









Die

# Regulierung geschiebeführender Wasserläufe

besonders

## des Oberrheines

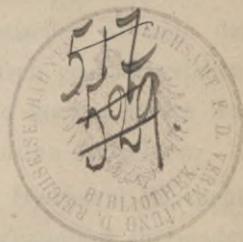
durch eiserne Leitwerke, Grundswellen und Buhnen,

bearbeitet von

Albert Doell,

Kaiserl. Baurat,

Wasserbauinspektor in Metz.



---

Mit 33 Textfiguren.



---

Leipzig.

Verlag von Wilhelm Engelmann.

1896.

~~III C 1.~~

xxx  
4991

Die

Regulierung geschiedführender Wasserläufe

besonders

des Oberrheines

durch eiserne Leitwerke, Grandschwellen und Bahnen

beschrieben von

Albert Doell,

Königl. Bauamt

Wasserbauamt in Metz



III 16656

Mit 32 Texttafeln



Verlag

Verlag von Wilhelm Engelmann

Akc. Nr. 3839/50

## Vorwort.

Während der Hydrotekt durch den Bau von Kanälen und durch die Kanalisierung der Flüsse in hervorragendem Mafse an der Vermehrung und Verbesserung der Verkehrswege beteiligt ist, die der Stolz des 19. Jahrhunderts sind, waren seine Leistungen für die Regulierung der freifliessenden Gewässer nicht immer erfolgreich. Es erklärt sich dies dadurch, dafs er beim Kanalbau auf streng wissenschaftlicher Grundlage mit erprobten Mitteln arbeitet, während den Ergebnissen der mathematischen Formeln der Hydraulik in der Praxis der Stromregulierung zwei unsichere Gröfsen gegenüberstehen. Es sind dies: die Unbeständigkeit der Stromsohle und die mangelhafte Beherrschung der Ausführung der unter Wasser herzustellenden Arbeiten.

Zu einer besonderen Neigung für seinen Beruf bedarf der Hydrotekt Beobachtungsgabe, ein gewisses fachliches Gefühl für die Wirkung und Behandlung fließenden Wassers; sein Wissen kann er sich nicht allein durch Studium bilden, er mufs es besonders durch Anschauung und Erfahrung erweitern. In Bezug auf die Sicherheit der Ausführung der unter Wasser gebauten Uferdeckungen, Bühnen, Leitwerke, Grundschwelleu u. s. w. ist er von der Gewissenhaftigkeit des Aufsichtspersonals, von der Handfertigkeit der Arbeiter, vom Wasserstande und Wetter sehr abhängig. Die hohen Kosten der Regulierung geschiebeführender Flüsse mittels Steinbauten, die lange Dauer der Ausführung und der nicht stets sichere Erfolg waren die Ursache, dafs sich die Bauherren, die Staaten, nur dem äufsersten Drucke der Verhältnisse folgend, zur Vornahme von Flufsregulierungen entschlossen. Sie bewilligten nicht immer die erforderlichen Mittel zu einem schnellen Fortschritt der Bauten und blieben diese — mitunter unbeeidigt — dem Angriffe des Eises oder eintretender Hochwasser so lange ausgesetzt, dafs sie höhere und über die doppelten Kosten verursachten, als die Anschläge besagt hatten. Das wirkte auf den guten Ruf der Hydrotekten zurück.

Einig in der Meinung mit anderen Fachgenossen, dafs die Regulierung der Flüsse mittels Steinbauten nicht auf der Höhe der heutigen Technik stehe, zuviel Geld und Zeit erfordere, suchte der Verfasser vom Anbeginn seiner früheren Thätigkeit am Rheine im Wasserbaubezirk Strafsburg nach einer anderen vollkommeneren und billigeren Bauweise, die die Gewähr für sicheren und schnellen Erfolg verspricht.

In der Wahl dieser Bauweise mußte selbstverständlich von dem bisher Üblichen und Bekannten abgewichen werden. Es wurde für sie das Eisen gewählt, nicht weil dessen für andere Konstruktionen hochgeschätzte Festigkeit gegen Zug und Druck in erster Reihe erforderlich ist, sondern weil sein spezifisches Gewicht und seine Dehnbarkeit bis zu dünnen Fäden es zur Herstellung standfester, den Durchfluß des Wassers wenig hindernder, die Wanderung der Geschiebe verbotender, senkrechter oder schräger Wände am besten geeignet macht und der Preis solcher durchlässiger Eisenwände hinter dem Preise von Steinbuhnen zurückbleibt. Es wird dies ausführlicher in den Auseinandersetzungen S. 53—81 begründet. Hier möge noch um die gütige Beihilfe der Herren Fachgenossen zur weiteren Verbesserung der Vorschläge gebeten werden. Diese müssen in jedem Einzelfalle der Eigenart des zu regulierenden Baches, Flusses oder Stromes angepaßt werden, die je nach dem Einzugsgebiete, nach dem Gefälle und der Beschaffenheit des Bettes wechselt.

Möge das Bestreben, zur Förderung eines wesentlichen Zweiges des Wasserbaues, dessen Entwicklung hinter den Fortschritten der Schwesterzweige zurückgeblieben ist, beizutragen, dem Fache sowie den Staaten zum Nutzen gereichen.

Metz und Darmstadt, im Juni 1896.

**A. Doell, L. von Willmann.**

# Inhalt.

Einleitung . . . . .	Seite 1
----------------------	------------

## I. Die Rheinkorrektion.

1. Die bauliche Entwicklung des Oberrheines . . . . .	4
2. Rheinkorrektion oder Rheinregulierung? . . . . .	5
3. Die veranschlagten Kosten der Rheinkorrektion . . . . .	6
4. Die wirklichen Kosten der Rheinkorrektion . . . . .	6
5. Segensreiche Folgen der Rheinkorrektion . . . . .	7
6. Der Verkehr auf dem Oberrhein sonst und jetzt . . . . .	8
7. Gegenwärtiger Zustand des Oberrheines:	
a. Die Verwilderung des Strombettes . . . . .	10
b. Die Kiesbänke im Rheine . . . . .	12
c. Die Nebenrinnen . . . . .	13
d. Der Kolk . . . . .	13
e. Das Längenprofil im Thalwege . . . . .	14
f. Das Längenprofil über die Kiesbänke . . . . .	19
g. Das Längenprofil durch die Nebenrinnen . . . . .	20
h. Die Längenschnitte durch die Korrekktionswerke . . . . .	20
i. Das Wasserspiegelgefälle . . . . .	21
k. Die Bewegung der Geschiebe . . . . .	22
l. Das vertragsmäßige Querprofil . . . . .	28
m. Die Kurven . . . . .	31
n. Das Niederwasserbett . . . . .	32
o. Die Eisversetzungen und ihre Folgen . . . . .	33
8. Die Ursachen der Verwilderung des heutigen Rheinbettes . . . . .	34
9. Die derzeitige Befestigung des Mittelwasserbettes . . . . .	34
10. Die Ausgaben für die bisherige Unterhaltung der Korrekktionswerke zwischen Strafsburg und Lauterburg . . . . .	36

## II. Die Rheinregulierung.

1. Die Notwendigkeit der Rheinregulierung . . . . .	38
2. Die rechtliche Verpflichtung der beiden Uferstaaten zur Regulierung des Rheines . . . . .	39
3. Der heutige Schifffahrtsweg im Oberrhein und Vorschläge für die Verbesserung desselben . . . . .	40
4. Besonderer Nutzen der Rheinregulierung für die Schifffahrt . . . . .	41
5. Gemeinsame und verschiedenartige Vorteile durch die Rheinregulierung für Elsaß-Lothringen und Baden . . . . .	42
6. Die Interessen der anderen Uferstaaten . . . . .	44
7. Die an die Rheinregulierung zu stellenden Anforderungen . . . . .	44
8. Die technische Möglichkeit der Rheinregulierung . . . . .	45
9. Beweis für dieselbe . . . . .	46

	Seite
10. Mit Steinbauten ausgeführte Flufsregulierungen . . . . .	47
11. Die Arbeitsleistung des strömenden Wassers gegenüber den Baggermaschinen . . . . .	50
12. Vorbilder für die Ausscheidung von Sinkstoffen aus dem Wasser und der Luft . . . . .	51

### III. Der Bau eiserner Leitwerke, Grundschwellen und Buhnen.

1. Die Einführung des Eisens in die Technik des Wasserbaues . . . . .	53
2. Die Konstruktion der Gitterwerke . . . . .	55
3. Gitterbauten über Wasser . . . . .	71
4. Die Verlegung der Gitterwerke unter Wasser . . . . .	71
5. Die Vorzüge der Verwendung des Eisens zu Bauten unter Wasser an Stelle von Steinen . . . . .	74
6. Die Kosten der Gitterwerke und ihrer Aufstellung für die Rheinstrecke Strafsburg-Lauterburg . . . . .	75
7. Die Dauer der Ausführung der Regulierungsbauten . . . . .	77
8. Die Notwendigkeit der Regulierung der Rheinstrecke Strafsburg-Hünningen . . . . .	78
9. Nachweis der Kosten der Regulierung anderer Flüsse . . . . .	78
10. Anfangsstelle und Fortsetzung der Rheinregulierung . . . . .	79
11. Die zukünftige Gestaltung des Niederwasserbettes im Oberrhein . . . . .	79
12. Die Verlandung der Altrheine . . . . .	80
Schlusswort . . . . .	81

### Litteratur.

Benutzte Quellen und Litteratur . . . . .	83
Sonstige Litteratur über Stromregulierungen:	
a. Den Rhein betreffend . . . . .	83
b. Andere Flusläufe betreffend . . . . .	85

## A N H A N G.

### A. Allgemeiner Entwurf zur Regulierung des Rheines aus dem Jahre 1840.

#### Bericht des Oberingenieurs Couturat.

(Hinterlegt im Bezirksarchiv des Unter-Elsafs in Strafsburg.)

§ 1. Allgemeine Übersicht . . . . .	89
§ 2. Zusammenfassung des Rheinwassers in einem einzigen Bett . . . . .	91
§ 3. Festsetzung der Breite des Bettes . . . . .	91
§ 4. Richtung des Bettes . . . . .	93
§ 5. Schutz des Geländes gegen die Überschwemmungen . . . . .	94
§ 6. Art und Folge der Ausführung . . . . .	95
§ 7. Wirkungen der Regulierung . . . . .	97
§ 8. Die Kosten der Regulierung . . . . .	99
§ 9. Zusammenfassung des Vorhergesagten . . . . .	101

### B. Beilage zu dem vorstehenden Berichte.

a. Die Wasserverhältnisse des Rheines und die wahrscheinlichen Erfolge der Regulierung . . . . .	102
b. Die Richtung des regulierten Rheines . . . . .	106

## Einleitung.

Da im Nachstehenden hauptsächlich auf die Stromverhältnisse des Rheines Rücksicht genommen wird und ein Verständnis des gegenwärtigen Zustandes, sowie die Auf-  
findung der Mittel zur Verbesserung der bestehenden Mißstände nur möglich ist, wenn  
auf die geschichtliche Entwicklung der Rheinkorrektion zurückgegangen wird, so soll  
hier, unter Hinweis auf den als Anhang vollständig abgedruckten, im Jahre 1840 im  
Auftrage der französischen Regierung vom Oberingenieur Conturat verfaßten „Ent-  
wurf zur Regulierung des Rheines im Elsaß“, sowie auf die „Beilage“ zu demselben,  
zunächst kurz auf diesen die Vorgeschichte der Rheinkorrektion auf dem linken Ufer  
enthaltenden Bericht eingegangen werden.

Einer Beurteilung desselben schicke ich das französische Sprichwort voraus: „*La critique est aisée, l'art est difficile*“, und weise deshalb zunächst auf die Schwierigkeiten  
hin, mit denen der Rheinbau vor 60 Jahren zu kämpfen hatte und welche durch  
die rastlose Arbeit der Ingenieure im Rheinbau-Dienste beseitigt, durch die Beihilfe  
anderer technischen Zweige mit der Zeit behoben worden sind. Dazu gehören: das  
damalige Fehlen von begehren festen Ufern oder Dämmen im Überschwemmungs-  
gebiet für die Längen- und Höhenmessungen, der Mangel an Präzisionsinstrumenten für  
diese, sowie für die Ermittlung der Wassergeschwindigkeiten, das Fehlen von Längen-  
einteilungszeichen, Kilometer- und Hektometersteinen an den beiden Ufern, der Mangel  
an Pegelstationen und Pegelbeobachtungen, und nicht zum mindesten das Fehlen der  
Erfahrung über die Ergebnisse anderer Flußregulierungen. Leichte und billige Reise-  
gelegenheit, die die Anschauung erleichterte, war damals ebensowenig häufig, als die  
Mitteilungen über die Erfolge ausgeführter Regulierungsarbeiten an anderen Strömen in  
technischen Zeitschriften. Der Ingenieur arbeitet heute mit vollkommeneren Geräten  
und vielseitigeren Erfahrungen, er reist und sieht mehr, er wird sich deshalb aber nicht  
zum leichtfertigen Tadler seiner Vorgänger machen, weil ihm die Hilfswissenschaften  
bessere Apparate zu sichereren, tauglicheren Beobachtungen gegeben haben, als jenen  
zur Verfügung standen.

Die Ursache, daß die Erwartungen des Herrn Conturat von dem Erfolge der  
Rheinregulierungsarbeiten nicht eintrafen, war im allgemeinen die, daß er die Verhält-  
nisse der Rheinstraße Lauterburg-Mainz auch für die Strecke Basel-Lauterburg als  
zutreffend ansah. Die ihm nachzuweisenden Irrtümer bzw. Fehler sind im einzelnen  
die folgenden:

1. Die zu große Bemessung der Breite des Mittelwasserbettes des Oberrheines  
nach den zwischen Lauterburg und Mannheim damals wie noch heute vor-

- handenen Mafsen desselben und die mangelnde Voraussicht, dafs das Niederwasser in einem zu breiten beweglichen Mittelwasserbett nicht der Axe desselben folgt, sondern sich in kleineren Radien, als diese Axe sie besitzt, in häufigem Wechsel der Richtung durch dasselbe hindurch schlängelt;
2. die Bestimmung nur eines Normalquerprofils für jede der drei 200, 225 und 250 m breiten Strecken unter Zugrundelegung eines durchschnittlichen Gefälles von 0,00055, während das Gefälle natürlich gegeben ist und die Querprofilflächen danach verschiedene Gröfse erhalten mußten;
  3. die Bestimmung der Querprofile ohne Rücksicht auf die bestehenden Zuflüsse und Ableitungen durch die Altwasser, auf die dadurch bedingte Vermehrung oder Verminderung der Abflußmenge und ihrer Geschwindigkeit im Hauptbette;
  4. die Annahme, dafs der Strom sein Bett so ausbilden werde, wie er es in dem felsigen Untergrunde bei Basel und in seinem Unterlaufe zwischen Lauterburg und Mannheim gethan, zwischen welchen 2 Städten das mittlere Gefälle nur 0,000266 beträgt.

Nur dadurch konnte Conturat zu dem für die damaligen technischen Anschauungen zeitgemäfsen, heute als irrig erkannten Vorschlage gelangen, die Hochwasserdämme in 4 m Abstand vom Rheine anzulegen. Derselbe würde durch die Einschnürung der Hochwasserflut die verderblichsten Folgen vermehrter Dammdurchbrüche und verstärkten Geschiebetransportes gehabt haben; es war ein Glück, dafs dieser Vorschlag nicht zur Ausführung gelangte.

