalisierungsarbeiten.

Im ersten Theile dieser Abhandlung werden die verschiedenen Methoden zur Schiffbarmachung der Flüsse erörtert und zwar die Regulirung und Canalisirung, ohne dass dem einen oder anderen Systeme ein vollständiger Vorzug über das andere eingeräumt worden wäre.

Durch eingehende Prüfung müssen wir jedoch sagen, dass die Canalisirung, da wo sie anwendbar ist, das einzige sichere von Fehlern freie Schiffbarmachungsmittel ist und dass daher die Regulirung oder besser gesagt die Verbesserung mittelst Einschränkungswerken nur als Hilfsmittel des Canalisirungssystemes angewendet werden sollte.

Nachstehend sollen die Ansichten der Gegner der Canalisirungen sowie die mit Regulirung gemachten Erfahrungen ausführlicher besprochen werden.

Gleich nach dem Erscheinen des ersten Theiles dieser Abhandlung erschien der III. Band des Handbuchs der Ingenieurwissenschaft, von Franzius und Sonne bearbeitet, in welchem eine Reihe von Aufsätzen über Regulirung und Canalisirung von Flüssen sich befinden, die von Herrn Prof. Schlichting an der techn. Hochschule zu Berlin herrühren; derselbe war früher Bauinspector bei mehreren Flussregulirungen (Rhein, Weichsel, Mosel).

Die Ansichten des Prof. Schlichting sind beinahe gänzlich verschieden von den meinigen; derselbe legt nicht nur den Einschränkungsmethoden (Regulirung) eine Wichtigkeit bei, die bis jetzt durch nichts gerechtfertigt erscheint und stellt die Erreichung grosser Resultate durch dieselbe in Aussicht, während er zugleich die Canalisirung angreift, deren Nachtheile übertreibt und ihr Fehler zuschreibt, die nie existirt haben.

Zu diesen Ausführungen stillschweigen wäre gleichbedeutend mit Verlassen der Ansichten, die durch eingehende und gewissenhafte Studien der Frage erworben wurden. Uebrigens habe ich aus Anlass meiner ersten Denkschrift von Seiten massgebender Wasserbauingenieure zahlreiche sympathische Anerkennungen und zahlreiche neue Beweismittel für meine ausgesprochenen Ansichten bekommen, auch betrachtete ich mich verpflichtet, die Studien über beide Systeme bis in die Gegenwart fortzusetzen und die unbegründeten Ansichten Schlichtings zu beweisen.

Die Canalisirung unterscheidet sich nach Prof. Schlichting dadurch wesentlich von der Regulirung, dass Letztere das Gefälle der ganzen Flusslänge gleichmässig zu vertheilen und zur Beseitigung der Untiefen, die Wasserströmung selbst benützt — während im Gegensatze hiezu bei der Canalisirung der Wasserspiegel durch künstliche Staumittel gehoben wird; die Untiefen also durch Stau unschädlich gemacht werden und dadurch der oft nachtheilige Einfluss der Strömung auf das Flussbett verringert wird, da das Gefälle mehr an den Wehren concentrirt ist.

Nach Schlichting hat die Canalisirung 4 Hauptfehler:

1. Die Stauwerke (Wehre) verengen das Flussprofil und stauen daher den Fluss oder verzögern mindestens die Stromgeschwindigkeit;
2. diese Werke vermehren die Gefahr bei Hochwasser;
3. bewirken dieselben eine fortwährende Erhöhung des Flussgrundes;
4. verzögern dieselben den Schiffahrtsbetrieb.

Wir wollen jeden dieser Punkte einzeln in's Auge fassen.

Was den ersten Grund anbelangt, dass die Wehre den Flussquerschnitt verengen, so genügt die Bemerkung, dass es uns anheimgestellt bleibt, solche bewegliche Wehre zu construiren, die nach dem Umliegen keineswegs den Flussquerschnitt beengen, was unschwer zu erreichen ist. Im Allgemeinen wirft Hr. Schlichting der Canalisirung Fehler vor, welche nur die festen Wehre besitzen, Wehre, die bei der rationellen neueren Canalisirung nicht mehr angewandt werden.

Bei den meisten canalisirten Flüssen sind die Fundamente der Bauwerke d. h. der neueren beweglichen Wehre tief genug gelegt und die den Anschluss an die Ufer bildenden Widerlager in genügender Entfernung, um Stau u. s. w. bei Hochwasser zu vermeiden und sind die neueren Wehre (System Poirée, Chanoine, Thenard Desfontaines, Lemoine Krantz, Kümmer, Hans, Girard, Pasqueau u. s. w.) allerdings den Schleusenwehren vorzuziehen, die in der That nicht umgelegt werden können und deren oft hohe Widerlager nebst Anschüttungsrampen — um eine Benützung als Weg auch bei Hochwasser zuzulassen — das Flussbett beschränken. Welche Uebelstände übrigens die häufige Anwendung dieser Art Wehre nicht verhindern, während die neueren Systeme beweglicher Wehre in Deutschland noch ziemlich selten sind*).

Ebenso wie diese angebliche Einschränkung des Flussbettes bezeichnet Schlichting als einen andern Uebelstand den oberhalb der Wehre erzeugten Stau, aber er vergisst, dass diese Wehre nur den Zweck haben, den Wasserspiegel des gewöhnlichen Niederwassers zu bestimmten, genau regulirbaren Zeiten zu erhöhen. Bei Aufstellung eines Flusscanalisirungsprojectes bestimmt man vor Allem die Staugrenze des künstlich erhöhten Niederwasserspiegels, wobei man die Entwässerung anliegender Ländereien nicht erschweren darf**). In den meisten Fällen ist das Flussbett tief genug eingeschnitten — so wenig schiffbar der Fluss auch sonst ist — dass ein mittlerer Stau von 2—3 m über Niederwasser, durch welchen die Canalisirung verwirklicht wird, die Ufer des Bettes nicht überschwemmt; man darf hiebei nicht vergessen, dass der Stau, welcher am Wehre selbst am Grössten ist, nach oben hin rasch abnimmt. Selbst wenn an gewissen Punkten niedere Ufer vorhanden sind, kann man oft bei Ausarbeitung des Projectes die Wehre so vertheilen, dass die niederen Ufer direct unterhalb derselben zu liegen kommen, wodurch nicht nur die fehlende Uferhöhe unschädlich gemacht wird, sondern auch die Nachtheile erhöhten Grundwassers beseitigt sind.

Durch Errichtung einer Telegraphen- oder Telephon-Leitung längs des Flusses können die Wehrwärter zeitig***) genug benachrichtigt werden, um die Wehre bei steigendem Wasser umzulegen; das eben Gesagte bezieht sich auf den zweiten Einwand des Hrn. Schlichting, dass die Wehre die Gefahr bei Hochwasser vergrössern. In dem Maasse nun wie das Wasser steigt, werden die einzelnen Wehrtheile umgelegt, wird das Hochwasser so, dass der Fluss aus seinem Bette tritt, so können die neueren Wehre vollständig geöffnet werden, so dass nichts dem Durchfluss des Wassers entgegensteht. Wir können noch beifügen, dass auf einem canalisirten Flusse die beweglichen Wehre nicht allein die Hochwassergefahr nicht vergrössern, sondern bis zu einem gewissen Grade dazu dienen können, der Gefahr zuvorzukommen. Denn sobald durch den Telegraphen u. s. w. ein Wachsen des Wassers übermittlelt wird, kann man die Wasserspiegel der unteren Haltungen senken und auf diese Weise die Gefahr abschwächen resp. beseitigen.

Der dritte bedenklichste von Schlichting behauptete Nachtheil ist die angebliche Sohlenerhöhung bei jedem canalisirten Flusse. Die Verminderung der Wassergeschwindigkeit, welche durch den Stau der Wehre erzeugt wird, begünstigt nach seiner Meinung die Ablagerung der Geschiebe oberhalb dieser Wehre. Diese Geschiebe sollen zuerst die tiefen Stellen des Bettes ausfüllen, später aber das ganze Bett erhöhen.

Die Wehrsohlen selbst, welche immer etwas höher als die Flusssohle sind, sollen sogar durch die Geschiebe bedeckt werden; woraus nach Hr. Schlichtings Meinung hervorgeht, dass man in canalisirten Flüssen nicht allein fortwährend ausbaggern muss, um die nöthige Schifffahrtstiefe zu erhalten, sondern auch später gezwungen wird, die Wehrsohlen zu erhöhen. Man will nach seiner Ansicht der Ablagerung der Sinkstoffe dadurch vorbeugen, dass man tiefer liegende Schiffdurchlässe oder Grundablässe einrichtet, aber dieses Mittel soll nur auf eine geringe Flussstrecke wirken und soll daher ungenügend zur Beseitigung der angeführten Nachtheile sein. Weiter gibt Hr. Schlichting die verschiedenen grossen Nachtheile an, welche die angebliche Sohlenerhöhung im Gefolge hat: als da sind die Versumpfung von Ländereien, die früher

*) In Frankreich sind 124 bewegliche Wehranlagen. S. Broschüre von Professor Frauenholz „Das Wasser u. s. w.“ In Deutschland etwa 15. Deutsche Bauzeitung 1881, November.

**) Bei der Moselcanalisirung verursachte dieselbe allerdings einige Schwierigkeiten.

***) Neuerdings ist das Telephon bei Canälen im Betriebe. Siehe Zeitschrift „Das Schiff“ 1881.

blühende Felder waren u. s. w. Weshalb nach seiner Ansicht nur solche Flüsse canalisirt werden können, welche hohe Ufer haben; damit spätere Sohlenerhöhungen den Ländereien keinen Schaden bringen.

Alle diese angeblichen Fehler beweist Hr. Prof. Schlichting durch kein Beispiel, durch keinen Beleg aus der Erfahrung an canalisirten Flüssen, er versichert blos, dass diess sein müsse und stützt seine Versicherungen auf eine von ihm verfasste Abhandlung, die er 1876 in Berlin veröffentlichte: „Zur Schiffbarmachung der Flüsse“. Um die Beweisgründe näher kennen zu lernen, habe ich die betreffende Broschüre gelesen und darin keine Thatsache aufgeführt gefunden, die seine Ansicht rechtfertigt. Es war nur eine scharfe Polemik darin enthalten gegen eine andere, in Wiesbaden 1876 erschienene Broschüre „über Regulirung oder Canalisirung deutscher Flüsse“, in welcher ein nicht genannter deutscher Ingenieur, nachdem er den vollständigen Misserfolg aller bis jetzt in Deutschland unternommenen Regulierungsarbeiten schildert, ausführt, dass man keinen Pfennig mehr für Regulierungsarbeiten zur Schiffbarmachung mittelst Einschränkungswerken ausgeben solle. Der Königl. Wasserbauinspector konnte einen solchen directen Angriff nicht unerwidert lassen und zwar sowohl im Interesse der Schifffahrt als auch dem der jüngeren Ingenieure, die wie sich Hr. Schlichting ausdrückt, hierdurch leicht in Irrthum gerathen wären, weshalb er bemüht war, die Schlussfolgerungen seines unbekanntes Gegners zu bekämpfen.

Aber man muss beachten, dass der Verfasser der Wiesbadener Broschüre seine Beweisgründe nicht auf ein Studium der Frage stützt, sondern nur auf die Thatsache des Misserfolges beinahe aller in Deutschland ausgeführten Regulierungsarbeiten, während die Entgegnung des Hrn. Schlichting keineswegs auf wissenschaftlichen Untersuchungen beruht.

Hr. Schlichting ist nicht im Stande, die Misserfolge zu verneinen, er entschuldigt dieselben durch die eingerissenen Fehler, die alle Anhänger des Systemes mehr oder weniger machen: Als da sind mangelhafte Bestimmung des einzuschränkenden Profiles, die Anwendung von Buhnen an Stellen, wo Parallelwerke besser wären, ungenügende Mittel, das Fehlen einer systematischen Ausführung der Projecte; er schliesst wie immer mit der Versicherung, dass künftighin die Sache besser gehen werde, denn nach seiner Ansicht sei noch nicht bewiesen, dass die projectirten und ausgeführten Regulierungsarbeiten nicht die erwarteten Resultate geben müssten.

Ich will mich hier nicht weiter auf eine gleiche Kritik der Schlichting'schen Theorien einlassen, die besonders bezüglich der Sinkstoffbewegung zum Theil irrthümlich sind. Man wird weiter unten Fälle aufgeführt finden, die sich auf 40jährige Erfahrungen an wirklich canalisirten Flüssen beziehen und die vollständig die Irrthümer der Schlichting'schen Voraussetzungen beweisen. Ich kann übrigens nicht stillschweigend über eine Stelle hinweggehen, welche der Verfasser benützt, um seinen Gegner zu widerlegen. Der deutsche Ingenieur in Wiesbaden stützt sich bei der Kritik der Regulierungsarbeiten auf die Autorität des berühmten Ingenieurs Hagen. Hr. Schlichting, der zeigen will, dass sich Hagen keineswegs gegen diese Art der Regulirung aussprach, gibt einige Aussprüche aus dessen Werken und gerade die Stelle, welche im ersten Theile dieser Arbeit angeführt ist und welche mit den Worten beginnt: „Es ergibt sich aus Vorstehendem u. s. w.“*). Aber weil die Stelle der Ansicht des Hrn. Schlichting widerspricht, so lässt er die zwei letzten Zeilen weg und entstellt so den Sinn derselben.

Um jedoch auf den Zweck dieser Abhandlung zurückzukommen, der nicht vorwiegend polemirend gegen die Anhänger der Regulirungssysteme sein soll, sondern Klarheit über die beste Correctionsmethode zur Schiffbarmachung der Flüsse bringen möchte, so wird nachstehend einiges über Flusscanalisirung bemerkt werden.

Die Canalisirung der Flüsse behufs Schiffbarmachung derselben wurde erst seit Erfindung der beweglichen Wehre durch Poirée in rationeller Weise bewerkstelligt. Die Einführung dieses Wehrsystemes konnte selbst in Frankreich nicht stattfinden, ohne dass man die oben angeführten Gefahren nicht in Aussicht gestellt hätte, besonders aber den Uebelstand erwartete, dass die Geschiebeführung aufgehalten würde. Die Gegner des Poirée'schen Systemes haben von Anfang an derlei Nachtheile diesem System zugeschrieben, aber 40 Jahre sind seit Errichtung der ersten beweglichen Wehre in Frankreich verflossen und haben die Grundlosigkeit obiger Befürchtungen gezeigt; nirgends sind die Wehrfundamente versandet, nirgends hat sich das Flussbett erhöht. Man darf nicht ausser Acht lassen, dass die beweglichen Wehre umgelegt werden, um dem Hochwasser freien Durchfluss zu gestatten. Ihr ganzer Werth

*) „Zur Schiffbarmachung der Flüsse“ S. 12. Das Citat ist aus Hagen, Wasserbau, II. Th. I. Band 1871, S. 353.

ist dadurch bezeichnet. Es ist nun bekannt, dass alle Flüsse, welches Gefälle sie auch haben, ihre Geschwindigkeit je nach der Grösse der Wassermenge ändern.

Die Massenbewegung der Geschiebe, aus denen das Flussbett besteht, ist in keinem der Flüsse gleichförmig, sie findet zeitweise statt und beginnt, wenn die Wassermenge und das Gefälle*) sich um eine gewisse Grösse vermehrt haben und wächst alsdann mit der Wassermenge und dem Gefälle und nur nachdem beide das Maximum erreicht haben, vermindert sie sich entsprechend dem Fallen des Wassers wieder und ehe die Wassermenge ihre Minimalgrenze erreicht hat, ist die hauptsächlichste Bewegung der Geschiebe beendet. Die beweglichen Wehre treten gewöhnlich in Thätigkeit, wenn der Wasserstand seinem niedersten Stande sich nähert, wobei die Bewegung der Geschiebe schon aufgehört hat und wenn selbst beim Errichten oder Schliessen der Wehre dieselben noch in Bewegung wären, so würde diess doch sofort durch das künstliche Erhöhen des Wasserspiegels aufhören und das fortbewegte Gerölle liegen bleiben. Zur Vervollständigung dieser Abhandlung will ich an den altbekannten Satz erinnern, dass die Grösse der Geschiebe eines Flussbettes annähernd direct proportional dem Gefälle desselben ist, sodass man das Maximal-Gefälle im Allgemeinen aus der Grösse der Geschiebe ermitteln kann und hiemit die Geschwindigkeit an den verschiedenen Punkten.

Gewöhnlich wird die Bewegung der Senkstoffe durch die kleinste Vermehrung der Minimalgeschwindigkeit des Flusses erzeugt und umgekehrt lagern sich dieselben nach der geringsten Veränderung der Wassergeschwindigkeit ab. Wenn man nun das Wasser mit beweglichen Wehren künstlich staut, so wird das benetzte Querprofil vermehrt und umgekehrt die Strömung im Flusse vermindert und zwar je mehr man sich diesem Wehre nähert; da nun bei gleichmässigem Wasserabfluss die Geschwindigkeit umgekehrt proportional dem Querschnitte ist, so ist leicht einzusehen dass das, durch die gewöhnliche Strömung bewegte Gerölle bei Niederwasser nicht in erwähnenswerther Menge bis an das Wehr selbst gelangen, vielmehr sich in gewisser Entfernung oberhalb desselben ablagern wird.

Die beweglichen Wehre verhindern jede nennenswerthe Geschiebebewegung von dem Augenblicke an, wo sie geschlossen werden. Während des Hochwassers aber, d. h. während des Zeitraumes, wo die Flussgeschiebe hauptsächlich sich bewegen, sind die Wehre vollständig geöffnet. Dieser Zeitraum ist meistens genügend gross, damit der Fluss sein Bett so von Geschiebe befreit, dass er sich in dem gleichen Zustande wie vor dem Schliessen der Wehre befindet.

Prof. Schlichting sagt weiter u. A., dass die Wehrfundamente, d. h. diejenigen Theile, gegen welche die Verschlussvorrichtungen in den beweglichen Wehren sich stützen, nothwendigerweise über der Sohlenhöhe sich befinden müssen und dass deshalb, selbst wenn die Wehre geöffnet sind, diese Schwellen die Geschiebeführung aufhalten. Die Praxis hat das Unstichhaltige dieser Annahme bewiesen. Die Fundamente der beweglichen Wehre sind im Allgemeinen so gelegt, dass ihre Schwelle ein wenig niedriger als die benachbarten Sandbänke ist, weshalb auch die Geschiebe auf den Schwellen ebensogut wie die auf den Untiefen fortgerissen werden. Wenn selbst ein Theil der Wehrschwelle noch zur Zeit des Schliessens der Wehre mit Gerölle bedeckt sein sollte, so wird dasselbe rasch durch die sich bildende stärkere Strömung beseitigt. Es kommt hie und da vor, dass die Oberfläche der Schwellen ein wenig höher ist als die benachbarten Untiefen; die Schwelle verursacht alsdann, selbst wenn das Wehr geöffnet ist, einen Stau, der die Strömung vermehrt und auf diese Weise wohl jede nennenswerthe Ablagerung auf dem Wehrrücken verhütet.

Nachstehende Beispiele, welche der Praxis entnommen sind, beweisen die Richtigkeit obiger Behauptungen. Das Flussbett der Moskva ist, wie bekannt, sehr beweglich. Vor 43 Jahren baute man in diesem Flusse bei Moskau selbst das Wehr „Babyégôrodskaïa“. Dieses Wehr wird jährlich einmal umgelegt und zwar im Frühjahr während des Eisganges und des nachher eintretenden Hochwassers. Man hat nie Ausbaggerungen in dem Flusse oberhalb des Wehres vorgenommen und doch war bis jetzt noch nicht die geringste Erhöhung des Bettes bemerkbar, ja diese Haltung ist sogar auf eine Strecke von 23 km in der Zeit zwischen fallendem Hochwasser bis zum Eintreten des Niederwassers verhältnissmässig tiefer als die entsprechenden anderen Flusstheile.

Die Wehrschwelle sind nie versandet und selbst bei der nächstens beabsichtigten Erneuerung des Fundamentes -- die anderen Ursachen zuzuschreiben ist -- wird dasselbe wahrscheinlich tiefer gelegt und

*) Nach dem Pauhandbuch III Abhandlung von Franzius ist der Widerstand der 3ten Potenz, die fortstossende Kraft der 2ten Potenz des mittleren Durchmessers proportional.

nicht erhöht werden, welches Letzteres nach Hrn. Schlichting's Theorie eintreten müsste. Die von der Tauereigesellschaft auf der Moskva errichteten beweglichen Wehre sollen hier nicht als Beweismittel angeführt werden, weil man hiegegen die kurze Dauer ihrer Wirksamkeit geltend machen könnte, übrigens ist nirgends eine Versandung oder Erhöhung des Bettes eingetreten.

Beispiele von der Seine.

Um zu erfahren, ob die Theorien Schlichting's richtig sind, wandte ich mich nach Frankreich, wo längere Erfahrungen gesammelt wurden und erhielt von dem bekannten Ingenieur Boulé, der den Bau der Wehre in der oberen Seine leitete und seit 20 Jahren beständig sich mit der Canalisirung von Flüssen beschäftigte, folgenden Brief am 17. Nov. 1879: „Ich kenne keine Wehranlage, bei der sich das Flussbett erhöht hätte. Seit der Erbauung der Wehre zwischen Montereau und Paris d. h. seit 1864 hat man wohl einigemal ausgebaggert, um die Fahrstrasse zu erbreitern oder zu grosse Krümmungen *) in engen Flussstrecken zu beseitigen, und auch die Senkstöße unterhalb der Schleusen weggeschafft, da wo eine Erbreiterung oder eine ungünstige Schleusenanlage solche Ablagerungen nach Hochwasser erzeugte; aber oberhalb — unmittelbar vor den Wehren — ist meines Wissens nie ausgebaggert worden. Im Jahre 1870 habe ich gelegentlich des Umbaus des im Jahre 1864 erbauten Wehres zu Port à l'Anglais, oberhalb von Paris, die Schwelle des neuen Schiffdurchlasses um 0,70 m niedriger, als die des alten Durchlasses gelegt, ohne oberhalb baggern zu müssen. Unterhalb wurde bis Paris — aber nur die alte Sohle — ausgebaggert und zwar nur um die Tiefe in den unteren Haltungen zu vermehren. Einigemal wurden aus Sparsamkeitsrücksichten oder falscher Berechnung die Wehrschwelle zu hoch gelegt; trotzdem trat keine Erhöhung der Sohle ein und beim Umbau eines dieser Wehre und zwar dem zu Suresnes, behufs Erhöhung des Staus um 1,0 m, denke ich die Schwelle um 0,5 m tiefer zu legen, so dass von einer Erhöhung der Sohle also keine Rede sein kann.“

Endlich zeigt als drittes Beispiel die Durance, welche den Character eines Gebirgsflusses hat und auf welcher ein bewegliches Wehr seit 30 Jahren gebaut ist, um die Stadt Marseille mit Wasser zu versehen, die Unstichhaltigkeit von Schlichting's Behauptungen. Wegen der beträchtlichen Geschiebeführung hat man eine besonders tiefe Oeffnung angelegt, um für Gerölle einen freien und bequemen Durchgang zu schaffen, und hat man seit Errichtung dieses Wehres nie eine unerwünschte Sinkstoffablagerung in diesem Flusse bemerkt.

Die angeführten Beispiele und die daraus zu ziehenden Folgerungen scheinen genügende Beweise gegen die Betrachtungen des Prof. Schlichting zu sein. Bei der Canalisirung hat man also keineswegs diese unangenehme Sohlenerhöhung des Flussbettes zu befürchten. Das letzte Bedenken Schlichting's gegen die Canalisirung, nemlich die angebliche Verzögerung der Schifffahrt durch die Schleusen, soll nun auch als unstichhaltig nachgewiesen werden.

In den Canälen, welche ohne Strömung sind, erleiden die Fahrzeuge während der Fahrt eine Verzögerung durch das Durchfahren der Schleusen und ist es klar, dass z. B. in einem 100 km langen Canal ohne Schleusen ein Schiff rascher vorwärts kommt, als wenn Schleusen in demselben sich befinden; aber in einem Flusse hängt die Geschwindigkeit eines gegen Berg (flussaufwärts) fahrenden Schiffes von der Stärke der Strömung ab. Durch die Canalisirung wird nun die Strömung verringert und dadurch die Schnelligkeit der Bergfahrt wesentlich vermehrt und in den meisten dem Verfasser bekannten Fällen wird die, beim Passiren der Schleusen verlorene Zeit **) nicht allein durch den Gewinn während der Fahrt im canalisirten Bette ersetzt, sondern es wird soviel Zeit gewonnen, dass hierdurch reichlich die Schleusenzeit und die Verzögerung bei der Thalfahrt ersetzt wird.

Man kann leicht durch Aufstellung einer Berechnung bei jedem einzelnen Falle die Wahrheit dieser Behauptung finden.

Ueberall kann man die Schleusen derart construiren, dass das Passiren derselben berg- oder thalwärts in so kurzer Zeit vor sich geht, dass die hiezu aufgewandte Zeit durch raschere Bergfahrt in

*) Auf der Seine wird nämlich die Kettenschifffahrt betrieben und ist es deshalb wünschenswerth, lange gerade Strecken zu bekommen. S. Centralblatt der Bauverwaltung 1881, Nr. 22.

**) Dieselbe beträgt bei den neueren Schleusen, z. B. der Pererwa-Schleuse nur 4–6 Minuten, ebenso bei den neuern Canalschleusen z. B. im Finnowcanale; in der Maas in Belgien S. M. Hans, Canalisirung der Maas.

den Haltungen reichlich ausgeglichen wird. Es ist allerdings klar, dass diese *Ausgleichung* für solche Schiffe nicht stattfindet, die nie flussaufwärts, sondern nur einmal flussabwärts fahren*), um am Bestimmungsorte angelangt auseinander genommen zu werden; für solche Fahrzeuge bilden die Schleusen allerdings Hindernisse, aber es ist schon früher erwähnt, dass diese Art von Schifffahrtsbetrieb dem Rationelleren, mittelst Dampfbetriebes überall weichen muss.

Die Schifffahrtsunternehmer sind wohl die massgebendsten Richter in dieser Frage und weder in Frankreich noch Russland sind dem Verfasser Fälle bekannt, in denen dieselben sich über Verzögerung beklagt hätten. Ich schliesse hiemit die Entgegnungen auf die Veröffentlichungen des Prof. Schlichting und füge nur noch hinzu, dass wegen den fehlerhaften in Deutschland vorhandenen Ansichten über die verschiedenen Arten der Schiffbarmachung der Flüsse es nicht zu verwundern ist, dass die in diesem Lande erzielten Erfolge beinahe Null sind. Zahlreiche Stimmen sprachen sich gegen die Fortsetzung der Regulirung durch Einschränkungswerke aus. Unglücklicherweise führen die jungen Ingenieure, welche meines Erachtens mit Recht diese Regulirungsmethode bekämpfen, zum Beweis der Richtigkeit ihrer Ansichten nur den Misserfolg dieser oder jener in Deutschland ausgeführten Arbeiten an und sie bezeichnen nur die Canalisirung als ein Mittel, welches nach Berichten aus Frankreich glückliche Erfolge gehabt hätte.

Die Vertheidiger der Regulirungssysteme sind grösstentheils Staatsbeamte oder Professoren an den höheren technischen Schulen und haben sich oft nicht die Mühe gegeben, ihren Gegnern zu antworten.

Das Regulirungssystem ist auf den ersten Anblick bestechend, weil es direct allen Anforderungen zu genügen scheint und sehr einfache Anlagen erfordert; aber im Grunde genommen ist es ein ungenügendes System, welches nur das Verdienst hat, bequem vertheidigt werden zu können. Seine Vertheidiger leugnen in keiner Weise die Misserfolge, aber für jeden vorliegenden Fall schreiben sie dieselben anderen Gründen zu. Bald sind die Arbeiten ausgeführt worden, ehe der Gesamtplan richtig bearbeitet war, dann war der Plan vollständig, aber es wurden Veränderungen vor der Ausführung vorgenommen; bei einem anderen Flusse hat die Regulirung nicht die erwarteten Resultate gegeben, weil das Querprofil nicht genug verengt wurde, — bei einem Anderen war das angenommene Querprofil zu eng und die Bauten wurden durch das Wasser unterspült und zerstört, endlich hat der Geldmangel die Fortsetzung der Arbeiten verhindert u. s. w. Wenn andererseits die Regulirungsarbeiten bei einigen wenigen Flüssen nach der Ausführung die erwünschten Tiefen ergeben haben, so wurde frohlockend von den Vertheidigern dieses winzige Resultat aufgeführt und gesagt, dass wenn man gewissenhaft und systematisch die Arbeiten betreibe, dasselbe Resultat bei allen Flüssen erreicht würde. Aber die Zeit verging, ohne dass diese Versprechungen sich verwirklicht hätten. Die Anfertiger der Projecte sind zu höheren Stellungen gelangt und konnten alsdann den Nachfolgern alle Schuld des Nichterfolges der Arbeiten aufbürden. Den öffentlichen Organen, den Forderungen der Handelskammern wurde officiell erwidert, dass sie nichts von der Sache verständen und dass der Minister einen Hauptplan hätte, der sich jedes Jahr seiner Verwirklichung näherte, dass die Schiffer anstatt sich zu beklagen besser daran thäten, auch das Ihrige zum besseren Schifffahrtsbetriebe beizutragen und zwar durch Verbesserung der Fahrzeuge und durch nicht übermässiges Belasten derselben und dass die Schiffer selbst mit bedacht sein sollen, die Hindernisse zu beseitigen.

Die, in Deutschland durch die Regulirungsarbeiten erzielten Resultate.

Es sollen jetzt die in Deutschland durch Einschränkungswerke erzielten Resultate beschrieben werden. Das hiezu erforderliche Material liefert u. A. das im Juli 1879 veröffentlichte Werk von Bellingrath „Studien u. s. w. von deutschen Wasserstrassen“. Dieses Werk hat keinen polemischen Character; sondern bezweckt nur gewisse auf deutsche öffentliche Schifffahrtsstrassen bezügliche Fragen zu prüfen. Bellingrath, welcher ein eifriger Anhänger der bis jetzt in Deutschland angewandten Systeme ist, setzt keinen Zweifel darein, dass die von der Regierung angestrebte Vertiefung nach Vollendung der Regulirungsarbeiten erreicht werde und gibt über den jetzigen Stand (1879) einiger Hauptflüsse folgende Daten (S. 161).

*) Ulmer Schachteln, Fahrzeuge in der Weichsel u. s. w., neuerdings will man auf der oberen Donau zwischen Wien und Ulm die Tauerei einrichten, welche sehr zweckmässig für rationellen Schifffahrtsbetrieb wird, wenn im oberen Theile keine zu grosse Geschiebeführung und event. Verkiesung zu erwarten ist; jedenfalls würde dann die frühere mehr vorsündfluthliche Betriebsweise mit diesen Ulmer Schachteln wegfallen.