5. die Behauptung (siehe unter § 7), dafs eine gleichmäfsige Geschwindigkeit eintreten werde, wenn die Breite des Flußbettes durch unzerstörbare Dämme begrenzt sei;
6. die Verkennung der Ursachen der in der Höhe verschiedenen, aber gleichzeitigen Senkung des Hochwasserspiegels an verschiedenen Punkten des Rheines. Diese ist auf die Veränderung der Lage des Thalweges in einer Kurve von sehr großem oder sehr kleinem Halbmesser, oder den Einfluß der nächsten unterhalb der Pegelstelle gelegenen Kiesbank, also auf die Gröfse des benetzten Querprofils, die mitunter bis zu 300 qm wechselt, eher zurückzuführen, als auf eine schon vor 1842 stattgefundene allgemeine Senkung der Sohle durch die Auswaschung bei der Wanderung der Geschiebe, wie Conturat annimmt;
7. die Voraussetzung, dafs das vom Strome bewegte Geschiebe einst ohne Ersatz bleiben würde, welche schon mit der in § 7 vorgesehenen Senkung des Wasserspiegels (also auch der Sohle) nicht in Einklang zu bringen ist und dem physikalischen Gesetze der Schwere wie ihrer Wirkungen widerspricht;
8. der Mangel jeglicher Rücksichtnahme auf die Veränderung der Breite der Querprofile in den Kurven, obwohl der Veränderung der Tiefen daselbst Erwähnung geschieht, und auch Defontaine schon auf die Notwendigkeit verwiesen hatte, die Hochwasserdämme dem Rheine in den Konkaven zu nähern, in den Konvexen sie weiter entfernt anzulegen;
9. die fehlerhafte Anlage der Öffnungen zur Ableitung und Wiedereinführung der Altwasser, die in den Korrektionswerken einfach ausgespart worden sind (siehe Fig. 1, *a—b*), anstatt sie nach Fig. 2 und Fig. 3 anzulegen. Es entstehen dadurch Querströmungen, die einer guten Ausbildung der Sohle sehr hinderlich sind.

Conturat hat von einer Befestigung der Sohlen nirgends gesprochen. Es erklärt sich daraus, daß eine solche zwischen Lauterburg und Mannheim in der Strecke des Rheines, die seinen Gedanken als Musterstrecke vorschwebte, nie angewandt und von niemand, wie es scheint, für notwendig oder möglich gehalten wurde.

Die Vermeidung der obenbezeichneten Mängel muß die selbstverständliche Voraussetzung jeglichen Versuches zu der Verbesserung des Rheinbettes sein.

Es müssen für die Rheinregulierung aber auch alle Fortschritte der Technik benutzt werden, die seit 1840 gemacht worden sind, um in einem festen Nieder- und Mittelwasserbett die Trennung der Geschiebe vom Wasser durchzuführen und darin nur soviel Geschiebe laufen zu lassen, als der Strom bei jedem Wasserstande ununterbrochen fortbewegen kann.

Mit anderen Worten heißt das: Der Stein- und Kies-Senkfaschinenbau, der diesen Anspruch nicht erfüllt, muß aufgegeben und durch ein anderes, die Sicherheit der Sohle und der Böschungen des Rheinbettes gewährleistendes Bausystem ersetzt werden.

Fig. 1.

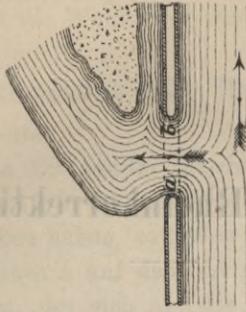


Fig. 2.

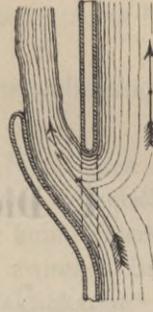
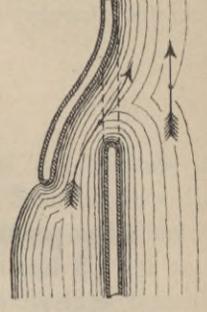


Fig. 3.



# I. Die Rheinkorrektion.

## I. Die bauliche Entwicklung des Oberrheines.

Seit Jahrtausenden suchte sich der Rhein sein Bett in dem breiten Thale zwischen Schwarzwald und Vogesen; je nach der wechselnden Kraft seiner Strömung trieb er den Kies, aus dem der Boden besteht, mit sich fort und liefs ihn bei fallendem Wasser wieder liegen. Nichts widerstand seinen Wellen; wenn sie in der Tiefe den Grund unterspülten, verschwanden Höfe, Dörfer, feste Mauern und Dämme. Griffen die Fluten die Oberfläche der Rheinebene an, so hatte der Kies, der das weite Thal füllt, nur einen Schutz: den Pflanzenwuchs, das Gras, die Binsen, das Rohr, das Schilf, die Weiden (*salix*) und den Wald. Der letztere fiel der fortschreitenden Kultur des Pfluges mehr und mehr zum Opfer, aber die ersteren hielten in den feuchten Tiefen aus, welche dem Ackerbau wertlos waren. Alle Arten Weiden wuchern noch heute überall auf den Vorländern im Hochwassergebiet des Rheines und schirmen die Oberfläche der Kiesgründe theils durch das Netzwerk ihrer Wurzeln, theils durch die Biegsamkeit ihrer Zweige, die die härteste Strömung durch geduldigen Widerstand schliesslich einschläfern. Erliegen sie dem seitlichen Angriffe, der Unterspülung des Kieses, so trägt das Wasser noch ihren Samen weiter. Den Teil desselben, der bei fallendem Pegel trockenen Boden findet, bringen die ersten warmen Sonnenstrahlen des Frühjahrs schnell wieder zu tüppigem Keimen und schaffen dem Vorlande so neuen Schutz vor den Wogen. So setzt die Natur ihren zerstörenden Kräften wieder erhaltende Elemente entgegen.

Vor dem Eingriffe der Menschenhand in den Lauf des Rheines bedeckten die Fluten kilometerbreite Flächen; in zahlreichen Verästelungen zog der Strom bald in breiten flachen, bald in tiefen schmalen Rinnen dahin, Einzelarbeiten hatten geringen Erfolg, bis Baden durch den Major Tulla eine planmäßige Einschränkung des Rheinbettes begann, welcher die französische Regierung sich anschlofs.

Danach ist die bauliche Entwicklung des Oberrheines aus dem Urzustande der vollkommensten Freiheit des Stromes, in der er sich sein Bett nach Belieben wählte, in 3 Abschnitte zu zerlegen und zwar:

1. in die Zeit, in der Gemeinden oder einzelne Personen begannen, ihr Eigentum gegen die verheerenden Hochwasser durch Dämme zu schützen;
2. in die Zeit, in der durch staatliche Uferbefestigung und Abschluss von Altwassern das Strombett verengt und der Schutz des einen Ufers ohne Rücksicht auf das andere Ufer geübt wurde;
3. in die Zeit, in welcher nach gegenseitiger Vereinbarung der Uferstaaten die Altwasser abgebaut, die Richtung des Stromes begradigt, das Bett desselben zwischen feste Ufer (Parallelwerke) gelegt, seine Regulierung angestrebt und durchgehends Hochwasserdämme hergestellt wurden (1840—1895).

Im vierten kommenden Zeitabschnitt müssen die Altwasser reguliert oder ganz verlandet, ein sicheres Niederwasserbett im Hauptstrom geschaffen, seine Sohle befestigt, zu große Gefälle beseitigt und die Wanderung der Geschiebe zur Ruhe gebracht werden.

## 2. Rheinkorrektion oder Rheinregulierung?

Was bedeuten diese Worte?

Sie hatten bis vor etwa 20 Jahren gleichen Sinn, „den Lauf des Rheines in Ordnung zu bringen.“ Wenden wir uns an die ältesten technischen Schriftsteller, die über die Rheinbauten geschrieben haben, so finden wir keine Unterscheidung und könnten den Zweifel nur durch den Hinweis auf den Vertrag zwischen Baden und Bayern vom 4. und 8. Juli 1818 vermehren, der sich auf die „Rektifikation“ des Rheines bezieht. Der französische Ingenieur Defontaine sagte unter No. 35<sup>1)</sup>: „Die Arbeiten haben den ausschließlichen Zweck des Uferschutzes“, und nennt unter No. 99 und 121 die Aufgabe, dem Rheine eine neue Richtung zu geben: „Regulierung“.

Die französischen Ingenieure sprachen von der „*regularisation du cours du Rhin*“, gelegentlich auch von seiner „*rectification*“.

Hagen<sup>2)</sup> spricht „von der Stromregulierung“ und von „Korrektionsmethode“. Der Generalrat des Unter-Elsafs nannte die Rheinregulierung sogar „*cette grande œuvre de canalisation*“. Bär<sup>3)</sup> nennt „die Regulierung des Rheines ein Korrektionsunternehmen“ und spricht von der „Rheinkorrektion“. Auch der Wasserbaudirektor Grebenau in Straßburg wandte häufig die Bezeichnung „Rheinkorrektion“ an.

Die scharfe Unterscheidung zwischen Korrektion und Regulierung ist neueren Datums und durch die erhöhten Ansprüche der Schifffahrt an ein besseres, den größten Teil des Jahres anhaltendes Fahrwasser im Rheine hervorgerufen worden.

Auch die mit der Zeit wachsende Einsicht der Wasserbautechniker, daß die bisher angewandte Bauweise das Ziel der Rheinarbeiten, „nach und nach eine Regulierung seines Laufes zu stande zu bringen“, nicht erreichen wird, mag zu der scharfen Trennung der Begriffe „Korrektion“ und „Regulierung“ Anlaß gegeben haben.

Demnach bezeichnen wir also mit „Korrektion“ die Begradigung, d. h. die Durchstiche eines Wasserlaufes, die Befestigung seiner Ufer zum Schutze vor den Angriffen des Wassers, wie die Zusammenfassung desselben in ein einziges Bett und verstehen unter „Regulierung“ die dauernde Befestigung seiner Sohle und Ufer, die Herstellung eines unveränderlichen Nieder- und Mittelwasserbettes von überall und stets genügender Tiefe für Schifffahrtzwecke. Ich persönlich dehne den Begriff der Regulierung weiter aus und verstehe darunter noch: Die Trennung von Kies, Sand und Schlick vom Wasser und die Ablagerung der ersteren in der von der Regulierung angestrebten Weise im Strombette.

Ich gehe mit dieser Forderung den Mitteln der heutigen Technik entsprechend weiter wie die Vergangenheit.

Dem gegenwärtigen Bedürfnis der Schifffahrt genügt die Regulierung des Rheines bis Straßburg; die notwendige Verminderung der Ausgaben für die bauliche Unterhaltung der Rheinufer und die Sicherung der sich fortgesetzt vertiefenden Sohle des Rheines machen aber die Ausdehnung der Regulierung bis Hünningen erforderlich.

<sup>1)</sup> Ann. des ponts et chaussées 1838, S. 5.

<sup>2)</sup> Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst. Berlin 1853. Bd. II, S. 351.

<sup>3)</sup> Bär. Die Wasser- und Straßenbauverwaltung im Großherzogtum Baden. Karlsruhe 1870. S. 537 u. 600.

### 3. Die veranschlagten Kosten der Rheinkorrektion (Linkes Ufer).

Die französischen Ingenieure hatten 1840 die Kosten für die Korrektion des linken Ufers des Rheines zwischen Hünningen und Lauterburg zu 55117442 Fcs., rund 44094000 M. veranschlagt; d. i. pro km 239641 M. Die zur Prüfung ihrer Anschläge niedergesetzte Kommission verlangte vom Staate

22387442 Fcs.	für die Korrektion zwischen Strafsburg und Lauterburg,
2612558 „	für die Korrektion des Kleinen Rheines von seiner Abzweigung bis zu seiner Mündung,
9000000 „	für die Verbesserung der Schifffahrt und die Befestigung des linken Ufers auf der Rheinstrecke oberhalb Strafsburg bis Hünningen.

Sa. 34000000 Fcs., das ist pro km 184241 M.

Aus der Begründung der Kommission für die Kreditforderung geht hervor, daß der größte Wert auf die Rheinkorrektion zwischen Strafsburg und Lauterburg gelegt wurde, um ersterer Stadt alle Vorteile der Rheinschifffahrt zuzuwenden, während die Arbeiten oberhalb Strafsburg infolge des Baues des Rhein-Rhône-Kanales, sowie der Eisenbahnlinie Strafsburg-Basel, als weniger dringlich betrachtet wurden.

Die jährlich zu gewährende Summe war auf 1700000 Fres. festgesetzt, also eine Bauzeit von 20 Jahren angenommen worden. Davon sollten jährlich 1250000 Fres. unterhalb, 450000 Fres. oberhalb Strafsburg verwendet werden.

### 4. Die wirklichen Kosten der Rheinkorrektion.

Ein Nachweis der Kosten der Rheinkorrektion ist zum Vergleich der für die Regulierung erforderlichen Ausgaben zu erbringen.

Baden hat<sup>4)</sup> von 1838 bis 1869 etwa 24711670 M. für seine 260 km lange Strecke ausgegeben, jährlich im Mittel von 31 Jahren rund 797150 M.

Frankreich hatte von 1842 bis 1869, d. i. in 27 Jahren, für seine ca. 184 km lange Strecke 17396636 M. 65 Pf. oder im Mittel jährlich 644300 M. aufgewandt.

Nach den Jahresberichten der Rheinschiffahrts-Centralkommission haben die Kosten der Rheinkorrektion in den 26 Jahren von 1869 bis 1895 betragen in Baden bei 260 km Uferlänge 21989843 M., Elsaßs-Lothringen bei 184,140 km Uferlänge 19844243 M., zusammen also rund 41834086 M.<sup>5)</sup>

Tabelle I. Zusammenstellung der Gesamtbaukosten.

Zeitraum von — bis	Baden M.	Frankreich bezw. Elsaßs-Lothringen M.	Quersumme M.
1839 } —1868 . . .	24711670	17396636	42108306
1842 }			
1869—1895 . . .	21989843	19844243	41834086
	46701513	37240879	
	<b>83942392 M.</b>		<b>83942392</b>

<sup>4)</sup> Vgl. Bär. Die Wasser- u. Straßenbauverwaltung im Großherzogtum Baden. Karlsruhe 1870. S. 602.

<sup>5)</sup> In den von Elsaßs-Lothringen für die Rheinkorrektion gemachten Ausgaben sind 2553766 M. für außerordentliche Leistungen nicht inbegriffen.

Für Elsaßs-Lothringen ergibt dies eine durchschnittliche jährliche Ausgabe von 763240 M. oder für den Kilometer Uferlänge von 4170 M.

Hiervon entfallen schätzungsweise 80%, also rund 3336 M. auf die Unterhaltung der bestehenden, wie die Herstellung neuer Uferbauten mit der Beschaffung von Steinen, Faschinen und Draht.

Nach den Mitteilungen über Landwirtschaft, Wege- und Wasserbau des Kaiserlichen Oberpräsidiums kostete der Kilometer Unterhaltung der Rheinbauten in den Jahren 1871 bis 1877 jährlich im Durchschnitt rund 3669 M.