Die deutschen Flüsse haben oft während einiger Schifffahrtsmonate nur eine vollständig ungenügende Schifffahrtstiefe, der Rhein z. B. 1,0 m, der Neckar 0,51 m, der Main 0,50 m, die Weser 0,5 m, die obere Elbe 0,5 m, die Spree 0,7 m, die Oder 0,47 m.

Andererseits benutzen wir die neuesten officiellen Quellen, besonders die Denkschrift des Ministers für die öffentlichen Arbeiten, welche derselbe beim Budget für 1880/81 wegen der Frage der Flussregulirungen dem preussischen Landtage übermittelte und welche ausserordentlich lehrreiche Sachen enthält.

Untenstehende Tabelle zeigt die Daten für 5 Hauptflüsse :

Lfd. Nr.	Name des Flusses	Schiffbare Länge in Preussen	Anfang der Arbeiten im Jahr	Bis jetzt verausgabte Summen in M.	Tragkraft der Schiffe in Ctr.	Die zu erstrebende Tiefe in Metern	Die zur Beendigung der Arbeiten nöthige Summe	Die zur Beendigung erforderliche Zeit
1	Weichsel .	230	1832	11 000 000	bis 3000	1,67	8 500 000	14
2	Oder . . .	685	1763	21 000 000	1500—3000	1,00	6 615 000	6
3	Elbe . . .	434	1842	13 500 000 seit 1861	im Mittel 3400	0,93	8 600 000	6
4	Weser . . .	333	1845	2 200 000 seit 1870	2000—6000	0,80—1,0—1,25	2 250 000	5*)
5	Rhein . . .	360	1840	20 000 000	bis 20000	2,0—2,5—3,0	25 500 000	18**)
		2169		67 700 000				

Was bei dieser Tabelle sofort in die Augen fällt ist, dass der preussische Minister für öffentliche Arbeiten, anstatt in einer Rubrik die jetzigen Minimaltiefen der deutschen Flüsse anzugeben, vorgezogen hat, die Tragfähigkeit der Schiffe, welche jetzt diese Flüsse befahren, anzugeben, wodurch das Publikum im Irrthum bleibt; in der That ist die Tragfähigkeit der Schiffe gegen früher gestiegen und man könnte deshalb glauben, dass die Regulirungsarbeiten ihren Zweck erreicht haben d. h. eine beträchtliche Verbesserung der Schifffahrtstrasse bezweckt worden ist. Aber die Angaben Bellingraths über die Minimaltiefen sind so sprechend, dass wir darauf verzichten, selbst Schlüsse daraus zu ziehen. Der Leser mag selbst die berühmten deutschen Regulirungsarbeiten beurtheilen.

Man hat sich noch über die Zähigkeit zu wundern, mit der die Staatsingenieure fortfahren, gewisse Schifffahrtstiefen erreichen zu wollen, während in Wirklichkeit sie noch nicht zu etwas Aehnlichem gelangt sind, trotzdem verschiedene Jahre seit dem Beginn der Arbeiten verflossen und enorme Summen ausgegeben sind.

In meiner ersten Abhandlung setzte ich nach Schlichting die Resultate der Elberegulirung in Sachsen auseinander. Man hatte hier beinahe die gewünschte Tiefe erreicht, als plötzlich der niedrigste Wasserspiegel um 0,20 m fiel und die gewünschte Tiefe sich um ebensoviel verminderte. Seit dieser Zeit haben sich die Verhältnisse anscheinend noch verschlechtert.

In einer Sitzung des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Dresden am 31. März 1879, in welcher die Regulirungssysteme besprochen wurden, durch welche man in der Elbe in Sachsen eine Schifffahrtstiefe von 1 m erreichen wollte, wurde gesagt, dass die auch in Schlichting's Werken erwähnten Regulirungsarbeiten nur unbeträchtliche Resultate aufweisen. In derselben Sitzung wurde das Project besprochen, im oberen Laufe Thalsperren, Reservoirs anzulegen, durch welche genügende Wassermengen zur Herstellung der nöthigen Wassertiefe für die Schifffahrt bei Niederwasser erhalten würden. Die Ausgaben hierfür wären jedoch ganz enorm; um z. B. eine Wassertiefe von 1,00 m fortwährend zu erhalten, müssten 15 Mill. Mark und bei 1,6 m 160 Mill. Mark zu obigen Zwecken verwendet werden.

Die öffentliche Meinung in Deutschland nimmt, nach der grossen Zahl hierüber veröffentlichter Werke zu schliessen, lebhaften Antheil an der Frage der Schiffbarmachung der Flüsse. Ueber diejenige der Oder existirt eine ganze Literatur und überall findet man den vollständigen Misserfolg, hinsichtlich der Schifffahrtsverbesserung, der an diesem Flusse ausgeführten Arbeiten. — Das am richtigsten über diesen

*) Auf der Strecke Münden-Carlshafen (45 km lang) soll 0,80 m Tiefe, Carlshafen-Minden (139 km lang) 1,0 m Tiefe, Minden-Bremen (149 km lang) 1,25 m. Siehe Centralblatt 1881 und Deutsche Bauzeitung 1880 und 1881.

***) Auf dem Rhein von Bingen nach St. Goar auf 60 km 2,0 m Tiefe, St. Goar-Cöln 140 km 2,50 m, Cöln bis zur holländischen Grenze 160 km 3,0 m Tiefe.

Gegenstand urtheilende Werk, welches zu gleicher Zeit die Möglichkeit und den glücklichen Erfolg einer Canalisirung vertritt, ist ein von dem Reg.- und Baurath Fessel Verfasstes (Verlag bei Bechewitz in Oppeln 1872 „Zur Schiffbarmachung der Oder“). Derselbe schrieb auch Artikel in der D Bztg. 1872 pag. 355 und 1873 pag. 28. Wir rathen Jedermann, dieses Werk zu lesen, denn obgleich dasselbe vor 8 Jahren erschien, so gelten doch heute noch die vom Verfasser ausgesprochenen Ansichten.

Wenn im preussischen Ministerium für öffentliche Arbeiten die Canalisirung — dieses einzige sichere Mittel zur Schiffbarmachung — nicht gehörig gewürdigt wird, so darf man sich keinen sicheren Erfolg von der Schiffbarmachung der deutschen Flüsse versprechen. Uebrigens war es sehr angenehm, aus der D Bztg. 1880 (März) entnehmen zu können, dass die Polemik über die verschiedenen Regulirungssysteme insofern von Nutzen war, als der Minister für öffentliche Arbeiten in Folge hiervon mehrere bewährte Ingenieure, Hrn. Bering, Schiffahrtsdirector des Rheins, Hrn. Geh. Baurath Hagen und den Hrn. Geh. Oberbaurath Bänisch zum Studium der Regulirungsarbeiten nach Frankreich sendete*). Derselbe Zeitung schrieb, dass angeblich die Stimmung im Reichstage dahin ging, alle Regulirungsarbeiten zu sistiren, bis eine Specialcommission sich über die Frage geeinigt hätte. In Nr. 21 desselben Blattes ist erwähnt, dass der Oberbaudirector Weishaupt nach Amerika reisen wird, um die dortigen Schiffahrtsstrassen zu studiren.

Beim Betrachten der Tragfähigkeit der deutschen Flussschiffe**) findet man, dass ungeachtet der geringfügigen Minimaltiefe an den seichten Stellen, nach den Notizen Bellingrath's die Tragfähigkeit verhältnissmässig gross ist; man kann sich dieses durch den Umstand erklären, dass die im Hügellande entspringenden Flüsse durch den häufigen Regen ziemlich höhere Wasserstände während längerer Zeit haben***).

Die Weichsel hat einen solchen Character; auf diesem Flusse ist während der trockenen Zeit immer eine Wasserhöhe von 0,35—0,47 m an den seichten Stellen und doch fahren in dieser Zeit Schiffe mit 1,20 m Tiefgang in beladenem Zustande, die ein Auflaufen nicht befürchten, muthmasslich wegen des Steigens des Wassers durch den zeitweise eintretenden Regen.

Diese Verhältnisse erklären es, dass die Schiffahrt trotz des Misserfolges vieler Regulirungsarbeiten in Deutschland leidlich geht und theilweise mit der Bahn concurriren kann; sie erklären endlich noch den Umstand, warum in Preussen die officiellen Anzeigen für die Schiffer, d. h. die Berichte über die Flussarbeiten nicht die Minimaltiefe an den Sandbänken eines Flusses angeben, sondern die mittlere Tiefe in bestimmten Zeiten. Auf diese Weise wird oft die mittlere monatliche Wassertiefe als Minimaltiefe der Schiffahrt zu Grunde gelegt.

Aber die Verhältnisse gestalten sich wesentlich anders, wenn man den mittleren Monatswasserstand ausser Acht lässt und nur die Minimaltiefe betrachtet. In deutschen Flüssen hat übrigens die Minimaltiefe, deren erwünschte Erhöhung noch nicht gelungen ist, keinen so schädlichen Einfluss wie in den Flüssen anderer Länder, wo diese höheren langandauernden Wasserstände fehlen. In Russland z. B. besteht eine Minimalhöhe des Wasserstandes beinahe während der ganzen Schiffahrtsperiode, deshalb wäre auch ein Misserfolg der Regulirungsarbeiten daselbst viel empfindlicher, als in Deutschland. Hieraus geht hervor, dass die Canalisirung der seichteren Flüsse in Russland noch nöthiger als in Deutschland ist, übrigens bringt sie auch für Russland verhältnissmässig grösseren Nutzen.

Der erste Theil dieser Abhandlung wurde, wie seiner Zeit schon erwähnt ist, ohne jede Voreingenommenheit geschrieben; einzig und allein um unparteiisch die verschiedenen Systeme zur Schiffbarmachung der Flüsse zu vergleichen. Aber jetzt hat auch ein vollständigeres Studium der verschiedenen Regulirungen mittelst Einschränkungswerken mich zu der Ueberzeugung gebracht, dass durch dieselben eine beträchtliche Tiefenvermehrung der Flüsse nicht erzielt werden kann. Ich bemühte mich, gestützt auf die Anwendungen der bis jetzt bekannten Gesetze über die Bewegung des Wassers in regelmässigen und unregelmässigen Flussbetten, der gemachten Erfahrungen, sowie der von allen Autoritäten als massgebend be-

*) Ist geschehen. Siehe hierüber Bericht von L. Hagen u. s. w. über französ. Flüsse in der Zeitschrift für Bauwesen 1880 und 1881.

**) Eine interessante Zusammenstellung über die Frachtschiffe auf deutschen Wasserstrassen kommt in der Deutschen Bauzeitung 1881, Nr. 49 und 51, Vortrag in der General-Versammlung des Central-Vereins für Hebung der deutschen Fluss- und Canalschiffahrt von Prof. J. Schlichting.

***) Siehe über die Weichsel Erbkam's Zeitschrift 1862; über die Memel D. Bztg. 1875; über die Elbe und Saale Erbkam 1874; Graeve, Wasserreichthum deutscher Flüsse, Civilingenieur 1879; Weser, Centralblatt 1881, Nr. 24; Verhältnisse der Seine Annales des ponts et chaussées 1847, II. Band, S. 159, Lagrené's Werk u. s. w.

trachteten Fälle, zu zeigen, dass bei einem Flusse mit beweglicher Sohle die Einschränkungswerke eine Wasservertiefung an seichten Stellen verursachen, dabei aber auch häufig eine Wasserspiegelsenkung oberhalb nach sich ziehen und deshalb oft diese Flussstrecken, deren Tiefe vorher genügend war, verderben. Ich zeigte endlich die Thatsache der Aufhebung des dynamischen Gleichgewichts in Folge der Beseitigung von Untiefen durch Einschränkungswerke, und fügte hinzu, dass es bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft und der Praxis unmöglich ist, zum Voraus mit mathematischer Sicherheit die Veränderungen, welche die Einschränkungsarbeiten nicht allein bei den Untiefen, sondern über die ganze Flussstrecke erzeugen, zu bestimmen. Der französ. Ingenieur Pasqueau, welcher die zweite Rhonestrecke unter sich hat (von Lyon bis 25 km flussabwärts), studirte die Frage zu gleicher Zeit und drückte dasselbe vollständiger und klarer als der Verfasser aus, weshalb später dessen Urtheil über Flusscanalisierung erwähnt werden soll.

Arbeiten an der Rhône.

Es ist bekannt, dass man in Frankreich — dem Lande, welchem die Vermehrung seiner Naturschätze so sehr am Herzen liegt — nach dem letzten Kriege die Aufmerksamkeit hauptsächlich auf Vermehrung der öffentlichen Verkehrswege richtete. Für Herstellung neuer Schiffahrtstrassen und Verbesserung der Aelteren wurde ein Credit von etwa 800 Millionen Mark bewilligt. Die Rhône, d. i. diejenige Schiffahrtsstrasse, welche den Süden mit dem Norden Frankreichs vereinigt oder die Nordsee mit dem Mittelländischen Meere verbindet, wurde hiebei hauptsächlich in's Auge gefasst. Die Regulierungsarbeiten an diesem Strome datiren aus ältester Zeit, aber dieselben haben nicht die vollständige Regulirung des Flusses im Gefolge gehabt und die Schiffahrt hat zur Zeit des Niederwassers grosse Schwierigkeiten zu überwinden, trotzdem die Schiffe nur 0,6—0,7 m Tiefgang haben *).

Project des Ingenieur en chef Jacquet **).

Im Jahre 1878 wurde der Chef-Ingenieur Jacquet beauftragt, ein Project für Verbesserung dieses Flusses so zu entwerfen, dass selbst beim Niederwasser auf der Strecke zwischen Lyon und Arles, an welcher letzterem Orte das Flussgebiet der Rhône beginnt, die Schiffahrt 1,6 m Minimalwassertiefe habe. Jacquet fasste nun bei diesem Projecte nur einen Theil des besonderen Characters des Flusses, nemlich sein grosses Gefälle, das bis 1 : 1700 beträgt, in's Auge und hielt deshalb den Gedanken einer Canalisierung mittelst Schleusen und Wehranlagen für unmöglich; denn bei der Anlage von Schleusen und Wehren nach der bis jetzt gebräuchlichen Methode, bei der man das Gefälle nur auf den Stau der Wehre vertheilt, hätte man auf je 5—6 km Länge eine Wehranlage errichten müssen, was natürlich beinahe undurchführbar gewesen wäre. Wesswegen Hr. Jacquet einen andern Weg einschlug und dabei die Lehren vergass — wenn ich mich so ausdrücken darf — welche man vorher durch andere in Frankreich auf der Rhône selbst und der Loire ausgeführten Regulierungsarbeiten bekam und er hat seinem Projecte die Regulirung mittelst Einschränkungswerken zu Grunde gelegt. Da eine Abhandlung des Hrn. Jacquet über das Project wahrscheinlich bald veröffentlicht wird, so wurde von einer die Einzelheiten umfassenden Beschreibung desselben Abstand genommen und soll mit wenig Worten auseinandergesetzt werden, auf was der Verfasser sein Project stützt. Die Thatsache, dass der Niederwasserspiegel in Folge der Einschränkung des Flusses an den Untiefen sich senkt, wird nicht nur von Hrn. Jacquet nicht verneint, sondern er bestätigt diess selbst und stützt sich hiebei auf Fälle in der Praxis, die sich auf frühere Bauten in der Rhône beziehen.

So z. B. hat sich an der Einmündung der Saône in die Rhône bei Lyon der niedrigste Wasserspiegel in der Rhône in Folge der Einschränkungsarbeiten unterhalb dieser Stelle um 0,14 m unter denjenigen vom Jahre 1854 gesenkt, und fiel noch um 1,28 m, so dass in einem Zeitraum von 20 Jahren sich eine Senkung von 1,42 m ergab.

Hr. Jacquet gibt zu, dass eine derartige Senkung des Niederwasserspiegels an einer Flussstelle lästig fallen und selbst die Arbeiten, welche an oberhalb gelegenen Untiefen gemacht werden, vollkommen

*) Janicki hatte im Jahre 1874 Gelegenheit, diese Schwierigkeiten an Ort und Stelle kennen zu lernen bei Gelegenheit des Transportes des Dampfschiffes „Magyar“, der für die Hafendarbeiten zu Fiume in Dalmatien bestimmt war. Siehe Bericht von Hagen, Schlichting u. s. w. in der Zeitschrift für Bauwesen 1880 und 1881.

***) Siehe Reisebericht des Geh. Oberbaurath Hagen über einige Flüsse in Frankreich: Rhône, Loire u. s. w. Zeitschrift für Bauwesen 1881, Heft I—III.

verderben kann, aber er glaubt dem Uebelstand durch verschiedene Mittel abhelfen zu können, die er in seiner Abhandlung anführt und welche in allgemeinen Zügen hier wiedergegeben werden sollen: „Die verschiedenen, seit längst verflossenen Zeiten bis 1860 an der Rhône ausgeführten Arbeiten bezweckten hauptsächlich den Schutz der Ufer und den der benachbarten Ländereien gegen Ueberschwemmungen; während für die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse nur vereinzelte Arbeiten ohne Zusammenhang oder allgemeinen Plan ausgeführt wurden, sodass dieselben im Allgemeinen keine Verbesserung der Schiffbarkeit ergaben, einige Stellen ausgenommen, wo sie wirklich günstige Resultate im Gefolge hatten. Erst seit 1860 hat man mit beträchtlichen Mitteln angefangen, die Rhône in Hinsicht auf Schiffbarmachung zu reguliren. Die Arbeiten bezweckten mittelst niedriger Parallelwerken ein neues Niederwasserbett an den Stellen, wo die Wassertiefe ungenügend war, zu bilden. Diese Arbeiten sind zwar vielfach von Erfolg begleitet gewesen, man hat aber im Allgemeinen, nach der Aussage des Hrn. Jacquet, nicht den erwünschten Erfolg gehabt, nemlich die Möglichkeit, den Tiefgang der zwischen Arles und Lyon fahrenden Schiffe zu vermehren, und andererseits haben die Arbeiten die Bildung von neuen Sandbänken nach sich gezogen. Aber man darf nach Hrn. Jacquet kein Gewicht auf die, von den Arbeiten bereits verschlungenen Summen legen*), weil die vollständige Schiffbarmachung eines Flusses nicht dadurch bewerkstelligt werden kann, dass man eine Untiefe nach der andern beseitigt, sondern nur dadurch, dass man auf einmal den Fluss auf seine ganze Länge corrigirt.“

Hr. Jacquet schreibt, wie alle jetzigen und verflossenen Anhänger der Einschränkungswerke, die theilweise ungenügende Tiefe einzig und allein dem Gefälle zu, welches sehr verschieden vom mittleren Gefälle ist, und zwar ist dasselbe in den tiefen Flussstrecken zu klein und in den Seichten zu gross. Hr. Jacquet urtheilt ganz richtig, wenn er die geringe Sicherheit der Arbeiten anerkennt, die sich darauf beschränken, die Tiefen an den Sandbänken allein durch Einschränkungswerke zu vermehren; er gibt auch zu, dass in Folge dieser Arbeiten nur eine allgemeine Senkung des Wasserspiegels entsteht und daher die gewünschte Verbesserung der Schiffbarkeit nicht erreicht werden wird, aber er hofft mittelst der von ihm vorgeschlagenen Arbeiten diese Nachtheile zu vermeiden und stützt sich auf folgende Betrachtungen: Das mittlere Gefälle der zwischen Lyon und Arles zu regulirenden Flussstrecke ist sehr gross, schliesst aber keineswegs die Möglichkeit aus, für den Niederwasserstand ein regelmässiges Bett mit genügender Tiefe zu bilden. Hr. Jacquet führt als Beweismittel für seine Ansicht an, dass verschiedene vollständig regulirte und die erstrebte Tiefe besitzende Flussstrecken in der Rhône vorhanden sind und sich seit 1860 erhalten haben. Diese Musterstrecken, die eine Länge von 7—8 km haben, besitzen ein Gefälle, das wenn auch nicht grösser doch mindestens ebenso gross als das mittlere Gefälle der Rhône-strecke ist, in der sie liegen.

Wenn also, sagt sich Hr. Jacquet, ein Gefälle, das sogar ein wenig grösser als das Mittlere ist, das verlangte Flussprofil zulässt, so ist es selbstverständlich, dass dieses Bett gleichmässig auf der ganzen Flussstrecke hergestellt werden kann.

Zwar sind einige Untiefen vorhanden, an denen das Gefälle so gross wird (an einer Stelle bis 1:170), dass es ganz unvereinbar mit der Schaffung eines Niederwasserprofils von genügender Tiefe ist, aber wie wir weiter sehen, findet Hr. Jacquet die Mittel, um diesem Uebelstande abzuhelpfen.

Die Lösung der Regulirungsfrage der Rhône führt Hrn. Jacquet darauf zurück, dem Flusse soviel als möglich ein gleichmässiges mittleres Gefälle zu geben, aber da eine vollständige Lösung dieser Aufgabe unmöglich ist, so theilt er dieselbe in 3 Theile und zwar:

1. das vorhandene Gefälle, wo es nur wenig vom Mittleren abweicht, so viel als möglich zu erhalten;
2. an den Stellen, wo das Gefälle so gross ist, dass die gebräuchliche Schaffung eines Niederwasserprofils unmöglich ist, diess dadurch zu erreichen, dass man das vorhandene Gefälle wenig verändert und zu gleicher Zeit die Senkung des Wasserspiegels in der oben gelegenen Flussstrecke anstrebt;
3. die unvermeidliche Senkung des Niederwasserspiegels dadurch unschädlich zu machen, dass man das Gefälle in den Strecken grösser macht, wo diess ausführbar ist.

*) Von 1860—1878 d. h. bis zur Bewilligung des neuen Credits von 36 Millionen Mark hat man für die Arbeiten von Lyon bis Arles auf 281 km Länge etwa 22 Mill. Mark ausgegeben oder ca. 80,000 Mark pro km. Diese Summe war nicht genügend und muss deshalb als weggeworfen betrachtet werden, weil an vielen Stellen die alten Werke den Neuen nur hinderlich sind.

Ehe wir an die eingehende Beschreibung der von Hrn. Jacquet zur Erreichung seines Zweckes vorgeschlagenen Mittel gehen, sollen diese allgemeinen Vorschläge besprochen werden. Wir können nun nicht zugeben, dass die Schwierigkeit, ein Flussbett auszubilden, nur von dem Gefälle desselben abhängt, sondern auch grösstentheils von der Beschaffenheit des Terrains, durch welches der Fluss führt. Wenn die Flusssohle genügend widerstandsfähig ist und die Wassermenge hinreicht, um das verlangte Bettprofil auszufüllen, so kann man immer eine gewisse Minimaltiefe erreichen, allerdings häufig nur unter gleichzeitiger Vermehrung der für die Bergschiffahrt lästigen Strömung (abgesehen von einer zu grossen Strömung, welche die Schifffahrt verhindert). Bei einem Terrain aber, welches durch die vergrösserte Strömung angegriffen wird, ist es vollständig unmöglich, so zu diesem Ziele zu gelangen*).

Die früheren Arbeiten haben die gewünschte Tiefe auf einigen kurzen Flussstrecken ergeben und Hr. Jacquet findet darin nach seiner eigenen Aussage einen triftigeren Anhaltspunkt, als an den theoretischen Abhandlungen, um überall dasselbe Ziel durch die, von ihm vorgeschlagenen Arbeiten zu erreichen; aber an den betreffenden Strecken war wahrscheinlich die Sohle widerstandsfähiger, als an den anderen Flussstellen. An einer anderen Stelle seiner Abhandlung spricht übrigens Hr. Jacquet selbst von der verschiedenen Festigkeit des Terrains, durch welches die Rhône fliesst, und erkennt an, dass an verschiedenen Stellen die Widerstandsfähigkeit des Bettes so gross ist, dass die stärkste Strömung dasselbe nicht angreifen könne. Nach unserer Ansicht genügt das Vorhandensein einer genügend tiefen und ziemlich regulirten Flussstrecke von einigen Kilometer Länge, mit einem annähernd mittleren oder selbst grösseren, als das mittlere Gefälle, nicht, um damit den Beweis zu liefern, dass eine ähnliche Einschränkung dieselben Resultate auf allen anderen Flussstrecken ergeben müsse. Was nun die Strecken anbelangt, an welchen vor Ausführung der Correction ein Gefälle gleich dem mittleren Gefälle, aber ungenügende Tiefe war, und wo es nach Hrn. Jacquet genügte, den Wasserlauf in dem regulirten Bette zusammenzudrängen, um die gewünschte Tiefe zu erlangen, so drängt sich uns unwillkürlich die Frage auf: auf welche Weise kann man dieses vorhandene Gefälle fixiren**)? Endlich an den Stellen, an welchen vor Einschränkung des Niederwasserbettes das Gefälle zu stark und unvereinbar mit der verlangten Bettbildung ist, scheinen die von Hrn. Jacquet vorgeschlagenen Mittel, nemlich das Gefälle nur so wenig als möglich zu vermindern und eine kleine Senkung des oberhalb sich befindlichen Wasserspiegels vorzunehmen, ebenso nichtig als unausführbar zu sein. Kennt man denn an jeder Stelle mit genügender Sicherheit die Beschaffenheit der Geschiebe und die Gesetze ihrer Bewegung, um zum Voraus die Grenzen der Fortbewegung festsetzen und dafür aufkommen zu können, dass dieselbe unserer Voraussetzung entspricht***). Auf solchen wechselnden Grundlagen basirt das Jacquet'sche Schiffbarmachungsproject der Rhône. Er erkennt zwar vollständig die Gefahren zu grosser Auskolkungen an und sucht die Strömung, welche die Sohle angreift, nur in dem Augenblicke sich vermehren zu lassen, in welchem der fallende Wasserspiegel sich dem Niederwasser nähert.

Zur Erreichung dieses Zweckes werden die Parallelwerke niedrig gehalten, wenn möglich nicht höher als das Niederwasser, jedenfalls aber unter dem sogenannten „regulirenden Wasserstande“, welche Bezeichnung von Hrn. Jacquet dem Wasserstande gegeben wird, welcher bei fallendem Hochwasser eintritt und die Erhöhungen und Vertiefungen im Flussbette veranlasst, und ziemlich willkürlich die Höhe dieses regulirenden Wasserstandes auf 1,5 m über Niederwasser festgesetzt †); weil von da an die allgemeine Geschiebebewegung aufhöre. Ausserdem hat Hr. Jacquet ein eigenthümliches neues Mittel zur Gefällevermehrung, an den Strecken wo es zu klein ist, vorgeschlagen, zur Erzielung eines gleichmässigeren Gefälles auf der ganzen Länge und Abschwächung der Stromschnellen; er will nemlich die in der Nähe der Konkaven erzeugten Tiefen, welche gewöhnlich durch Auskolken der Sohle entstehen und nicht nur ein zu grosses Querprofil für Niederwasser, sondern auch ein zu schwaches Gefälle verursachen, dadurch unschädlich machen, dass er die Strömung von der Konkaven abhält und zwar durch ein Parallelwerk, welches mehr der Bogensehne sich nähert und dessen Höhenlage nur wenig über Niederwasser ist. Die Niederwasserrinne wird längs dieses neuen Dammes geführt, der wegen seiner niedrigen

*) Diess beweisen auch die Arbeiten in der Elbe, dem Oberrheine. S. „Das Schiff“ 1881 Nr. 90.

**) S. Abhandlung über die Rhônearbeiten in „Les Annales des Travaux publics“. November 1881 Nr. 23.

***) Die Anwendung von Grundschwellen hat neben den grossen Kosten der Ausführung und Unterhaltung noch das Missliche, sich bis jetzt nicht erprobt zu haben, besonders bei grösseren Strömungen, S. auch „Das Schiff“ 1881 Nr. 88, 89, 90, 91.

†) Siehe auch Reisebericht des Geh. Oberbaurath Hagen, Zeitschrift für Bauwesen 1881 S. 105, sowie den von Prof. Schlichting, Zeitschrift für Bauwesen 1880 S. 391.

Lage weniger leicht eine Auskolkung veranlassen wird; weshalb man auch das Gefälle grösser machen darf. Zur Vermeidung schädlicher Strömungen hinter diesem Parallelwerke und zwar besonders bei höheren Wasserständen soll dasselbe mit dem Ufer durch Traversen verbunden werden, wie es auch sonst häufiger bei Parallelwerken gebräuchlich ist.

Hr. Jacquet gibt zu, dass das von ihm vorgeschlagene Mittel sich zwar noch nicht vollständig in der Praxis bewährt habe, aber er hofft trotz der Schwierigkeit einer genauen Bestimmung des neuen Gefälles auf günstigen Erfolg. Es soll später diese Frage weiter erörtert werden *).

Die Vorschläge des Chef-Ingenieurs Jacquet wurden vom französ. Ministerium für öffentliche Arbeiten geprüft und hat man zum Bedauern vieler Ingenieure und Vertreter der Schifffahrtsinteressen dieses Landes angefangen, die betreffenden Arbeiten auszuführen.

Schiffbarmachungsproject der Rhône nach dem Vorschlage des Ingenieurs Pasqueau.

Hr. Pasqueau, Ingenieur der zweiten Rhönestrecke, ist durch Studium der, von seinem Chef, dem Ober-Ingenieur Jacquet vorgeschlagenen Arbeiten und durch sachgemässe Anwendung der Wasserbewegungsgesetze auf einen Fluss mit beweglichem Bette zu denselben Schlüssen, wie die in dem ersten Theil dieser Abhandlung ausgesprochenen, gelangt. Der Ingenieur Pasqueau basirt sein Project auf die Erbauung von beweglichen Stauanlagen (Canalisirung) und Regulirung des oberen Theiles einer Schleusenstrecke durch Einschränkungswerke.

In den bemerkenswerthen Studien des Hrn. Pasqueau findet man:

1. die vollständige Begründung seiner Annahmen;
2. eine glückliche Vervollständigung meiner nicht ganz klar ausgesprochenen Ausführungen;
3. eine neue praktische Verwerthung der Canalisirung an einem Flusse, der früher als nicht canalisirbar angesehen wurde.

Nachstehend soll das Wesentliche der Pasqueau'schen Vorschläge den Lesern mitgetheilt werden:

Der Verfasser bestätigt zuerst die Senkung des Niederwasserspiegels der Saône in der Strecke zwischen dem letzten Wehre an der Insel Barbe und der Mündung in die Rhône. Diese Senkung, welche in 20 Jahren 1,42 m erreichte, hat verschiedene Arbeiten in dieser Flussstrecke nöthig gemacht, und zwar die Vertiefung des Flusses, Verstärkung der unterwaschenen Quaifundamente, Vertiefung des Hafens von Vaise u. s. w. **). Die Schifffahrt, welche in dieser Flussstrecke, besonders bei der Stadt Lyon, sehr lebhaft ist, hatte derart unter den niedrigen Wasserständen gelitten, dass der französ. Minister für öffentliche Arbeiten beschloss, ein neues Wehr bei der Vorstadt la Mulatière an der Einmündung der Saône in die Rhône zu errichten. Der Bau dieses Wehres wurde Hrn. Pasqueau übertragen, der dasselbe im Laufe des Jahres 1880 nach den entworfenen Plänen ausführte.

Eine neue, von Pasqueau erfundene Verbesserung wurde bei dem ausgeführten Chanoine-Klappenwehre angewandt. Dieselbe bietet insofern grösseres Interesse, als hierdurch die beweglichen Wehre wesentlich vervollkommenet wurden; eine Notiz hierüber nebst Skizze ist in Hagen's Reisebericht.

Hr. Pasqueau, welcher die Ursache dieser ebenso auffallenden als schädlichen Senkung des Niederwasserspiegels in der fraglichen Saönestrecke studirte, kam zu dem Schlusse, dass die Senkung nur das verhängnissvolle Ergebniss der Anwendung der Parallelwerke ist, durch welche man seit 1855 die Schifffahrtsverhältnisse der Rhône verbessern wollte. Da die hervorragende Arbeit Pasqueau's in kurzer Zeit wahrscheinlich auch in Deutschland veröffentlicht werden wird, und zwar mit zahlreichen Plänen und Skizzen nach officiellen Quellen und ausserdem eine eingehende Beschreibung aller dieser Sachen die der Abhandlung vorgezeichneten Grenzen überschreiten würde, so soll hier nur das Wesentliche mitgetheilt werden.

Hr. Pasqueau schliesst aus einer Vergleichung der Wasserhöhen und Querprofile des Flusses vor Beginn der Arbeiten von 1855 mit den in letzter Zeit Gemessenen, dass bis jetzt nicht eine einzige Un-

*) Nach den neuesten Nachrichten, welche Hr. Janicki erhielt, sollen die an verschiedenen Strecken probeweise ausgeführten Jacquet'schen Werke sich nicht bewährt haben und an eine andere Art der Correction (wahrscheinlich mit theilweiser Canalisirung) gegangen werden. S. „Les Annales des Travaux publics“ November 1881 Nr. 23.

***) Bericht von Geh. Oberbaurath Hagen, Zeitschrift für Bauwesen 1881, I. — III. H.

„ „ „ Professor Schlichting. „ „ „ 1880 S. 387.

tiefe in der Rhône beseitigt wurde, ohne zu gleicher Zeit den Wasserspiegel in der oberen Strecke zu senken und ohne zu gleicher Zeit der unterhalb gelegenen Strecke durch die Ablagerung der von der corrigirten Strecke fortgerissenen Geschiebe zu schaden. Die Rhône besteht wie die meisten Flüsse aus einer Reihe tiefer Flussstrecken, welche durch eine Art Stromschnellen getrennt sind. Nun nivellirte man bis jetzt immer die Wasserspiegeloberfläche kilometerweise ein mit der Notirung, dass der und der Kilometer ein solches Gefälle, der andere Kilometer ein Anderes habe u. s. w. Hr. Pasqueau bemerkt hiezu ganz richtig, dass man um die Schiffbarmachungsfrage zu lösen, ein detaillirteres Nivellement der Wasserspiegeloberfläche nöthig habe.

In den besseren Flussstrecken, d. h. in solchen, welche keine der Schifffahrt lästige Untiefen besitzen, beträgt das mittlere Gefälle 1 : 2500 bis 1 : 5000, in den schlechteren Strecken 1 : 900 bis 1 : 1200; aber ein genaueres Nivellement zeigte, dass das Gefälle oder besser gesagt die Wasserspiegelneigung in jedem Kilometer mangelhafter Flussstrecke sich localisirt und fast gänzlich bei den Untiefen (Stromschnellen) concentrirt ist und deshalb das Längenprofil des Niederwasserspiegels nicht eine gebrochene Linie bildet, deren Gefälle mit jedem Kilometer wechselt, sondern eine Curve aus annähernd geraden Strecken an schwachen Gefällsstellen und scharfen Krümmungen an den Untiefen*). In seiner Strecke, in welcher ein mittleres Gefälle = 1 : 1000—2500 ist, hat Hr. Pasqueau Untiefen gefunden, bei denen das Gefälle 1 : 300, ja selbst 1 : 170 betrug. Fügt man nun zu dem Längenprofil des Wasserspiegels dasjenige der Flusssohle hinzu, so sieht man, dass die Vermehrung des Wasserspiegelgefälles einer Erhöhung der Flusssohle entspricht (Untiefe). Die Untiefe bildet sozusagen einen überflutheten Damm, über welchen sich die Wassermasse ergiesst; es geht hieraus hervor, dass je grösser das Gefälle über einer Untiefe im Vergleich zum mittleren Gefälle ist, desto schwächer es in der oberhalb gelegenen seeartigen Strecke sein muss; wenn man nun diesen natürlichen Damm (Untiefe) künstlich durch Wegschwemmen oder Ausbaggerung zerstört, so ist leicht einzusehen, dass der neue Wasserspiegel sich bis zur Wasserspiegeloberfläche der unteren Strecke senken wird und da in jeder tiefen Flussstrecke das Gefälle sehr gering und das Querprofil verhältnissmässig breit ist, so wird die erreichte Wirkung beinahe dieselbe über die ganze Flussstrecke sein und die durch Beseitigung der ersten Untiefe hervorgerufene Senkung wird sich beinahe vollständig bis zum Fusse der nächsten oberhalb gelegenen Untiefe fortpflanzen. Diese Letztere erhält hierdurch ein stärkeres Gefälle, nemlich das Ursprüngliche und dasjenige, welches durch die Beseitigung der einen Untiefe erzeugt wurde; wenn die zweite Untiefe beseitigt wird, so pflanzt sich das Gefälle auf die dritte Strecke fort u. s. w. Hr. Pasqueau präcisirt dieses Verhältniss folgendermassen: Die Rhône bildet bei Niederwasser eine Reihe von Canalstrecken, welche durch Wasserfälle verbunden sind, sie bildet sozusagen eine Treppe. Wenn man einen Tritt beseitigt, um das lästige Hinderniss wegzuschaffen, so wird die nächste Stufe noch lästiger, und wenn man mehrere Stufen beseitigt, so entsteht eine Mauer, welche durch kein Mittel wegzubringen ist. Durch die Einschränkung des Flussprofils mittelst Parallelwerken erhält man zwei verschiedene Resultate, je nachdem das Terrain beweglich ist oder nicht. Wenn das Flussbett nicht angegriffen wird, so concentriren die Parallelwerke das Wasser und der Wasserspiegel hebt sich; wenn das Flussbett angegriffen wird, so senkt sich die Sohle und gibt hierdurch eine grössere schiffbare Tiefe. Hr. Pasqueau prüft einzeln diese zwei verschiedenen Wirkungsarten der Parallelwerke**). Die Wirkung des Stauens oder der Anschwellung durch die Parallelwerke kann in keinem Falle gross sein, denn man ist bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft befähigt, mit beinahe mathematischer Genauigkeit die durch die Parallelwerke im Flussbette erzeugte Wasserspiegelerhebung festzustellen. Aus dem Werke des Generalinspectors Dupuit „Etudes sur le mouvement des eaux courantes“ S. 113 kann man ersehen, dass in einem regelmässigen Flussbette die Wassertiefe vor und nach der Einschränkung umgekehrt proportional den $\sqrt[3]{(\text{Flussbreiten})^2}$ ist oder die Wassertiefen verhalten sich

$$\frac{H}{H_1} = \sqrt[3]{\frac{L_1^2}{L^2} \text{***}} \quad \text{wo} \quad \begin{cases} H \text{ und } H_1, = \text{Flusstiefen} \\ L \text{ und } L_1, = \text{Flussbreiten.} \end{cases}$$

In allen Fällen wächst der Stau proportional der ursprünglichen Tiefe und wenn dieselbe gering ist, wird ihre Vermehrung in Folge Verengung des Flussbettes auch sehr geringfügig sein. An einem Beispiel

*) Abhandlung über cykloidenförmiges Längenprofil der Flüsse. „Eisenbahn“ 1831.

***) Die zur Correction des Oberrheins zwischen Basel und Mannheim gebauten Parallelwerke haben diese Rheinstrecke gut regulirt, jedoch ist eine Schifffahrt wegen der grossen Strömung bis 3,5 m in der Sekunde und der sehr veränderlichen Geschiebeablagerung beinahe unmöglich. S. D. Bztg. 1869 S. 43, 1871 S. 383, 1872 S. 291, 1873 S. 283, 1874 S. 1—, 1875 S. 346.

****) Aus der Grundformel $Ri = bu^2$ oder $v = k \sqrt{Rj}$ gebildet.

sieht man diess am besten, wenn wir die Breite eines 0,5 m tiefen Flusses auf die Hälfte verengen, so erhalten wir eine $\frac{6}{10}$ grössere Tiefe oder 0,3 m mehr. Aber man darf nicht ausser Acht lassen, dass man diese Erhöhung nur unter der Voraussetzung erhält, dass die Einschränkungswerke fortlaufend ausgeführt sind, und da in der Praxis diese Werke nur an gewissen Stellen errichtet werden, so ist leicht begreiflich, dass die Resultate in Wirklichkeit andere d. h. Kleinere sind. Bei kürzeren Parallelwerken erhält man öfters negative Resultate, d. h. in der verengten Strecke ist der neue Wasserspiegel niedriger als der Frühere. In dem schon angeführten Werke von Dupuit pag. 116 berechnet der Verfasser den Einfluss der Verengung auf die Wasserhöhe bei verschiedener Länge der Parallelwerke und zwar an einem Flusse mit 1 m Tiefe, unter der Voraussetzung, dass man denselben auf die Hälfte einenge:

Bei 100 m Länge der Parallelwerke folgt eine Wasserspiegelsenkung von 0,15 m,	
„ 200 „ „ „ „ „ „ „	„ 0,09 „
„ 420 „ „ „ „ „ „ „	„ +—0 „
„ 1000 „ „ „ „ „ „ „	„ „ Wasserspiegelerhöhung „ 0,14 „
„ 2000 „ „ „ „ „ „ „	„ 0,29 „
„ 3000 „ „ „ „ „ „ *	„ 0,36 „
„ 4000 „ „ „ „ „ „ „	„ 0,43 „

Diese Zahlen zeigen, dass man, um eine Vermehrung der ursprünglichen Wassertiefe von 1,0 m auf 1,43 m zu erzielen, das Flussbett um die Hälfte auf 4 km Länge einschränken muss. Was die anderen Vortheile der Parallelwerke anbelangt, d. h. die Vertiefung der Sohle, so erklärt Hr. Pasqueau auf dieselbe Art, wie ich es selbst im ersten Theile dieser Abhandlung that, dass während der Zerstörung der Untiefe eine grössere Strömung sich bildet, jedenfalls stärker als die Ursprüngliche, welche Letztere das Flussbett nicht weiter angegriffen hat*).

In dem Maasse nun, in welchem bei konstantem Wasserspiegelgefälle das Profil vertieft wird, vermehrt sich die Geschwindigkeit und damit die Geschiebeführung. Auf diese Weise würde, wenn der Boden überall gleichmässig angreifbar wäre und das Gefälle gleichmässig bliebe, die Sohle unendlich vertieft werden. Aber in unserem Falle bleibt das Gefälle nicht konstant; wir haben früher gesehen, dass jeder Fluss aus Flussstrecken mit verschiedenen Höhenlagen besteht, welche durch Sandbänke (Stromschnellen) von einander getrennt sind. Wenn man nun einen dieser Sandbänke durch Parallelwerke beseitigt, so senkt man die obere Flussstrecke, dadurch wird der Höhenunterschied zwischen dieser oberen und der unteren Strecke solange vermindert, bis die durch die Parallelwerke erzeugte auskolkende Wassergeschwindigkeit aufhört und die Senkung in der oberen Strecke entsprechend gross ist. Man darf aber nicht vergessen, dass eine unvermeidliche Bedingung dieses Umstandes die Unveränderlichkeit des Wasserspiegels in der unteren Strecke ist, d. h. dieser Wasserspiegel muss seine ursprüngliche Höhenlage behalten. Wenn diese Strecke selbst in Folge von Auskolkungen der Untiefen sich senkt, so wird die obere Haltung, welche immer durch einen eingeeengten Canal davon getrennt ist, den Canal solange vertiefen, bis seine Wasserhöhe diejenige der unteren Strecke erreicht hat. Es geht aus dem Gesagten klar hervor, dass nur das Vorhandensein einer unterhalb liegenden Sandbank oder Stauanlage eine zu grosse Auskolkung einer vorhandenen Untiefe verhindern kann. Wenn alle hinter einander gelegenen Untiefen durch Parallelwerke begrenzt sind, so senken sich die Wasserspiegel der zugehörigen Flussstrecken von unten nach oben derart, dass sich diese Senkungen addiren, oder besser gesagt sich ergänzen. Hr. Pasqueau beweist an der Hand von Zahlen und Zeichnungen, dass die obenerwähnte Senkung des Niederwasserspiegels an der Einmündung der Saône durch die Beseitigung der unterhalb gelegenen Untiefen in der Rhône und zwar zu Oullins, Pierre-Bénite und Jvour hervorgerufen wurde. Hr. Pasqueau führt weiter aus, dass es unmöglich ist, die durch Auskolkung der Sohle erzeugten Wasserspiegelsenkungen durch den Stau der Parallelwerke auszugleichen. Die Tiefenvermehrung durch Parallelwerke ist selbst bei der Einschränkung des Flussbettes um die Hälfte nicht erheblich. Wie gross nun aber auch die Zahl der corrigirten Strecken sei, so erzeugen doch die in diesen regulirten Strecken angelegten Parallelwerke keine Wasserspiegelerhebung, die sich nach oben hin weiter überträgt, und nähert sich nur einer Max.-Erhöhung von 0,3—0,4 m, während die durch Wegspülen der Untiefen (Sandbänke) veranlassten Wasserspiegelsenkungen der verschiedenen Strecken sich nach

*) Nach Abhandlungen im „Schiff“ 1881 Nr. 90 haben die Regulirungen im Rheine, Elbe u. s. w. nur eine zu rasche Geschiebeführung zur Folge und können die nothwendig eintretenden Verfächtigungen nur durch Baggern beseitigt werden. Man sehe auch Lagrené, Cours de navigation.

oberhalb fortpflanzen, indem eine sich an die andere reiht, d. h. sich addiren. Hr. Pasqueau legt sich deshalb die Frage vor: Gibt es kein anderes Mittel, um über den Sandbänken eine Tiefe von 1,6 m zu erreichen? Könnte man nicht z. B. an einer Sandbank durch Ausgraben und Herstellen von Dämmen einen Canal so herstellen, dass derselbe für die Niederwassermenge dasselbe Gefälle erhalte wie das über der Untiefe*). Indem er zur Grundlage der Rechnungen die nur 300 m lange Untiefe bei Solaise nimmt, findet er, dass der Canal 40 m breit werden müsste und dann die Geschwindigkeit bei Niederwasser 3,28 m pro Sekunde, bei höherem Wasserstande noch mehr betragen würde. Es gibt nun keine Bodenart, die einer solchen Geschwindigkeit widerstehen könnte, woraus hervorgeht, dass die Sohle des Canales sich vertiefen und die obere Strecke in die untere sich entleeren, d. h. das Gefälle sich vermindern müsste. Man kann sich auch das Vorhandensein eines Längencanals, wie die Rhône mit 270 cbm Wassermenge, einem Gefälle von 1:2000 und mit regelmässigem gleichförmigem Querschnitte ohne Schleusen kaum denken. Nehmen wir an, sagt Hr. Pasqueau weiter, man könnte wirklich einen solchen Canal im Flussbette oder an der Flussseite ausführen, so müsste derselbe 91 m Breite haben, damit bei Niederwasser noch 1,6 m Tiefe vorhanden wäre und würde die Wassergeschwindigkeit an der Sohle alsdann bei Niederwasser 1,2 m pro Sekunde und bei einem 3,0 m höheren Wasserstande 2,0 m pro Sekunde betragen. Es ist nun erwiesen, dass weder die Flusssohle noch die Ufer einer solchen Geschwindigkeit widerstehen; der regelmässige Querschnitt und das Gefälle würden sich rasch ändern und sich wie in einem Flusse Krümmungen und Untiefen bilden, mit gleichen Wassertiefen, wie sie jetzt in der Rhône anzutreffen sind. Wenn nun die Erhaltung eines solchen Canales mit mittlerem Gefälle der Rhône, 1,60 m Wassertiefe und der Wassermasse der Rhône ohne Stauanlagen unmöglich ist, kann man da auf den Erfolg eines ähnlichen Canales rechnen, der aus Flussstrecken besteht, die an seichten Stellen ein 2—3fach grösseres Gefälle haben. Damit ein ähnliches Unternehmen ausführbar wäre, müsste an jeder Untiefe in einer Tiefe von 0,2—0,3 m ein vollständig fester Boden (Felsen) sich befinden und eine solche Sohle ist nicht überall in der Rhône vorhanden.

In dem zweiten Theile seiner Abhandlung beschreibt Hr. Pasqueau eingehend die im Jahre 1850 angefangenen Arbeiten, welche die Vertiefung der Schifffahrtsrinne in der ihm jetzt überwiesenen Rhônestrecke mittelst Parallelwerken bezweckten. Diese Strecke geht von Lyon bis Givors und ist 17 km lang. Vor Beginn dieser Correctionsarbeiten betrug die Minimaltiefe 0,6 m und waren 6—7 Untiefen (Stromschnellen) vorhanden, die nichts weniger als 1,6 m Tiefe hatten, jetzt ist die Minimaltiefe 0,80 m. Im Jahre 1874 fiel sie auf 0,55 m und waren 11 Untiefen vorhanden, die keineswegs 1,60 m Tiefe hatten. Daher sind durch diese Arbeiten nur die Hindernisse verlegt, nicht beseitigt worden.

Nachdem so die Misserfolge der älteren Regulierungsarbeiten durch Thatsachen bewiesen worden sind, prüft Hr. Pasqueau das neue Project von Hrn. Jacquet, das sich auf 3 Hauptpunkte stützt:

1. Tieferlegen aller älteren Parallelwerke von 1,0 m auf 0,5 m über Niederwasser und Errichtung neuer niedriger Parallelwerke;
2. Einschränken der, bei den früheren Arbeiten auf 180 m festgesetzten Normalbreite bei Niederwasser auf 130 m;
3. Beseitigen aller tiefen Flussstellen, um dadurch ein gleichmässigeres Gefälle der ganzen Flussstrecke entlang zu erzeugen.

Die geringere Höhe der neuen Parallelwerke soll nach der Ansicht des Hrn. Jacquet dazu dienen, den Angriff der Strömung in der Sohle zu vermindern, wenn der Wasserstand den sogenannten „Regulierungswasserstand“ überschreitet. Aber es ist aus dem Vorhergehenden erwiesen, dass die Höhe der Parallelwerke keinen Einfluss auf das Endresultat, d. h. die Vertiefung der Sandbänke hat. Es ist gewiss, dass die Vertiefung in den eingeengten Stellen bei niederen Werken langsamer erfolgt, als bei Höheren; aber das Endresultat wird in beiden Fällen dasselbe bleiben. Die Vertiefung kann in dem eingeengten Theile nur verhindert werden, wenn das Gefälle an dieser Stelle sich so vermindert, dass die Strömung mit der Terrainwiderstandsfähigkeit im Gleichgewichte ist**) oder es ist die Bildung eines grösseren oder geringeren Gefälles unabhängig von der Höhe der Parallelwerke. Die Verminderung der Normalbreite von 180 m auf 130 m ist durch die Verminderung der Niederwassermenge bedingt und gerechtfertigt.

*) Die Regulirung an der Weser „Latferder Klippen“ bei Hameln ist derart gemacht, allerdings bei Felsboden, übrigens sind bei derselben auch Versandungen eingetreten.

**) Die künstliche Befestigung mittelst Grundschwellen hat sich bei ähnlichen Verhältnissen noch nicht bewährt, und ist mindestens sehr kostspielig.

Diese Niederwassermenge, welche im Jahre 1850 zu 270 cbm pro Sekunde ermittelt wurde, ist nach den neueren Messungen auf 210 cbm gesunken. Diese grosse Verminderung rührt theils von Abholzungen, theils von der Regulirung der oberen Nebenflüsse her, wodurch die Abfuhr der Hochwasser beschleunigt wird, welcher Abfluss sich früher mehr auf einen grösseren Zeitraum vertheilte und den niedrigeren Wasserständen zu Gute kam. Auch das Verschwinden der Gletscher in der Nähe der Quellen trägt hierzu bei. Man hat eine ähnliche Verminderung der Niederwassermengen an anderen französischen Flüssen beobachtet. Hr. Pasqueau führt mit Recht an, dass man diese Thatsache bei den bedeutenden Regulierungsarbeiten der Rhône nicht ausser Acht lassen dürfe, da alle Regulierungsarbeiten auf eine bestimmte Niederwassermenge gegründet werden und eine Verminderung derselben die Grundlagen des Projectes über den Haufen wirft. Die Verminderung der Wassermenge rührt entweder, wie schon einmal bemerkt wurde, von natürlichen Ursachen her oder kann eventuell auch künstlich, z. B. dadurch veranlasst werden, dass man eine beträchtliche Niederwassermenge zur Speisung von Bewässerungscanälen verwendet.

Man ist dabei, sich über das Project eines Abzweigungscanales aus der Rhône zu entscheiden, welcher 70 cbm Wasser pro Sekunde aus dem Flusse erhalten soll: Hr. Pasqueau ist nun im Zweifel, ob dieses Project, welches der Rhône den dritten Theil der Niederwassermenge entzöge, ausgeführt werden könnte; denn auf welche Tiefe wäre z. B. die Canalsohle an der Stelle, wo der Canal in die Rhône mündet, zu legen, wenn vorauszusehen ist, dass die Flusssohle und der Wasserspiegel sich in Folge der ausgeführten Parallelwerke senken müssen.

Man wird mit Hrn. Pasqueau darin übereinstimmen, dass ein solcher Abzweigungscanal mit einer Flussregulirung durch Einschränkungswerke unvereinbar ist — während man bei Canalisierungsanlagen ziemlich viel Wasser aus dem Flusse nehmen kann, ohne der Schifffahrt zu schaden. Es sollen die Bemerkungen des Hrn. Pasqueau über die von Hrn. Jacquet projectirten Längsdeiche (Parallelwerke) in den konkaven Strecken mit überhöhtem Ufer, behufs Vergrösserung des an dieser Stelle zu schwachen Gefälles noch kurz angeführt werden. Bei einem festen Terrain könnte man allerdings hierdurch den Wasserspiegel in den stärkeren Krümmungen heben, aber man darf nicht ausser Acht lassen, dass die Krümmungen durch Wegschwemmen des Bodens gebildet wurden und deshalb an solchen Stellen wenig widerstandsfähiges Terrain vorhanden ist, weshalb hier der Fundamentalsatz gilt: dass mit einer Veränderung des Gefälles auch die Geschwindigkeit sich ändert. Der Fluss, welcher gezwungen ist, längs der weniger gekrümmten Parallelwerke zu fliessen, wird sich eine tiefere Rinne schaffen, wodurch eine Wasserspiegelerhöhung kaum eintreten wird.

Diese Deiche (Parallelwerke) welche etwa 0,5—1,0 m über Niederwasser zu liegen kommen, sind sehr störend für den Schifffahrtsbetrieb. Bei der geringsten Wasserspiegelerhöhung wird die Strömung wie früher längs der erhöhten konkaven Parallelwerke sich bewegen. Die Schiffe werden bei der Thalfahrt (flussabwärts) durch die Strömung leicht gegen diese, alsdann vom Wasser überflutheten Deiche geworfen, und bei der Bergfahrt wird die Anwendung von Pferdezug beinahe unmöglich, weil der auf dem alten Ufer befindliche Leinpfad in ziemlicher Entfernung von dem neuen Parallelwerke und in Folge hievon auch von der neuen Schifffahrtsrinne liegen wird. Endlich ist der Bau dieser Parallelwerke sehr theuer, weil sie sehr lang und sehr hoch geschüttet werden müssen. Die Geschwindigkeitsvermehrung, welche die Einschränkungswerke erzeugen, wird nach Hrn. Pasqueau's Meinung auch einen schlimmen Einfluss auf den Schifffahrtsbetrieb ausüben.

Durch eingehende Berechnungen, denen der jetzige Dampfschifffahrtsbetrieb auf der Rhône zu Grunde liegt, wird bewiesen, dass wenn die projectirten Arbeiten die gewünschte Tiefe von 1,60 m ergeben, die Strömung so vermehrt wird^{*)}, dass es trotz grösseren Tiefganges nicht möglich sein wird, die Transportkosten gen Berg zu vermindern^{**)} (auf der Rhône ist die Bergfahrt bedeutend) und würde deshalb der Hauptzweck der Schifffahrtsverbesserung nicht erreicht werden.

^{*)} Nach einem Aufsatz in der Zeitschrift „Das Schiff“ 1881 trat dieser Uebelstand u. A. auf dem Main ein. Ist auch am Oberrhein von Basel bis Mannheim etwa so gross, dass eine rationelle Schifffahrt unmöglich, da wegen der raschen Verkiesung etwa gelegter Tauco die Tauerei nicht anwendbar ist.

^{**)} Wenn Tauerei, d. h. Ketten- oder Seilschifffahrt betrieben wird, so ist der Einfluss der Strömung von geringerer Bedeutung, da z. B. auf dem Mittelrheine und der Elbe bei Strömungen von 1,5—3,0 m die Transportkosten durchschnittlich 0,5 Pfg. pro Ctr.-Meile betragen, während sie auf der Rhône jetzt etwa 0,8—1,0 Pfg. betragen. Es fragt sich allerdings, ob die starke Geschiebeführung der Rhône kein rasches Verkiesen der Kette oder des Drathseiles verursachen und dadurch die Tauerei unmöglich machen würde.

Nach dieser Kritik beschreibt Hr. Pasqueau die von ihm vorgeschlagenen Mittel zur wirklichen Verbesserung der Schiffbarkeit der Rhône. Sein Project beruht auf der gemischten Anwendung von Canalisirung mittelst beweglicher Wehre und Anlage von Einschränkungswerken. Er hofft dadurch nicht blos 1,60 m, sondern überall mindestens 2,0 m Tiefe zu erzielen. Durch Studium der von ihm verwaltenden Rhönestrecke, hatte er die Erfahrung gemacht, dass eine Tiefe von 2,0 m an den Stellen vorhanden ist und sich erhält, an denen das Gefälle 1:4000—5000 nicht übersteigt. Dieses Gefälle rührt theils von der natürlichen Lage des Bettes, theils von der Senkung des Niederwassers durch die schon fertigen Arbeiten her. Hr. Pasqueau nennt es das Grenzgefälle, welches eine Tiefe von 2,0 m gestattet. Es ist übrigens keineswegs gleichmässig; es ist grösser, wo das Terrain widerstandsfähiger ist, und kleiner, wo dasselbe leichter lösbar ist und kann in einer vorhandenen Flussstrecke immer leicht durch Aufnahme eines Längenprofils oder sogar durch Schätzen festgestellt werden. Früher wurde angeführt, dass durch eine genügende Einengung des Bettes zwar immer die gewünschte Tiefe über den Sandbänken zu erreichen sei, aber auch jede Einengung die Auskolkung der Sohle und eine Senkung des Wasserspiegelgefälles bedinge. Die Erfahrung lehrt, dass eine Vertiefung von 2 m auf der fraglichen Rhönestrecke ein Gefälle von 1:5000 im Gefolge hat, oder mit anderen Worten bei 2,0 m Wassertiefe widersteht der Boden dieser Strecke einer Geschwindigkeit, welche durch das Gefälle von 1:5000 bedingt ist.

Hr. Pasqueau wendet, wie folgt, diese eigenen Beobachtungen auf die Verbesserung des ersten Theiles seiner Strecke an. Von Lyon an will er den Flussquerschnitt bei den ersten Untiefen so einengen, dass eine Niederwassertiefe von 2,0 m sich bildet, das Wasserspiegelgefälle 1:5000 wird, bei geeigneter Bodenart soll diess durch Ausbaggern erzielt werden. Die Einschränkungen sind derart berechnet, dass das Gefälle 2,0 m über der Schleusensohle bei der Saône-Einmündung beginnt. Diese Sohle selbst liegt vor-sichtshalber 3,0 m unter dem jetzigen Niederwasserspiegel wegen der Befürchtung, dass der Wasserspiegel sich noch um 1,0 m senken könnte. Von diesem Punkte nach unten (flussabwärts) gehend, würde das Längenprofil des neuen Gefälles (Grenzgefälle für 2,0 m Wassertiefe) nach Hrn. Pasqueau's Angaben den jetzigen Niederwasserspiegel beim 9. km bei der Untiefe von Solaise schneiden. Wenn man die letztere Stelle einengte und vertiefte, so würde sich die Wassertiefe von 2,0 m, die man durch oberhalb angebrachte Verengungen erhalten hat, vermindern und der Wasserspiegel genau um das Maass sich senken, um welches die Sandbank vertieft wurde. Hr. Pasqueau macht den Vorschlag, behufs Erreichung der gewünschten Wassertiefe ohne Wasserspiegelsenkung einige Kilometer unterhalb ein bewegliches Wehr anzulegen, welches den Zweck hätte, den Wasserspiegel über der Untiefe beim 9. km um das gewünschte Maass zu erhöhen, und durch welches zu gleicher Zeit über mehreren (3—4) unterhalb des 9. km gelegenen Untiefen eine genügende Wassertiefe gebildet würde. Hr. Pasqueau will dieses Wehr beim 15. km in der Nähe von Grigny anlegen, und genüge für diese obere Strecke eine Wehrstauhöhe von 2,89 m, die aber wegen etwa eintretender Senkungen auf 3,5 m erhöht würde.

Die Erfahrungen durch die früheren Correctionswerke in der Rhône haben gezeigt, dass im Allgemeinen das Terrain diejenigen Einschränkungen nicht zulässt, welche nöthig sind, um 1,60 m Wassertiefe bei dem gegebenen mittleren Gefälle zu erzeugen. Im Gegentheil ist z. B. in der ersten Strecke das Terrain derart, dass es eine Verengung zur Erlangung von 2,0 m Wassertiefe nur zulässt, wenn das Gefälle 1:5000 nicht überschreitet.

Hr. Pasqueau will daher den oberen Theil seiner Strecke dadurch verbessern, dass er am Anfangspunkt seiner Strecke den Niederwasserspiegel um 1,0 m senkt und zugleich mittelst eines Wehres einen Stau für den unteren Theil erzeugt. Es ist leicht einzusehen, dass dieses Project sehr zweckentsprechend ist. Während das Wehr geöffnet ist, werden die durch die Strömung fortgerissenen Geschiebe nicht an demselben zurückgehalten und zwar ebenso wenig, wie in den eingeengten Flussstellen.