Nach anderen amtlichen Nachrichten betragen dieselben Kosten:

1878/79 = 3365 M.      1880/81 = 3438 M.

1879/80 = 3263 „      1881/82 = 3596 „

Für einen Kilometer Uferlänge wurden ausgegeben:

In Baden seit 1839 bis 1895, d. i. in 56 Jahren, 179621 M.

In Elsaßs-Lothringen bzw. Frankreich seit 1842 bis 1895, d. i. in 53 Jahren 202396 M.

Das giebt für einen Kilometer Stromlänge zwischen Hüningen und Lauterburg 382017 M., wobei die vor 1839 bzw. 1842 gemachten, am elsässischen Ufer allein rund 8000000 Franken betragenden Aufwendungen nicht in Rechnung gezogen worden sind. Für keinen deutschen Strom sind auch nur annähernd gleiche Beträge aufgebracht worden.

Zu bemerken ist noch, daß der Unterschied der rechts- und linksrheinischen Ausgaben von 22775 M. pro Kilometer sich daraus erklärt, daß

1. das Faschinenholz in Baden zum großen Teile auf dem ärarischen Vorlande gehauen wurde, während es im Elsaßs aus Gemeinde- und Privatwäldungen gewonnen und zur vollen Forsttaxe bezahlt werden mußte;
2. die Arbeitslöhne am Rheine in Baden von jeher 5—10% niedriger als im Elsaßs gewesen sind;
3. die im geringen Gefäll liegende badische Rheinstrecke zwischen Lauterburg und Mannheim von ca. 75 km Länge weniger Baukosten als die oberhalb gelegene Rheinstrecke verursacht hat;
4. die Kosten für die Regulierung des 4480 m langen Kleinen Rheines aus den Ausgaben für das linke Ufer nicht ausgeschieden sind.

Unter Berücksichtigung der Länge und der stärkeren Strömung des Rheines oberhalb Straßburg wird der Teil der Ausgabe, der hiervon auf die 57 km lange Strecke von Straßburg bis zur Landesgrenze bei Lauterburg trifft, nur zu zwei Drittel oder zu rund 2224 M. geschätzt.

## 5. Segensreiche Folgen der Rheinkorrektion.

Durch diese Ausgaben ist die Sicherheit der Bewohner der Rheinufer gewährleistet, ihre gesundheitlichen Zustände sind verbessert, den verheerenden Rheintüberschwemmungen ist eine feste Grenze gesetzt und der Land- und Forstwirtschaft eine große Fläche sumpfigen Bodens in Kultur gegeben worden. Wenn die Schifffahrt weniger Nutzen, wie erwartet, davon gezogen hat, so lag dies wesentlich an der Veränderung der Verkehrsverhältnisse und an den erhöhten Anforderungen an den Verkehr auf den Wasserstraßen durch die Leistungen der Eisenbahnen. Nach der Korrektion des Rheines verlangt die Schifffahrt den weiteren Kulturfortschritt: „die Regulierung, um für 2 m

tiefgehende Fahrzeuge während mindestens 9 bis 10 Monaten, d. h. während der frostfreien Zeit des Jahres, eine sichere Fahrstrasse zu haben.

Schiffseigentümer und Kapitalisten haben in der Mitte der 70er Jahre, sowie aufs Neue seit 1892, für die Ausdehnung der Grossschiffahrt auf dem Oberrhein Opfer gebracht; es ist kein unbilliges Verlangen, wenn sie ihre Bestrebungen von den Uferstaaten durch die Verbesserung der Schiffbarkeit des Stromes, die der Allgemeinheit ebenfalls zu gute kommt, unterstützt sehen wollen. Ausser dem Gelde ist eine unschätzbare Menge menschlichen Fleisses und technischen Wissens am Rheine verbraucht worden. Wir, die wir heute die segensreichen Erfolge der grossen Wasserbauten geniessen, erinnern uns mit Dankbarkeit und Hochachtung derer, die ihre Zeit und Kraft, ihre Gesundheit und ihr Leben eingesetzt haben, die Verbesserung der früheren Zustände zu erreichen. In dem bisher Geleisteten liegt zugleich der Sporn, die Hand gleich diesen ehrenwerten Vorgängern mit anzulegen, um das begonnene Werk zu vollenden, und die Mängel, die ihm anhaften, mit den vollkommeneren Mitteln der neuen Technik zu verbessern.

### 6. Der Verkehr auf dem Oberrhein sonst und jetzt.

Es ist auffällig, dass weder in dem Berichte des Obergeringieurs Conturat zu dem Entwurfe der Rheinregulierung, noch in dem Berichte des Präfekten an den Minister, noch in den Protokollen des Untersuchungsausschusses die Grösse des 1842 vorhandenen oder des erhofften Schiffahrtsverkehrs in Zahlen ausgedrückt worden ist. Wahrscheinlich sind statistische Nachweise über diesen Verkehr damals gar nicht oder nicht regelmäßig geführt worden. Die volltönenden Worte dieser Berichte lassen auf ungeheuerere Gütermengen schliessen, die schon damals in Strafsburg ein- und ausgingen. Die nachstehenden Ziffern geben, wenn auch nicht gerade für das genannte Jahr, darüber Auskunft.

1783	Rheinverkehr	{ zu Berg 49965 Ctr. zu Thal 38984 " }	88949 = 4447,45 Tonnen.
1851	"	{ zu Berg 104466 " " zu Thal 33601 " "	138067 = 6903,35 "
1869	"	{ zu Berg } zu Thal } . . . . .	122000 "

Zwischen 1851 und 1869 war die Verkehrsmenge an der Rheinschleuse infolge der Eröffnung des Rhein-Marne-Kanales um mehr als das 17fache gestiegen, doch ist dabei zu bemerken, dass die Art der Güter sehr gewechselt hatte.

Während in den 30er und bis zu den 50er Jahren dieses Jahrhunderts noch viele Stückgüter auf dem Rheine befördert wurden, gingen dieselben später auf die Eisenbahnen über. Der Rheinschiffahrt fielen dafür die Massengüter von hohem spezifischem Gewicht und geringem Werte zu. Die 122000 Tonnen, die 1869 transportiert wurden, enthalten den ganzen Steinverkehr für die Rheinbauten und die Kiestransporte, die aus dem Rheine nach Strafsburg und der Umgegend für Strafsen- und Hochbauzwecke geführt wurden.

Das Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Grossherzogtum Baden sagt von dem Rheinverkehr<sup>6)</sup>: „Der Güterverkehr ging hauptsächlich stromaufwärts, doch war auch einiger Thalverkehr vorhanden. Die Bergfahrt geschah, wo immer möglich, mit Hilfe grosser Segel. Weil aber der Südwestwind hier der herrschende ist, so mussten die Schiffe, um nicht wochenlang liegen zu bleiben, vielfach

<sup>6)</sup> Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse. Berlin 1889. S. 240.

auch gezogen werden. Der streckenweise uferlose Wasserweg entbehrte aber zusammenhängender Leinpfade, sodafs der Schiffzug nur mit Menschen zu bewirken war. Die Gutschiffe hatten oberhalb Ottenheim nicht mehr als 50 Tonnen Tragkraft; zwischen Schröck (Leopoldshafen) und Ottenheim gingen auch solche von 125 Tonnen, doch konnten sie oft nicht mit mehr als 20–30 Tonnen beladen werden. Ein solches Schiff erforderte unter gewöhnlichen Verhältnissen 24 Mann am Zugseil; in schwierigeren Strecken mußten auch 80–100 Mann vorgespannt werden. Mit unsäglicher Mühe schritten die Schiffzieher, reihenweise an der Zugleine schleppend, über die Inseln und Kiesbänke und nicht selten mußten sie seichte Stromarme durchwaten. Die Thalfahrt war durch die zahlreichen, aus den fortwährenden Uferleinbrüchen und dem Abtreiben der Inseln herrührenden, im Strombette sich fortwäzenden, zeitweise festliegenden Baumstämme sehr gefährdet. Niedrige Wasserstände, schon die gewöhnlichen Hochwasser und die in dem verwilderten Strome jeweils rasch auftretende Eisbildung brachten wochen- und monatelange Unterbrechungen des Verkehrs.“

Während der Kontinentalsperre 1808 und 1809 nahm der Handel und die Rheinschifffahrt Strafsburgs noch einmal einen beträchtlichen Aufschwung; er war leider nur von kurzer Dauer, trotzdem die Schifffahrt auf dem Rheine durch die Verträge von 1815 für frei erklärt wurde. 1831 kam die Rheinschifffahrtsordnung zu stande und Strafsburg wurde Freihafen. 1832 dehnte die rheinische (kölnische) Dampfschiffahrtsgesellschaft ihren regelmäfsigen Dienst bis Strafsburg aus.<sup>7)</sup> Eine in Basel ansässige Gesellschaft liefs 1842 ihre Dampfboote, die „Adler des Oberrheins“, den Rhein-Rhone-Kanal zu Berg bis Hüningen, zu Thal bis Mannheim fahren, gab den Versuch aber bald wieder auf.

Infolge der zunehmenden Konkurrenz der Eisenbahnen ging der Verkehr der Dampfboote zwischen Mannheim und Strafsburg am 15. September 1854 ein.

Die Eisenbahnen besorgten den Frachtverkehr; lange Jahre hindurch ruhte die Handelsschifffahrt auf dem Oberrhein. Nur die Flöfse aus dem Kehler Hafen, aus der Kinzig und Murg und die Steinschiffe, die die Steinmassen zur Befestigung der seit 1840 in regem Ausbau befindlichen Uferbauten herbeiführten, zogen noch zu Thal.

Versuche, ihn im Jahre 1873 wieder zu beleben, hatten keinen dauernden Erfolg.

Im Jahre 1892 ist der Güterverkehr auf dem Rheine mittels Dampfbooten wieder aufgenommen worden. Er betrug an der seit 1891 auf 90,10 m Länge und 12 m Breite vergrößerten Rheinschleuse<sup>8)</sup>:

<sup>7)</sup> Von ihren Fahrten erzählt G. Thudichum, der Direktor des Gymnasiums zu Büdingen in der Wetterau, aus dem Jahre 1840 was folgt: „Abends halb 10 Uhr wurde Mannheim erreicht und um 12 Uhr nachts ein anderes Dampfschiff bestiegen, der „Kronprinz von Preussen“, welches abwechselnd mit dem „Grafen von Paris“ auf der Strecke Mannheim-Basel verkehrte. Man kann die Fahrt von Mannheim bis Strafsburg, welche 22 Stunden dauert, ohne Milzsucht langweilig nennen. Keine Stadt als Speyer und Germersheim einigermaßen sichtbar, sonst noch ein, zwei Dörfer, aber kein Ort unmittelbar am Ufer, das von weidigen Niederungen, um den oft und vielfach sich in Arme teilenden, zwischen Sandbänken sich windenden Strom gebildet wird. An einer Stelle, wo mehrere Arme ausgingen, schien uns die Wasseroberfläche fast zwei Stunden breit. Schon ist vieles zur Regelung des Stromes geschehen, Steindämme gelegt, Ufer gemauert, Durchstiche gemacht, am wenigsten auf französischer Seite. Von Leinpfad ist nichts in dieser Öde. Die Frachtschiffe schleppen sich in einer Woche von Mannheim hinauf, bei gutem Wind mit Segeln in wenigen Tagen; über Strömungen, welche näher nach Strafsburg zu mehrfach vorkommen, werden sie immer dicht am Ufer durch Menschen gezogen, oft hundert an einem Schiff. Wir sahen einen solchen Zug. Dem Dampfschiff ist dormalen besonders eine Sandbank, einige Stunden unter Strafsburg, hinderlich, wo das Fahrwasser einen Winkel macht. Letzte Nacht hatte es da zwei Stunden festgesessen, und an einem andern Tag fünf Stunden, und war von 150 Menschen aus den benachbarten Orten flott gemacht worden. Ein Stofswind hatte es gerade in der kritischen Wendung auf den Sand geworfen, sodafs ihm von seinen 40 Zoll Wasser 14 fehlten. Es war nahe an 10 Uhr abends, als wir die Lichter von Kehl sahen, und bald lagen wir am französisch-deutschen Ufer.“ (Strafsburger Post vom 26./11. 1895.)

<sup>8)</sup> No. 88, Endschleuse des Rhein-Rhone-Kanals.

1894 = 77 830 Tonnen Zufuhr,  
           5701       „       Abfuhr,  
 Sa. 83531 Tonnen.

Hierzu tritt noch der Kies- und Steinverkehr. Er stieg 1895 auf 153800 Tonnen.

Eine Vergleichung dieser Zahlen mit denen früherer Zeitabschnitte legt die Frage nahe: Wenn Frankreich für die Rheinregulierung zwischen Straßburg und Lauterburg wesentlich zur Hebung der Rheinschiffahrt 22 387 442 Franken auszugeben bereit war, die damals nur ca. 6000 Tonnen Güter im Jahre förderte, welche Summen müßten wir heute im Verhältnis zu dem erwarteten viel höheren Güterverkehr, den wir einmal über 2 Millionen Tonnen im Jahre gesteigert zu sehen hoffen, also den soviel höheren Nutzen, den die Regulierung für Handel und Schiffahrt haben wird, dafür bewilligen?

Und wieviel sollten wir mehr ausgeben, wenn man das Verhältnis des Geldwertes im Jahre 1842 und 1895 in Erwägung zieht?

## 7. Gegenwärtiger Zustand des Oberrheines.

### a. Die Verwilderung des Strombettes.

In dem durch die Korrektionswerke zum größten Teil seitlich geschlossenen Mittelwasserbett des Oberrheines ist weder für ein festes Niederwasserbett, eine feste Sohle des Mittelwasserbettes, noch für die Aufhebung öfters vorkommender schädlicher Strömungen gesorgt. Die Einheit und die Ähnlichkeit der Querprofile, sowie ihre stufenweise Entwicklung, ihre Zu- oder Abnahme nach dem Gefälle und dem Inhalte fehlt. Die Energie des fließenden Wassers ist an vielen Stellen größer als der Widerstand des Stromschlauches. Das Querprofil des Rheines ist zwischen den beiden Korrektionswerken im allgemeinen zu groß; an den Stellen aber, wo Kiesbänke liegen, in einer den freien Lauf des Wassers störenden Weise beengt. Der Strom kann sich spalten und durch die Kiesbänke frei und ungehindert seine Bahn suchen, so wie es der ewige Wechsel seiner lebendigen Kraft bei steigendem und fallendem Wasser bedingt.

Er thut das zwar nicht dem Zufalle, sondern den physikalischen Gesetzen der Schwere und der Kräfte folgend, doch ohne Ziel und Regel. Das Resultat ist Unordnung, Verwilderung.

Nicht das Vorhandensein von Geschieben, sondern die verschiedene Bewegung derselben durch verschiedenartige Strömungen, deren Geschwindigkeit das nach dem mittleren Querprofil, dem Durchschnittsgefälle zwischen den Nullpunkten der nächstliegenden Pegel und dem Rauheitsgrade der Sohle sich ergebende mittlere Maß teils weit übersteigt, teils dahinter zurückbleibt und deren Angriffswinkel mit der Tangente des bestrichenen Ufers oft zu stumpf ist, sind die Ursachen der Zerrissenheit des Rheinbettes.