Von der Zeit an, wo das Wehr geschlossen wird, was stattfindet, wenn die Geschiebebewegung beinahe aufgehört hat, werden sich die noch in Bewegung befindlichen Senkstoffe in unbedeutender Menge oberhalb des Wehres anhäufen; aber sie sind der Schifffahrt nicht lästig, weil über diesen Ablagerungen eine genügende Wasserschicht in Folge des Wehrstaus vorhanden sein wird.

Die Wehranlagen des Hrn. Pasqueau erfüllen einen doppelten Zweck, sie geben durch den Stau genügende Wassertiefe über den Sandbänken im unteren Theile der betreffenden Strecke und andererseits gestatten sie die Verbesserung des oberen Theiles, weil durch den Stau das gewünschte Grenzgefälle hergestellt wird, welches der gesuchten Tiefe und Terrainbeschaffenheit entspricht.

Das bei Grigny projectirte Wehr ist ähnlich wie das Tavernier'sche System*), es besteht aus einer eisernen auf Steinpfeilern ruhenden Fachwerksbrücke mit 4 Oeffnungen von 30,0 m Weite. Ein Fundament unter der Schleusenbrücke bildet die Wehrsohle. Die Verschlussvorrichtung besteht aus eisernen Ständern (Losdreheln), die in Lagern beweglich und unter der Brücke aufgehängt sind. Wenn das Wehr geschlossen ist, ruhen die unteren Enden der Ständer auf gusseisernen Nasen, die nur wenig über die Sohle hervorstehen und daher bei geöffnetem Wehre für die Geschiebeführung nicht hinderlich sind. Der Verschluss wird durch Tafeln und Nadeln bewerkstelligt. Um die Oeffnung frei zu machen, nimmt man die Nadeln mit der Hand heraus und legt sie auf eine Laufbrücke, welche letztere mittelst einer auf der Brücke fahrbaren Dampfwinde heraufgezogen werden kann. Die Sohle ist 1,0 m unter Niederwasser. Das Wehr unter der Brücke bildet den sogenannten Grundablass; neben demselben soll ein höher gelegener Wehrtheil durch ein gewöhnliches bewegliches Wehr von 100 m Länge nach Poirée'schem System erbaut werden, dessen Wehrschwelle 2,0 m oberhalb der des Grundablasses oder 1,0 m über Niederwasser zu liegen käme. Dieser Theil wird mit dem linken Flussufer durch einen mit Mauerwerk verkleideten Anschlussdamm verbunden, die Schleuse käme zwischen dem Grundablass und dem rechten Flussufer zu liegen. Die Kosten dieser Anlage sind auf 1,700,000 Mark veranschlagt, eine eingehendere Beschreibung derselben verdiente weiter bekannt zu werden.

Wenn man dieses gemischte System (bewegliche Wehre und Einschränkungswerke in den oberen Theilen) anwendete, so würde nach Hr. Pasqueau die Anlage von 5 beweglichen Wehren — ähnlich dem oben Beschriebenen — auf der 75 km langen Strecke genügen; die Erbauung derselben sowie der nöthigen Verengungswerke käme auf etwa 12 Mill. Mark. Die Correction der ganzen Rhône würde etwa 44 Mill. Mark erfordern. (Für die jetzt beginnenden Arbeiten nach Hr. Jacquet's Project ist ein Credit von 36 Mill. Mark eröffnet.**)

Hr. Pasqueau schliesst seine Abhandlung mit der Versicherung, dass durch sein Project die Schifffahrtsverhältnisse wirklich verbessert würden und dass durch die alleinige Anwendung der Verengungswerke nie die gesuchte Tiefe von 1,60 m erreicht werden könnte. Uebrigens würde noch durch die Canalisirung 2,0 m Minimaltiefe erzielt und die Wassergeschwindigkeit vermindert werden — ein doppelter Vortheil, der eine Verminderung der Transportkosten auf der Rhône herbeiführen würde und zwar bis zur Höhe der, auf den Canälen im Norden Frankreichs oder auf der canalisirten Seine gebräuchlichen Tarife, d. h. um die Hälfte billiger sein als früher. Der wirthschaftliche Nutzen, welchen das Land durch eine gründliche Rhöneregulirung hätte, wird auf 8 Mill. Mark pro Jahr geschätzt.

Unterschiede in den Projecten von Jacquet und Pasqueau.

Wir sind jetzt im Stande, die wesentlichen Unterschiede der beiden Projecte zu erkennen. Beide geben die Thatsache der Senkung des Wasserspiegels oberhalb der Einschränkungswerke zu. Hr. Jacquet, der sein Project auf die Thatsache stützt, dass einige kleinere eingengte genügend tiefe Flussstrecken vorhanden sind, die ein Gefälle gleich dem mittleren Flussgefälle haben, hofft durch entsprechende Einengungen überall diese Tiefe erlangen zu können, ohne den Niederwasserspiegel beträchtlich zu senken. Die nicht zu vermeidenden Senkungen glaubt er durch die Wasserspiegelerhöhung ausgleichen zu können, welche durch die Flusslaufverkürzung in konkaven Stromstrecken erzeugt wird.

Hr. Pasqueau seinerseits beobachtete, dass eine natürliche Tiefe überall da vorhanden ist, wo das Gefälle 1:5000 nicht überschreitet; nun werden die Einengungswerke zwar den oberen Wasserspiegel senken, aber nach seiner Ansicht machen die beweglichen Wehre diese unvermeidlichen Senkungen unschädlich. Dieselben haben, wie wir schon gesehen haben, den doppelten Zweck: 1) durch den Stau genügende Wasserhöhen über mehreren Untiefen zu bilden, 2) durch den Stau ein Gefälle zu schaffen, welches die Regulirung der oberen Strecke mittelst Einengungswerken zulässt, da durch Gefälleverminderung eine geringere Strömung entsteht und deshalb auch das Terrain nicht angegriffen wird; dieses Gefälle ist um die Hälfte und noch mehr geringer, als das mittlere Gefälle. Das Project des Hrn. Jacquet wird wirklich ausgeführt, obgleich die öffentliche Meinung in den südlichen Departements von Frank-

*) Eine Beschreibung desselben nebst Zeichnung befindet sich im Novemberheft 1831 der „Les Annales des Travaux publics“. Aehnliche Stauanlagenprojecte sind in der Zeitschrift für Bauwesen 1879 von Geh. Oberbaurath Eaens ch beschrieben worden.

**) S. Centralblatt Nr. 40 vom 31. Dezember 1881.

reich sehr gegen diese Arbeiten ist, weil die früher ausgeführten Einengungsarbeiten kein günstiges Resultat ergeben haben. Auch haben wir begründete Hoffnung, dass man die begonnenen Arbeiten bald einstellen wird*). Unglücklicherweise sind diese Arbeiten schon weit vorgeschritten, so dass die Befürchtung nahe liegt, die Rhône sei für die Schifffahrt verloren wegen der Unmasse von Steinen, die behufs Herstellung der Werke schon eingebracht worden sind**).

Schlussfolgerungen.

Es hat den Anschein, als ob die Arbeiten an der Rhône kein unmittelbares Interesse für die fremden Ingenieure hätten, weil die anderen Länder in der That wenige Flüsse mit einer Wassermenge und einem Gefälle ähnlich dem der Rhône haben; aber man darf nicht ausser Acht lassen, dass die allgemeinen Gesetze über Wasserbewegung dieselben bleiben, ob der Fluss ein starkes oder ein schwaches Gefälle hat, ebenso die Mittel, welche angewandt werden, um die Schifffahrtshindernisse zu beseitigen.

Desswegen sind auch die Schlussfolgerungen über die verschiedenen, zur Verbesserung der Schifffahrt der Rhône angewandten Mittel auch für andere Flüsse mehr oder weniger stichhaltig.

Auf den russischen Flüssen z. B. erschwert die geringe Tiefe — wie auf der Rhône — hauptsächlich die Schifffahrt und man kann mit Recht behaupten, dass allein durch bewegliche Wehre geholfen werden kann. In meiner ersten Abhandlung wagte ich nicht die Canalisirung für Flüsse mit geringer Wassermenge zu empfehlen, auch war mir deren Anwendung bei grossen Flüssen mit beträchtlicher Wassermenge und vielen Untiefen bedenklich, wegen der Zahl und der grossen Abmessungen der Stauwerke. Jetzt aber, nachdem die Möglichkeit der Canalisirung eines grossen Flusses wie die Rhône bewiesen wurde, bin ich der Meinung, dass der von Hrn. Pasqueau gefundene glückliche Gedanke der Anwendung von beweglichen Wehren in Verbindung mit Einschränkungswerken besonders bei Flüssen mit grösserer Wassermenge geeignet ist, gute Resultate auch bei manchen russischen Flüssen zu erzielen.

Die Anwendung der Canalisirung bei den russischen Flüssen macht bei der grossen Länge derselben zuerst den Eindruck der Unmöglichkeit und Zweckwidrigkeit. Viele dieser Flüsse haben als Verbindungsstrassen eine grosse wirthschaftliche Bedeutung, trotzdem die Schifffahrt nur im Frühjahr und theilweise im Herbst stattfindet. Trotz der geringen Wassermenge genügen dieselben doch den Schifffahrtsbedürfnissen wegen der möglichen Befahrung in der angegebenen Zeit und bin ich der Ansicht, dass man dieselben bis auf Weiteres in ihrem jetzigen Zustande lässt. Es sind andere vorhanden, bei denen das Niederwasser weniger störend ist, vielleicht wäre es genügend und den Bedürfnissen entsprechend, wenn die Construction der auf denselben fahrenden Schiffen verbessert würde***). Im Allgemeinen soll man nicht ohne Weiteres die natürliche Wassertiefe vermehren, besonders wenn zu grosse Kosten hiemit verbunden sind, die nicht im Verhältniss zu der Entwicklung der Gegend stehen.

Der Zweck dieser Abhandlung war nicht zu zeigen, ob dieser oder jener russische Fluss corrigirt werden könne, sondern zu beweisen, wie eine grössere schiffbare Tiefe der Flüsse mittelst der Canalisirung erreicht werden kann und nicht ausschliesslich mittelst Einengungsarbeiten. Die Befestigung der Ufer ist oft unumgänglich zum Schutze benachbarter Ländereien gegen Wegspülen nöthig, aber man darf nur diesen Nutzen erwarten und keineswegs eine grössere Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse des Flusses. Derartige Arbeiten werden z. B. nöthig, wenn ein Fluss mit veränderlichem Bette seinen Lauf verändert und sich von Städten, Häfen u. s. f. entfernt.

In diesem Falle bilden die Parallelwerke oder Buhnsysteme das einzige Mittel, um dem Flusslauf eine bestimmte Richtung zu geben, aber im Allgemeinen ist der Verfasser der Ansicht, dass wenn es sich um Verbesserung der Schifffahrt handelt und die wirthschaftlichen Verhältnisse der Gegend diess erheischen, man nicht zögern sollte, in den meisten Fällen die Canalisirung mittelst beweglicher

*) Soll nach neueren Nachrichten an Hrn. Janicki im Jahre 1881 geschehen sein, weil die in Aussicht gestellten Nachtheile sich zeigten. Jedoch scheint der Artikel im Novemberheft 1881 der „Les Annales des Travaux publics“ dem zu widersprechen.

**) Im Centralblatt Nr. 40, 1881 befindet sich ein Bericht des Ingenieur Jacquet über die Anwendung von Grundschwellen zur Regulirung deutscher Flüsse, in welchem er sich von diesem noch nicht an Flüssen wie die Rhône erprobten Befestigungsmittel viel zu viel verspricht; die hinzugefügten Bemerkungen zeigen Unkenntniss der Flusscanalisirungen.

***) Siehe hierüber „Die Frachtschiffe auf deutschen Wasserstrassen“. Deutsche Bauzeitung 1881 S. 282 und 293.

Wehre anzuwenden*). Russland hat mehr als 60,000 km schiffbarer Flüsse, von denen $\frac{3}{4}$ einer Verbesserung bedürfen. Diese Zahlen zeigen die grosse Wichtigkeit der Frage über die Art und Weise der Wasserstrassenverbesserung in Russland, eine Frage, welche in voller Würdigung der Sachlage vom Minister für Verkehrswege aufgeworfen wurde.

Die Arbeiten der Commission, welche diese Schifffahrtsverhältnisse studiren soll, werden eine gute Grundlage für die Wahl des besten Systemes geben. In England, Amerika u. s. w. haben die Wasserstrassen einen grossen Einfluss auf die Industrie u. s. w. gehabt, sie haben durch die Concurrenz mit der Eisenbahn die Transportpreise ermässigt; allein Deutschland blieb in dieser Beziehung hinter den meisten Ländern, sogar hinter Russland zurück und hat erst in der letzten Zeit angefangen, das Versäumte nachzuholen**).

*) Regulierungsproject der Unterweser von Franzius. D. Bztg. 1881 Nr. 38, 49 und 51 enthält ähnliche Gedanken.

***) Nach den neuesten Nachrichten scheint u. A. die Ausführung des Rhein-Weser-Elbe-Canales endlich gesichert zu sein; wenn auch die weniger wichtige Verbindung mit der Nordsee zuerst durch denselben hergestellt werden soll.

Die Wasserstrassen sind ein Mittel zur Erleichterung des Verkehrs und zur Förderung der Industrie. In Deutschland sind die Wasserstrassen im Vergleich zu den anderen Ländern noch sehr zurückgeblieben. Die Commission für die Verbesserung der Wasserstrassen hat sich mit dieser Frage beschäftigt und hat verschiedene Vorschläge gemacht. Ein wichtiger Punkt ist die Verbesserung der Unterweser. Die Commission hat festgestellt, dass die Unterweser für den Verkehr zwischen dem Rhein und der Elbe von grosser Wichtigkeit ist. Sie hat vorgeschlagen, die Unterweser durch einen Canal zu ersetzen, der von der Unterweser bis zur Elbe führt. Dieser Canal würde den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Ein anderer wichtiger Punkt ist die Verbesserung der Elbe. Die Commission hat festgestellt, dass die Elbe für den Verkehr zwischen der Ostsee und der Nordsee von grosser Wichtigkeit ist. Sie hat vorgeschlagen, die Elbe durch einen Canal zu ersetzen, der von der Elbe bis zur Ostsee führt. Dieser Canal würde den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Schleusen zu verbessern. Schleusen sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Schleusen an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Schleusen würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Wehre zu verbessern. Wehre sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Wehre an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Wehre würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Dämme zu verbessern. Dämme sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Dämme an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Dämme würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Brücken zu verbessern. Brücken sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Brücken an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Brücken würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Kanäle zu verbessern. Kanäle sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Kanäle an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Kanäle würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Wehre zu verbessern. Wehre sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Wehre an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Wehre würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Dämme zu verbessern. Dämme sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Dämme an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Dämme würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Brücken zu verbessern. Brücken sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Brücken an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Brücken würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken. Die Commission hat auch vorgeschlagen, die Wasserstrassen durch Kanäle zu verbessern. Kanäle sind ein wichtiges Mittel zur Verbesserung der Wasserstrassen, da sie den Wasserstand regulieren und den Verkehr erleichtern. Die Commission hat vorgeschlagen, Kanäle an verschiedenen Stellen der Wasserstrassen zu bauen. Diese Kanäle würden den Verkehr erleichtern und die Kosten für den Transport senken.

III. Theil.

Ausgeführte und projectirte Flusscanalisirungen in Deutschland, Frankreich, Belgien, Spanien u. s. w.

Nach den vorhergehenden Erörterungen des Hrn. Janicki über die rationellste Art der Flussregulirungen dürfte es zweckentsprechend sein, wenn in kurzen Zügen das Wesentliche verschiedener Flusscanalisirungen in europäischen Ländern mitgetheilt wird und zwar vorzugsweise solcher, bei denen die neueren beweglichen Wehre zur Herstellung der Stauanlagen angewandt wurden.

In Deutschland sind hauptsächlich die Saar-, Mosel- und Brahecanalisirung erwähnenswerth, weshalb auch eine Beschreibung derselben erfolgen soll.

Canalisirung der Saar zwischen Saargemünd und Ens Dorf *).

Die Saar, welche bei Conz in die Mosel mündet, ist gleichzeitig mit der Erbauung des Saarkohlencanales in den Jahren 1862—1866 auf der 18 km langen Strecke von der Einmündung dieses Canales bei Saargemünd bis Louisenthal canalisirt und seit dem Jahre 1875 ist eine weitere Strecke bis Ens Dorf oberhalb Saarlouis gleichfalls mittelst dreier Stauanlagen auf 2,0 m Wassertiefe gebracht worden.

Bei Saarbrücken beträgt die Minimalwassermenge bei + 0,262 m am Pegel 7—9 cbm pro Sekunde, beim mittleren Sommerwasserstande + 0,785 m Saarbrückener Pegel fließen 18,5 cbm, bei bordvollem Wasserstand + 5,022 S. P. 310—340 cbm pro Sekunde in derselben ab. Der höchste Wasserstand ist auf + 8,474 m S. P., so dass also zwischen dem niedrigsten und höchsten Wasserstande eine Differenz von 8,188 m vorhanden ist. Das Flussbett ist jedoch so tief eingeschnitten, dass Ueberschwemmungen selten auf die Thalfläche gelangen, die auf + 5—6 m S. P. liegt. Das Gefälle zwischen Saargemünd und Louisenthal ist bei Mittelwasser 12,1 m oder 1 : 2900 und wird durch die 6 Wehranlagen zu Saargemünd, Welferdingen, Blittersdorf, Güdingen, Saarbrücken, Louisenthal nach folgenden Höhen vertheilt (1,2 + 2,3 + 2,3 + 2,1 + 2,1 + 2,1) = 12,1 m. Die Flussbreite wechselt zwischen 25 und 30 m.

Die Arbeiten wurden s. Z. gemeinschaftlich mit der französischen Regierung in der Weise fertig gestellt, dass die Strecke Saargemünd-Güdingen auf etwa 10 km Länge, welche damals die Grenze bildete, von der französ. Regierung auf gemeinschaftliche Kosten ausgeführt wurde, während die Strecke Güdingen-Louisenthal von der preussischen Regierung derart mittelst dreier Stauanlagen regulirt wurde, dass der Wasserstand des Saarkohlencanales von 1,8 m auch in dieser Strecke vorhanden ist.

*) S. Abhandlung von Hagen, Zeitschrift für Bauwesen 1866 S. 33, 185, 335, 351 und S. 581 im Jahrg. 1881.

Die Canalisirungsarbeiten bestanden nun in :

1. Ufer- und Leinpfadbauten sowie Regulierungs- und Räumungsarbeiten im Flussbette ;
2. Anlage von Schleusencanälen und Regulirung des anschliessenden Flussbettes ;
3. Anlage der Wehre, Schleusen und zugehörigen Wärterhäuser.

Das linke Ufer, auf dem der Leinpfad sich befindet, wurde dadurch befestigt, dass man die Böschungen regulirte, den Fuss durch Pflaster oder durch Steinvorlagen sicherte und Weiden pflanzte, auch oberhalb des Pflasters Rasen anlegte. Der Leinpfad ist 3—4 m breit und durch gebaggerten Kies theilweise beschottert. Die Baggerungen wurden von Hand bewerkstelligt und der Felsen im Trockenem ausgebrochen und zwar durch Abschliessen der betreffenden Strecken mittelst sehr sinnreich angelegter Fangedämme. Es wurden 2 Reihen eiserner etwa 5 cm starker Stangen in Entfernungen von 0,8—1,0 m 0,3—0,6 m tief in den Felsen getrieben, Holzrahmen gegen diese Stangen gestellt und der Zwischenraum mit Dammerde ausgefüllt.

Die Anlage der Stauwerke bei Güdigen und Louisenthal ist so getroffen, dass die Schleusen am unteren Ende der neben dem Flusse ausgehobenen Schleusencanälen liegen. (Fig. 1 und 2 Blatt II.) Die Mündungen dieser Canäle sind so weit von dem Wehre entfernt, dass einestheils die Schiffe bequem einfahren können, ohne bei höherem Wasser durch die Strömung nach demselben gerissen zu werden ; andererseits sich an der Ausmündung in's Unterwasser weniger Sinkstoffe ablagern. Uebrigens werden die Obercanäle als Sicherheitshäfen bei Hochwasser benützt.

Die Lage des Wehres in Güdigen war durch diejenige des fe'sigen Untergrundes mehr oder weniger bestimmt ; in Louisenthal bedingten die vorhandenen Kohlenhalden dieselbe insofern, als oberhalb des Wehres die Canalschiffe, unterhalb desselben die Flusschiffe laden können.

Bei Saarbrücken liegt die Schleuse neben dem Wehre und ist die rechtsseitige Schleusenmauer nach oben und unten verlängert, um das Einlaufen in die Schleuse sicherer zu machen und Ablagerungen am unteren Ende zu erschweren. Diese Anordnung ist billiger als die der Anderen, auch wird die Bedienung des Wehres hierdurch erleichtert. (S. Fig. 2 Blatt II.)

Die Schleusencanäle haben 10,7 m Sohlenbreite, 1,88 m Wassertiefe, das 1,0 m breite Bankett liegt 0,3 m und der 4,4 m breite Leinpfad etwa 2,8 m über dem gewöhnlichen Wasserspiegel ; bei Güdigen liegt die Sohle des Obercanales 0,2 m unter dem ungestauten Wasserspiegel. Die grösseren Schiffe der Mosel und Saar machten grössere Schleusenanlagen nöthig, um denselben die Fahrt bis Saarbrücken zu ermöglichen. Die Schleuse in Louisenthal hat daher 6,59 m lichte Weite und etwa 40,8 m nutzbare Länge und der zugehörige Schleusencanal 13,18 m Sohlenbreite. Bei Louisenthal liegt die Canalsohle etwa 0,3 m über dem ungestauten Wasserspiegel. Das Wehr wurde in 4 Abtheilungen ausgeführt und zwar wurden zuerst die zwei Baugruben für die Landpfeiler und benachbarten Theile des Wehrrückens ausgehoben, durch Fangedämme vom Flusse abgeschlossen und dieser Theil fertig gestellt. Alsdann wurde als dritter Theil die linksseitige Wehrhälfte mit dem Mittelpfeiler und einem kurzen Stück des rechts von demselben liegenden Wehrrücken durch Fangedämme eingeschlossen und die Arbeiten ausgeführt. Nachdem diese Wehrtheile mit montirten Wehrböcken (Poirée'sches System) versehen waren, schüttete man vom Mittelpfeiler bis zum rechten Flussufer einen Damm aus Gerölle, der das Wasser mehr nach der linken Oeffnung zu drängte, schloss unter dem Schutze dieses Dammes den noch fehlenden Wehrtheil durch Fangedämme ein und vollendete die Arbeit. Bei der gewählten Anordnung wurden die Stauanlagen ohne Unterbrechung der Schifffahrt ausgeführt, was sehr vortheilhaft und nachahmenswerth ist.

Das Durchflussprofil der Wehröffnungen ist so bestimmt worden, dass bei bordvoller Saar (310 bis 340 cbm pro Sekunde) kein merkbarer Stau bei niedergelegtem Wehre erzeugt wird.

In Saarbrücken liegt die neue Flusssohle etwa 3,14 m unter dem gestauten Wasserspiegel und der Wehrrücken 1,6 m unter demselben. Die Schleusen sind durchweg auf Felsen fundirt und mit einem 0,3 m starken auf 5,2 m bis 6,6 m Breite, 0,3 m Pfeil habenden Sohlengewölbe versehen.

Die Thore der grösseren Schleusen bei Saarbrücken und Louisenthal haben zum Bewegen besondere mechanische Vorrichtungen, zu deren Bedienung zwei Mann genügen ; es wurde bei normaler Stauhöhe beim Beginn der Bewegung die erforderliche Kraft zu 140 kg ermittelt. Die Wehranlagen haben zwei Oeffnungen (im Saarbrückener Wehre 4) und je 21 Wehrböcke, die in Entfernungen von 1,1 m stehen, nur der letzte Wehrbock ist 1,65 m von der Mauer entfernt, damit die Nischen im Pfeiler resp. Widerlager nicht zu tief werden.

Das Umlegen der Böcke erfordert bei zwei Arbeitern durchschnittlich pro Bock 1 Minute, also für ein ganzes Wehr etwa 40—50 Minuten Zeit. Das Auswechseln schadhafter Böcke kann rasch und leicht vor sich gehen. Nach den Instructionen der Wehrwärter darf der Oberwasserspiegel nicht mehr als 0,1 m von dem Normalwasserspiegel abweichen, was sich sehr leicht durch Entfernen einzelner Nadeln bewerkstelligen lässt; ja es lässt sich der Wasserspiegel noch näher an dem Normalwasserspiegel erhalten. Interessant ist noch die Anlage der Peiler- und der Sturzbahn in Saarbrücken. Dieselbe hat 38 Oeffnungen und es können durch 4 Trichter, welche eine Gesamtlänge von etwa 24 m haben, in 2—3 Arbeitsstunden 5000 Ctr. durch 3 Arbeiter in das zu beladende Schiff gestürzt werden*). Die gebräuchlichen Fahrzeuge sind 34,5 m lang, etwa 5,0 m breit und haben 3000—4000 Ctr. Tragfähigkeit, die Péniches flamandes können bei 1,8 m Tauchtiefe sogar 6000 Ctr. aufnehmen.

Bezüglich der Kosten der 18 m langen Strecke ist zu bemerken, dass die Arbeiten von Saargemünd bis Güdigen, welche von der französ. Regierung s. Z. ausgeführt wurden, auf 1,28 Mill. Mark und die der unterhalb gelegenen Strecke auf 5,13 Mill. Mark zu stehen kamen, also zusammen 6,41 Mill. Mark, wobei auch die Bahn und Hafenanlagen eingerechnet sind.

Es waren veranschlagt die Schleuse bei Güdigen zu 70,000 Mark und zwar kostete u. A.

Herstellung der Baugrube	4000	Mark,
„ Maurerarbeiten	37000	„
„ Schleusenthore	9000	„
„ Schleuse bei Louisenthal	100000	und zwar u. A.
„ Schleusenthore	10000	„
„ 4 Wendevorrichtungen zum Oeffnen der Thore	1350	„

Das Wehr bei Güdigen war auf 60000 Mark veranschlagt und zwar

der bewegliche eiserne Theil zu	8800	Mark,
Schleusenwärtergehöfte zu Güdigen	16000	„

Die Canalisirung hat sich als sehr vortheilhaft und gut ausgeführt mit der Zeit erwiesen. Es werden jährlich über 10 Mill. Ctr. auf dieser Strecke verfrachtet. Neuerdings werden Projecte ausgearbeitet, um an Stelle der Pferde kleine eigenartig construirte Dampfer**) event. auch Tauerei anzuwenden.

Canalisirung der Mosel***).

(Fig 3 und 4 Blatt II.)

Schon in den Jahren 1835—1860 versuchte die französ. Regierung die auf ihrem Gebiete liegende Moselstrecke von Frouard bis zur preussischen Grenze bei Sierck mittelst Parallelwerken zu reguliren, welche man auf den Kies- und Sandbänken errichtete, in Kurven an das obere Ufer anschloss und nach unten in freien Fluss sich erstrecken liess. Das Profil wurde hierdurch auf 25 m oder den vierten Theil des natürlichen Strombettes zur Zeit der niedrigen Sommerwasserstände eingengt und bildete sich zwar nach Beendigung der Arbeiten eine Wassertiefe von 0,8—0,9 m bei niederstem Wasserstand an den eingengten Stellen; diese Wassertiefe konnte aber nicht lange erhalten werden, da die innerhalb der Parallelwerke fortgetriebenen Kies- und Sandmassen ober- und unterhalb dieser Werke der Schifffahrt hinderliche Sandbänke bildeten†). Eine Verlängerung der Parallelwerke bis zum Anschluss an die nächsten Bauten hätte ausserordentliche Kosten und andere Nachtheile herbeigeführt, weshalb ein Project zur Canalisirung der Moselstrecke mittelst Stauanlagen aufgestellt wurde und zwar sollte das auf der Strecke Frouard-Sierck bei Niederwasser vorhandene Gefälle von 35,91 m durch 15 Stauanlagen überwunden werden, die Kosten waren auf etwa 9 Mill. Mark veranschlagt; indessen befürchteten einzelne Gemeinden durch den Stau Nachtheile in der Be- und Entwässerung ihrer Ländereien zu erleiden und erhoben erfolgreiche Einsprachen, so dass das Project dahin umgeändert wurde, dass man an vielen Stellen Lateralcanäle anlegte. Während der Ausführung der Arbeiten brach der Krieg von 1870 aus, nach dessen Beendigung ein Theil dieser Moselstrecke in deutsche Hände kam und die Arbeiten vom damaligen Bau-Inspector Schlichting nach den ursprünglichen Plänen beendigt wurden.

*) Ueber neuere Sturzanlagen in Ruhrort s. D. Bauztg. 1881.

**) Jacquet's Remorqueure. Wochenblatt f. Arch. u. Ing. 1881 von Bez.-Ing. Friedel.

***) Schlichting, Canalisirung der Mosel von Arnaville bis Metz. Zeitschrift für Bauwesen 1874.

†) S. Abhandlung von Bezirksingenieur Friedel, Wochenblatt für Arch. und Ing. 1881 und „Das Schiff“ 1881 Nr. 90.

Die Canalisirung der Mosel beginnt bei Frouard; in der Nähe des Ortes ist ein Verbindungscanal zwischen der Mosel mit dem 8 m höher gelegenen Rhein-Marne-Canal, der drei Schleusen hat. Von der Einmündung dieses Canales in die Mosel bis zur jetzigen deutschen Grenze hat dieser Fluss eine Länge von 40,5 km, von welchen jedoch nur 5,05 km thunlichst gerader Strecken canalisirt sind, während die übrige, 35,45 km lange Strecke von der Schifffahrt nicht benützt wird, sondern an deren Stelle 4 Canalhaltungen (Lateralcanäle) von zusammen 27,32 km Länge gebaut wurden. Der Schifffahrtsweg hat daher jetzt 32,37 km Länge gegen 40,5 km früherer Länge. Bei den Canalhaltungen sind 4 Nadelwehre bei Custine, Marbache, Dieulouard und Pont-à-Mousson, sowie 6 Schleusen — es haben nemlich die längeren Canalhaltungen je 2 Schleusen erhalten — angebracht, welche 14,8 m Gesamtgefälle überwinden.

Die Canalhaltungen haben 12 m Sohlenbreite, $1\frac{1}{2}$ fache Böschungsanlagen, eine Wassertiefe von 2,10 m, einen Haupt- und Nebenleinpfad von 4,0 resp. 3,0 m Breite. Von der jetzigen deutschen Grenze bei Arnaville an geht der Schifffahrtsweg in einer 1,7 km langen Haltung bis Novéant, dann 5,45 km im canalisirten Strome bis Jouy und von da in einem 8,95 km langen Canale bis Metz, also 16 km Gesamtlänge, wovon 10,65 km in Lateralcanälen und 5,45 km im Strome liegen. Ausserdem sind noch 5,25 km Zweigcanäle durch Stromcanalisirung resp. Canalerbauung geschaffen worden.