Auf fester Sohle verursacht die Teilung eines Stromes in 2 oder mehrere Rinnen keine anderen Nachteile, als eine Minderung der Geschwindigkeit der Strömung, eine entsprechende Neigung zur Ablagerung von Geschieben und die Verschlechterung des Fahrwassers im Schiffahrtswege. Auf der beweglichen Sohle des Rheines leitet sie meist eine Verlegung des Thalweges, eine Erhöhung der unterhalb des Teilungspunktes liegenden Schwelle und eine gänzliche Umgestaltung des zwischen den Korrektionswerken liegenden Querprofiles ein. Selbstredend verliert auch hier die Schiffahrt an Tiefe des Fahrwassers über der Schwelle.

Von wesentlicher Bedeutung für die Verhältnisse im Hauptstrom ist die Ableitung von Wasser in die Altrheine. Dadurch wird die Masse und Energie im Hauptarme geschwächt; in gleichem Verhältnisse wächst der Widerstand der darin gelagerten Sinkstoffe, bis das Wasser des Altrheines sich mit dem Hauptstrom wieder vereinigt hat. Es leuchtet ein, daß geteilte Kraft nur geteilte Leistungen hervorbringen kann, daß die Hälfte oder Dreiviertel des Strominhaltes nicht hinreichen, den Stromschlauch so breit und so tief auszubilden, dieselbe nagende Thätigkeit gegen die Sohle und die Ufer auszuüben, als das Ganze.

Das Wasser des Rheines ist im Winter bei niedrigen Pegelständen klar und bis auf 2,50 m Tiefe durchsichtig. In die Wintermonate fallen eben die niedrigsten Wasserstände und dementsprechend die kleinsten Geschwindigkeiten.

Die erste Wirkung der Strömung ist die Abwaschung des Schlickes von den einzelnen das Wasser stauenden Kieseln, die später immer allgemeiner wird. Sodann beginnt der feine Sand zu laufen. Bei 0,70 m mittlerer Geschwindigkeit in der Sekunde ist noch keine Störung der Ruhe der Geschiebe auf der Sohle bemerkbar.

Darüber hinaus werden Sandkörner und Kiesel erst fortbewegt, wenn sie der Schubkraft des Wassers eine so große Fläche bieten, daß deren Wirkung größer als das spezifische Gewicht der getroffenen Körper und ihre Reibung an der Sohle ist. In diesem Falle muß  $v > g - 1000$  sein, wenn  $v$  die Schubkraft des Wassers,  $g - 1000$  das spezifische Gewicht der Sinkstoffe im Wasser bezeichnet.

Damit beginnt die Trübung des Wassers. Die in Bewegung befindlichen Kiesel schleifen sich gegenseitig ab; sie zerreiben sich allmählich. Das Produkt dieser Reibung, der sandige Schlick, färbt den Rhein in ziemlich grauen Tönen. Die Farbe wird bräunlich, wenn starker Regen die Hänge und Felder abwäscht und Humus, Kalk- oder Lettenteilchen dem Strome zuführt. Das Geräusch der auf der Sohle fortgetriebenen, sich aneinander reibenden, schleifenden, übereinander rollenden Kiesel ist vom Ufer des Stromes aus deutlich zu unterscheiden.

Bei fallendem Wasser kommen die Sinkstoffe zunächst da zur Ruhe, wo die Geschwindigkeit der Strömung zuerst nachläßt, d. i. am unteren Ende am Abfall der Kiesbänke. Hier lagert sich zuerst der Sand. Dann folgen die Ablagerungen an allen hochliegenden Stellen aufserhalb des Thalweges und in den geschlossenen sekundären Rinnen. Die Kiesbänke treten aus dem Wasser hervor, oft von Querrinnen durchfurcht, die bis zu  $90^\circ$  gegen das Ufer anfallen, Stauungen, Kehrwasser, Wirbel, Kolke schaffend, die mitunter bis zu 12 m Tiefe unter Niederwasser erreichen.

Der Strom hat in dem wechselnden Widerstand bietenden Bette Neigung, zu schlängeln, die Ufer anzugreifen, zu wühlen, Kiesbänke und Schwellen (Geritte) aufzuwerfen oder abzutragen; kurz alle Unarten zu treiben, die die Gesetze des Wasserbaues verbieten.

Stößt die Strömung in sehr spitzem Winkel gegen das Ufer, läuft sie also beinahe parallel mit ihm, so wird sie es selbst bei großer Wassergeschwindigkeit wenig angreifen und die Sohle nicht über mittlere Tiefe auswaschen.

Die Lage der Kiesbänke, ihre Entfernung vom Ufer, also die Breite des Stromschlauches wirken auf die Stärke des Wasserangriffes gegen Ufer und Sohle mitbestimmend ein.

Den cykloidenförmigen Wellenbewegungen des Wassers, die die Temperatur verursacht, ist keine Bedeutung hinsichtlich der Angriffe auf die Sicherheit des Flutprofils beizulegen, weil die Veränderungen der Strömung dadurch zu gering gegen die durch das Gefälle bedingte Geschwindigkeit sind.

Profilveränderungen verursacht das Grundeis, welches sich bis auf 2,60 m Tiefe im Strome bildet, auf dem Boden haftet und Kiesel und Steine mit fortträgt, wenn es sich in Bewegung setzt. Die Wirkung des Grundeises ist indessen selten von längerer Dauer und darf gegenüber den Angriffen der Schubkraft des Stromes vernachlässigt werden.

#### b. Kiesbänke im Rheine.

Die Meinung, daß die Massen der Kiesbanke immer durch neuen Nachschub aus den Alpen ergänzt würden, darf als widerlegt angesehen werden, wenn auch vom Jura und oberen Schwarzwald die kleinen Flüsse noch Sinkstoffe einführen. Das ganze Rheinthal von Hüningen bis Mainz ist diluviales Gebilde, ist mit Kies aufgefüllt; die lebendige Kraft des Wassers hebt ihn besonders im Oberlaufe aus dem Strombett und den Altwassern aus, trägt ihn fort und zerreibt ihn je nach dem Gefälle, der Wassermenge und dem zurückgelegten Wege.

Die Beschaffenheit der Kiesel, wie ihre Gröfse, geben einen ungefähren Anhalt zur Beurteilung ihres Herkommens, wie der Länge der im Strome zurückgelegten Strecke. Die Kiesbänke sind aber keine notwendige Erscheinung in einem Strombette, sondern nur die Zeichen seiner Kraftvergeudung, der Beweis, daß eine Regulierung noch nicht versucht oder nicht gelungen ist. Im Wildbett thut der Strom, was er will. Er schlängelt sich von einem Ufer zum anderen, legt sich aber auch einmal auf längere Strecken an dasselbe Ufer an. Er spaltet sich in 2 oder mehrere Rinnen, um sich hie und da wieder zu vereinigen. Er wirft einige Kiesbänke rechts oder einige links des Thalweges auf, während er sie sonst abwechselnd rechts und links hinlegt.

Zwischen Km. 127 bei Strafsburg und Km. 184 bei Lauterburg betrug die Zahl der Kiesbänke:

1891 = 58,	wovon links des Thalweges	29
	"      rechts      "      "	29
1894 = 53,	"      links      "      "	26
	"      rechts      "      "	27 lagen.

Die horizontalen Abstände ihrer höchsten Punkte schwankten zwischen 640 und 1400 m; im Mittel betragen dieselben 1891 = 980 m und 1894 = 1075 m. Das Stromgefälle hat Einfluß auf die Höhenlage der Kiesbänke. Die Scheitel derselben lagen im März 1895 in max. 2,40 m über Niederwasser in Km. 136,800, und in min. 1,40 m in Km. 173,330. Ihre Zahl vermindert sich in trockenen Jahren; in wasserreichen Jahren sind sie zahlreicher, aber ihre Länge ist geringer. Eine gewisse Regelmäßigkeit zeigen fast alle Kiesbänke, nämlich: die gleichen Neigungswinkel, die oberstrom 5—9°, an der dem Angriff des Wassers nicht ausgesetzten, also der in der sekundären Rinne liegenden Seite, 4—7°, ferner etwa 45—60° an der im Abbruch liegenden Seite und etwa 25° an dem unterstrom gelegenen Abfall betragen. Diese Ähnlichkeit erklärt sich durch die Gleichartigkeit des Geschiebes, aus dem die Kiesbänke bestehen, sowie aus der Übereinstimmung der für ihre Ablagerung oder ihre Bewegung erforderlichen Wassergeschwindigkeiten und der Winkel, unter denen ihre Stofs- bzw. ihre Schubkraft zur Wirkung kommt.

Der Angriff des Wassers gegen die Kiesbank geschieht in der Richtung des Thalweges am Kopfe und an einer Längsseite, wenn nur eine Hauptrinne und keine oder nur eine kleine und flache Nebenrinne vorhanden ist; an beiden Längsseiten, wenn der Strom in ähnlich große Teile gespalten ist. Die Kiesbank wird im und unter dem

Wasserspiegel angebrochen — sie wird nutz —, die gelockerten oder von den über Wasser liegenden Schichten der Kiesbank herabfallenden Kiesel und Sandkörner werden am Ende der Bank im ruhigeren Wasser wieder abgelagert. Dadurch erklärt sich das Fortschreiten (Wandern) der Kiesbänke, sowie die im Grundrisse spitz auslaufende, oft schwalbenschwanzförmige Gestaltung ihres unteren Teiles. Die Kiesbank bildet sich natürlich und schreitet in natürlicher, aber weder für die Stromprofilgestaltung notwendiger, noch in gesetzmäßiger Weise fort; sie ist das Zeichen einer Verwilderung des Stromes, sie hat keine Daseinsberechtigung und wird aus dem regulierten Strome in den Tiefen seiner Sohle verschwinden, diese erhöhend und ausgleichend.

### c. Die Nebenrinnen.

Die Nebenrinnen sind, wie schon auf S. 10 ausgeführt, die größte Gefahr für die allezeit sichere Schiffbarkeit des Stromes.<sup>9)</sup> Das Wasser, welches sie aufnehmen, seine Masse und Schubkraft geht der Hauptrinne verloren; der darin verbleibende Teil kann die Geschiebe nicht mehr über den Rücken zwischen den beiden nächstliegenden Kiesbänken hinwegtreiben; sobald der Rhein zu fallen beginnt, bleibt das Geschiebe liegen und es bildet sich daselbst eine Untiefe (Schwelle, Barre), über die die Schiffe nicht hinwegkommen, ohne ihren Tiefgang zu ermäßigen, zu leichtern, während sie auf anderen Strecken, in denen keine Nebenrinnen liegen, mit 20 bis 150 cm größerer Eintauchung fahren können.

Die Nebenrinne läuft meist parallel mit dem anliegenden Ufer; sie hat deshalb bei regelmässiger Ausbildung der Sohle ein größeres relatives Gefälle und ihr Wasser größere Geschwindigkeit als das des serpentinierenden Hauptstromes, führt daher im Verhältnis zu ihrer Profilfläche mehr Wasser ab, als im Thalweg fließt, wenn ihre obere Mündung dazu zweckmäßige Form und Lage hat. Wegen der größeren Geschwindigkeit in den Nebenrinnen ist das anliegende Ufer auch größerer Gefahr der Abspülung ausgesetzt, als dasjenige, an dem der Thalweg hinstreicht.

Zur Verbesserung des Fahrwassers des Rheines ist es unbedingt erforderlich: Jede Nebenrinne zu schließsen, um die Strömung im Thalweg zu verstärken, die Sinkstoffe dadurch leichter über die anliegende Schwelle zu treiben und diese zu vertiefen, damit die Schiffe nicht darauf aufsitzen.

Wie dies ausgeführt wird, ist aus Abteilung III, Abschnitt 2 u. 4 zu ersehen.

Die Nebenrinne wird mitunter so breit und tief ausgespült, daß die Schifffahrt sie bei bequemer Richtung trotz der darin vorhandenen stärkeren Strömung aufsucht. Dann liegt aber die Wahrscheinlichkeit eines Durchbruches des Thalweges in die Nebenrinne vor, sobald steigendes Wasser eintritt und es bleibt nur zu erwägen, ob der alte Thalweg oder die Linie seines in Aussicht stehenden Durchbruches den günstigeren Schifffahrtsweg bietet, um diesen abzuwarten, oder sofort mit der Verbauung der Nebenrinne vorzugehen.

### d. Der Kolk.

Wenn die Strömung eines Flusses stehendes oder weniger bewegtes Wasser antrifft, so reißt sie es mit sich fort, soweit ihre lebendige Kraft dazu ausreicht oder giebt einen Teil der letzteren ab und erzeugt in jenem je nach der örtlichen Lage und den vorhandenen Widerständen Kehrwasser und Wirbel. Kein technischer mir bekannter

<sup>9)</sup> Siehe Defontaine. Ann. des ponts et chaussées 1838, S. 5.

Schriftsteller giebt darüber eine bessere Darstellung als unser Altmeister Hagen.<sup>10)</sup> Im Rheine teilen die Strömungen im Thalwege und in der Nebenrinne, die unterhalb einer Kiesbank in mehr oder weniger spitzem Winkel zusammentreffen, dem zwischen ihnen und dem Ufer oder dem allein zwischen ihnen eingeschlossenen sogenannten stillen oder toten Wasser ihre Bewegungen verschiedener Gröfse und Richtung mit.

Es ist dies auf dem Wasserspiegel gut sichtbar. Die Stärke beider Bewegungen muß infolge der Reibung nach der Stromsohle zu abnehmen. Die größte Kraft (meist die Thalwegsströmung) wird sich endgiltig dem toten Wasser übertragen und damit die Richtung seiner Bewegung bestimmen. Dieselbe kann, so lange totes Wasser vorhanden ist, nur eine drehende sein. Die Drehung erfolgt um eine ideelle senkrechte Axe. Beweis dafür ist, daß bei einer vom Lote abweichenden Axe die kreisenden Wasser- ringe sich an einer Seite über den Spiegel des Stromes heben, an der anderen senken müßten.

Es ist aber eine trichterförmige Einsenkung des Wassers nur nach der Mitte des Wirbels zu festzustellen.

Wie die Geschwindigkeit des fließenden Wassers nach der Sohle zu abnimmt, so muß sich der Durchmesser des an der Oberfläche kreisförmig wirbelnden Wassers nach unten verringern, es muß sich in konisch spiraler Form drehen. Bei dieser Form nimmt die Schnelligkeit der Drehung nach unten aber nicht ab, sondern zu, weil der zurückzulegende Weg immer kleiner wird. Sobald das sich schnell drehende Wasser die Stromsohle erreicht, wirbelt es den im Rheine ganz ohne Bindematerial sehr locker liegenden Sand und Kies auf und wühlt einen Kolk aus, bis ihm die Reibung an der ausgehöhlten Kesselwand einen seiner Stärke gleichen Widerstand bietet.

Die Tiefe dieser Kolke reicht bei Niederwasser bis zu 12 m. Vor der Rheinkorrektion sollen sich Kolke bis zu 25 m Tiefe vorgefunden haben.

Auch die Köpfe des Parallelwerkes an abzweigenden Altrheinen, im Wasser lagernde Wurzelstücke, Bäume, gesunkene Nachen u. s. w. verursachen Stauung und Wirbel, die die Sohle angreifen.