Auf der deutschen Strecke Arnaville bis Metz sind im Ganzen 7 Schleusen, von denen 5 zur Ueberwindung des Stromgefälles dienen und ein Gefälle von je 2,0—2,7 m haben. Die Schleusen haben 6,0 m lichte Weite, eine Gesamtlänge von 49,25 m, sind auf Beton fundirt, mit gewölbter Sohle; die Kammern haben massive, durch Strebepfeiler verstärkte Mauern. Die beweglichen Wehre sind Nadelwehre nach Poirée. Die Kosten der französ. Strecke Frouard bis Arnaville betragen auf etwa 30,5 km 4,16 Mill. Mark oder per Kilometer rot. 138,000 Mark, die sich folgendermassen vertheilen:

1. Erd- und Böschungsarbeiten	1,070,000	Mark,
2. Kunstbauten	1,270,000	„
3. Eisentheile der Brücken, Wehre u. s. w.	101,000	„
4. Wehr- und Schleusenwärterhäuser	52,000	„
5. Grunderwerb	958,000	„
6. Allgemeines, Baggern u. s. w.	583,000	„

Es können Schiffe von 4 - 6000 Ctr. Tragkraft auf diesen Strecken fahren.

Canalisirung der Brahe*).

Die 12 km lange mit 4,5 m Totalgefälle versehene Brahestrecke zwischen Bromberg und der Einmündung dieses Flusses in die Weichsel ist durch Anlage zweier Poirée'schen Nadelwehre canalisirt, von denen das Eine bei Karlsdorf 6 km unterhalb Bromberg, das Andere in der Nähe des Winterhafens der Weichsel erbaut ist. Diese Wehre sind durch einen 3,6 m breiten mit Fischleitern versehenen Mittelpfeiler in 2 Theile getheilt, von denen der 10 m lange Theil 0,7 m über, der 15,9 m lange Theil 0,7 m unter dem ungestauten Mittelwasserspiegel liegt. Die Wehrkörper sind auf Beton fundirt 7,0 m lang, an dieselben schliessen sich Sturzbette von 5,0 resp. 10 m Länge an. Die Schleuse bei Karlsdorf ist zweischiffig angelegt mit 6,2 m lichter Weite in den Häuptern und 10,5 m lichter Kammerweite sowie 52 m Länge. Vielfache Correctionen sind an den schärfsten Flusskrümmungen gemacht worden, sowie die durch den Aufstau verlorene Vorfluth der Ländereien theils durch Erhöhen derselben bis auf 5,0 m über Wasserspiegel, theils durch Anlage eines in das Unterwasser des Karlsdorfer Wehres gehenden Abflussgrabens wiederhergestellt worden. Die Kettentauerei wird mit Erfolg auf dieser Flussstrecke betrieben**).

Bemerkenswerth sind die an den Nadelböcken befindlichen als Brückenbahn dienenden Klappen und dann die horizontalen sich um eine vertikale Achse drehenden Schienen, gegen welche die oberen Theile der Nadeln sich stützen, eine Constructionsart, die sich bei der Maascanalisirung in Belgien schon früher bewährte***). Die Arbeiten wurden 1876—1879 ausgeführt und waren zu 1,058,000 Mark veranschlagt, so dass also der Kilometer Flussstrecke auf annähernd 90,000 Mark zu stehen kommt.

Unter den neueren Canalisirungs-Projecten deutscher Flüsse mittelst beweglicher Wehre sind die des Maines, der Fulda, der Spree, Netze u. s. w. erwähnenswerth.

*) Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingenieur-Vereins 1880 S. 481.

**) Kettenschifffahrt auf der Brahe, Wiebes's Skizzenbuch für Ingenieure u. Maschinenbauer, Heft 91 u. D. Bztg. 1881.

***) Siehe M. Hans „Canalisation de la Meuse“, Bruxelles 1880, und Lagrené, „Cours de navigation“, III. Band.

Das Project der Canalisirung des Maines*).

(Fig. 6, 7 und 8 Blatt II.)

Der Main soll auf der 37,3 km langen Strecke von Mainz bis Frankfurt mit einem Gefälle von 10 m bei Niederwasser durch die Errichtung von 5 Nadelwehren und zwar zu Köstheim, Flörsheim, Okriftel, Höchst und Frankfurt so canalisirt werden, dass Schiffe bis 12000 Ctr. Tragkraft diese Strecke passiren können. Das Flussgebiet des Maines umfasst 27,500 qkm, die Minimalwassermenge zu Frankfurt ist = 70 cbm, bei 1,5 m am Frankfurter Pegel = 142 cbm und die grösseren Hochwasser der Jahre 1784 resp. 1845 führten bei + 97,68 resp. + 97,54 A. P. (Amsterdamer Pegel) wohl 3400 cbm ab. Frühere Regulirungswerke führten nicht zum Ziele, indem immer noch Wassertiefen von 0,7 m vorkamen. Der Verkehr betrug in den Jahren 1870/80 jährlich etwa 700,000 Ctr. gen Berg und 3,200,000 Ctr. zu Thal nebst 1500 Holzflössen. Nachstehende Tabelle gibt eine Uebersicht über die projectirten Stauanlagen:

	Höhe des		der Floss- rinne	Länge		Gefälle der Schleusendempel	
	Auf- staus üb. Amsterd. + A. P.	Wehr- rückens Pegel		des Ober- Canals	des Unter-		
1. Anlage bei Frankfurt . .	92,3	90,0	432	400	1800	2,7 $\left(\begin{array}{l} + 89,8 \\ + 87,1 \end{array} \right)$	
2. " " Höchst a/M. . .	89,6	87,3	180	660	350	1,8 $\left(\begin{array}{l} + 87,1 \\ + 85,3 \end{array} \right)$	Die Schleusen sollen Rheinschiffe von 65 m Länge u. 2 m Tiefgang aufnehmen können; die Flossrinne soll 12 m breit werden.
3. " " Okriftel . .	87,8	85,5	180	450	160	1,8 $\left(\begin{array}{l} + 85,3 \\ + 83,5 \end{array} \right)$	
4. " " Flörsheim . .	86,0	83,7	180	410	310	1,8 $\left(\begin{array}{l} + 83,5 \\ + 81,7 \end{array} \right)$	
5. " " Köstheim . .	84,2	82,0	276	2455	450	2,6 $\left(\begin{array}{l} + 81,7 \\ + 79,1 \end{array} \right)$	

Es sind Poirée'sche Nadelwehre projectirt. Die Flossgasse soll bei 1 : 150 Gefälle 46,5 cbm absorbiren, so dass nach Abzug von 15% Verlust durch das Nadelwehr und 2,5 cbm pro Sekunde durch 90 Schleusungen pro Tag noch 10,5 cbm Wasser übrig bleiben. Auch für Meliorations- und Wasserkraftanlagen soll diese Canalisirung eventuell dienen. Die Anlagekosten sind auf 5 Mill. Mark veranschlagt, die jährlichen Unterhaltungskosten auf 55,000 M. einschliesslich 15,000 M für 10 Wärter und Hilfsarbeiter. Bei diesem Projecte drängt sich u. A. einem die Frage auf, ob die Flossgassen nicht weggelassen und durch einen Schiffdurchlass ersetzt werden können, wie sie häufig auf französischen, belgischen und russischen Flüssen bestehen**).

Das Project der Fulda canalisirung***).

Dieses Project soll, nach der demnächst bevorstehenden Ausführung, den Landesproducten Hessens, hauptsächlich aber denen der Hauptstadt Cassel den billigen Transport auf den Wasserwegen der Fulda und Weser gestatten.

Das Fahrwasser soll entsprechend dem der Weser eine Tiefe von 1,0 m erhalten, was nur durch Canalisirung erreichbar ist.

Die 27 km lange Flussstrecke hat ein Totalgefälle von 18,0 m; es befinden sich aber 20 Stellen in demselben, welche ein stärkeres Gefälle als 1 : 600 haben, bei den Mühlwehren und Aalfängen sind

*) Zeitschrift für Baukunde 1878 S. 353 und 1880 S. 127 von Reg.- und Baurath Cuno und Bellingrath, „Die Reform der Mainschiffahrt“. Dresden, Juli 1880. Deutsche Bauzeitung 1880 Nr. 50, S. 265.

**) Siche Canalisirung der Meuse, „Annales des Travaux publics de Belgique 1879“ und „Memoire sur la canalisirung de la Meuse par Martial Hans, ingénieur en chef“ etc., Zeitschrift für Baukunde 1881 Canalisirung der Moskwa und Deutsche Bauztg. S. 223 und 477, Correction der Weser und Fulda von Wasserbau. Franzius, ebenso im Centrbl. 1881 von Bauinsp. Schattauer.

***) Deutsche Bauzeitung 1881 S. 198 von Reg.- und Baurath Lange und das „Schiff“ 1882.

sogar solche, welche ein Gefälle bis 1 : 128 haben. Bei der notwendigen Fahrwasserbreite von 25 m für die grossen Weserschiffe würde durch eine Correction nur eine Wassertiefe von 0,35—0,4 m beim niedrigsten Wasserstand, bei dem 8 cbm in der Sekunde abfliessen, erreicht werden. Uebrigens ist auch der Erfolg einer solchen Correction immerhin mindestens zweifelhaft.

Es sind nun zur Ueberwindung des Gefälles 8 Wehranlagen nach dem Systeme Chanoine — also mit beweglichen Klappen — projectirt, neben jede derselben käme eine Schleuse von 56 m Länge und 7,6 m Weite, so dass die grösseren Weserschiffe dieselben passiren könnten. Die gebräuchlicheren Weserschiffe sind nemlich 43 m lang, 5,6 m breit, haben leer 0,3 m und voll beladen (mit 4000 Ctr.) 1,35 m Tiefgang.

Die Stauanlagen, also Klappenwehre und massive Schleusen, sind auf je 210,000 Mark und die Gesamtkosten folgendermassen veranschlagt worden:

7 Wehranlagen nebst Schleusen	1,540,000	Mark,
Flusscorrectionen	350,000	„
Hafen bei Cassel	400,000	„
Winterhafen bei Speele	17,000	„
Bauleitung und Nebenkosten	193,000	„
	<u>2,500,000</u>	Mark.

Als Unterhaltungs und Bedienungskosten sind 40,000 M. pro Jahr vorgesehen. Man rechnet auf einen Verkehr von 3 Mill. Ctr. zu Thal und 2 Mill. Ctr. gen Berg und würde eine Abgabe von 2 Pfg. resp. 4 Pfg. pro Ctr. genügen, um die Anlagekosten u. s. w. zu verzinsen. Trotz dieser Abgaben wäre die Wasserfracht noch viel billiger wie Eisenbahnfrachten.

Nach analogen Verhältnissen auf der Elbe käme der Ctr. von Cassel—Bremen 20 Pfg.,
 Bremen—Cassel 40 „
 während auf der Eisenbahn (bei 285 km Länge) 1 Ctr. 35 Pfg. niedrigster Satz,
 93 „ Petroleum und Tabak,
 119 „ Stückgüter. kostet.

Canalisirung der Seine *).

Frankreich ist wohl dasjenige Land, welches am meisten für Herstellung von Wasserwegen geleistet hat und heute noch leistet. Es hat jetzt etwa 11400 km Wasserstrassen, darunter 3400 km canalisirte, 3000 km sonst schiffbar gemachte Flüsse und 5000 km Canäle und sollen noerdings noch 3000 km neue Wasserstrassen gebaut werden.

Unter den Flusscanalisirungen nimmt nun diejenige der Seine einen hervorragenden Platz ein, weil durch diesen Fluss Paris, die Hauptstadt Frankreichs, mit dem Meere in rationelle Verbindung gebracht ist.

Die obere Seine, von Marceilly bis Paris, ist 189 km lang, und von der Einmündung der Yonne bei Montereau bis Paris auf 101 km Länge schiffbar gemacht. Vor der Einmündung dieses Flusses führt die Seine 10 cbm Wasser pro Sekunde bei Niederwasser und 300 cbm bei Hochwasser, nach der Einmündung der Yonne aber 27 cbm bei Niederwasser und 1300 cbm bei Hochwasser. Auf der canalisirten Strecke Montereau-Paris hat dieser Fluss 100—150 m Breite, ein Gefälle von 1 : 5—6000, 12 bewegliche Wehranlagen mit Schiffahrtsschleusen von 185—195 m nutzbarer Länge, 12 m lichter Weite und 1,6 m Minimaltiefe. (Siehe Skizze 11 u 12 Blatt II.) Die Schleuse befindet sich gewöhnlich an einem der Ufer und schliesst sich an das Unterhaupt derselben senkrecht zum Stromstrich zuerst der Schiffsdurchlass und durch einen Pfeiler getrennt ein bewegliches Ueberfallwehr an. Der massive Wehrrücken des Schiffsdurchlasses liegt etwa auf Flusssohlenhöhe, d. h. 0,6 m unter Niederwasser, derjenige des Ueberfallwehres 0,5 m über Niederwasser. Zum Verschluss des Durchlasses dienen Wehrklappen (System Chanoine) von 3 m Höhe und 1,2 m Breite, während diejenigen des Ueberfallwehres 1,95 m hoch und 1,80 m breit sind**). Das Ueberfallwehr hat den

*) Zeitschrift für Bauwesen 1830 S. 162 „Ueber die Wasserstrassen Frankreichs“, Bericht von Schlichting. Annales des ponts et chaussées 1831, 1832, 1841, 1843, 1846, 1851, 1853, 1856, 1860, 1861, 1865, 1868, 1869 u. s. w. Deutsche Bauzeitung 1831 S. 496, ist jedoch einseitig geschrieben. Centralblatt der Bauverwaltung 1881 Nr. 22 S. 189, „Die Tauereischiffahrt auf der Seine“.

***) Lagrené, Cours de navigation, III. Band S. 212 u. s. w. Annales des ponts et chaussées 1881. Verbesserungen am Wehre bei Port-à-l'anglais.

Zweck, das Oberwasser in konstanter Höhe zu erhalten *). Die Schleuse wird bei niederen und mittleren Wasserständen benützt, sonst der geöffnete Schiffahrtsdurchlass. Die Kosten jeder der 12 Stauanlagen sollen 604,000 Mark betragen und kommt der laufende Meter Schiffahrtsdurchlass auf 2456 Mark, der laufende Meter Ueberfallwehr auf 1137 Mark.

Die untere Seine, welche bei Paris beginnt und bei Rouen endigt**), ist 242 km lang; in dieser Strecke sind viele scharfe Krümmungen und Flussspaltungen. Das Flussbett ist bei Paris 120—180 m, bei Rouen 180—300 m breit. Das absolute Gefälle beträgt 25 m oder 1:10,000, wechselt aber häufig zwischen 1:6000 und 1:12,000. Die Wassermasse soll sich bei Montes zwischen 71 cbm pro Sekunde bei Niederwasser und 2300 cbm pro Sekunde bei Hochwasser (1876) bewegen.

Das Flussbett ist tief eingeschnitten und treten Ueberfluthungen des Thales erst ein, wenn der Wasserspiegel sich etwa 5,0 m über Niederwasser erhebt.

Im Jahre 1804 begann man mit dem Bau von Stauwerken, mit Ausbaggerungen u. s. w., eine rationelle Canalisirung wurde aber erst nach Erfindung der Poirée'schen Nadelwehre ermöglicht ***). Poirée stellte im Jahre 1845 ein Project auf, nach welchem mittelst 14 Stauanlagen eine Minimaltiefe von 2 m erzielt werden sollte. In den Jahren 1846—1856 baute man aber nur 4 Stauanlagen mit Nadelwehren zu Andresy, Meulon, Garennes und Poses und als durch dieselben noch nicht einmal 1,6 m Minimaltiefe erreicht wurde, kamen in den Jahren 1862—1866 noch zwei weitere Wehranlagen zu Suresnes und Martôt hinzu, auch erhöhte man diejenigen von Bezons und Andresy, ohne übrigens die erwünschte Tiefe zu erreichen; nur auf der 62 km langen Flussstrecke von Paris bis zur Oisemündung und von Poses bis Rouen sind 2,0 m Minimaltiefe, auf der mittleren Strecke stellenweise nur 0,9—1,37 m Minimaltiefe vorhanden. Es wurden nach und nach mehrere Projecte aufgestellt, von denen das Neueste von den Ingen. Krantz und Lagrené verfertigt, eine Minimalwassertiefe von 3,2 m durch Erbauung zweier Stauanlagen zu Rollebois und Andé, Veränderung der massiven Wehrrücken der älteren Anlagen, Herstellung beweglicher Stauvorrichtungen von 4,0 m Höhe und Ausbaggerungen, erzeugen will. Ferner sollen neuere grössere Schleusen von 150 m Länge, 17 m lichter Weite in der Kammer und 12 m Weite in den Häuptern angelegt werden, um dem Tauereibetrieb vollständig zu genügen. Die älteren Schleusen hatten 120 m nutzbare Länge und 12 m lichte Weite.

Die neuen Schleusen sollen in Seitencanäle von 25 m Sohlenbreite zu liegen kommen. Um beim Schleusen einzelner Fahrzeuge an Wasser zu sparen, sind noch kleinere Schleusen von je 50 m Länge und 8,0 m Breite projectirt worden. Der untere Drempele dieser Schleusen soll 3,2 m unter dem gestauten Unterwasser, der obere Drempele 4,2 m unter dem gestauten Oberwasser liegen. Die Kosten dieses Projectes sind mit 26 Mill. Mark durch ein Gesetz vom Jahre 1878 zur Verfügung gestellt.

Als Neuerungen an den beweglichen Wehren †) sind die Rolltafeln (rideaux articulés) zu erwähnen, welche bereits 1876 zum Verschluss einzelner 1,1 m breiter Oeffnungen im Nadelwehr von Notre dame de la Garenne (2,6 m Stauhöhe) angewandt wurden. Diese Rolltafeln bestehen aus horizontalen, schmalen, durch Charniere verbundenen Holzleisten, sind mit zwei Ketten oben an den Nadelböcken aufgehängt und werden durch eine Kette, welche die Rolltafel umfasst, mittelst einer fahrbaren Winde aufgezogen resp. abgelassen. Diese Verschlussvorrichtung ist dichter, leichter und sicherer zu handhaben, als diejenige mit Nadeln und gestattet grössere Stauhöhen ††).

Die Strecke von Rouen bis zum Meere wird auf 105 km Länge und einem absoluten Gefälle von 5,8 m bei Niederwasser zum Fluthgebiete gerechnet, obwohl die Fluth noch über 25 km stromaufwärts von Rouen sich äussert. Diese Strecke wurde mit Regulierungswerken (Parallelwerken, Buhnen) in besseren Schiffahrtzustand versetzt, und sollen bis 1874 rot. 12 Mill. Mark hiefür ausgegeben worden sein.

*) S. Lagrené, Cours de navigation, III. Band.

**) Der von Rouen bis zur Einmündung in das Meer liegende Theil ist die Seine im Fluthgebiete.

***) Diese Erfindung datirt aus dem Jahre 1833. Siehe hierüber eine Bearbeitung von Launhardt, Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingen.-Vereins 1868 S. 247.

†) Siehe auch Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1879 S. 514 und Zeitschrift für Baukunde 1879.

††) Neuerdings ist eine interessante Vorrichtung erfunden, um die Nadeln mittelst eines kleinen Hebeapparates leicht und sicher auch bei grösserer Stauhöhe zu entfernen (Siehe Annales des ponts et chaussées 1881 S. 220.

Im Jahre 1877 betrug der Güterverkehr zwischen Rouen und dem Meere etwa 162 Mill. Ctr. auf 4006 Fahrzeugen und nach dem Innern Frankreichs kamen etwa 111 Mill. Ctr., und zwar bestanden die Güter meistens in Steinkohlen, Roh- und Baumaterialien, Getreide, Zucker, Baumwolle, Oel, Wein u. s. w.

Die Details der Anlagen sind theilweise in dem berühmten Werke des französischen Ingenieurs de Lagrené „Cours de navigation“ und in dem Sammelwerke „Travaux publics de la France“ beschrieben.

Canalisirung der Saône*).

Dieser 479 km lange Fluss ist 198 km unterhalb seiner Quelle bis zur Eimmündung in die Rhône bei Lyon, also auf 281 km Länge schiffbar. Die Wassermasse beträgt bei Verdun, 186 km oberhalb der Eimmündung 25 cbm pro Sekunde bei Niederwasser, 3000 cbm bei Hochwasser und bei Lyon 60 cbm bei Niederwasser und 4000 cbm bei Hochwasser**). Das Gefälle von Verdun bis St. Bernhard ist auf 131 km Länge nur 5 m oder 1:25000; von St. Bernhard bis Lyon auf 35 km Länge 7 m oder 1:5000. In ihrem natürlichen Zustande hatte die Saône zwischen Verdun und Lyon 0,45—0,6 m Minimalwassertiefe und 1—1,25 m Geschwindigkeit pro Sekunde, auch soll durch Regulirung mittelst Parallelwerken u. s. w. zwar die Wassertiefe bis auf 1,25 m vermehrt worden sein, wahrscheinlich aber auch die Wassergeschwindigkeit. Da nun eine grössere Tiefe für die Schifffahrt erwünscht war, wurde im Jahre 1867 ein Canalisirungsproject ausgearbeitet und Schleusen mit 120 m Länge und 12 m Weite angelegt, sowie von Lyon bis Chalons 5 Stauanlagen und oberhalb Chalons noch 12 weitere Stauanlagen mit Schleusen, deren Abmessungen zwischen 35—120 m Länge und 5,2—12 m Breite wechseln, erbaut. Die Minimalwassertiefe soll bei normalen Verhältnissen in der oberen Strecke 1,6 m sein, aber bei Niederwasser bis auf 0,80 m sinken; auf der 131 km langen Strecke Verdun-St. Bernhard ist 2,0 m Niederwassertiefe, von Chalons bis Lyon eine solche von 1,80 m vorhanden.

Im Ganzen sind bis jetzt 23 Mill. Mark für die Schiffbarmachung der Saône ausgegeben worden und sollen noch weitere 15½ Mill. Mark für Vergrösserung der Schleusen auf 150 m Länge und 14,0 m Breite u. s. w. ausgegeben werden, so dass für die gesammte schiffbare Strecke von Port-sur-Saône bis Lyon 150,000 Mark pro km im Ganzen erforderlich wären.

Bei der Saône haben die Schifffahrtsdurchlässe Wehrklappen (System Chanoine) und 3,0 m oberhalb derselben befindet sich der Laufsteg mit Poirée'schen Stützklappen (Wehrböcken). Während das Ueberfallwehr ein Poirée'sches Nadelwehr bildet, dessen massiver Wehrrücken 1,0 m über dem des Schifffahrtsdurchlasses liegt. Die Maximalstauhöhe ist 3,5 m über der Sohle des Letzteren oder 2,7 m über Niederwasser.

Die neueren Stauanlagen haben Schleusen von 160 m Länge, 16 m Weite zur Aufnahme eines ganzen Schifffuges nebst Tauer, dieselben sind aber durch ein in der Mitte gelegenes Thorpaar in 2 Theile getheilt, um das Durchschleusen einzelner Schiffe ohne grossen Wasserverlust zu ermöglichen. (Siehe Fig. 10 Blatt II.) Die Anlage bei Couzon hat einen Schifffahrtsdurchlass und ein Ueberfallwehr von 130 m Länge***).

*) Zeitschrift für Bauwesen 1880 S. 381.

**) Ueber die hydrologischen Verhältnisse der Saône ist eine interessante Abhandlung in Annales des ponts et chaussées 1879 II. Band veröffentlicht.

***). Neuerdings hat auch der Oberbaudirector Franzius in Bremen, einer unserer erfahrensten Wasserbau-Ingenieure, in einem Vortrage über die Regulirung der Weser (Deutsche Bauzeitung 1881 S. 477) die Ansicht ausgesprochen, dass trotz vieler aufgewendeten Millionen die Fortschritte gering, die Erreichung des Zieles in einigen Jahren zweifelhaft wäre und er glaube, dass wenn durch die Correction die Schifffahrt belebt würde, doch eine nachträgliche Canalisirung nicht ausgeschlossen wäre.

In der Zeitschrift für Bauwesen 1880 folgt noch eine Beschreibung der Regulirungsarbeiten der Rhône und zwar wie der Verfasser S. 393 bemerkt, hauptsächlich nach den Angaben des Ingenieurs Jacquet, der ein erfolgreicher Vertheidiger des Regulirungssystemes sein soll, weshalb hier nicht nur auf den ersten Theil der von Hrn. Janicki verfassten Abhandlung, in welcher die Ansichten des Hrn. Pasqueau, des Gegners von Hrn. Jacquet, vertreten sind, hingewiesen wird, sondern auch bemerkt werden soll, dass nach den neuesten Nachrichten an Hrn. Janicki sich die Arbeiten nach Hrn. Jacquet nicht bewährt haben sollen.

Die Canalisirung der Maas*).

(Fig. 13, 14 und 15 Blatt II.)

Zum Zwecke der Schiffbarmachung ist die Maas u. A. in ihrem Lauf durch Belgien mittelst beweglicher, in den letzten Jahrzehnten nach verschiedenen Systemen erbauten Stauanlagen canalisirt worden. Die Gesamtlänge dieser Flussstrecke beträgt 128 km, von denen die Strecke von der holländischen Grenze bei Visé bis Namur auf 82 km Länge mittelst Poirée'scher Nadelwehre canalisirt wurde. Auf der folgenden 17 km langen Strecke bis Rivière wurde durch Erbauung dreier Klappenwehre nach dem Chanoine'schen Systeme in den Jahren 1866—1871 eine Wassertiefe von 2,1 m zu erreichen gesucht. Bei diesen Stauanlagen, welche mit Ueberfallwehr und Schiffdurchlass versehen waren, befanden sich im Ersteren 43 Klappen von je 2,1 m Höhe und 1,30 m Breite, im Letzteren 23 Klappen von je 3,20 m Höhe und 1,2 m Breite.

Das Aufrichten und Niederlegen dieser Wehre war mit vielen Unzuträglichkeiten verbunden; beim völligen Niederlegen versagte häufig die Hakenstange in Folge mitgerissener fremder Körper den Dienst; dann war dasselbe ausserordentlich beschwerlich und langwierig. Das Aufrichten geschah nemlich in der Weise, dass man zuerst den Schiffdurchlass schloss, so dass die ganze Wassermenge, die gewöhnlich etwa 259 cbm pro Sekunde betrug, durch das seitwärts gelegene Ueberfallwehr abfließen musste und natürlicherweise das Aufrichten der Klappen in diesem Wehrtheile sehr erschwerte, ja sogar unmöglich machte, sobald der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasserspiegel mehr als 1,0 m betrug; man musste daher oft warten, bis das Unterwasser um 0,8 m gestiegen war und häufig war dann im Oberwasser nur 1,5 m Wasserhöhe für die Schifffahrt während einiger Zeit vorhanden.

Es wurde deshalb im Jahre 1871 eine Commission eingesetzt, um bessere Stauanlagen zur Canalisirung der übrigen 29 km langen Strecke in Vorschlag zu bringen und nahm man das Project des Ingenieur M. Hans, dazumal Sekretär der Commission, an, welches dahin ging, den Schiffdurchlass mittelst Nadel- und das Ueberfallwehr durch Klappenwehre zu schliessen. Bevor diese Anlagen weiter beschrieben werden, sollen einige Notizen über die allgemeinen Verhältnisse dieser Strecke hier folgen. Von der französischen Grenze an auf 33 km Länge hat die Maas in Belgien ein ziemlich gleichmässiges Gefälle von etwa 1:2000 und 1:2800 auf weitere 11,0 km Länge. Bei Tailfer fließen bei dem niedrigsten bekannten Wasserstande 24,2 cbm in der Sek., bei gewöhnlichem Niederwasser 46 cbm pro Sek. und bei höchstem Wasserstande, der 3,7 m über dem Niedrigsten steht, 821,6 cbm ab.

Nachstehende Tabelle gibt eine Uebersicht über die 6 neuerdings ausgeführten Stauanlagen auf der Strecke von J1ne, 10,5 km oberhalb Tailfer, bis zur französischen Grenze:

Lfd. Nr.	Name der Wehranlage	Entfernung der Wehre unter sich	Höhenlagen des			Länge des		Bemerkungen
			Stau- spiegels	Schiff- durchlasses	Ueberfall- wehres	Schiff- durchlasses	Ueberfall- wehres	
		m				m	m	
1.	Hun		+83,42 „ 86,24	+81,32	83,14	45,81	54,60	
2.	Houx	5040,5	„ 86,24 „ 88,27	„ 84,14	85,17	45,81	54,60	Insel zwischen diesen beiden Wehrtheilen.
3.	Dinant	3468,5	„ 88,27 „ 90,31	„ 86,17	87,21	45,81	54,60	
4.	Anseremme .	3912,5	„ 90,31 „ 92,58	„ 88,21	89,48	43,41	54,60	Insel zwischen den beiden Wehrtheilen.
5.	Waulsort . .	7322,0	„ 92,58 „ 95,06	„ 90,48	91,96	43,41	54,60	
6.	Hastière . .	4919,0	„ 95,06 „ 97,91	„ 92,96	94,31	43,41	54,60	

*) Von M. Hans, Ingenieur en chef et directeur des ponts et chaussées. Broschüre „La canalisation de la Meuse“ und in den „Annales des Travaux publics de Belgique“ 1879 S. 473.

Bei der Aufstellung der Projecte zu den 6 neuen Wehranlagen ging man von der Anschauung aus, die Wehre den Flussverhältnissen, d. h. Querprofilform an der betreffenden Stelle anzupassen, um nicht nur an Kosten zu sparen, sondern um auch keine Störung in die Flussverhältnisse zu bringen; dann suchte man jedes der Wehre an das obere Ende einer Sandbank und die zugehörige Schleuse an das untere Ende derselben zu legen, damit das Wehrfundament wenig unter Niederwasser zu liegen kam, weniger Erdarbeiten, Ausbaggerungen und deshalb auch weniger Mittel erforderlich waren. Weiter suchte man das Fundament des Schiffahrtsdurchlasses mindestens 0,6 m unter Niederwasser zu legen und die Stauhöhe auf höchstens 3,10 m über dieses Fundament zu bringen, eine Stauhöhe, wie sie auch bei den 3 älteren unterhalb Hun gelegenen Chanoine'schen Wehranlagen anzutreffen ist.

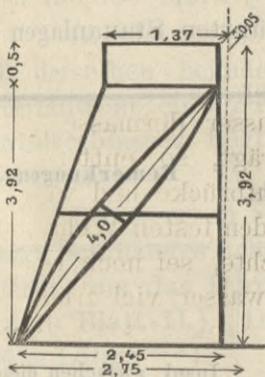
Durch die Lage der Schleuse am unteren Ende der Sandbänke, an welchen Stellen immer starke Wasserspiegelgefälle stattfinden, wurde ein viel grösseres Gefälle, als wie die Wehranlage selbst hat, absorbiert, selbst wenn die Länge der Sandbank nicht beträchtlich war.

Dieser Fall trat besonders bei den Wehranlagen zu Hun, Waulsort, Hastière, die in einiger Entfernung von ihrer zugehörigen Schleuse liegen und mit derselben durch einen Längsdeich verbunden sind, ein. Durch diese Anordnung brauchte man statt der früher projectirten 7 Wehranlagen nur 6, mit welchen auch die ursprünglich angenommene Stauhöhe von 3,1 m über dem Schiffdurchlass-Fundament hergestellt wurde.

Bei jeder Stauanlage ist der Schiffdurchlass entweder durch eine Insel oder einen steinernen Pfeiler von dem 54,6 m lichte Weite habenden Ueberfallwehre getrennt (siehe Fig. 13 u. Bl. II.), letzteres hat 2,5 m Stauhöhe über dem Fundamente. Der Schiffdurchlass hat einen 9,57 m langen festen Wehrkörper aus 0,4 m Betonlage, 1,5—1,9 m Bruchstein- und 0,5 m Quadermauerwerk, zusammen also ein Fundamentbett von 2,3—2,7 m Stärke. Auf beiden Seiten desselben sind Spundwände eingerammt.

Die 4,0 m hohen Wehrböcke sind 1,2 m von einander entfernt mit Ausnahme desjenigen neben der Schleuse, der nur in 1,11 m Entfernung, und des Endbockes neben dem 3,0 m dicken Flusspfeiler, der in 1,5 m Entfernung sich befindet. Diese Wehrböcke sind unten 2,45 m, oben 1,45 m breit, aus quadratischem, zusammengeschweissten Eisen von $\frac{30}{50}$ mm Querschnitt hergestellt; mittelst eines besonderen Apparates wird jeder derselben vorher auf Festigkeit geprüft und zwar durch Anhängen von 8000 Kilo an der Stelle, wo der Wasserdruck mit 2000 Kilo wirkt, ohne dass die Elasticitätsgrenze überschritten worden wäre. Diese Art der Anfertigung der Nadelböcke soll vor der sonst Gebräuchlichen

Skizze eines Wehrbockes.



mittelst zusammengeneteter Winkeleisen mehrere grössere Vortheile haben und zwar bieten dieselben dem Wasser weniger Stossfläche, haben geringere Rostflächen u. s. w. Statt des entfernbaren üblichen Bohlenbelages für die Brückentafel sind hier eiserne Tafeln angebracht, die mit den einzelnen Böcken verbunden sind und mit denselben umgelegt werden. Das obere Widerlager für die Nadeln bildet eine Eisenstange, die sich um eine im Wehrbocke befindliche Axe dreht. Diese Construction ist auch später bei den beweglichen Wehren in der Brahe angewandt worden und soll sich gut bewährt haben*). Ein Nadelbock wiegt vollständig montirt 503 Kilo, die eiserne Tafel 89 Kilo, die Widerlagsstange 31 Kilo. Ueber das Umlegen ist nichts weiter zu bemerken. Das Aufrichten der einzelnen Wehrböcke geschieht mittelst einer tragbaren Bauwinde, die immer über einem derselben aufgestellt wird. Ueber die Details gibt das oben

erwähnte Werk mit Hülfe vorzüglicher Lithographien weitere Auskunft.

Die Nadeln sind aus Rigaer Rothtannenholz, 3,75 m lang, 0,099 m breit und haben verschiedene Querschnittsdimensionen, je nach der örtlichen Inanspruchnahme und zwar von 0,12—0,25 m; der birnenförmige Kopf ist 0,23 m lang, an denselben befinden sich eiserne Oesen, durch welche eine Verbindungsleine hindurchgeht. Diese Nadeln wiegen 24—25 Kilo und wurden mit dreimal grösserer Kraft, als sie später auszuhalten haben, belastet, ohne bleibende Veränderungen zu erleiden. Die Max.-Inanspruchnahme der äussersten Faser beträgt 87 Kilo pro qcm. Nach den angestellten Versuchen wechselt der Elasticitätskoefficient zwischen 110000—130000 pro qcm.

Die wesentliche Verbesserung bei diesen Nadelwehren ist die schon erwähnte von dem Oberingenieur Kummer erfundene Vorrichtung zum raschen Oeffnen resp. Entfernen der Nadeln zwischen zwei

*) S. auch Lagrené III. Band „Cours de navigation“.

Nadelböcken durch Bewegen der eisernen Widerlagerstange; welche Vorrichtung die Anwendung von Nadeln auch bei grösseren Stauhöhen gestattet.

Das Fundament des Ueberfallwehres, welches 54,6 m lichte Weite hat, ist 7,0 m lang, hat eine 0,4 m dicke Betonschicht, auf welcher 1,60 m Bruchstein- und Quadermauerwerk liegt. Es sind 39 Klappen von 2,35 m Länge, 1,3 m Breite und je 0,1 m Zwischenräumen vorhanden. Die Brücke, von welcher aus dieselben gehandhabt werden, besteht aus eisernen Wehrböcken, die in 1,40 m Abstand von einander stehen. Die Construction der Klappen ist aus der schon erwähnten Abhandlung des Ing. Hans zu ersehen und soll hier nur noch bemerkt werden, dass in den einzelnen Klappen kleinere, um horizontale Achsen bewegliche Drehschützen sich befinden, die eine Erfindung des französ. Ingenieurs Krantz und als wesentliche Verbesserung zu bezeichnen sind.

Die Schleusen haben eine Gesamtlänge von 125,18 m, eine nutzbare Länge von 100,0 m und 12 m lichte Weite. Die beiden Dremel haben gleiche Höhenlage und zwar 2,10 m unter dem Stauwasserspiegel. Die Fundirung besteht aus 0,6 m Beton, hierauf 1,14 m Mauerwerk und ein Sohlengewölbe von 0,6 m Pfeilhöhe. Die Kammer wird in 4 Minuten gefüllt durch Umläufe in den Häuptern und Jalousieschützen in den Thoren, und zwar sind in den 2 Umläufen je 3 Oeffnungen von 1,5 m Breite und 0,22 m Höhe, in den Thoren je 2 Jalousieschützen mit je 3 Oeffnungen von je 1,4 m Breite und 0,14 m Höhe, so dass also 18 Oeffnungen mit 4,33 qm nutzbarem Querschnitt vorhanden sind, durch welche die rasche Schleusenfüllung ermöglicht wird.

Es soll noch einiges über die Handhabung der Wehre gesagt werden. Will man z. B., nachdem die Winterhochwasser sich verlaufen haben und der Wasserspiegel auf 2,50 m über Niederwasser sich gesenkt hat, das Wehr aufstellen, so richtet man zuerst die Wehrböcke des Schiffdurchlasses auf, alsdann diejenigen des Ueberfallwehres und stellt auf diese Weise einen Verbindungssteg zwischen den beiden Ufern her, fällt das Wasser noch mehr, so stellt man so viele Nadeln ein, bis die gewünschte Stauhöhe vorhanden ist und zwar fährt man bei sinkendem Wasserspiegel fort, Nadeln einzubringen, bis der ganze Schiffdurchlass geschlossen ist. Senkt sich der Wasserspiegel noch mehr, so werden einige Klappen im Ueberfallwehre, deren sämmtliche Stützen schon vorher aufgerichtet sind, aufgestellt und so fortgefahren, bis sämmtliche Klappen sich in dieser Lage befinden. Es sind aber dann die Drehschützen in den Klappen noch offen und werden jetzt je nach Bedürfniss durch den Schleusenwärter mittelst einer Stange geschlossen.

Die Regulirung der Wasserhöhe geschieht im Sommer mit Hülfe dieser Drehschützen in den Klappen. Bei plötzlichem Hochwasser legen sich die Klappen von selbst um und wenn dieses noch nicht genügt, so macht man einzelne Oeffnungen zwischen den Wehrböcken im Schiffdurchlass frei und zwar derart, dass die Strömung thunlichst in der Flussrichtung bleibt. Wenn das Wasser dermassen steigt, dass der Niveauunterschied zwischen Ober- und Unterwasser nur noch 0,4 m beträgt, so entfernt man vollends die Nadeln, legt die Klappen auf die Sohle, ebenso die Wehrböcke der Laufbrücke und wenn das Wasser noch mehr zunimmt, so legt man auch die Wehrböcke im Schiffdurchlass auf den festen Wehrrücken.

Bezüglich der Erfahrungen, welche man mit diesen neuen Stauanlagen machte, sei noch bemerkt, dass die älteren 3 Wehranlagen, welche nur Chanoine'sche Klappen haben, bei Hochwasser viel früher umgelegt werden müssen wie die neuen beweglichen Wehre und auch erst später aufgerichtet werden können.

Der Unterschied beider Arten von Anlagen tritt klar vor Augen, wenn man erwähnt, dass in der Zeit vom 17. April 1877 bis 5. Nov. 1878 die Wehre zu Hun und Houx nur zweimal umgelegt wurden und nur 17 Tage im Ganzen in diesem Zustande blieben, während in demselben Zeitraum die drei älteren Wehranlagen zu Plante, Tailfer und Rivière fünfmal umgelegt werden mussten und im Ganzen 116 Tage in diesem Zustande blieben. Für den Schiffahrtsbetrieb haben diese neuen Anlagen insofern Vorzüge vor den Alten, als durch das längere Stehenbleiben derselben die Wassergeschwindigkeit und damit die Zugkraft vermindert wird; auch ist die projectirte Wassertiefe leichter zu erhalten.

Die Wehranlagen zu Hun und Houx sind seit Anfang 1876 in Thätigkeit und seit der Zeit mehr als zwölfmal umgelegt worden, haben sich hiebei gut bewährt und mussten nur einige beschädigte Wehrböcke ersetzt werden.

Kosten der Maascanalisierung in Belgien.

Nachstehend sollen zuerst die Kosten der Schleusen zu Dinant und Anseremme, zweien charakteristischen Anlagen, eingehender angegeben werden.

Wehranlage nebst Schleuse zu Dinant.

Schleuse (mit 100 m nutzbarer Länge und 12 m Lichtweite) . . .	296,000	Mark,
Verlängerung der Schleusenmauer nach oberhalb	12,300	"
Verschiedene Arbeiten und Ausrüstungsgegenstände	2,000	"
Schiffdurchlass von 45,81 m Weite	88,800	"
Trennungspfeiler	15,500	"
Ueberfallwehr von 54,60 m Weite	109,300	"
Widerlager	7,500	"
Ufer- und Flussarbeiten	137,300	"
Reservestücke	11,800	"
Schleusenwärterhaus	8,600	"
Wehrwärterhaus	5,600	"
Remisen, Aborte	4,300	"
	rot. 699,000	Mark.

Wehranlage nebst Schleuse zu Anseremme.

Schleuse von 100 m nutzbarer Länge und 12 m lichter Weite . . .	272,800	Mark,
Verschiedene Geräte hiezu	2,000	"
Schiffdurchlass von 43,41 m Weite	82,400	"
Linkes Widerlager des Schiffdurchlasses	7,700	"
Rechtes " " "	10,200	"
Ueberfallwehr von 54,6 m Weite	109,600	"
Rechtes Widerlager	6,600	"
Linkes " " "	10,400	"
Ufer- und Flussarbeiten	155,000	"
Reservematerial	11,800	"
Schleusenwärterhaus	8,600	"
Wehrwärterhaus	5,700	"
Remisen, Aborte	4,000	"
	rot. 687,000	Mark.

Aehnliche Kosten verursachte jedes der 6 Wehre und es kommt beim Schiffdurchlass (Poirée'schen Nadelwehr)

ein laufender Meter des festen Theiles auf	1380	Mark,	
" " " " beweglichen Theiles (Wehrböcke, Nadeln u. s. w.)	556	"	
	Sa. pro laufenden Meter	1936	Mark.

Ueberfallwehr.

Ein laufender Meter des festen Theiles (Fundament)	980	Mark,
" " " der Klappen mit Zubehör	690	"
" " " des Laufsteges	340	"

Sa. pro laufenden Meter rot. 2010 Mark.

Bei der grossen, durch diese Wehranlagen erzeugten Stauhöhe erscheinen diese Summen ziemlich geringfügig.

Die Gesamtkosten der Canalisierung von Namur bis zur französischen Grenze (46 km Länge, einschliesslich der drei älteren Chanoine'schen Klappenwehre) belaufen sich auf rot. 6,400,000 Mark, oder es kostet der Kilometer rot. 140,000 Mark. Die Canalisierung der Maas unterhalb Namur bis zur holländischen Grenze bei Visé erforderte auf 82 km Länge etwa 13,600,000 Mark, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass die Schleusen in dieser Strecke nur 56,57 m nutzbare Länge und 9,0 m lichte Weite haben, und dass ferner noch zwei Wehranlagen zu machen sind. Die Schleusen dieser Strecke kosteten etwa je 160,000 M. Die Gesamtausgaben für die Canalisierung der Maas in Belgien betragen rot. 18 Mill. Mark.

Berechnung der Abmessungen eines Wehres bei Anwendung von Chanoine'schen Klappen.

Bezüglich der Wassermassen in der Maas ist zu bemerken, dass dieselbe

bei Niederwasser (—0,20) am Pegel zu Tailfer bei Namur 21,2 cbm pro Sekunde,

bei	00	"	"	"	"	"	"	46,0	"	"	"
	0,50	"	"	"	"	"	"	113,0	"	"	"
	1,00	"	"	"	"	"	"	199,1	"	"	"
	2,00	"	"	"	"	"	"	414,0	"	"	"
	3,00	"	"	"	"	"	"	675,6	"	"	"
	3,50	"	"	"	"	"	"	821,6	"	"	abführt.

Bei der Berechnung der Dimensionen des Ueberfallwehres unter der Annahme, dass das ganze Wehr als Klappenwehr construiert sei, hat man vor allen Dingen zu beachten, dass dieselben gross genug sein müssen, damit bei geschlossenem Schiffdurchlass die ganze Wassermasse des Flusses durch das geöffnete Ueberfallwehr fliessen kann. Es bildet sich natürlich hiebei ein grösserer Niveaunterschied zwischen Ober- und Unterwasserspiegel, welcher aber nicht grösser als 1,0 m werden darf, damit alle Chanoine'schen Klappen gehoben werden können. Nun hat man an den beweglichen Wehren der Seine die Erfahrung gemacht, dass während des Aufrichtens der Klappen sich der Unterwasserspiegel um etwa 0,25 m senkt, welche Ziffer auch bei dieser Berechnung zu Grunde gelegt werden soll; dann wird noch weiter angenommen, dass

1) die Sohle des Ueberfallwehres auf Niederwasserspiegel,

2) " " " Schiffdurchlasses 0,6 m unter Niederwasserspiegel liegt.

Es sind nun bei der Berechnung der Länge des Ueberfallwehres 3 Fälle in's Auge zu fassen:

- während des Aufrichtens der Klappen im Schiffdurchlasse seien die Stützen der Klappen des Ueberfallwehres gehoben und die Klappe unter 21° gegen die Horizontale geneigt,
- die Klappstützen gehoben und die Klappen selbst horizontal,
- bei niedergelegten Stützen.

Es sei Q die Wassermasse der Maas, welche der Berechnung zu Grunde liegt,

x die Länge des Ueberfallwehres,

p das Verhältniss zwischen den Längen des Ueberfallwehres und des Schiffdurchlasses,

n die obere Wasserspiegellhöhe über Niederwasser, wenn der Schiffdurchlass geschlossen ist,

m die untere

d die Höhe des Ueberfallwehreffundamentes über Niederwasser,

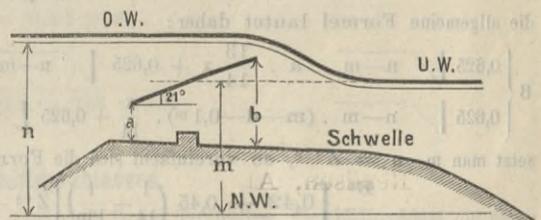
b die Entfernung des höchsten Punktes der unter 21° geneigten Klappe über Niederwasser.

Es fliesst nun das Wasser zwischen der Wehrschwelle und der Klappe und ist diese Masse nach d'Aubuisson Nr. 77 u. Presse Nr. 36

$$M = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot a \cdot \frac{13}{14} x \left(\frac{13}{14} x \text{ ist zugefügt,} \right.$$

weil zwischen den 1,3 m breiten Klappen 0,1 m weite Zwischenräume sind, daher die Summe der Klappenbreiten

$$= x \frac{13}{14} \text{ ist.}$$



Die oberhalb der Klappen abfliessende Wassermasse ist nach d'Aubuisson Nr. 77 und Bresse Nr. 30

$$2. M_1 = 0,45 \sqrt{2g(n-b)^3} \frac{13}{14} x.$$

Durch den Klappenzwischenraum fliesst von der Sohle bis Unterwasserspiegellhöhe

$$M_2 = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (m-d) \cdot \frac{x}{14} \text{ weil die Summe der 0,1 m weiten Zwischenräume} = \frac{x}{14} \text{ ist.}$$

Unter der Unterwasserspiegellhöhe fliesst durch die Klappenöffnungen des Schiffdurchlasses folgende Wassermasse:

$$M_3 = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (m + 0,6 m) \frac{x}{13p}$$

$$\text{es ist nemlich } r = \frac{x}{x_1} = \frac{\text{Ueberfallwehrlänge}}{\text{Länge des Schiffdurchlasses}} \text{ daher } \frac{x}{13p} = \frac{x_1}{13}$$

denn die Klappen des Schiffdurchlasses sind nur 1,2 m breit und haben 0,1 m weite Zwischenräume.

Oberhalb des Unterwasserspiegels fließen durch die Klappenzwischenräume im Ueberfallwehr u. Schiffdurchlasse zusammen

$$M_4 = 0,45 \sqrt{2g} \sqrt{(n-m)^3} \cdot \left(\frac{x}{14} + \frac{x}{13p} \right)$$

Man hat daher die allgemeine Formel:

$$A \left\{ 0,625 \sqrt{n-m} \cdot a \cdot \frac{13}{14} x + 0,45 (n-b)^{3/2} \frac{13}{14} x + \right. \\ \left. 0,625 \sqrt{n-m} \cdot (m-d) \cdot \frac{x}{14} + 0,625 \sqrt{n-m} (m + 0,6 m) \frac{x}{13p} + 0,45 (n-m)^{3/2} \left(\frac{x}{14} + \frac{x}{13p} \right) \right\} = \frac{Q}{\sqrt{2g}}$$

welche dadurch vereinfacht wird, dass man $n-m = Z'^2$ setzt, alsdann ist:

$$A' \left\{ 0,58 \cdot a Z' + 0,42 (Z'^2 + m-b)^{3/2} + 0,045 (m-d) Z' + \right. \\ \left. 0,048 \cdot \left(\frac{m + 0,6 m}{p} \right) Z' + 0,45 \left(\frac{1}{14} + \frac{1}{13 p} \right) Z'^3 \right\} = \frac{Q}{4,43 x}$$

Bei obiger Berechnung wurde nun angenommen, dass das Oberwasser ohne Geschwindigkeit ankomme, was in der Regel nicht zutrifft, die Oberwassergeschwindigkeit vermehrt die Wassermasse. Wir nehmen nun an diese Geschwindigkeit sei gleich der mittleren Geschwindigkeit im Flusse oberhalb des Wehres, so dass anstatt $(n-m)$ in der Gleichung A^1 die Druckhöhe $n-m + \frac{V_2}{2g} = Z^2$ in die Gleichung eingeführt werden muss.

Die Gleichung A^1 wird alsdann folgende Form annehmen:

$$A^2 \left\{ 0,45 \left(\frac{1}{14} + \frac{1}{13p} \right) Z^3 + 0,42 (Z^2 + m-b)^{3/2} + \left[0,58 a + 0,045 (m-d) + 0,048 \left(\frac{m+0,60}{p} \right) \right] Z \right\} = \frac{Q}{4,43 x}$$

Horizontale Klappenstellung.

Mit Beibehaltung der vorhergehenden Bezeichnungen erhält man die Wassermasse, die unter den Klappen hindurchfließt:

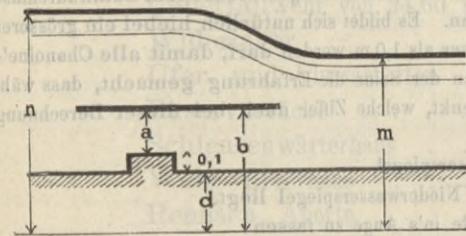
$$M = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot a \cdot \frac{13}{14} x$$

dann die Wassermasse, welche oberhalb der Klappen abfließt und zwar unterhalb des Unterwasserspiegels:

$$M_1 = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} (m-b) \cdot \frac{13}{14} x$$

dann diejenige, welche den Wasserfall bildet

$$M_2 = 0,45 \sqrt{2g} \cdot (n-m)^{3/2} \cdot \frac{13}{14} x$$



Die Wassermasse, welche zwischen den Wehrklappen durchfließt, besteht aus der Masse, welche unter dem Unterwasserspiegel hindurchfließt

$$M_3 = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (m-d-0,1 m) \cdot \frac{x}{14}$$

und im Schiffdurchlasse fließt durch die ähnlichen Räume:

$$M_4 = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (m+0,6 m) \cdot \frac{x}{13p}$$

weiter fließt im Ueberfallwehr und dem Schiffdurchlass oberhalb des Unterwasserspiegels

$$M_5 = 0,45 \sqrt{2g} \cdot (n-m)^{3/2} \cdot \left(\frac{x}{14} + \frac{x}{13p} \right)$$

die allgemeine Formel lautet daher:

$$B \left\{ 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot a \cdot \frac{13}{14} x + 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (m-b) \cdot \frac{13}{14} x + 0,45 (n-m)^{3/2} \cdot \frac{13}{14} x + 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (m-d-0,1 m) \cdot \frac{x}{14} + 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (m+0,6 m) \cdot \frac{x}{13p} + 0,45 (n-m)^{3/2} \cdot \left(\frac{x}{14} + \frac{x}{13p} \right) \right\} = \frac{Q}{\sqrt{2g}}$$

setzt man $m-n = Z'^2$, so vereinfacht sich die Formel

$$B^1 \left[0,42 + 0,45 \left(\frac{1}{14} + \frac{1}{13p} \right) \right] Z'^3 + \left[0,58 a + 0,58 (m-b) + 0,045 \cdot (m-d-0,1 m) + 0,048 m \left(\frac{m+0,6 m}{p} \right) \right] Z' = \frac{Q}{4,43 x}$$

berücksichtigt man nun wieder die Wassergeschwindigkeit, mit der das Wasser ankommt, und setzt also statt $n-m$

$$n-m + \frac{V_2}{2g} = Z^2$$

so wird:

$$B^2 \left[0,42 + 0,45 \left(\frac{1}{14} + \frac{1}{13p} \right) \right] Z^3 + \left[0,58 a + 0,58 (m-b) + 0,045 (m-d-0,1 m) + 0,048 \left(\frac{m+0,60}{p} \right) \right] Z = \frac{Q}{4,43 x}$$

Dritter Fall.

Vollständig niedergelegte Klappen.

Die Wassermasse, die unterhalb des Unterwasserspiegels fließt, ist

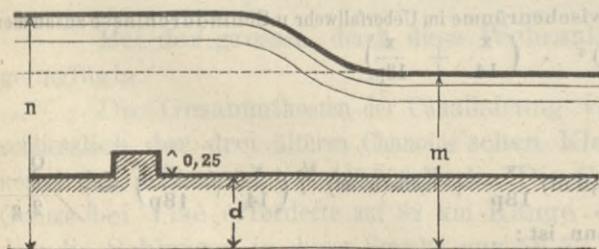
$$M = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} \cdot (n-d-0,25) \cdot x$$

diejenige, welche den Wasserfall bildet, ist

$$M_1 = 0,45 \sqrt{2g} \cdot (n-m)^{3/2} \cdot x$$

die Wassermasse, welche im Schiffdurchlass zwischen den Klappen unterhalb des Unterwasserspiegels fließt, ist nun

$$M_2 = 0,625 \sqrt{2g} \sqrt{n-m} (m+0,6 m) \cdot \frac{x}{13p}$$



(0,6 m wird zugesetzt, weil die Sohle 0,6 m tiefer liegt, als die des Ueberfallwehres)

und über dem Unterwasserspiegel fließt:

$$M_3 = 0,45 \sqrt{2g} \cdot (n-m)^{3/2} \cdot \frac{x}{13p}$$

Man hat daher:

$$C \begin{cases} 0,625 \sqrt{n-m} \cdot (m-d-0,25 \text{ m}) \cdot x + 0,45 (n-m)^{3/2} \cdot x + \\ 0,625 \sqrt{n-m} \cdot (m+0,6 \text{ m}) \cdot \frac{x}{13p} + 0,45 (n-m)^{3/2} \cdot \frac{x}{13p} = \frac{Q}{2g} \end{cases}$$

vereinfacht man dieselbe dadurch, dass man $n-m = Z'^2$ setzt,

so wird:

$$C_1 \left\{ \left(0,45 + \frac{0,035}{p} \right) Z'^3 + \left[0,625 (m-d-0,25 \text{ m}) + 0,048 \left(\frac{m+0,6 \text{ m}}{p} \right) \right] \cdot Z' \right\} = \frac{Q}{4,43 x}$$

und führt man die Wassergeschwindigkeit, mit der das Wasser ankommt, in Rechnung: also setzt man statt $n-m$

$$n-m + \frac{V^2}{2g} = Z^2$$

so wird:

$$C_2 \left\{ \left(0,45 + \frac{0,035}{p} \right) Z^3 + \left[0,625 (m-d-0,25 \text{ m}) + 0,048 \left(\frac{m+0,6 \text{ m}}{p} \right) \right] Z \right\} = \frac{Q}{4,43 x}$$

Bestimmt man durch diese Formeln nun die Abmessungen des Ueberfallwehres unter der Annahme, dass der feste Wehrrücken auf Niederwasserhöhe liegt, so dass $d = 0$ wird, ferner dass $p = \frac{3}{2}$ ist und der Schiffdurchlass geschlossen wird, wenn der Oberwasserspiegel 1,3 m über dem Niederwasserspiegel ist, so wird $m = 1,05 \text{ m}$, $n = 2,05 \text{ m}$, $Q = 259 \text{ cbm}$, $V = 1,0$, $Z = 1,025$.

Berechnung der Länge des Ueberfallwehres mit vorstehenden Annahmen.

Zuerst unter der Annahme, dass die Klappenstützen aufgerichtet, die Klappe selbst unter 21° gegen die Horizontale geneigt sei:

$$a = 0,66 \text{ m}, b = 1,7 \text{ aus Formel } A_2$$

$$x = \frac{0,58 \cdot 0,66 \cdot 1,025 + 0,42 \cdot 0,254 + 0,045 \cdot 1,05 \cdot 1,025 + 0,032 \cdot 1,65 \cdot 1,025 + 0,45 \cdot 0,12 \cdot 1,077}{58,46} = 88 \text{ m.}$$

Bei aufgerichteten Klappenstützen und horizontalen Klappen ist $a = 0,94 \text{ m}$, $b = 1,16 \text{ m}$ und nach Formel B_2

$$x = \frac{0,58 \cdot 0,94 \cdot 1,025 + 0,42 \cdot 0,913 + 0,045 \cdot 0,95 \cdot 1,025 + 0,032 \cdot 1,65 \cdot 1,025 + 0,45 \cdot 0,12 \cdot 1,077}{58,46} = 53,0 \text{ m,}$$

hier wird übrigens der Ausdruck $0,58(m-b)Z$ negativ, woraus folgt, dass die durch ihn in Rechnung geführte Wassermenge nicht existirt, diess geht ohne Weiteres hervor, da die über die Klappe fließende Wassermenge nicht die Druckhöhe $n-m$, sondern nur $n-b$ hat; in dem Ausdruck $0,42 Z^2$ muss man daher $Z^2 = 0,913$ setzen.

3. Bei gänzlich niedergelegten Klappen ist:

$$\text{nach Formel } C_2 \quad x = \frac{58,46}{0,474 \cdot 1,077 + 1,025 (0,625 \cdot 0,8 + 0,32 \cdot 1,65)} = 53,0 \text{ m.}$$

Berechnung der Länge des Schiffdurchlasses.

Unter der Voraussetzung, dass das Ueberfallwehr 53,0 m lang wird, dass ferner durch den Schiffdurchlass die ganze Niederwassermenge abflüsse, ohne dass sich rechts von diesem niedergelegten Wehrtheile ein grösseres Wasserspiegelgefülle als 0,3 m bilde, so hat man zur Bestimmung die Chanoine'sche Formel:

$$e) \cdot Q = M (L \cdot H + L_1 H_1) \sqrt{2g(Z+H)}$$

wo Q = der Wassermenge des Flusses,

L = der Länge des Schiffdurchlasses,

L_1 = der Länge des Ueberfallwehres,

H = der Höhe des Unterwassers über dem Wehrrücken des Schiffdurchlasses,

H_1 = " " " " " " " " " Ueberfallwehres,

Z = dem Wasserspiegelgefälle oder = der Stauhöhe,

M ein Coefficient der = 0,697 je nachdem der Wasserspiegel 1,0

0,709

1,8

2,4

über Niederwasser ist.

Um die Wassermenge Q zu bestimmen, muss man das Wasserquantum ermitteln, welches durch das Ueberfallwehr fließt. Bei 0,3 m Stau ist das Oberwasser 0,3 m über Niederwasser und eine Wasserschicht von 0,05 m Dicke geht über der Sohle zwischen den Klappen hindurch, alsdann ist die Wassermenge, welche durch das Ueberfallwehr abgeführt wird:

$$0,45 \cdot 55 \cdot 4,43 \cdot (0,05)^{3/2} = 1,23 \text{ cbm}$$

und da die Gesamtwassermenge = 45 cbm ist, so wird $Q = 43,77 \text{ cbm}$, daher wird $H_1 = 0$, da die durch das Ueberfallwehr strömende Wassermasse schon abgezogen ist,

$$H = 0,6 \text{ m}, M = 0,69, Z = 0,3 \text{ m}, H_1 = \left(\frac{0,50}{2g} \right)^2 = 0,0127 \text{ daher}$$

$$0,69 \cdot L \cdot 0,6 \cdot 4,43 \cdot 0,559 = 45$$

$$L = 43,0 \text{ m.}$$

Bei Annahme dieser Abmessungen wird p nicht genau $= \frac{3}{2}$, wie wir es bei der Berechnung des Ueberfallwehres voraussetzen. Die Rechnung müsste jetzt noch einmal durchgeführt werden, aber die Längen der beiden Wehrtheile würden sich so wenig verändern, dass es unnöthig ist, von Neuem dieselben zu bestimmen. Während der Flussreinigung und des Hochwassers sind die Wehrtheile nie bergelegt, es bleibt daher noch die Stauhöhe festzusetzen, welche bei den verschiedenen Wasserständen durch die Wehrfundamente erzeugt wird. Zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit dividirt man die Wassermenge durch das betzete Querprofil und zwar Letzteres kurz oberhalb der Stauanlage gemessen. Die Flusssohle ist 0,6 m unter Niederwasser und die Wasserspiegelbreite = der Summe der Längen des Schiffpasses, der Pfeilerbreite, des Ueberfallwehres und der Breite der beiden Widerlager.