Ein Kolk in einem Strombett ist kein Beweis zweckmäßiger Profilgestaltung und Ordnung. In angemessener Entfernung vom Ufer schadet er nicht; er verschwindet mit den Veränderungen der Nebenrinne, des Thalweges und der Kiesbänke, mit deren Geschiebe ihn das Wasser zufüllt.

Liegt er aber in der Nähe oder gar am Fusse des Ufers, so bedroht er die Festigkeit desselben durch Unterspülung und verursacht Rutschungen, deren Wiederherstellung kostspielig ist.

Kleinen Fischernachen kann die rotierende Bewegung des Kolkes gefährlich werden; die mittels Dampf bewegten Rheinschiffe brauchen ihn nicht zu fürchten.

Im regulierten Strome muß der Kolk verschwinden, da alle Wasserfäden nur in gleicher Richtung stromabwärts laufen dürfen und die Ursachen zur Bildung von Kehr- wasser, Wirbeln und Kolken für immer beseitigt werden müssen.

#### e. Das Längenprofil im Thalwege des Rheines.

Das Längenprofil im Thalwege des Rheines oder die Axe des Thalweges heißt nach dem Staatsvertrage vom 5. April 1840 zwischen Frankreich und Baden diejenige Linie seines Laufes, deren Horizontalprojektion „durch die ununterbrochene Reihe der

<sup>10)</sup> Hagen. Handbuch der Wasserbaukunst, Teil II, S. 372—375.

tiefsten Sondierungen“ bestimmt wird. Diese Horizontalprojektion ist veränderlich; sie zeigt bei Niederwasser scharfe Kurven bis herunter zu 300 m Radius, solche von größerem Halbmesser bei Mittelwasser und kann, bei Hochwasser sich streckend, viel größere Radien haben, als die Axe der Stromrinne zwischen den Parallelwerken.

Die Vertikalprojektion oben genannter Punkte bildet immer eine unregelmäßige Kurve oder, ausgeglichen, eine wellenförmige Linie mit sanft aufsteigendem und abfallendem Rücken, dem ein steiler Absturz nach der Tiefe folgt. Die Beweglichkeit der Geschiebe, aus denen die Stromsohle besteht, ist die Ursache, daß sich zwei bei verschiedenen Pegelständen und Tagen aufgenommene Längenprofile nie vollkommen gleichen werden. Es giebt keinen festen Punkt auf der Rheinsohle, da dieselbe stetem Wechsel unterworfen ist.

Dennoch ist die genannte Linie durch das oben bezeichnete Übereinkommen als Hoheitsgrenze zwischen Frankreich und Baden festgesetzt worden; als solche ist sie politisch und außerdem, wie wir weiter sehen werden, auch technisch interessant.

Die tiefsten Punkte des Längenprofils im Thalwege liegen bis gegen 10 m, die Untiefen (Schwellen, Übergänge, Barren) etwa 60 cm unter dem absolut kleinsten Niederwasser. Tiefen und Untiefen sind die Folgen des ewigen Kampfes zwischen der wechselnden Schubkraft des Stromes und dem Widerstande der Geschiebe. Die Untiefen bestimmen das Sohlengefälle des Rheines, wie die Drempele der Schleusen dasjenige eines Kanales. Danach ist das Sohlengefälle des Rheines ideell staffelförmig ausgebildet; wie es in Wirklichkeit an einem bestimmten Tage war, ist aus nachstehender Tabelle No. II ersichtlich.

Tabelle II. Sohlengefälle des Rheines

im Thalwege zwischen Straßburg und Lauterburg nach einer Peilung und nach den Nullpunkten der Pegel am linken Rheinufer.

Lfd. No.	Lage des höchsten Punktes der Schwelle in km	Absolute Höhe der Schwellen über N. N.	Absolutes Gefälle von Schwelle zu Schwelle	Entfernung der Schwellen m	Dazwischen wirklich gefundenes relatives Gefälle	Sohlengefälle nach den Pegelnullpunkten	Bemerkungen.			
1	124,850	132,80	1,66	2850	0,000582	0,000776	Die unter dem Durchschnitt zurückbleibenden Gefälle sind mit † versehen 1) Sturzgefälle 2) starkes Gefälle 3) Sturzgefälle 4) starkes Gefälle 5) größtes, aber nicht ganz wahrscheinliches Sturzgefälle an der Grenze zweier Aufsichtsbezirke 6) starkes Gefälle			
2	126,450	130,25						2,55	1600	} 0,000583
3	127,700	131,14						-0,89	1250	
4	128,450	130,14	1,00	750	0,001333 <sup>1)</sup>					
5	129,850	129,88	0,26	1400	0,000185†					
6	130,500	129,42	0,46	650	0,000707 <sup>2)</sup>					
7	131,550	128,94	0,48	1050	0,000457†					
8	132,350	127,95	0,99	800	0,001237 <sup>3)</sup>					
9	133,250	127,14	0,81	900	0,000900 <sup>4)</sup>					
10	134,375	126,68	0,46	1125	0,000409†					
11	135,550	125,75	0,87	2100	0,000414†	} 0,000574				
12	136,475	125,81					0,93	1175		
13	137,825	125,21	-0,06	925	0,000444†	} 0,000567				
14	138,450	124,03	0,60	1350	0,000444†					
15	139,775	123,58	1,18	625	0,001888 <sup>5)</sup>	} 0,000567				
16	140,650	123,00	0,45	1325	0,000339†					
17	141,750	122,93	0,58	875	0,000663 <sup>6)</sup>	} 0,000567				
18	142,750	122,06	0,07	1100	0,000636					
19	143,625	122,20	0,73	1875	0,000389†					
			-0,14	875						
				Übertrag	0,010583	0,002500				

Lfd. No.	Lage des höchsten Punktes der Schwelle in km	Absolute Höhe der Schwellen über N. N.	Absolutes Gefälle von Schwelle zu Schwelle	Entfernung der Schwellen m	Dazwischen wirklich gefundenes relatives Gefälle	Sohlengefälle nach den Pegelnullpunkten	Bemerkungen.
				Übertrag	0,010583	0,002500	
19	143,625	122,20	1,20 { 1,40	1925 { 850	0,000623	0,000552	7) größtes Sturzgefälle
20	144,475	120,80					
21	145,550	121,00	0,80 { 1,20	2000 { 950	0,000500†		
22	146,500	119,80					
23	147,550	120,20	0,50	1000	0,000509†		
24	148,550	119,70					
25	149,350	119,30	0,70	1375	0,000387†		
26	150,725	118,60					
27	151,475	117,50	0,30	1100	0,000053†		
28	152,250	117,20					
29	153,350	116,50	0,10 { 0,30	{ 1300	0,000425†		
30	153,925	116,20				{ -0,20	1175
31	155,225	116,40	0,50	1375	0,000772 <sup>8)</sup>		
32	156,400	115,90				0,90	1425
33	157,775	115,00	1,10	1175	0,000181†		
34	159,200	113,90				0,30	550
35	160,375	113,60	0,10	1800 { 975	0,000529		
36	160,925	113,50				1,30 { 1,50	{ 825
37	161,900	112,00	{ -0,20	975	0,000444†		
38	162,725	112,20	0,10			875	0,000313†
39	163,700	112,10		1,00	900		
40	164,575	111,10	0,40			1275	0,000000†
41	165,475	110,70		0,40	750		
42	166,750	110,30	1,00			1950 { 900	0,000482
43	167,500	109,30		0,00 { 0,40	{ 925		
44	168,300	108,90	{ -0,40			900	0,000875 <sup>12)</sup>
45	169,225	109,30	0,70 { 1,00	1950 { 900	0,000390†		
46	170,125	108,30				{ -0,30	1050
47	171,175	108,60	0,50	900	0,000100†		
48	172,075	108,10				0,70	800
49	172,875	107,40	0,40	1025	0,000300†		
50	173,900	107,00				0,00	1125
51	175,025	107,00	0,90	900	0,000324†		
52	175,925	106,10				0,20	825
53	176,750	105,90	0,30	1000	0,000413†		
54	177,750	105,60				0,60	950
55	178,700	105,00	0,30	925	0,000266†		
56	179,625	104,70				0,10	975
57	180,600	104,60	0,30	725	0,000294		
58	181,325	104,30				0,70	950
59	182,275	103,60	0,50 { 0,90	1875 { 900	0,005870		
60	183,175	102,70				{ -0,40	{ 975
61	184,150	103,10					
				Sa.	0,027294	0,005870	
					0,027294	0,005870	
					50	11	
			Durchschnittszahlen:		0,0005458	0,0005336	

Der aus der Tabelle ersichtliche Wechsel zwischen Sturzgefällen, starken und schwachen Gefällen und wagrechten Strecken (Woog) ist zwar allen nicht regulierten Wasserläufen eigen, verursacht aber im Rheine wegen des seinem Geschiebe mangelnden Bindestoffes (Kalk, Gyps, Eisenoxydul) schnellere und größere Veränderungen des Bettes als in anderen Flüssen.

Es hängt von den unberechenbaren Wechselwirkungen der Stromkraft, ihren Angriffswinkeln, der Form des Stromschlauches und dem Widerstande der Geschiebe ab.

Die Kraft des Wassers treibt das Geschiebe den sanft ansteigenden Rücken der Schwelle hinauf bis zu ihrem Scheitel, was um so schwerer wird, je breiter die vorhergegangenen Hochwasser die Schwelle gestreckt haben; je niedriger infolge der Teilung des Stromes in Hauptrinne, Nebenrinne oder Altrhein die sie überströmende Wasserschicht ist. Vom Scheitel der Schwelle an rollt das Geschiebe über den abfallenden Teil des Rückens der Schwelle rascher fort und fällt, in dem ruhigen Wasser der Tiefe angelangt, sofort zu Boden. So verändert die Schwelle, zu Thal fortschreitend, ihre Lage, sie wächst unterstrom und nimmt oberstrom ab.

Steigt das Wasser, so reißt es gröfsere Mengen von Sinkstoffen mit sich fort; die Höhenlage der Schwelle wächst.

Fällt das Wasser, so kommt ein Teil der vorher bewegten Geschiebe zur Ruhe, die Höhe der Schwelle vermindert sich, weil sich die dem Thalweg folgenden Wassermassen in ein engeres Profil zurückziehen, in dem die Strömung den Kies kräftiger fortreibt und die Sohle vertieft. Das Mafs der Zu- und Abnahme der Höhenlage der Schwellen ist indessen infolge der vorher bezeichneten Ursachen ein anderes, als das der Zu- oder Abnahme der Pegelstände und wechselt von Schwelle zu Schwelle, sodafs einzelne Schwellen im Längenprofil über, andere unter dem durch die beiden nächstliegenden Pegel bestimmten mittleren Gefälle liegen.

Beim Durchbruch des Thalweges aus der Hauptrinne in die Nebenrinne, oder umgekehrt, wechseln die Schwellen ihre Lage und vermehren sich. Ihre Zahl vermindert sich, wenn die Anzahl der Kiesbänke zurückgeht, in gleichem Mafse.

Da die Bewegung der Sinkstoffe von der Schubkraft des Stromes und diese zumeist von dem Gefälle desselben abhängt, welches in der Nähe Strafsburgs mit 0,000066 gröfser als mit 0,000044 bei Lauterburg ist, so läfst sich im allgemeinen wohl sagen, dafs die Schwellenerhebung dem Gefälle proportional ist. Zwischen den Pegelständen 2,55 und 3,55 Strafsburger Pegel beträgt sie nach Untersuchungen früherer Zeit bei Strafsburg 0,46 m, bei Lauterburg 0,29 m. Eine Berechnung der Schubkraft ist nicht zulässig, weil veränderliche Gröfsen, wie die Profilform, die Einheit oder Spaltung des Strombettes und der Winkel, den der Thalweg mit dem Ufer macht, aufser dem Gefälle Einflufs auf die wechselnde Höhenlage der Schwelle haben. Es geht aus dem Gesagten nur hervor, dafs die Fahrwassertiefe sich nicht in gleichem, sondern in einem um die Höhe der über die Schwellen wandernden Sinkstoffe geringeren, nach den lokalen Verhältnissen der Teilung und Richtung der Stromkraft verschiedenen, Mafse bei wachsendem Strome vermehrt.

Deshalb ist es die Aufgabe der Regulierung, das Wandern der Geschiebe zu verhindern, eine feste Sohle, ein unveränderliches Profil, einen unverschieblichen Thalweg, ein dauerndes Gefälle zu schaffen. Hat man einmal solche zuverlässige Faktoren, so kann man sie in die Rechnung einführen und sichere Resultate gewinnen.

Der Schifffahrt entspringt aus der Regulierung der sehr hoch anzuschlagende Vorteil, auf fester Stromsohle wachsendes Wasser in vollem Mafse ausnutzen zu können. Denn ein Rheinschiff mufs zur Bewegung über die Schwelle mindestens 0,20 m, zu flotterem Gang mindestens 0,30 m Wasser unter dem Kiel haben, seine Ladefähigkeit nimmt dementsprechend ab. Aus der unregelmäßigen Höhe einzelner Schwellen infolge verlangsamter Wanderung des Kieses entsteht aber eine weitere Abnahme des Tiefganges der Schiffe, wie aus der nachstehenden Tabelle hervorgeht.

Tabelle III. Abnahme des Tiefganges der Schiffe entsprechend der unregelmäßigen Höhe der Schwellen.

Wasserstand an Schleuse 88 des Ill-Rhein-Kanals	Eigentlich dazu gehörige normale Fahrtiefe der Schiffe	Kleinste Fahrtiefen über den Schwellen bei den unter No. 1 verzeichneten Pegelständen.	Derzeitige Tauchtiefe der Schiffe bei den	Bemerkungen.
1.	2.	3.	4.	5.
1,20	0,90	0,80	0,50	Der Strafsburger Pegel (St. P.) liegt entsprechend dem relativen Gefälle 0,616 m über dem Pegel der Rheinschleuse (P. R. S.).
1,40	1,10	0,95	0,65	
1,60	1,30	1,20	0,90—1,00	Nach der Lage der Kiesbänke und des Thalweges wechselt das Wasserspiegelgefälle zwischen St. P. und P. R. S. aber we-entlich. Im Jahre 1894 zwischen 0,15 und 0,65 m; 1895 zwischen 0,14 und 0,70 m.
1,80	1,50	1,40	1,10—1,20	
2,00	1,70	1,50	1,20—1,30	
2,20	1,90	1,60	1,30—1,40	
2,40	2,10	1,70	1,40—1,50	
2,60	2,30	1,80	1,50—1,60	
2,80	2,50	1,90	1,60—1,70	
3,00	2,70	2,20	1,70—2,00	
3,50	3,20	2,50	2,00—2,20	

Ist die Wassertiefe unter dem Kiel auf der Schwelle geringer als 20 cm, so wird die Fahrt des Schiffes mühselig und gefährlich, seine Steuerfähigkeit nimmt ab und hört mitunter sogar ganz auf.

Für die Schifffahrt gute Schwellen sind die tiefliegenden; die hochliegenden dagegen bieten dem Übergange der Kähne Schwierigkeiten und bringen mitunter Gefahr, wenn dieselben auflaufen und dann festsitzen.

Bei langsam fallendem Wasser senken sich die Rücken der Schwellen fast alle gleichmäßig und genügend tief; bei rasch wechselndem Fallen und Steigen des Rheines wird die Höhenlage der Schwellen eine ganz ungleichmäßige; es mehrt sich die Zahl der hochliegenden Rücken.