1. Wasserhöhe = 1,0 m, L = 43 m, L₁ = 53 m, H = 1,6 m, H₁ = 0,75 m.

$$v = \frac{199}{100 + 1,9} = 1,05 \quad H_1 = 0,0562 \quad Q = 199 \text{ cbm}$$

Man hat nach Formel $\sqrt{Z + H^4} = \frac{199}{0,697 (53 + 0,75 + 43 \cdot 1,6) 4,43}$
 $= 0,59$
 $Z = 0,29 \text{ m.}$

2. Wasserhöhe 2,45 H = 3,05 m, H₁ = 2,2 m, Q = 526 cbm.

$$v = \frac{526}{100 + 3,3} = 1,59, \quad H_1 = 0,129 \text{ u. } \sqrt{Z + H_1} = \frac{526}{0,772 (53 + 2,2 + 43 \cdot 3,05) 4,43}$$

$$Z = 0,25 \text{ m}$$

3. Wasserhöhe = 3,25 m. In diesem Falle wird die Formel von Chanoine u. Lagrer é (Annales des ponts et chaussées 1865) angewandt

$$Z = 1,5 \left(\frac{v_1^2 - v^2}{2g} \right)$$

wo v = mittlere Geschwindigkeit vor der Erbauung der Wehranlage,

v_1 = " " nach Erbauung der Wehranlage,

S = Querschnitt vor Erbauung der Wehranlage,

S_1 = " nach " " "

$$v_1 = \frac{v \cdot S}{S_1}; \text{ daher } Z = 1,50 \cdot v^2 \left(\frac{S}{S_1^2} - 1 \right) \cdot 0,051.$$

Im vorliegenden Beispiele ist $v = 1,65 \text{ m,}$

$S = 470,$

$S_1 = 327 \text{ etwa,}$

daher $Z = 1,5 \cdot 272 \cdot 1,06 \cdot 0,051,$

$= 0,22 \text{ m.}$

Der Ingenieur: Th. Belpaire.

Bierecke
Verkehr im



Zusammenstellung der wichtigeren canalisirten Flüsse Frankreichs*).

Frankreich hat 3323 km canalisirte schiffbare Flüsse sowie 4753 km Schiffahrtscanäle.
3463 km uncanalisirte

Lfde. Nr.	Bezeichnung des Flusses	Länge in Kilometer	Anzahl der Schleusen	Abmessungen der Schleusen			Wassertiefe	Tauchtiefe der Schiffe	Verkehr im Jahre 1879		Bemerkungen
				Nutzbare Länge	Breite				Strecke	Anzahl der ts à 20 Ctr.	
1.	Obere Seine**)	189	20	110—185,0	7,7—12,0	1,60	—		Paris-Monterau	958,600	Kettenschleppschiffe
2.	Untere Seine	315	7	113,0	12,0	1,3—3,0	—		Paris-Comflans Comflans-Ronen Ronen-Havre	1,877,700 675,800 1,303,700	
3.	Oise	104	7	51,0	8,0	1,80	—		Tergnier-Comflans	1,473,800	nebst Lateralcanal Nebenflüsse der Seine.
4.	Marne	178	22	38,7	5,2	1,60	1,25		Meaux-Epernay	143,100	
5.	Yonne	118	20	86,0	8,3	1,60	1,25		Montereau-La Roche	327,700	
6.	Schelde	63	16	38,0	5,20	2,1—2,5			Condé-Cambrai	1,111,000	
7.	Marne	178	22	38,7	5,20	1,60	1,25		Meaux-Epernay	143,100	
8.	Lateralcanal der Marne	106	34	38,5	5,20	1,70	1,50		Epernay-Vitry le Français	435,300	
9.	Aisne	57	7	51,0	8,0	1,50	—		Compiègne-Soissons	582,600	
10.	Lateralcanal der Aisne	51	8	37,0	5,2	1,70	—		Berry-Condé s. M.	479,800	
11.	Saône***)	314	10	160,0	16,0	1,80	1,45	2,0	Chalons s. Saône-Lyon	247,300	
	kleine										
12.	Maas	231	20	45,3	5,7	1,30	—				
13.	Mayenne	134	45	34,9	5,2	1,60	—				
14.	Lys	53	6	37	5,2	2,0	—				
15.	Lot	276	72	30	5,0	1,0	—				
16.	Dordogne	161	9	34	6,0	1,4	1,25				
17.	Charente	163	18	38,5	6,4	1,0	—				
18.	Aube	45	2	40,0	7,8	—	0,4				

*) Siehe hierüber „Les voies de communication de la France d'après les documents officiels“ M. F. Lucas und Ministère des travaux publics, Album de Statistique Graphique, Paris Juillet 1881, sowie 2 Vorträge über Ausbau von Wassertrassen von A. Oelwein, Bauinspector in Wien, jedoch sind in denselben manche ungenaue Angaben.
**) S. 44 dieser Abhandlung.
***) S. 46 dieser Abhandlung.

Zusammenstellung der canalisirten Flüsse in Belgien *).

Die schiffbaren Wasserstrassen haben eine Gesamtlänge von 2024 km **).

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Flusses	Länge in Kilometer	Anzahl der Schleusen	Abmessungen der Schleusen		Kleinste Wassertiefe	Strecke	Verkehr 1879 im 2ten Halbjahr in ts à 20 Ctr.	Bemerkungen
				Nutzbare Länge	Lichte Weite				
1.	Maas . . .	132	{ 9 11 3	100	12,0	1,8—2,0	Thuin-Charleroi	Taueretrieb	Schiffe m. 7000 Ctr. Tragkraft
2.	Sambre . .	93,6		56,8	9,0				
				55,8	9,0				
3.	Schelde } ob. unt.	114	5	40,8—41,7		6,5	Tournay-Cand	rot. 260,000	Schiffe m. 6600 Ctr. Tragkraft
		116		1	68,0	8,4			
Im Allgemeinen von Antwerpen an Binnenschiffahrt 2,000,000 Seeschiffahrt 4,000,000									
4.	Dendre . .	65,4	11	41,9	5,2	1,9	Coutray-Deynze	10,000	Schiffe m 6700 Ctr. Tragkraft
			1	53,3	6,2				
			1	27,2	6,2				
5.	Lys . . .	113,2	5	42,2	5,4	1,8—2,1			

Zusammenstellung der wichtigeren canalisirten deutschen Flüsse ***).

Lfd. Nr.	Name	Länge in Kilometer	Abmessungen der Schleusen		Kleinste Wassertiefe	Tragfähigkeit der Schiffe in Ctr.	Eis-sperre in Wochen	
			Nutzbare Länge	Lichte Weite				
1.	Saar . . .	26	34,5	5,2	1,9	4—5000	4—8	Mit beweglichen Wehren (Poirée) canalisirt. Kettenschleppschiffahrt. Kettenschleppschiffahrt. Eigentlich nur durch Mühlwehre grösstentheils unregelmässig angestaut. Kettenschleppschiffahrt auf der unt. Strecke auf 119 km Länge.
2.	Mosel . . .	49	40,0	6,0	2,0	5—7000	2—3	
3.	Brahe . . .	20	51,2	9,7	1,2	2500	10	
4.	Saale . . .	159	47,0	5,6	0,6	3—4000	9	
5.	Ruhr . . .	80	48	5,65	1,2	3400	13—15	
6.	Havel . . .	66	40,2	4,55	0,6	16—3500	8—12	
7.	Leine . . .	90	44	5,25	0,8	2—3000	6	
8.	Neckar . .	67	30	4,6	0,6	1—2000	8	

*) S. Ministère des travaux publics „Voies navigables de la Belgique“ 1880—81 und zwei Vorträge von A. Oelwein „Ausbau von Wasserstrassen“, sowie „Canalisation de la Meuse“ von M. Hans, ingénieur en chef.

**) Taueretrieb soll auf der Maas und dem Canal von Brüssel nach Rupel, Dampfschiffahrt auf den Canälen von der Maas nach Escant und von Liège nach Mairich sein.

Die Wassertiefe auf allen belgischen Wasserstrassen ist mit wenigen Ausnahmen grösser als 1,8 m.

***) Die Wasserstrassen in Preussen, Berlin 1877.

Anhang.

Für manche Ingenieure wird nachstehendes Verzeichniss der Literatur von Werken, welche sich auf Flussbau beziehen, sowie der Abhandlungen über die verschiedenen deutschen Flüsse von Werth sein. Die Zusammenstellung derselben erfordert viel Zeit und werden etwaige Lücken wohl deshalb zu entschuldigen sein. Entsprechende Zusendungen weiterer Literaturnotizen werden zur event. späteren Vervollständigung erbeten.

Allgemeine Werke.

1. Hagen, Wasserbau. 3. Aufl 6 Bde. Königsberg 1869—1874.
2. Becker, Wasserbau. 4. Bd. Stuttgart 1873—1876.
3. Handbuch der Ingenieurwissenschaft. III. Bd.: der Wasserbau. Leipzig 1879.
4. Denkschriften über preussische Wasserstrassen. Berl. 1874, 1877, 1882.
5. Die Wasserstandsverhältnisse der norddeutschen Ströme, nach den Beobachtungen am Weichselpegel zu Kurzebrack, am Oderpegel zu Neu-Glinzen, am Elbpegel zu Leuzen und am Rheinpegel zu Köln von L. Rodde.
6. Bellingrath über den Bau und Betrieb eines deutschen Canalnetzes. Berlin 1879.
7. Eytelwein, Practische Anleitung zur Bauart der Fachsenwerke u. s. w. Berlin 1880.
8. Orogaphische und hydrographische Uebersicht der Rheinprovinz und Westphalen sowie angrenzenden Gegenden von Dr. H. v. Dechen. Bonn 1870.
9. Stromcorrectionen im Fluthgebiet v. Dalman. Hamb. 1856.
10. Wasserbau an Gebirgsflüssen von Gumpfenberg. Augsburg 1856.
11. Correction der Wildbäche von Hess. Halle a. S. 1876.
- 11a. Binnenflussbau in Baden. Carlsruhe 1863.
12. Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation de rivières etc. von Minard. Paris 1841—46.
13. Cours de navigation etc. von de Lagrené. Paris 1869—74.
14. Storm buysing. Handleiting tot de Kennis der Waterbouwkunde u. s. w. 1864.
15. La canalisation de la Meuse par M. Hans. Bruxelles 1880.
16. Krantz, Wasserstrassen in Frankreich. Wien 1875.
17. Die Wasserstrassen Nord-Europa's von M. v. Weber. Leipzig 1881.
18. Die Kosten der Binnenschiffahrt von Bauinspector Gust. Meyer. Separatdruck der in der Zeitschrift des hannov. Archit.- u. Ingen.-Ver. 1881 S. 193 enth. Abhandlung.
19. Frachtschiffe auf deutschen Wasserstrassen v. Schlichting. D. Bztg. 1881 S. 283.

Rhein.

Abhandlungen in der Zeitschrift für Bauwesen.

1. Rheinlauf und das preussische Rheinstromgebiet. 1856. S. 307 (VI. T) S. 322 und 334.
2. Aufnahme und Verpeilung des Rheinstromgebiets von Bingen bis St. Goar zur Beseitigung der Schiffahrt hinderlichen Felsen v. Hartmann. 1868. S. 231 (XVIII J).
3. Die Felsensprengungen im Rhein von Bingen bis St. Goar von Hartmann. 1865. S. 395 und 547. (XVIII V, W).
4. Pegelbeobachtungen am Rheinpegel zu Cöln von 1817 bis 1873, von Kluge. 1874. S. 367 (XXIV).
5. Die Wasserstände des Rheines an den Pegeln zu Strassburg, Bingen, Bacherach, St. Goar, Coblenz, Cöln, Düsseldorf und Emmerich, v. Kluge (XXIV R u. S) 1874. S. 495.
6. Betrachtungen über die Dauer der einzelnen Wasserstände an den Rheinpegeln bei Coblenz, Cöln und Düsseldorf, sowie über die Häufigkeit des Eintretens, von Kluge. 1874. S. 501 (XXIV).
7. Längenprofil des Rheines von Basel bis Mannheim, von Sternberg. 1875. S. 496 (XXV W.)
8. Anwendbarkeit des kombinierten Regulirungssystemes. 1878. S. 178 (XXVIII G).
9. Regulirungsarbeiten i. J. 1878. 1880. S. 125.

Abhandlungen in der Deutschen Bauzeitung.

1. Hydrotechnische Verhältnisse. 1869 S. 443, 1872 S. 291, 1873 S. 283, 1874 S. 127, 1875 S. 346.
2. Vor und nach seiner Regulirung, von Sasse. 1871 S. 383 (von der französ.-bayr. Grenze bis Germersheim).
3. Kosten der Wasserbauten. 1867 S. 497.
4. Rhein-schiffahrts-Centralcommission. 1873 S. 287.
5. Beobachtungen am Pegel zu Cöln 1817/73. 1875 S. 97.
6. Schiffahrt und Stromregulirung des Oberrheins. 1878 S. 73, 83, 175 und 189.
7. Bemerkungen über Flusshafenanlagen (besonders Rhein-häfen). 1881 S. 248.

8. Stromcorrectionen im Rheingebiet. 1871 S. 213.
9. Geschwindigkeitsmessungen am Rhein b. Germersheim (1871) zum Vergleich verschiedener Instrumente. 1872 S. 239.
10. Correction (nach der Denkschrift Berlin 1877). 1879 S. 486.

Abhandlungen in der Zeitschrift des hannov. Archit- und Ingenieur-Vereins.

1. Nachrichten über die Ströme in Preussen. 1838 S. 115 u. 333, 1857 S. 94, 1862 S. 417.
2. Strompeilung von Bingen bis St. Goar. 1868 S. 490—491 (XIV).
3. Stromkratzmaschine auf dem Rhein. 1866 S. 360.
4. Regulierungen am Rhein. Reisenotizen v. Baumgärtner. 1866 S. 358.
5. Die Kosten der Binnenschiffahrt, von Bauinsp. Meyer. 1881 S. 193, 383 und 569.
6. Neuere Transportmethoden auf deutsch. Flüssen. 1881 S. 333.

Sonstige Abhandlungen.

1. Der Verkehr auf dem Rheine. Centralbl. der Bauverwaltung. 1881 S. 49.
2. Rheincorrection. Centralbl. 1881 S. 303.
3. Waalregulierung. " 1881 S. 162.
4. Correction des Rheins. „Das Schiff“ 1830 S. 118, 127, 145, 160 u. s. w. 1881.
5. Tauerel auf dem Rhein. „Das Schiff“ 1880 S. 45, 54, 62, 80 u. s. w. 1881.
6. Oberrhein-Correction von C. Klein. Zeitschrift d. österr. Ingenieur-Vereins 1867 S. 50 und 66.
7. Rheinstromkarte von Grebenau. Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins 1867 S. 223.
8. Verhältnisse des Rheines bei Germersheim nebst Beschreibung der Rheinsperre Zeitschrift des bayer. Archit- und Ingenieur-Vereins 1872 S. 13.

Verschiedene Werke.

1. Canalfrage und Rheincorrection zwischen Basel und Mannheim von M. Houssell.
2. Rheincorrection von Basel bis Hessen badische Direction. Karlsruhe 1862.
3. Der Rhein vor und nach seiner Regulierung. 1860.
4. Der Rheinstrom von Nöbling. Berlin 1856.
5. Handbuch der Ingenieurwissenschaft von Franzius und Sonne. Leipzig 1879.
6. Die Wasserstrassen in Preussen. Denkschrift vom Handelsministerium herausgegeben. Berlin 1877 und 1882.
7. Die internationale Rheinstrommessung, bei Basel vorgenommen am 6.—12. Nov. 1867 v. Grebenau. München 1873.
8. Der Mittelrhein von von der Wyck. Mannheim 1825.
9. Notice sur la correction du Rhin. Lausanne 1868.
10. Die Unternehmungen der Rheincorrection in Graubünden von la Nicca. Zürich 1839.
11. Resultate der Pegelbeobachtungen an den elsass-lothring. Flüssen Rhein und Mosel von 1807—1872 von Grebenau. Strassburg 1874.

Weser.

1. Der Weserstrom. Zeitschr. f. Bauwesen 1857 S. 525 (VII).
- 1a. Haupt-Weserpegel-Beobachtungen an der Pegeluhr zu Bremen. Zeitschr. f. Bauwesen 1870 S. 313
- 1b. Regulierungsarbeiten im Jahre 1877 und 1878. 1879 S. 140 (XXIX) resp. 1880 S. 124 (XXX) d. Zeitschr. f. Bauwesen.
2. Regulierung der Weser. D. Bztg. 1879 S. 486. (Aus der Denkschrift.) Berlin 1877.
3. Correction d. Oberweser v. Franzius. D. Bztg. 1881 S. 377.
4. Project zur Canalisirung d. Unterweser. D. Bztg. 1881 S. 223.
5. Eisversetzungen, Hochwassergefahren u. s. w. D. Bztg. 1881 S. 107, 570, 587 u. 1882.
6. Deichbauten bei Bremen. D. Bztg. 1881 S. 103.
7. Die verschiedenen vom preuss. Handelsministerium herausgegebenen Denkschriften, z. B. die Wasserstrassen in Preussen. Berlin 1877.
8. Ueber hydrometrische Untersuchungen an der Weser und über die neuesten Geschwindigkeits-Messinstrumente von J. Wagner. Zeitschr. des hannov. Archit.- u. Ingen.-Vereins S. 639 (XXVI).

9. Parallelwerke oder Bühnen von Lange. Wochenbl. für Architekten und Ingenieure 1879 S. 139, 147 und 165.
10. Regulierung der Weserstrecke Münden-Carlshafen. Centralblatt 1881 S. 197, 206, 216 und 371.
11. Zeitschrift „Das Schiff“ 1880 und 1881.
12. Ueber die Consumtionsverhältnisse der Weser u. s. w. von Lohmeyer. Zeitschrift des hannov. Archit. u. Ingen.-Vereins 1859 S. 229.

Elbe.

Abhandlungen in der Zeitschrift für Bauwesen.

1. Der Elbstrom und seine Regulierung, besonders in den Regierungsbezirken Merseburg, Magdeburg und Potsdam. 1859 S. 181 (IX J).
2. Wasserstandsverhältnisse der Elbe bei Hamburg - Altona von J. Dalmann 1868 S. 385 (XVIII).
3. Wasserstände der Elbe in den Jahren 1727 bis 1870 mit Bezug auf die amtlichen Beobachtungen des Pegels zu Magdeburg von Maass. 1870 S. 495 (XX D).
4. Stromverhältnisse desselben bei Torgau in den Jahren 1820 bis 1850 von Sasse. 1874 S. 347 (XXIV M).
5. Ueber den Eisgang der Elbe v. Maass. 1867 S. 175 (XXVII D).
6. Anwendbarkeit des kombinierten Flussregulierungs-Systems von Schlichting. 1878 S. 180 (XXVIII H).
7. Dampfbugger und Prähme der Elbstrombauverwaltung. 1879 S. 154 (XXIX).
8. Taucherapparat der Elbstrombauverwaltung 1879 S. 237 (XXIX 38, 39)
9. Dampfboot „Hermes“ und eisenbordige Schleppkähne der Elbstrombauverwaltung. 1880 S. 135 (XXX).
10. Regulierungsarbeiten in den Jahren 1877 und 1878. 1879 S. 136 (XXIX 16) und 1880 S. 122 (XXX).
11. Elbstromkarte von Belau bis Müggensberg resp. bei Wittenberge, mitgeth. v. Unruh u. Benda. 1854 S. 19 (VI 5 u. 6.)

Abhandlungen in der Deutschen Bauzeitung.

1. Stromverhältnisse der Elbe im Fluthgebiet. 1868 S. 445, 1874 S. 246.
2. Desgl. bei Torgau. 1875 S. 97.
3. Aufnahme der Elbemündung. 1868 S. 455.
4. Präcisions-Nivellement des Elbstroms. 1877 S. 22.
5. Stromschau der Elbe 1869 73. 1874 S. 80, 1875 S. 273, 285, 293, 303, 313 und 325.
6. Hochwasser des Jahres 1875. 1876 S. 519.
7. Frachtschiffe auf deutschen Wasserstrassen. 1881 S. 283 u. 293.
8. Transportmethoden auf deutschen Flüssen. 1881 S. 52.
9. Regulierung, Verkehr u. s. w. „Das Schiff“ 1880. S. 9, 16, 33, 56, 98, 104 u. s. w. 1881.
10. Kettenschiffahrt auf der Elbe. 1867 S. 308, 1872 S. 138, 177 S. 191.
11. Regulierung. 1879 S. 485.
12. " der Elbe in der Borghoster Bucht. 1879 S. 519.

Sonstige Mittheilungen.

1. Die Wasserstrassen in Preussen, vom Handelsministerium. Berlin 1877 und 1882.
2. Die Fluthwelle der Tidesströme von Lohmann. Zeitschr. d. hannov. Archit.- u. Ing.-Vereins. 1880 S. 545 (XXVI).
- 2a. Die Consumtionsverhältnisse. Hannov. Zeitschr. 1859 S. 229.
3. Fahrwasser des Elbstroms (Bezeichnung) u. s. w. Centralblatt der Bauverwaltung 1881 S. 30 und 39.
4. Kettenschiffahrt auf der Elbe in Sachsen. Deutsche Industriezeitung 1879 S. 256.
5. Dasselbe. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingen. Bd. IX S. 203.

Werke.

1. Elbstromcorrection von Lohse. Dresden 1871.
2. Elbcorrection. Hamburg 1875.
3. Das Deichwesen der unteren Elbe von Rüst, mit 5 Karten. Berlin 1870.
4. Versuch einer pract. Darstellung des Deich- u. Faschinenbaues an der Oberelbe von Buchholz. Hannov. 1828.
5. Das Pretziener Wehr und das Elbhochwasser im Febr. 1876 vom Anhalt'schen Gesichtspunkt aus. Magdeburg 1876.

Oder.

Abhandlungen in der Zeitschrift für Bauwesen.

1. Der Oderstrom mit seinen Ausflüssen in die Ostsee von Herr. 1864 S. 367 (XIV O—S).
2. Ueber die technische Behandlung von Stromregulirungen und darauf Bezug habende Ermittlungen bei der Oder von Graeve. 1868 S. 79 (XVIII D und E).
3. Anwendbarkeit des kombinierten Flussregulirungssystems bei der Oder v. Schlichting. 1878 S. 180 (XXVIII H).
4. Regulirungsarbeiten an der Oder in den Jahren 1877 und 1878. 1879 S. 133 (XXIX) und 1880 S. 120 (XXX).
5. Oderthal von Alt-Güstebiese bis Criewen. 1862 S. 325 (XII).
6. Oderwasserstände von Güstebiese bis Pantzig. 1862 S. 326 und 329 (XII).
7. Oderdeiche von Ruhнау. 1862 S. 332 (XII).

Abhandlungen in der Deutschen Bauzeitung.

1. Flussgebiet der Oder bei Steinau. 1868 S. 53.
2. Regulirung der Oder 1872. S. 134, 148, 170, 267, 299, 355. 1877 S. 53.
3. Frachtschiffe auf deutschen Wasserstrassen. 1881 S. 382 und 293.
4. Regulirung der Oder. 1879 S. 479.

Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingenieur-Vereins.

1. Die Oder und ihre Gebietsfläche. Recension von C. Becker 1864 S. 123
2. Oder von Herr. 1866 S. 138. Nach der Abhandlung in Zeitschrift für Bauwesen.
3. Wasserstand und Schiffbarkeit. 1861 S. 169.

Sonstige Mittheilungen.

1. Ueber das Profil-, Wassermengen- und Geschwindigkeitsgesetz in der Oder von Sasse, Civil-Ingen. 1867 S. 277.
2. Arbeiten am Caseburger Durchstich. Wochenbl. für Archit. und Ingen. 1879 S. 111 und 142.
3. Regulirung der Oder. Zeitschrift „Das Schiff“ 1880 S. 18, 86 u. s. w. 1881.
4. Fahrzeuge auf der Oder. Zeitschrift „Das Schiff“ 1880 S. 48, 78 u. s. w. 1881.

Werke über den Oderstrom.

1. Schiffbarmachung der ob. Oder von Milius. Celle 1866.
2. „ der Oder von Fessel. Oppeln 1872
3. Wasserstrassen in Preussen und einigen angrenzenden Staaten. Bearbeitet im Handelsministerium Berl. 1877.
4. Denkschrift über die in Preussen vorhandenen Wasserstrassen, deren Verbesserung u. s. w. Berl. 1877, 1882.
5. Zur Kenntniss der Oder und ihres Flächengebietes von Becker. Berl. 1864 und 1868.
6. Eindeichung des Oderbruches v. Wehrmann. Berl. 1861.

Weichsel und Memel.

Abhandlungen in der Zeitschrift für Bauwesen.

1. Anwendbarkeit des kombinierten Flussregulirungssystems bei dem Memelstrom von J. Schlichting. 1878 S. 179 (XXVIII H).
2. Regulirungsarbeiten in den Jahren 1877/78. 1879 S. 131, 1880 S. 118 (XXIX und XXX).
3. Coupirungen an der Weichsel von Schmid. 1858 S. 141 (VIII s. 33, 35 und 36).
4. Weichsel-Haff-Canal u. s. w. 1862 S. 19 (XII A).

Abhandlungen in der Deutschen Bauzeitung.

1. Wassermassen-Curve der Memel. 1875 S. 142.
2. Normalprofilbreite der Memel. 1877 S. 413.
3. Weichsel- und Nogatregulirung. 1875 S. 224.
4. Regulirung. 1879 S. 479.

Sonstige Abhandlungen.

1. Zur Weichselregulirung von Bertram Elbing 1873.
2. Memelstrom. Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingenieur-Vereins 1863 S. 517.
3. Regulirung der Weichselmündungen. Wochenbl. f. Archit. und Ingenieure 1879 S. 6.
4. Regulirung. Zeitschrift „Das Schiff“ 1880 S. 10, 35, 104 u. s. w. 1881
5. Flösserei, Waarenverkehr u. s. w. „Das Schiff“ 1880 u. 1881.

Donau.

Zeitschrift des österr. Archit.- und Ingenieur-Vereins.

- Donauregulirung bei Wien. 1868 S. 99, 139, 175, 220.
 Gutachten von J. Abernethy, Hagen, Sexauer, Tostani. 1868 S. 100.
 Besprechungen von Fr. Bäuchers, J. v. Bodhagsky, J. Wawra. 1865 S. 40, 1867 S. 48 u. 50, 1, 45 u. 49.
 Comité-Berichte. 1866 S. 223 und 1868 S. 174.
 Commission ausländischer Fachmänner. 1868 S. 99
 Vortrag von Wex. 1871 S. 147 u. 157. Weitere Mitth. 1871 S. 248. 1876 S. 77. 1880 S. 37.
 Donauregulirung in Oesterreich. Notizen von R. v. Pasetti. 1862 S. 1879.
 dto. von Fischamend bis Hainburg v. M. Riener. 1863 S. 141.
 dto. von Wien bis Hainburg v. M. Riener. 1867 S. 4 u. 25.

Deutsche Bauzeitung.

1. Donauregulirung bei Wien. 1837 S. 54, 448, 1867 S. 268, 414, 450, 503. 1871 S. 372, 379. 1873 S. 340, 347, 355. 1874 S. 72 1875 S. 69, 160, 179. 1876 S. 89. 1881 S. 28, 39.
2. Zeitschrift des hannov. Archit. und Ingenieur-Vereins. 1865 S. 301, 1869 S. 518.

Werke.

1. Correction der Donau in Schwaben. Dillingen 1874.
2. Donau, Hauptverkehrsstrasse nach dem Orient, von Wex. Wien 1863.
3. Regulirung der Donau von Schwartz. Wien
4. „ „ „ in Oesterreich v. Passetty. Wien 1862.
5. „ „ „ Denkschrift von Kink. Wien 1865.
6. „ „ „ von Grün. Wien.
7. „ „ „ b. Wien. Hof- u. Staatsdruckerei 1875.
8. Bericht der Donauregulirungs-Commission. Wien 1868.
9. Donauregulirung bei Wien von Wex. Wien 1871.
10. „ „ „ Wex. Separat-Abdruck eines Vortrages. Wien 1876.
11. Donauregulirung bei Wien von J. Deutsch. Separat-Abdruck eines Vortrages. Wien 1877.
12. Memoire sur les travaux etc. aux embouchures du Danube. I. Galata 1867. II. Leipzig 1873.
13. Donauregulirung zwischen Pest-Ofen. 1866 S. 174.
14. Schifffahrtshindernisse an der Mündung v. Wex. 1857 S. 223.
15. Donaustromkarte von R. v. Pasetti, besprochen von G. Rebhann. 1863 S. 228.
16. Donauregulirung am eis. Thor v. J. Deutsch. 1880 S. 57.
17. „ „ „ Diskussion u. s. w. in der Wochenschrift d. österr. Ingenieur- u. Archit.-Vereins. 1881 S. 107, 109, 115, 223 u. s. w.

Pregel.

mit seinen Neben- und Ausflüssen in das Kurische u. Frische Haff von Oppermann. Zeitschrift für Bauwesen 1867 S. 35 (XVII D und E).

Saale und Unstrut.

1. Die Parabeltheorie in ihrer Anwendung auf die Bewegung des Wassers in der Saale und Unstrut. Zeitschrift des Archit.- und Ingenieur-Vereins in Hannover 1870 S. 193 von Sasse.
2. Kettenschifffahrt auf der Saale. Hannov. Wochenblatt für Handel 1874.

Havel.

Ufer- und Deckwerke an der Havel von E. Mohr. Wochenblatt für Archit.- und Ingen. 1879 S. 236.

Ems und Haase.

1. Consumtionsverhältnisse von Lohmeyer. Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingen.-Vereins 1859 S. 229. (Späteren Ermittlungen nach nicht ganz zutreffend.)
2. Uebersicht üb. d. Abwässerungsverhältnisse in dem Herzogthum Arenberg-Meppen u. s. w. Bericht von L. Oppermann. Osnabrück 1869.
3. Verhältnisse der Ems bei Haren. D. Bztg. 1881 S. 515.

Spreew.

Canalisirung der Unterspreew Berlin-Spandau. Centralblatt der Bauverw. 1881 S. 130, 137, 146, 261, 266 und 278.

Ruhr.

Werk von Henz 1840.

Lahn.

Verbesserung einer Staustrecke durch Erhöhung eines Wehres von Biedermann. Zeitschrift f. Baukunde 1878 S. 75.

Neckar.

1. Zeitschrift „Das Schiff“ 1880 S. 64, 89 und 138 und 1881, besonders über Tauerei.
2. Die Einführung der Kettenschiffahrt auf der Strecke Heilbronn-Cannstatt. Cannstatt 1879.

Saar.

Canalisirung der ob. Saar von L. Hagen. St. Johann 1866. Zeitschrift für Bauwesen 1866.

Mosel.

1. Canalisirung der Mosel von Schlichting. Zeitschrift für Bauwesen 1874.
2. Resultate der Pegelbeobachtungen von 1807—1872, von Grebenau. Strassburg 1874.

3. Abhandlung von Friedel. Wochenblatt für Archit. und Ingenieure 1881.
4. Zeitschrift „Das Schiff“ 1879—1882.

Isar.

Practische Regeln für die Anlage und Ausführung von Durchstichen von Geiger. Zeitschrift des bayer. Archit.- und Ingen.-Vereins 1869 S. 101.

Verschiedene Flüsse im Bayerischen.

Bayerische Flüsse nebst der Donau, dem Rheine u. s. w. Statistische Notizen über die Erfolge des Flussbaues. Zeitschrift d. bayer. Archit.- u. Ingen.-Vereins 1870 S. 67. Werk von Gumpfenberg, besonders über den Lech. Augsburg 1854.

Main.

Canalisirung des Maines. Zeitschrift f. Baukunde 1873 S. 353. Dasselbe. Zeitschrift „Das Schiff“ 1879, 1880 und 1881. Die Reform der Mainschiffahrt. Abhandlung von Bellingrath. Dresden 1880.

Save.

Regulirung des Saveflusses. Agram 1876.

Böhmische Flüsse.

Hydrographie von Böhmen. Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins 1872 S. 256.

Moldau.

Regulirung der Moldau von J. Deutsch. Zeitschrift d. österr. Ingenieur-Vereins 1875 S. 311.

Theiss.

Theissregulirung von Deutsch. Zeitschrift d. österr. Ingenieur-Vereins 1880 S. 7 und 27. Theissüberschwemmung bei Szegedin. Deutsche Bauztg. 1879 S. 138, 229, 263, 296 und 388.

Druckfehler-Berichtigungen.

- Seite 9 Zeile 6 von oben muss es heissen „meiner Ansicht nach“.
- Bei den Anmerkungen S. 32, 44 u. s. w. unten muss statt Lagrené „de Lagrené“ gelesen werden.
- Seite 17 4. Zeile von oben statt horizontale Tafeln vertikale Tafeln.
- Seite 20 9. Zeile von oben statt Thenard Desfontaines, Lemoine Krantz „Thénard, Desfontaines, Lemoine, Krantz“.
- Seite 21 7. Zeile von unten statt Gefahren nicht in Aussicht „Gefahren in Aussicht“.

Handel 1874. Kettenschiffahrt auf der Saale. Wochenblatt für Archit. und Ingen. 1879 S. 236. Uebersicht über die Kettenschiffahrt in dem Herzogthum Arenberg-Meppen u. s. w. Bericht von L. Oppermann. Osnabrück 1869. Consumtionsverhältnisse von Lohmeyer. Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingen.-Vereins 1859 S. 229. (Späteren Ermittlungen nach nicht ganz zutreffend.)

Abhandlung von Friedel. Wochenblatt für Archit. und Ingenieure 1881. Zeitschrift „Das Schiff“ 1879—1882. Isar. Practische Regeln für die Anlage und Ausführung von Durchstichen von Geiger. Zeitschrift des bayer. Archit.- und Ingen.-Vereins 1869 S. 101. Verschiedene Flüsse im Bayerischen. Bayerische Flüsse nebst der Donau, dem Rheine u. s. w. Statistische Notizen über die Erfolge des Flussbaues. Zeitschrift d. bayer. Archit.- u. Ingen.-Vereins 1870 S. 67. Werk von Gumpfenberg, besonders über den Lech. Augsburg 1854. Main. Canalisirung des Maines. Zeitschrift f. Baukunde 1873 S. 353. Dasselbe. Zeitschrift „Das Schiff“ 1879, 1880 und 1881. Die Reform der Mainschiffahrt. Abhandlung von Bellingrath. Dresden 1880. Save. Regulirung des Saveflusses. Agram 1876. Böhmische Flüsse. Hydrographie von Böhmen. Zeitschrift des österr. Ingenieur-Vereins 1872 S. 256. Moldau. Regulirung der Moldau von J. Deutsch. Zeitschrift d. österr. Ingenieur-Vereins 1875 S. 311. Theiss. Theissregulirung von Deutsch. Zeitschrift d. österr. Ingenieur-Vereins 1880 S. 7 und 27. Theissüberschwemmung bei Szegedin. Deutsche Bauztg. 1879 S. 138, 229, 263, 296 und 388.

DIE CANALISIRUNG DER MOSKWA.

Schleuse zu Peverva.

Fig. 2. Längenschnitt am Oberhaupt nach A B C D A, B.

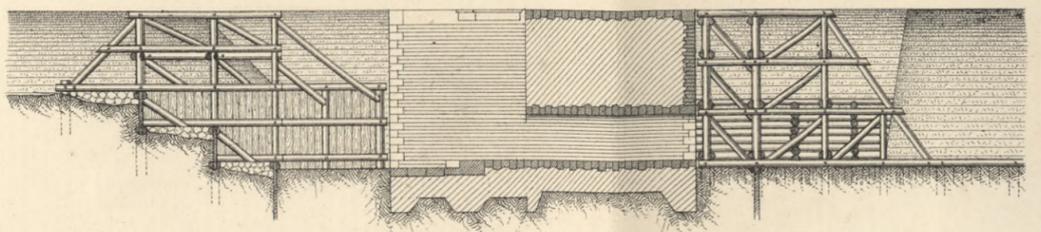


Fig. 1. Oberhaupt.

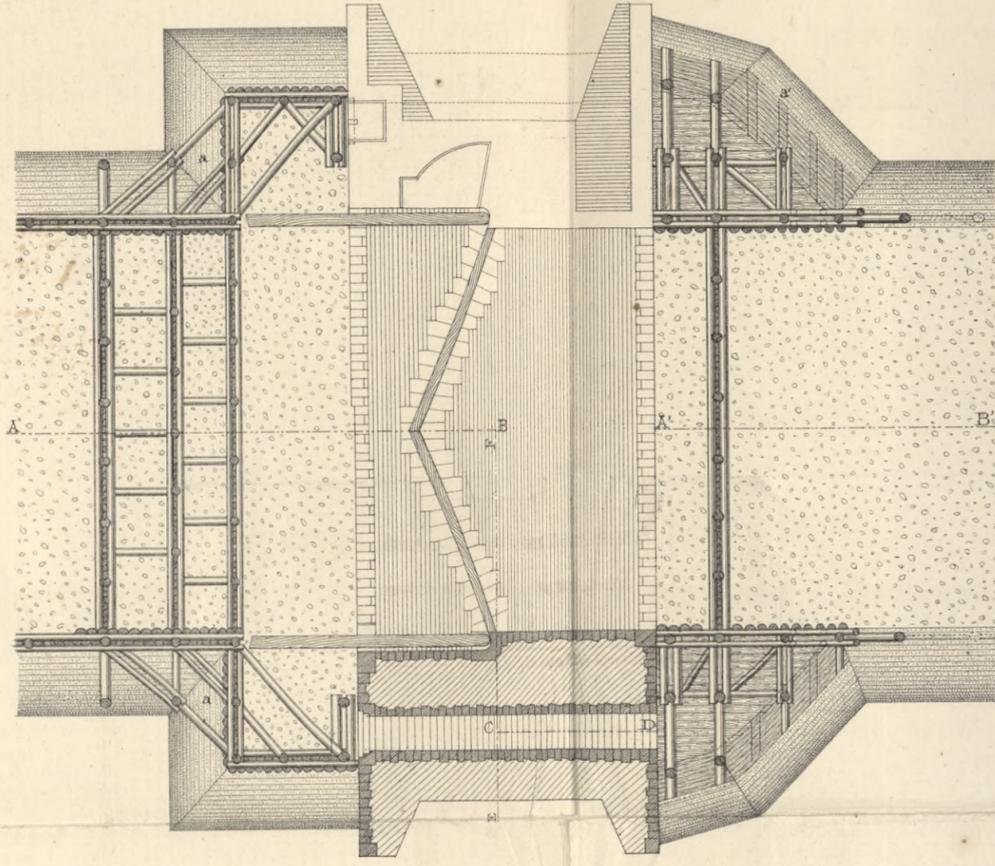


Fig. 5. Querschnitt des Zuführungscanales.

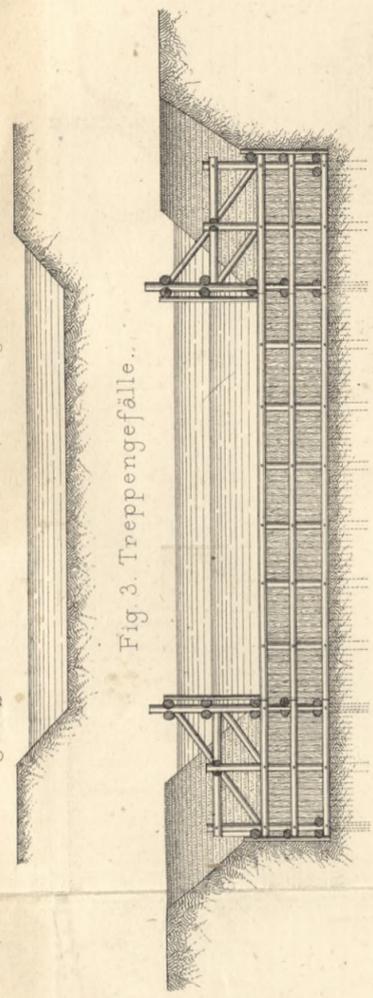
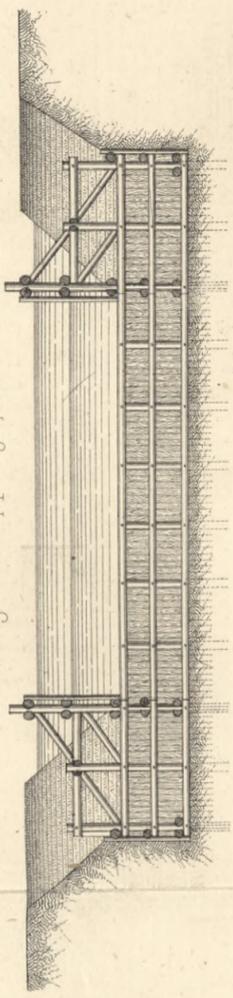


Fig. 3. Treppengefälle.



Ansicht bei a.

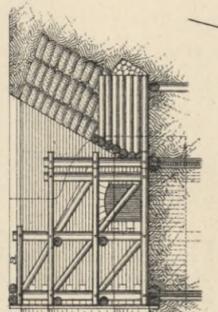
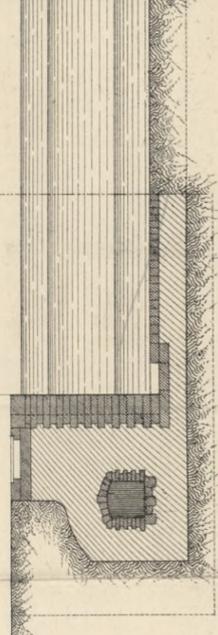


Fig. 4.



Schnitt nach E-F.

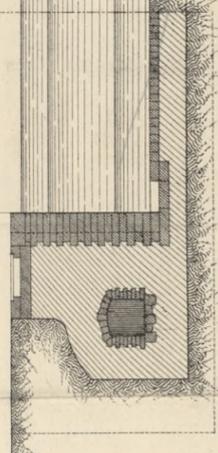
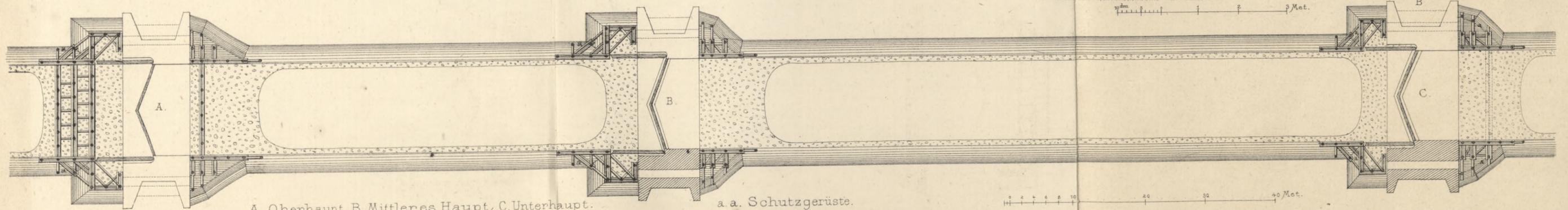
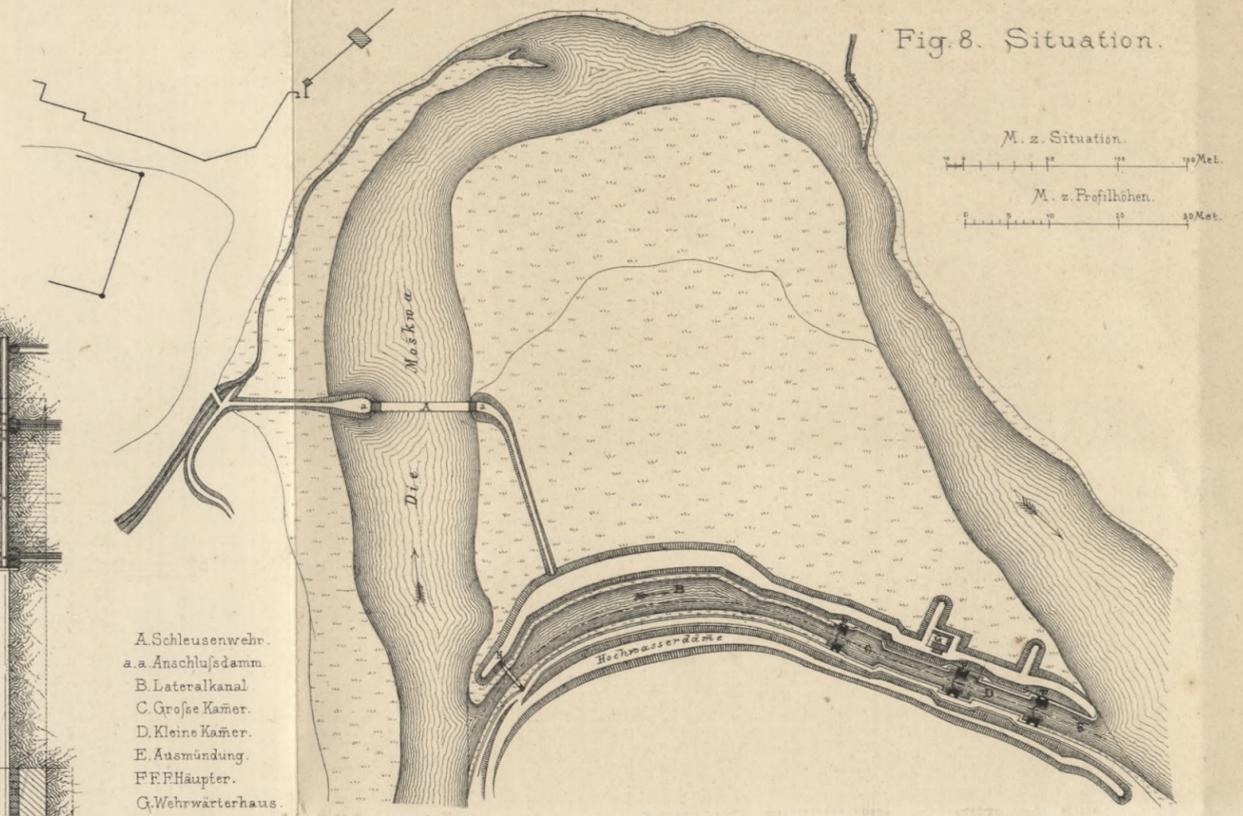


Fig. 6. Grundrifs der Schleusenanlage.



A. Oberhaupt. B. Mittleres Haupt. C. Unterhaupt. a a. Schutzgerüste.

Fig. 8. Situation.



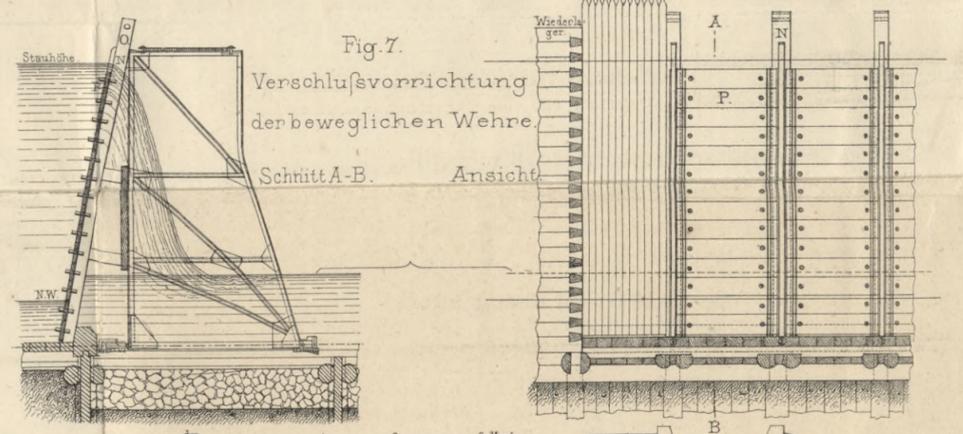
M. z. Situation. M. z. Profilhöhen.

- A Schleusenwehr.
- a a Anschlußdamm
- B Lateralkanal
- C GroÙe Kamer.
- D Kleine Kamer.
- E Ausmündung.
- F F F H ä u p t e r .
- G Wehrwärterhaus.
- H Schutzwehr gegen Hochwasser.

Fig. 9. Längensprofil des Durchstiches.



Fig. 7.



Verschlussvorrichtung der beweglichen Wehre.

Schnitt A-B. Ansicht

STAUANLAGEN VERSCHIEDENER CANALISIRTER FLUSSE.

Fig. 1.
Stauanlage in der Saar
bei Gündlingen
M. 1: 10000.

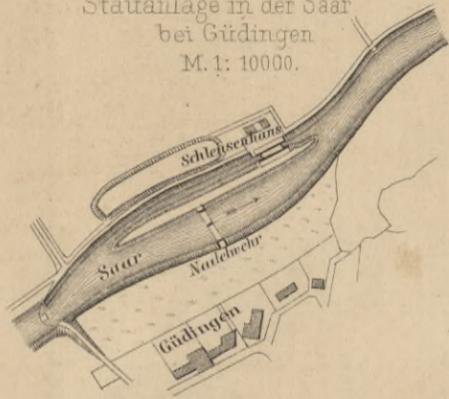


Fig. 2.
Stauanlage in der Saar bei Saarbrücken
M. 1: 10000.

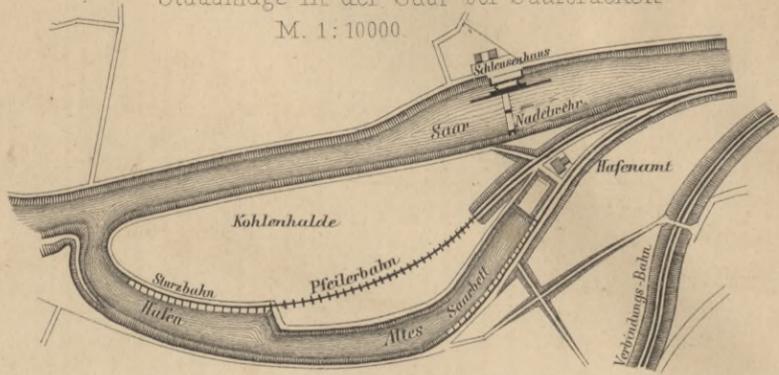


Fig. 3.
Stauanlage d. Mosel bei Frouard
M. 1: 20000.

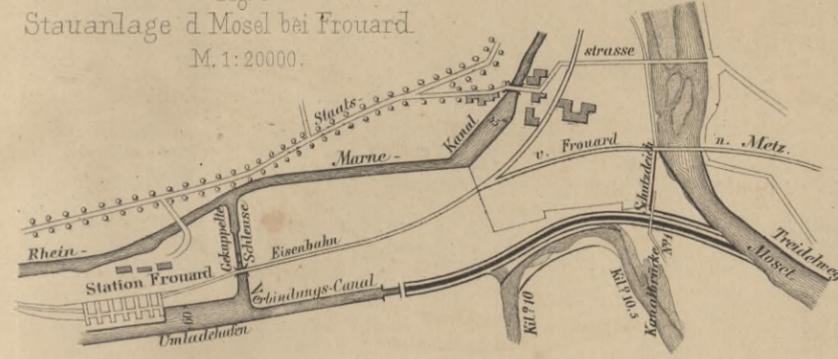


Fig. 5.
Stauanlage in der Ruhr
M. 1: 7500.

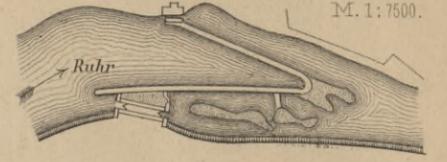


Fig. 6.
Projekt. Stauanlage im Main bei Frankfurt.



Fig. 7.
Stauanlage im Main bei Höchst.



Fig. 8.
Stauanlage im Main bei Flörsheim.

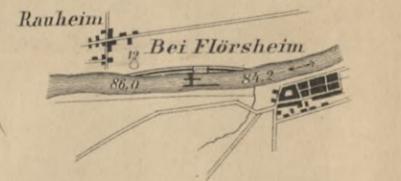


Fig. 9.
Stauanlage in der Marne.

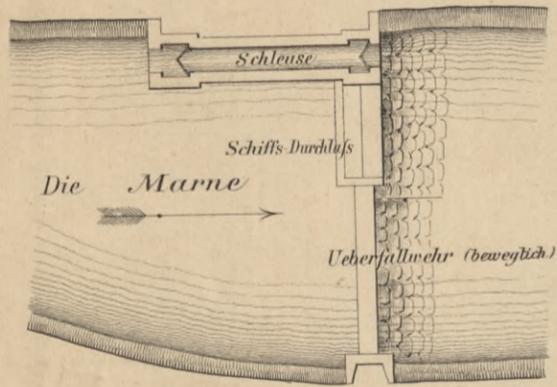


Fig. 10.
Stauanlage in der Saône.

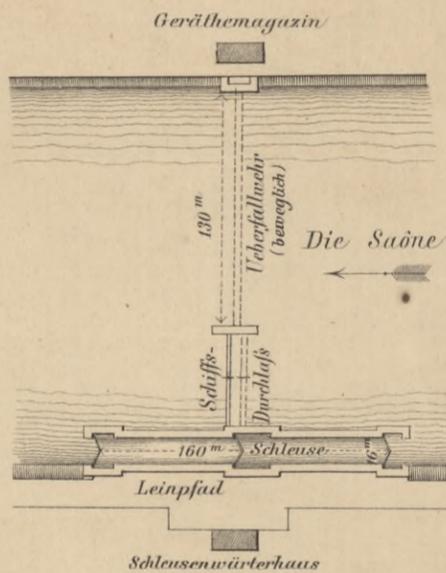


Fig. 4.
Stauanlage der Mosel bei Pont a Mousson
M. 1: 20000.

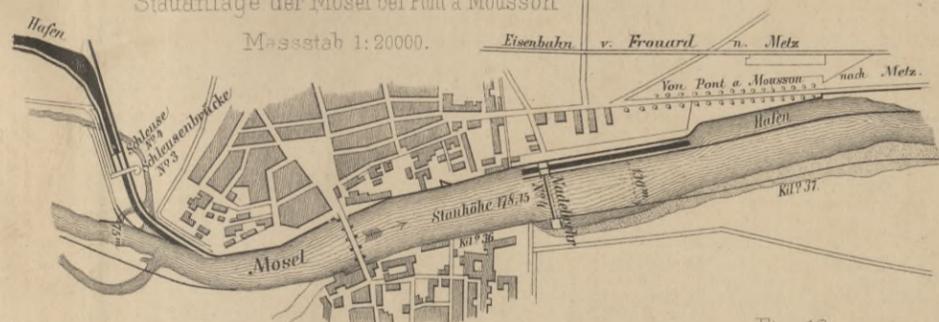


Fig. 11.
Stauanlage in der unteren Seine bei Martot.

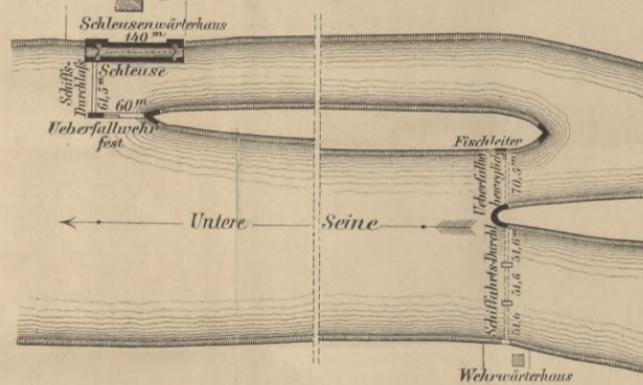


Fig. 12.
Stauanlage in der oberen Seine.

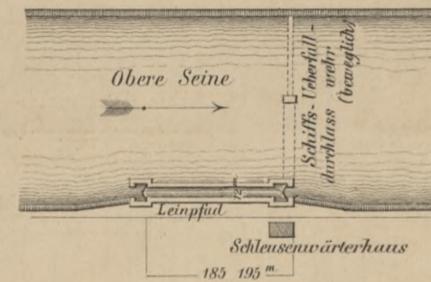


Fig. 15. bei Anseremme.

Stauanlagen der Maas in Belgien (M. 1: 4000.)

Fig. 13. bei Hun.

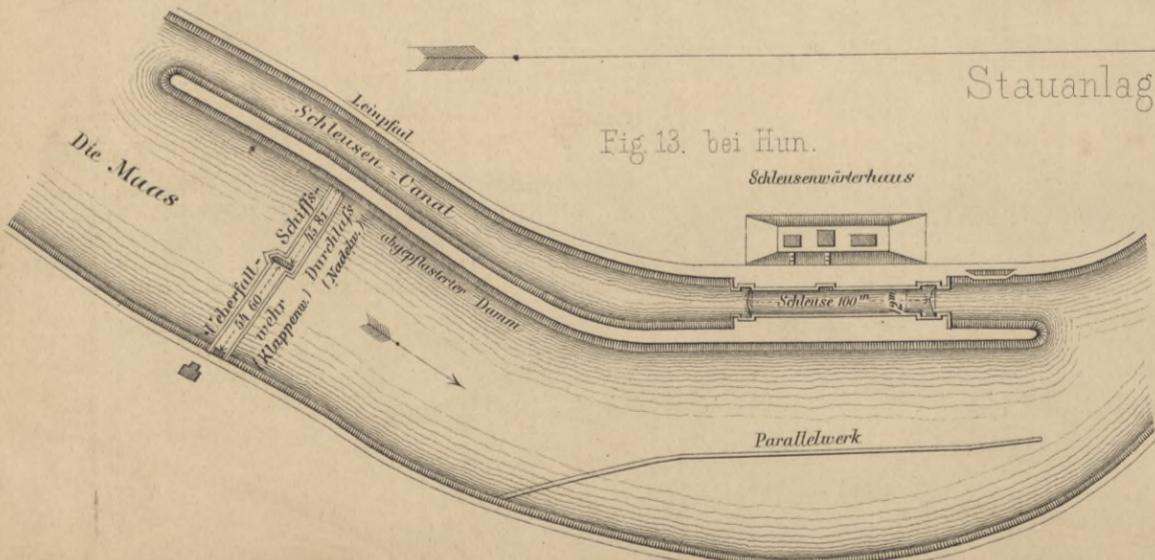
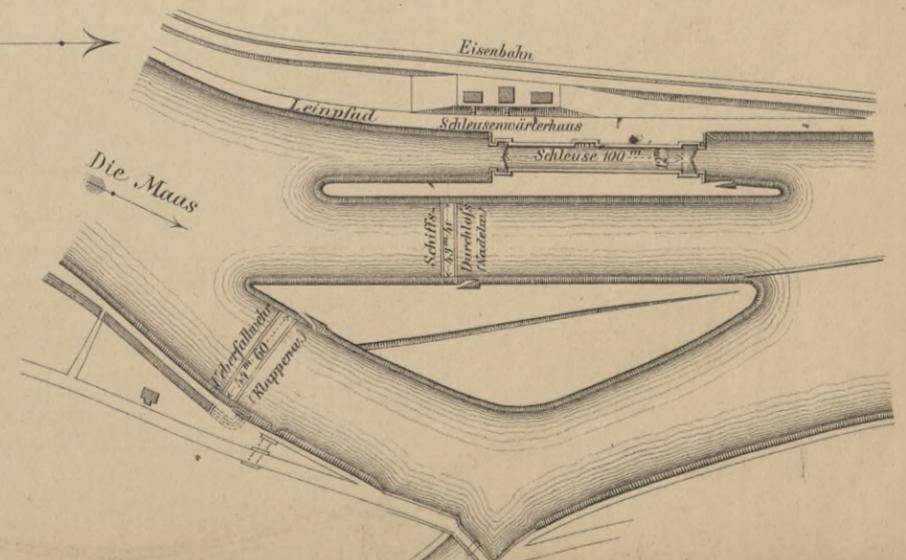
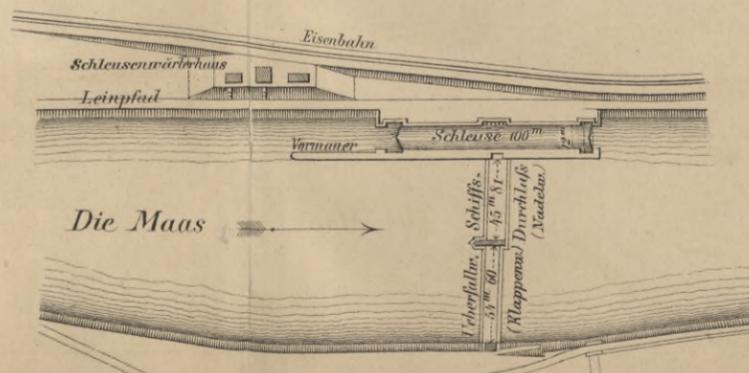


Fig. 14. bei Bouvignes-Dinant.





S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33409

Kdn., Czapskich 4 — 678, I. XII, 52, 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305640