Will man dieselben durch Baggerung beseitigen, so muß man mehrere leistungsfähige Dampfbagger anstellen, denn während der Sommerwasserstände läuft man bei langsamem Baggerbetrieb Gefahr, daß die erste gebaggerte Rinne schon wieder verkiest ist, wenn die Baggerung in der dritten Rinne beginnt.

Da bei Wassertiefen von 1,80 bis 2 m P. R. S. und einem Tiefgang von 1,20 bis 1,30 m der Kähne die Rheinschifffahrt aufhört, gewinnbringend zu sein, so muß zur Verbesserung der Schifffahrt die Kiesbewegung auf der Stromsohle verhindert werden. Dadurch wird eine gleichmäßige und geringere Höhenlage der Schwellen erreicht, die allen Fahrzeugen zu Gute kommt. Außerdem wird die Zahl der Schifffahrtstage um die Zahl derjenigen Tage vermehrt, an denen der Pegel der Rheinschleuse bei Strafsburg zwischen 1,60 und 2 m zeigt. Es war dies der Fall:

1891 an 70 Tagen	} im Mittel der 4 Jahre an 68 Tagen.
1892 " 64 "	
1893 " 98 "	
1894 " 41 "	

Selten werden indessen so ungünstige Schifffahrtstage wie 1893 wiederkehren. Es lagen im Monat

Mai	1894	13	Schwellen	0,55 m	} höher als der Unterdrempel der Rheinschleuse bei Strafsburg.
Juni	"	10	"	0,36 "	
Juli	"	19	"	0,46 "	
August	"	8	"	0,46 "	
September	"	8	"	0,56 "	
Oktober	"	7	"	0,22 "	
November	"	3	"	0,40 "	

Bei der Regulierung müssen die Schwellen an den Übergangsstellen des Stromes von einem zum anderen Ufer verkürzt und senkrecht zur Stromachse gelegt werden, bezw. verschwinden.

#### f. Das Längenprofil über die Kiesbänke.

Außer dem Längenprofil im Thalwege des Rheines ist eine zweite Linie über die Sättel der Kiesbänke und Schwellen hinweg von hohem technischen Interesse.

Es ist die Linie, welche bei gutem Mittelwasser oder Hochwasser durch die ununterbrochene Reihe der kleinsten Sondierungen bestimmt wird.

Ihre Horizontalprojektion zeigt ähnlich schlängelnde Formen wie der Thalweg. Ihre Vertikalprojektion giebt die Höhenlage der Kiesbänke, die Böschungswinkel des Geschiebes am Kopfe der Kiesbank, d. h. unter dem Stromstrich und unterhalb der Kiesbank im ruhigen Wasser an. Schnell wachsendes Hochwasser schiebt den Kies hoch bis über den mittleren Sommerwasserstand hinauf, die Kiesbänke werden dabei kürzer, ihre Anzahl nimmt aber zu; langsam anschwellendes und ebenso verlaufendes Hochwasser streckt sie lang und flacht ihre Rücken ab; es „verschleift“ sie; ihre Zahl wird geringer. Die Vertikalprojektion zeigt ferner die Länge des bei Niederwasser benetzten Rückens der Schwelle. Derselbe steigt bei jedem Anwachsen, weil dem letzteren die im Bette wandernden Kiesmassen direkt proportional sind. Bei fallenden Pegelständen kommt ein zu der Abnahme des Wassers in noch unbestimmtem Verhältnis stehender Teil der Sinkstoffe zur Ruhe, die Menge des über die Schwelle wandernden Kieses nimmt sofort ab, die Widerstände der Kiesbank wachsen, die bei Hochwasser schlanke Thalweglinie beginnt zu serpentinieren, die Schwelle wird in der Mitte ausgefressen, daselbst mehr vertieft, als sie es an ihrem oberen und unteren Anschluß an die nächstgelegenen Kiesbänke ist.

Je länger und flacher der Rücken der Schwelle zwischen den beiden nächstliegenden Kiesbänken sich reckt, desto geringer ist die Höhe des über ihm strömenden Wassers bei normaler, dem allgemeinen Stromgefälle angepaßter Höhenlage. Ragt die Schwelle aber über diese hinaus, staut sie also aufwärts, vergrößert das Gefälle nach unten, so vermindert sie die Geschwindigkeit des Wassers oberhalb, um sie unterhalb entsprechend zu vergrößern. Dann bietet sie wegen ihrer hohen Lage, wegen der über ihr stehenden geringen Wassertiefe, sowie der scharfen Strömung über ihrem thalseitigen Abfalle der Schiffahrt bei niedrigen Wasserständen die größten Hindernisse und es ist deshalb 1893 und 1894 der Versuch gemacht worden, solche Schwellen durch Baggerung einer 25 bis 50 m breiten Rinne zu vertiefen. Dieser Versuch ist gelungen, der Erfolg war aber bei der steten Wanderung der Geschiebe auf der Sohle des Rheines nie von langer Dauer; er muß je nach der Zahl und Stärke der Anschwellungen des Stromes von einer zur anderen Schwellung wiederholt werden und verursacht bei jeder Wiederholung beträchtliche Kosten, die 1895/96 = 71800 M. betragen.

Die geringste Wassertiefe über den Schwellen wurde bei 1,02 St. P. am 5. März 1895 mit 0,60 m in Km. 169,2 gefunden. Vor der Korrektion des Rheines, als die Leinpfade an beiden Ufern noch nicht durchweg ausgebaut waren und der Leinzug von einem Ufer zum anderen wechselte, waren diese Wassertiefen noch geringer, damals nahmen die Pferde den Weg durch den Strom über manche Schwellen, die davon den Namen „Geritte“ trugen. Seit der Korrektion des Oberrheines sind diese von Pferden passierbaren Übergänge durch die Einengung seines Bettes verschwunden.

#### g. Das Längenprofil durch die Nebenrinne. Querströmungen und Widerströme.

Ein dritter ebenfalls nur technisch interessanter Schnitt durch den Bau des Rheinbettes ist das Längenprofil durch die sekundäre Rinne, wo eine solche vorhanden ist, die Kiesbank also nicht ganz am elsässischen oder badischen Ufer anliegt. Die Nebenrinne beginnt oberhalb einer Schwelle und vereinigt sich unterhalb derselben oder der nächsten wieder mit dem Thalweg. Sie hat meist geringere Tiefen als die Hauptrinne; doch kommen auch ausnahmsweise Fälle vor, in denen sie den Dampfem tieferes Wasser als der Thalweg bei genügender Breite bietet und der Weg durch sie der günstigen Richtung wegen trotz größserer Strömung von der Schiffahrt bevorzugt wird.

Diese Ausnahmen lassen sich durch die schwierige Überfahrt der Schiffe über die oberhalb liegende Schwelle, die eine Folge der Spaltung der Wassermassen des Stromes in 2 ziemlich gleiche Teile ist, erklären.

Ist der Schlauch der Nebenrinne an ihrem unteren Teile verengt, liegt seine Sohle daselbst hoch, so ist die Durchflußmenge gering. Dann steigt der Wasserspiegel in der Rinne bis gegen 25 cm höher als in der Hauptrinne und es entstehen Querströmungen aus dem kleinen in den großen Stromschlauch, die bei wachsendem Wasser oft bis zur Zerreißung einer Kiesbank in mehrere Teile führen.

Die Querrinnen stehen meist steil und bis zu 90° zur Stromachse. Auch rückläufige Bewegungen (Widerströme) kommen bei sinkendem Wasser vor.<sup>11)</sup>

Erweitert sich die Nebenrinne in ihrer ganzen Länge zu ähnlicher Größe wie die Hauptrinne und hat sie keine Untiefen, so ist der baldige Übergang des Thalweges aus der Hauptrinne in die Nebenrinne wahrscheinlich. Die Durchflußmenge in der Hauptrinne nimmt ab, ihre lebendige Kraft genügt nicht mehr, um alle Sinkstoffe über den Scheitel der Schwelle wegzutreiben, diese erhöht sich und der Strom wendet sich mehr und mehr nach dem früheren Nebenbett, bis er sich dasselbe zum Thalweg erweitert hat.

#### h. Die Längenschnitte durch die Korrektionswerke.

Die Höhenlage der Korrektionswerke ist rechts- und linksrheinisch nicht überall die gleiche. Während ihre Krone früher über die gewöhnlichen Sommerhochwasser gelegt wurde, wird jetzt darauf hingearbeitet, sie bis auf diese Höhe, d. i. die des bordvollen Flusses bei etwa 4 m St. P. abzutragen. Eine Ausnahme davon machen nur die hochliegenden Uferwerke, die als Fahrstraßen dienen und auch bei Hochwasser als solche erhalten bleiben sollen.

<sup>11)</sup> Eine solche machte im September 1895 die Verankerung zweier Brückenschiffe der Kehler Rheinbrücke zu Thal, anstatt wie gewöhnlich zu Berg, notwendig, woraus auf die Kraft der umgekehrten Strömung zu schließen ist.

Ist nun die Höhenlage der Korrektionswerke für das Hochwasser von wesentlichem Einflufs, weil hohe Werke dasselbe einzwängen, einspannen, die Geschwindigkeit der Strömung und damit die Kiesbewegung vermehren, niedrige Uferbauten dagegen dem Hochwasser den Eintritt in das Hinterland gestatten und die Aufschlickung desselben fördern, so haben für die Mittelwasser die Lücken der Korrektionswerke als Abzweigungen der Altwasser große Bedeutung. Sie sind heute nicht mehr sehr zahlreich; im ganzen hat das elsässische Korrektionswerk zwischen Basel und Lauterburg noch 826 m Öffnungen, d. s. 0,45% seiner Länge. Wo aber eine Abzweigung vom Hauptstrom vorhanden ist, da wird die lebendige Kraft desselben geschwächt; je mehr Wasser also in den Altrhein einzieht, desto kleiner ist die Durchflusmenge im Hauptbette, desto geringer die Geschwindigkeit und die Fortbewegung der Geschiebe in demselben bis zur Wiedervereinigung der getrennten Wassermassen. In Strecken mit verminderten Durchflusmengen ist die Erhöhung der Stromsohle mindestens von einem Hochwasser bis zu dem folgenden wahrscheinlich.

Deshalb ist die Verlandung der Altwasser und die Verbauung ihrer verbliebenen Öffnungen im Korrektionswerke oder entsprechende Einschränkung der Querprofile im Hauptarme dort, wo ein Nebenarm erhalten werden soll, eine wesentliche Aufgabe der Rheinregulierung, die bei Mittel- und Niederwasser zur Förderung der Schifffahrt den ganzen Strom in einer Rinne zusammenfassen und verhüten muß, daß Geschiebe aus den Altrheinen wieder in das Hauptbett hinaus getragen werden.

### i. Das Wasserspiegelgefälle.

Das Wasserspiegelgefälle des Rheines wird nicht allein durch die wechselnde Wassermenge, die Höhenlage der Schwellen im Thalwege, sondern auch durch die Richtung des Thalweges und die Form der Querprofile des Stromschlauches, durch ihre Erweiterungen und Verengungen bestimmt.

Bei Niederwasser machen sich diese Einflüsse am meisten geltend, bei Mittelwasser verschwinden sie mehr und mehr und sind bei Hochwasser, wo andere Erscheinungen stärker hervortreten, kaum noch bemerklich.

Das Steigen und Fallen des Wasserspiegels wird unter gewöhnlichen Verhältnissen dreimal am Tage, bei raschen Anschwellungen des Stromes dagegen stündlich beobachtet. Zwischen Strafsburg und Lauterburg liegen auf 57 km Entfernung 11 Pegelstationen, sodafs jede Veränderung des Wasserstandes durch den Wechsel der Zuflüsse oder der weniger veränderlichen Grundwasserströmungen zur Ablesung gelangt.

Wie verschieden aber die Pegelstände nicht nur durch die Ab- oder Zunahme der Nebenflüsse, sondern durch die Veränderungen auf der Stromsohle, durch die Wanderung des Kieses ist, sei an einigen Beispielen gezeigt.

Zunächst sei hervorgehoben, daß der Höhenunterschied des Wasserspiegels in einem und demselben Querprofil in der Konkaven, infolge der Centrifugalgeschwindigkeit des strömenden Wassers, bis zu 15 cm beträgt.

Nach der Lage der Kiesbänke erreicht der Unterschied der Wasserspiegel im Thalweg und in der nebenliegenden sekundären Rinne oft bis zu 50 cm, wodurch sich die Ursache der Querströmungen erklärt.

Der Strafsburger Pegel liegt auf	132,266 m	} über A. P.
der Pegel der Rheinschleuse auf	131,650 m	
der Unterschied beläuft sich auf	0,616 m	

Nach den Ablesungen an den Pegeln wechselte es aber infolge der Veränderung der Lage der Kiesbänke zwischen 0,14 m (Unterschied vom 19. März 1895) und 0,70 m (Ablesung vom 28. März 1895). Daraus folgt: Das Wasserspiegelgefälle hängt nicht allein vom Steigen und Fallen des Wassers, sondern auch von der Lage der Kiesbänke, d. h. den Formen der Querprofile des Stromes und dem Halbmesser der Kurven ab, die der Thalweg macht. Eine Analyse ist nicht möglich, da alle Faktoren der Rechnung veränderlich sind.

#### k. Die Geschwindigkeit des Wassers, die Bewegung der Geschiebe und ihre Mengen.

Im Zustand der Ruhe, beim Eintritt von Niederwasser, beginnen die auf ihrer Wanderung blankgeriebenen Kiesel sich mit einer Haut zu überziehen, soweit die Flut sie bedeckt. Trotz der ganz verschiedenen Färbung der Kiesel von Weiß bis Schwarz bekommt die Stromsohle außerhalb des Thalweges durch die sich darüber anlegenden Sinkstoffe einen gleichmäßigen Ton; eine Decke, der Schlick, sitzt bis zum nächsten Hochwasser darauf fest. Von der dadurch hervorgerufenen Färbung des Rheinwassers haben wir schon vorher gesprochen (s. S. 11).

Im Thalwege und an allen den Stellen, an denen die Kiesel auch bei den kleinsten Pegelständen laufen, die Stosskraft des Wassers zu ihrer Bewegung also noch ausreicht, kann sich dauernd kein Schlick absetzen; die wandernden Kiesel und Sandkörner reiben ihn stets wieder ab.

Der Grad der Rauheit der Stromsohle hängt von der Gröfse der Beschlickung ab. Der Übergang aus dem beschlickten in den blanken Zustand ist auf dem Grunde nirgends scharf abgegrenzt; Kiesel von großem Gewichte oder geringer Angriffsfläche, die das Wasser nicht öfter bewegen konnte, erscheinen beschlickt, während andere sich reingewaschen zeigen.

Die Störung des Zustandes der Ruhe und der Beginn der Bewegung beschlickter Geschiebe erfordert eine gröfsere Geschwindigkeit des Wassers, als die blank gewaschener Geschiebe. Die Ursache hiervon ist die Bindekraft des Schlickes und die feste Lagerung der Kiesel nach längerer Ruhe. Das Wasser schiebt sie ungefähr wie Fischschuppen oder die Schuppen eines Panzers übereinander, ihre Zwischenräume füllen sich mit Sand aus und der Schlick deckt als glattes Bindematerial die Sohle; er vermindert den Rauheitsgrad derselben, sowie die Kraft des Stosfes des Wassers gegen den einzelnen Kiesel. Nimmt die Strömung irgendwo eine seitliche oder rückläufige Richtung an, wie es beim Durchbruch einer Querrinne aus der Nebenrinne in den Thalweg vorkommt, so wird es dem Strome viel leichter, die Kiesel aus ihrer Ruhelage aufzuheben und wegzuführen.

Nachstehend folgen die Resultate von 234 Beobachtungen der Geschwindigkeiten des Wassers und ihrer Einwirkung auf das Wandern der Kiesbänke. Sie sind 1874 im Auftrage der Regierung von dem Ingenieur Suchier vorgenommen worden, der einen von Amsler-Laffon in Schaffhausen gebauten Woltmann'schen Flügel dazu benutzte

##### A. Flufssohle beschlickt.

1. Keine Bewegung der Geschiebe sichtbar; selbst bei äußerer Störung des Gleichgewichts wandern die kleinen Kiesel nicht bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . . . 0,694 m i. d. Sek
2. Keine Bewegung der Geschiebe sichtbar; nach äußerer Störung bewegen sich Kiesel bis zur Erbsengröße bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . . . 0,748 m „

3. Keine Bewegung der Geschiebe; durch äußere Störung bewegen sich Kiesel bis zu Bohnengröße bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 0,897 m i. d. Sek.
4. Keine Bewegung der Geschiebe sichtbar; nach äußerer Störung bewegen sich Geschiebe von Bohnen- bis Haselnußgröße bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 0,923 m „
5. Keine Bewegung der Geschiebe wahrnehmbar; nach äußerer Störung bewegen sich Kiesel von Haselnuß- bis Wallnußgröße bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,062 m „
6. Keine Bewegung der Geschiebe sichtbar; nach äußerer Störung bewegen sich Kiesel von Wallnuß- bis Taubeneigröße bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,123 m „

#### B. Grenze des beschlickten und blank gewaschenen Grundes.

Es bewegen sich die kleinsten Geschiebe ohne äußere Störung bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,180 m i. d. Sek.

#### C. Die Flußsohle ist nicht mehr beschlickt, sondern blank gewaschen.

1. Die schon genannten großen nicht beschlickten Steine liegen vereinzelt umher. Bewegung der Geschiebe von Erbsen- bis Haselnußgröße bei einer Geschwindigkeit des Wassers von . . . 1,247 m „
2. Wahrnehmbares knisterndes Geräusch, bewirkt durch die gegenseitige Reibung der Geschiebe. Die Bewegung ist im allgemeinen noch eine träge bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,300 m „
3. Die Bewegung ist besser. Es laufen Kiesel bis zu Wallnußgröße, durch äußere Störung solche bis zu 250 g Gewicht bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,476 m „
4. Desgl. wie vorher. Große Steine bis zu 1000 g, vom Wasser gerade sehr günstig gefaßt, laufen bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,589 m „

#### D. Beginn der allgemeinen Bewegung der Kiesbänke.

1. Die Flußsohle ist noch immer mit den großen Steinen besät. Die Bewegung der Geschiebe ist jetzt eine gut hörbare und flotte. Sie beschränkt sich im allgemeinen auf Kiesel bis zu Taubeneigröße bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,623 m i. d. Sek.
2. Noch immer liegen die großen Steine, die ein Durchschnittsgewicht von 2000 g haben, auf dem Grunde. Die Bewegung beschränkt sich meistens auf Kiesel bis zu Hühnereigröße; jedoch laufen unter sehr günstigen Umständen schon Kiesel bis zu einem Gewicht von 1500 g bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,717 m „
3. Große Steine von 2500 g sieht man nur vereinzelt auf dem Boden liegen; solche unter 2500 g Gewicht laufen bei einer Wassergeschwindigkeit von . . . 1,800 m „
4. Alles ist in Bewegung; das Geräusch der sich aneinander reibenden Kiesel ist hörbar bei einer größten Geschwindigkeit des Wassers von . . . 2,063 m „

in dem gemessenen Profile.

Die Trübung des Wassers verbietet die Fortsetzung der Beobachtungen. Wir wissen von der weiter wachsenden Bewegung der Geschiebe nur, daß sie bei Hochwasser von der Sohle aufgehoben, im Wasser schwebend über die Tiefbauten an den Abzweigungen der Altrheine und selbst über die überschwemmbareren Korrektionswerke weg in das Vorland des Rheines getragen werden.

Der Frage nach der Geschiebe- und Sinkstoffmenge des Rheines sei eine allgemeine Betrachtung vorausgeschickt.

Bäche, Flüsse und Ströme führen außer dem Wasser Geschiebe und Sinkstoffe mit sich fort. Unter dem Geschiebe verstehen wir alle die Teile, die gewöhnlich auf der Sohle,

unter den Sinkstoffen diejenigen, welche im Wasser schwebend fortbewegt werden. Je größer das Gefälle, desto größer ist das Verhältnis der Mengen der Geschiebe zur Wassermenge und die absolute Größe der einzelnen Stücke; je geringer das Gefälle, desto kleiner wird dieses Verhältnis, desto kleiner werden auch die Geschiebeteile, bis sie alle, zu Atomen zerrieben, als Sinkstoffe im Wasser schwebend treiben.

Die Menge der Geschiebe und Sinkstoffe, die ein Strom führt, kann in verschiedenen Abschnitten desselben nach dem Gefälle, den Erweiterungen des Strombettes, der Größe der natürlichen Becken, die er durchläuft, der Masse des von den Nebenflüssen herbeigebrachten Gerölles und Schlammes sehr wechseln.

Es ist bekannt, daß der Oberlauf des Rheines die Geschiebe, die er aus den Alpen mitbringt, bei Rheineck im Bodensee niederlegt, daß die Rhone das Gleiche im Genfer See bei les Bouverets thut, daß die Reufs ihre Geschiebe im Vierwaldstätter See, die Aare im Briener und Bieler See läßt. Reufs und Aare wären beinahe geschiefefrei, wenn ihnen nicht unterhalb ihres Ausflusses aus den Seen andere Nebenflüsse (ersterer die beiden Emmen, letzterer die Siel durch die Limmat) wieder Geschiebe brächten. Dagegen führen die Thur, die Töfs, die Ergolz, die Birs am linken (schweizer) Ufer und die Wutach, die Alb und die Wiese am rechten (badischen) Ufer außer vielen kleineren hier nicht genannten Bächen ihre Geschiebe bei Hochwasser in den Rhein.<sup>12)</sup> Dazu wäscht der Rhein solche selbst aus seinem Bette unterhalb Hüningen aus, wo dasselbe nicht mehr aus festem Gestein, sondern aus Alluvium besteht.

Der Rhone bringt unterhalb Avignon die Durance noch größere Geschiebemengen zu, als die erstere dortselbst fortbewegt.

Die Qualität des Geschiebes ist überall nach seinem spezifischen Gewicht, seiner Form und der Korngröße wie den Bindemitteln, die die Körner, Plättchen, Würfel oder Vielecke zusammenhalten (sei es Thon, Kalk, Gips, Feldspat, Eisenoxyd, Kieselsäure und Quarz u. s. w.) sehr verschieden.

Das spezifische Gewicht hat wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit der Bewegung. Schiefer läuft besser als Porphyr oder Granit, aber nicht nur, weil er spezifisch leichter ist, sondern auch, weil er mehr blättert und darum seine breiten Flächen der Schubkraft des Wassers eine größere Angriffsfläche bieten. Runde oder eiförmige glatte Gerölle wandern unter geringeren Einflüssen treibender Kraft, als solche mit rauhen Seiten und scharfen Kanten.

Das wird hier angeführt, um die weit voneinander entfernt liegenden, auf den ersten Blick oft unzuverlässig scheinenden Resultate der Untersuchungen der von den Gewässern mitgeführten Geschiebe- und Sinkstoffmengen wie ihrer Geschwindigkeit bei ihrer Wanderung zu erklären.

Wenn z. B. Dubuat, dem kein Woltmann'scher Flügel feinsten Konstruktion zur Verfügung stand, nach Versuchen in hölzernen Kanälen die in Tabelle IV zusammengestellten Angaben über die Bewegung der Geschiebe macht, so halte ich nach meinen Erfahrungen davon nur die unter No. 7 bezeichnete Geschwindigkeit auch im Strome an der Sohle für allgemein zutreffend.<sup>13)</sup>

<sup>12)</sup> Siehe: Der Rhein und seine Zuflüsse, S. 54 u. 55.

<sup>13)</sup> Auch Guillemain sagt a. a. O. S. 489: „Loiresand bewegt sich nicht bei einer Geschwindigkeit des Wassers unter  $0,25 \text{ m}^4$ , läßt aber wie Dubuat fraglich, ob die Geschwindigkeit an der Sohle oder in der Nähe des Wasserspiegels gemessen wurde. Siehe auch Rühlmann. Hydromechanik, S. 392.

Tabelle IV. Bewegung der Geschiebe.

Material.	Geschwindigkeit in der Sekunde
	m
1. Thon . . . . .	0,08
2. Feiner Sand . . . . .	0,16
3. Grober Sand . . . . .	0,20
4. Kies . . . . .	0,30
5. Schotter, 3—4 cm . . . . .	0,60
6. Schotter, 5—7 cm . . . . .	0,95
7. Trümmer, 10—20 cm . . . . .	2,20
8 Trümmer, 1,5—2 cbm . . . . .	5,00

Ich stelle hier weiter eine Anzahl von Angaben über die Schlammführung von Strömen zusammen, ihre Beurteilung dem geehrten Leser überlassend.

Tabelle V. Schlammführung von Strömen.

No.	Name des Stromes	Beobachtungs- stelle. Name des Beobachters	Jahre der Beobachtung	Sinkstoffe pro cbm Wasser	Auf der Sohle bewegte Geschiebe	Summe im Jahre		Volumen- verhältnis der Sink- stoffe zur Wasser- menge	Bemerkungen.
						nach dem Gewicht kg	nach der Masse cbm*		
1	Elbe	Lobositz	?	0,091 kg		5 460 000	3 900 000	1 : 1538	* Mittleres Gewicht von 1 cbm Sink- stoffe 1400 kg.
2	Donau	Wien Breiten- lohner	?	0,114 kg		6 111 676 800	43 654 830	1 : 1228	
3	Mississippi	Carolltown Humphrey und Abbot	1851 1852 1853 1852/53	Sinkstoffe				1 : 1808 1 : 1449	
4	Rhone	Arles Grosse und Subours	1808 1809	Sinkstoffe	Geschiebe		25 000 000	1 : 7000 1 : 2000 1 : 230 1 : 2500	bei Niederwasser „ Mittelwasser „ Hochwasser im Mittel
6	Weichsel	Vor der Ab- zweigung der Nogat Spittel	?	Sinkstoffe				1 : 45	bei Hochwasser
7	Rhein	Holland Hartsoecker	?					1 : 100	bei Hochwasser

Die Geschiebemengen (*depôts*), die die Flüsse jahraus jahrein ins Meer führen, giebt der Generalinspektor Guillemain in Paris 1885 für

die Garonne . . . . .	mit	5 000 000	cbm
die Rhone . . . . .	„	21 000 000	„
den Var ( <i>Alpes Maritimes</i> ) . . . . .	„	11 000 000	„
den Po . . . . .	„	43 000 000	„
die Donau . . . . .	„	60 000 000	„
den Mississippi . . . . .	„	170 000 000	„ an.

Hierin sind also nur Sinkstoffe inbegriffen, weil sich die Gerölle bis zum Unterlauf der Ströme zermahlen.<sup>14)</sup>

Nach Hervé-Mangon beträgt die Menge des von der Durance, einem unterhalb Avignon mündenden Nebenflusse der Rhône, geführten Geschiebes nach Messungen, die bei Merindol (50 km oberhalb Avignon) gemacht wurden, jährlich 11077000 cbm.

Versucht man, mit den angegebenen Verhältniszahlen die Menge der Sinkstoffe des Rheines bei Lauterburg zu bestimmen, ohne auf die Eigenart seines Laufes Rücksicht zu nehmen, so liegt es nahe, mit dem Durchschnitt der oben angeführten einander am nächsten kommenden Werte zu rechnen.

$$\text{Dies wäre } \frac{1538 + 1228 + 1808 + 1449}{4} = \text{rund } 1 : 1500.$$

Aber die Elbe, die Donau und der Mississippi, sowie ihre Nebenflüsse lagern die Sinkstoffe, die sie aus ihrem Quellengebiet erhalten, verhältnismäßig nur zu einem geringeren Teile in den Seen ab, die sie durchlaufen, wie die Rhone und der Rhein, die sie im Genfer See und im Bodensee niederlegen. Es scheint deshalb zutreffender, das für die Rhône ermittelte Verhältnis zwischen Sinkstoffen und Wassermenge auch auf den Rhein zu übertragen, wie es nachstehend geschieht:

Tabelle VI. Gesamtdurchflussmengen des Rheines für verschiedene Wasserstände.

Wasserstand	an	Sekunden- zahl eines Tages	Durchflufs- menge für eine Sekunde cbm	Gesamt- durchflussmenge für den zutreffenden Wasserstand cbm
	Tagen			
N. W.	55	86 400	400	1 900 800 000
M. W.	300	86 400	1000	25 920 000 000
H. W.	10	86 400	4500	3 888 000 000
				Sa. 31 708 800 000

Nimmt man nun das Volumen-Verhältnis der Sinkstoffe zur Wassermenge wie bei der Rhone zu 1 : 2500 an, so beträgt die Menge der durchschnittlich bei Lauterburg abgeführten Sinkstoffe rund 12680000 cbm.

Versucht man weiter, auch die auf dem Boden des Rheines bei Lauterburg sich jahraus, jahrein im Mittel bewegende Geschiebemenge zu ermitteln, so ist zunächst der Umfang des benetzten Querprofiles anzusetzen und zwar:

- bei Niederwasser unter 2,30 m St. P. zu 100 m,
- „ Mittelwasser von 2,30—4 m St. P. zu 220 m,
- „ Hochwasser über 4 m St. P. zu 250 m.

Wird weiter unterstellt, daß nicht auf dem ganzen benetzten Umfange, sondern nur auf einem Teile desselben das Geschiebe läuft und die Höhe der in Bewegung befindlichen Schicht bei Niederwasser, Mittel- und Hochwasser mit der Masse und der Geschwindigkeit der Strömung zunimmt, so werden nach mannigfachen Beobachtungen der Stromsohle die in Tabelle VII angegebenen Werte eingesetzt.

In dieser Menge ist nur das auf der Sohle des Flusses bewegte Geschiebe, nicht das bei Hochwasser außerhalb des gewöhnlichen Stromschlauches laufende Geschiebe berechnet, von dem angenommen wird, daß es dort wieder zur Ruhe gelangt.

<sup>14)</sup> Siehe auch Abt. II, Abschn. 11: Die Sinkstoffmengen der Merwede in Holland, 1800000 cbm im Jahre.

Tabelle VII. Geschiebemenge des Rheines.

Breite der Sohle, auf der Geschiebe läuft	Wasserstand		Höhe der bewegten Geschiebe- schicht mm	Geschiebemenge in einem Jahre cbm
		an Tagen		
70	N. W.	55	0,4	133056
200	M. W.	300	1,6	8294400
250	H. W.	10	8	1728000
				Sa. 10155456

Es ist klar, daß die vorher angegebenen Massen nicht gleichmäßig bis zur Mündung des Rheines weiterlaufen<sup>15)</sup>, sie verändern sich nach dem Gefälle, nach der Gestalt der Querprofile, nach den Tiefen und Untiefen. Die einzelnen Körner und Stücke schleifen sich gegenseitig ab und vermindern dadurch ihre eigene Größe, die Menge der im Wasser schwebenden Teile vermehrend.

Von Hüningen bis Lauterburg auf 184 km schleifen sich Stücke von 15—20 cm Durchmesser zu Eier- und Wallnufsgröße ab; bei Mainz hat das Geschiebe nur noch Bohnengröße.

Die obige Schätzung macht keinen Anspruch auf Genauigkeit, sie soll nur zu entsprechenden Beobachtungen anregen und bezwecken, weiteres Material zur Beantwortung der Frage herbeizuschaffen, ob es möglich ist, durch Baggerung das Fahrwasser des Rheines zu verbessern oder ob es sich mehr empfiehlt, die Geschiebe im Strombette selbst zur Ruhe zu bringen.

Von bekannter Seite ist die Geschiebemasse, die der Rhein zwischen Straßburg und Maxau im Laufe eines Jahres zur Zeit noch bewegt, zu 120000 cbm geschätzt worden. Das ergibt ein Verhältnis zur Durchlaufmenge wie 1:264244, welches nach dem Vorhergesagten viel zu klein scheint.

Auch auf anderem Wege kann nachgewiesen werden, daß diese Schätzung unterwertig ist. In den 5 Jahren 1886 bis einschl. 1890 sind aus dem Rheine durch die Schleuse 88 nach Straßburg und weiter rund 409000 cbm Kies und Sand eingeführt worden, im Durchschnitt eines Jahres 80000 cbm. Dazu treten jährlich durchschnittlich 60000 cbm, die die Reichseisenbahn unterhalb der Kehler Eisenbahnbrücke als Stopfmateriale für ihre Eisenbahnlinien baggert und die Mengen, die am rechten Ufer nach Kehl eingeführt werden.

Diese 3 Posten überschreiten zusammen eine Baggermasse von 150000 cbm jährlich und trotzdem ist nicht zu bemerken, daß die Größe oder Zahl der Kiesbänke unterhalb Straßburg deshalb geringer würde. Thatsache ist nur die immer fortschreitende Vertiefung des Rheinbettes im Oberlaufe, besonders zwischen Hüningen und Neubreisach, der dort die Notwendigkeit fortgesetzter Befestigung besonders des Fußes der Rheinkorrektionswerke, die Senkung des Grundwasserstandes und die Wipfeldürre der Eichen folgt. Ob und welcher Zusammenhang zwischen den Baggerungen und der Sohlenvertiefung besteht, lasse ich dahingestellt.

<sup>15)</sup> Vergleicht man das Niederschlagsgebiet des Rheines mit demjenigen des Mississippi, so hat das letztere eine Oberfläche von 61400 geogr. □Meilen, das des Rheines 4080 geogr. □Meilen. Nach dem Verhältnis der beiden Niederschlagsgebiete (15:1) müßte der Rhein jährlich 11,3 Millionen cbm Sinkstoffe in das Meer führen.

## 1. Das vertragsmäßige Querprofil (Breite des Strombettes).

Nach dem Gedankengange des Vertrages zwischen Frankreich und Baden vom 5. April 1840, Art. 19 sind die Breiten des Rheinstromes von Basel bis gegen Schönau (Km. 82,02) zu 200 m festgesetzt worden, von da bis Km. 88,01 findet eine allmähliche Erweiterung statt, die bis Km. 105 bei Ichenheim anhält. Von hier bis zur Lauter (Km. 183,14) erfolgt eine Verbreiterung auf 250 m. Diese Maße bezeichnen nur die Entfernung der Parallel- bzw. Korrektionswerke, oder die Breite des Wasserspiegels bei mittleren Pegelständen bis zu 4 m Straßburger Pegel. Breitenbestimmungen für ein Niederwasserbett sind ebensowenig als Festsetzungen für Profilformen und die sichere Erhaltung desselben ergangen; jedem Staat blieb in dieser Beziehung vollste Freiheit der Entschlüsse.

Darüber, wie diese Maße entstanden sind, giebt der Enquête-Bericht des Oberingenieurs Conturat vom 13. April 1840 Auskunft.<sup>16)</sup> Es geht aus demselben hervor:

1. dafs die Breite des Rheines von 200 m bei Basel und 250 m unterhalb Lauterburg bestimmend für die Strombreite im Unter-Elsafs war;
2. dafs die Ausführung der Stromkorrektion verschieden von dem Entwurfe ist, dafs besonders der vorgesehene Parallelismus der Hochwasserdämme mit den Korrektionswerken in 4 m Abstand von denselben glücklicherweise ganz aufgegeben wurde;
3. dafs die Praxis und nicht die Theorie die Strombreiten bestimmt hat;
4. dafs sie nur mit Rücksicht auf die Abführung der Hochwasser bestimmt sind;
5. dafs die Herstellung eines Nieder- oder Mittelwasserprofils nicht für möglich angesehen worden ist, denn sonst hätte die Breite verschieden, mit dem Gefälle und der Wassermenge des Stromes wechselnd, bestimmt werden müssen;
6. dafs eine Befestigung der Sohle des Rheines für nicht notwendig gehalten wurde.

Dafs dies nicht geschehen, ist eine der wesentlichsten Ursachen zu den fortgesetzten Angriffen des Stromes auf sein Bett. Der Wasserbautechniker darf wohl ein generelles Vorprojekt auf mittlere Gefälle basieren; bei der Ausführung aber muß er die thatsächlich vorhandenen Gefälle berücksichtigen und nach ihnen die Breiten der Querprofile so bestimmen, dafs er in diesen einen vorgeschriebenen Wasserstand mit Sicherheit halten kann.

Kehren wir indessen zur Beschreibung des Rheinbettes zurück.

Eine Hauptrinne von rund 70 m Breite schlängelt sich durch die Sohle des von den Korrektionswerken eingefafsten Mittelwasserbettes. Ihre grösste Tiefe liegt bei Niederwasser mit 8 bis 10 m in der Nähe des konkaven Ufers. Eine oder mehrere Nebenrinnen<sup>17)</sup> durchbrechen eine langgestreckte Kiesbank, die da und dort schräg oder normal zur Stromachse von Querrinnen geteilt ist. An andern Stellen liegt auch die Kiesbank am rechten oder linken Ufer fest an; die Nebenrinne ist versandet und es ist nur ein einziger Stromschlauch vorhanden. Es kommt ebenfalls vor, dafs die Stromspaltung gleich, d. h. die Nebenrinne so groß wie die Hauptrinne ist; dafs beide also im Begriffe sind, ihre Bedeutung zu wechseln.

Ist die Strömung in der Nebenrinne dagegen schwach, ihr Profil irgendwo verengt, so legt sich bei sinkendem Pegel Kies und Sand in ihr an, der das Wasser auf-

<sup>16)</sup> Vergl. Anhang.

<sup>17)</sup> Vergl. S. 20.

wärts derart staut, daß ein Höhenunterschied der Wasserspiegel in der Haupt- und Nebenrinne von ca. 50 cm entsteht, je nachdem der Nebenarm lang ist.

Daraus folgen dann:

1. Die Querströmungen durch die Kiesbank aus der Nebenrinne in die Hauptrinne, die bis zu rückläufigen Strömungen ausarten;
2. der starke Übersturz des Wassers am unteren Ende der Nebenrinne;
3. die Wirbel- und Kehrwasser beim Zusammentreffen der Strömungen aus der Haupt- und Nebenrinne und als Folgen derselben die Unterwaschung der Böschungen der Korrektionswerke und die Kolke im Strombette;

Die Durchflußmenge ( $M$ ) und das Gefälle ( $H$ ) bestimmen das benetzte Querprofil ( $Q$ ), folglich ändert sich  $Q$  für jedes einzelne  $H$  und es ist erklärlich, daß man Niederwasserquerprofile sehr verschiedener Größe findet, die beide wenig verschiedene Wassermengen abführen.

Es wurden z. B. vom 19. bis 21. Februar 13 Niederwasserquerprofile aufgenommen, deren benetzter Flächeninhalt der folgende war:

Tabelle VIII. Niederwasserquerprofile.

Lfd. No.	Lage des Querprofils	Fläche des Durchfluß- querprofils	Wirklich gefundenes relatives Sohlgefälle zwischen den 2 nächsten Schwellen
	km	qm	
1	126,830	185,35	0,000574
2	134,800	286,85	0,000406
3	139,650	336,00	0,000332
4	142,100	358,15	0,000381
5	147,225	480,00	0,000392
6	147,950	323,45	0,000492
7	151,075	352,75	0,000382
8	155,600	289,60	0,000418
9	159,750	315,70	0,000247
10	164,965	299,10	0,000436
11	171,390	393,20	0,000547
12	177,050	348,02	0,000292
13	179,000	378,70	0,000316

Das arithmetische Mittel dieser Flächeninhalte beträgt 334,37 qm; der mittlere Flächeninhalt zwischen dem kleinsten und dem größten Querprofil

$$\frac{185,35 + 480}{2} = 332,17 \text{ qm.}$$

Die Niederwasserquerprofile für die Regulierung zwischen Straßburg-Lauterburg müssen entsprechend den Gefällen zwischen den Grenzen von 185 und 480 qm bestimmt werden.

Von den aufgenommenen Querprofilen hatte das

in Km. 126,830 = 185,35 qm Querschnittsfläche bei 1,92 m } Geschwindigkeit  
 " " 134,800 = 286,65 " " " 1,25 " } i. d. Sekunde,

was Durchflußmengen von 345,87 bzw. 358,31 cbm pro Stunde entspricht, die von der absolut kleinsten beobachteten Durchflußmenge des Rheines bei Kehl nicht weit entfernt sein dürften.

Beide Profile lagen in Kurven von 2545, bzw. 1145 m Radius, an dem elsässischen Parallelwerk. Der in Km. 127 mündende Kleine Rhein war trocken, die Kinzig brachte einige cbm Wasser in der Sekunde.

Nach den vom Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie in Karlsruhe 1889 veröffentlichten Angaben ergaben sich die in Tabelle IX zusammengestellten Größen der Flächen des Durchflußquerschnittes bei verschiedenen Wasserständen.

Tabelle IX. Flächengrößen verschiedener Durchflußquerschnitte.

Lage des Querprofils	Hochwasser vom Dezember 1882	Mittelwasser. Mittlerer Jahreswasser- stand 1881—86	Niederwasser vom Februar 1882
km	qm	qm	qm
131,577	2562	717	302
138,510	3230	720	360
143,115	1945	611	330
147,578	7055	688	428
151,838	3035	799	402
160,560	1905	731	356
168,610	3725	642	350
173,840	2875	773	446
177,710	off. Flutprofil	779	460
185,500	4960	687	360
Rheinpfalz			

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich:

1. Der Lage des kleinsten Niederwasserprofils entspricht nicht die Lage des kleinsten Mittel- und Hochwasserprofils;
2. die Verschiebungen der Größe der Nieder- und Mittelwasserprofile müssen die Verlegung des Thalweges und Störungen in dem leicht veränderlichen Rheinbette zur Ursache bzw. zur Folge haben;
3. den Veränderungen der Querprofile müssen eben solche des Gefälles folgen;
4. das mittlere Querprofil hatte vom 19.—21. Februar 1895 = 344,37 qm, im Februar 1882 dagegen 380 qm Querschnittsfläche; dies wird durch den Unterschied der zugehörigen Pegelstände, die bei Straßburg vom 19.—21. Februar 1895 = 1,10—1,11 m, im Februar 1882 im Mittel 1,70 m betragen, erklärt;
5. die Schwankungen des Durchflußquerschnittes bei Mittelwasser (779—611 = 168 qm) sind verhältnismäßig zu der abgeführten Wassermenge viel kleiner als bei Niederwasser (460—302 = 158 qm im Februar 1882 und 480—185 = 295 qm im Februar 1895).

Es ist aus dem Vorhergesagten erklärlich, daß es ein reiner Zufall wäre, wenn man ein geschlossenes Niederwasserprofil mit dem mittleren, aus dem Unterschiede der Höhenlage der 2 benachbarten Pegel und ihrer Entfernung sich ergebenden relativen Gefälle fände, welches als natürlich ausgebildetes Musterquerprofil des Rheines bezeichnet werden könnte. Die Verhältnisse im Wildbett haben so wenig Ähnlichkeit mit denen im regulierten Flusse, daß bindende Schlüsse aus der Vergleichung der Querprofile allein nicht aufgestellt werden können.

Ersichtlich ist, daß eine Anzahl Profile bei der Regulierung je nach dem Gefälle vergrößert werden müssen, damit sie dann größere Wassermengen abführen und der Hochwasserspiegel sich oberhalb senkt. Andere sind dagegen zu verbauen und bis auf die Größe des mittleren Durchflußprofils zuzufüllen.

Daß das Vorkommen von Niederwasserprofilen, deren Grenzwerte zwischen 185,35 qm und 480 qm benetzter Querschnittsfläche liegen, während die relativen Gefälle

0,000574 m und 0,000492 m betrogen, auch im Mittel- und Hochwasserbett noch fühlbar wird, ist einleuchtend. Besonders bemerklich wird eine schroffe Profileinschränkung, wenn sie zufällig in einer Konkaven an eine Stelle zu liegen kommt, an der die Hochwasserdämme nicht allzuweit von den Ufern abgerückt sind und das zwischen ihnen und dem Strome liegende Land dichten Unterholzbestand hat. Dann macht sich die Verengung des Niederwasserbettes bei Mittelwasser und selbst bei Hochwasser im Strome oberhalb sogar in gefahrdrohender Weise bemerklich. Der Spiegel desselben steigt örtlich über die Höhe früherer Fluten, die Wassermassen erreichen die Krone des Hochwasserdammes oder strömen darüber und zerreißen ihn. Die Erhöhung dieser Schutzdämme allein ist also noch keine Bürgschaft für ihre Widerstandsfähigkeit, so lange schroffe Profilveränderungen zu fürchten sind, wohl aber ist es die Verhütung der Bildung zu enger Profile, d. i. die Regulierung.

Wo der Rheinstrom sein Bett vertieft, dasselbe durch Eingrabung in die Sohle erweitert hat, ist für die Hochwasserdämme keine Gefahr mehr vorhanden, ohne Befürchtung könnten sie weggenommen werden, wenn es besondere Interessen wünschbar machten.

Die Vergrößerung der Geschwindigkeit der Strömung, die der Verengung eines Querprofiles unterhalb folgt, ist die Ursache zum schnelleren Abtrieb der nächsten Kiesbank und zur Vermehrung des Stromangriffes auf dasjenige Korrektionswerk, gegen welches sich der Thalweg zunächst wendet. Dort wird der Vorfufs wie die Böschung angefressen und muß bei dem jetzigen Bausysteme durch Nachdeckung mittels Steinen oder Stein- oder Kiessenkfaschinen gesichert werden.

Dafs der ewige Kampf mit der Macht der Strömung Zweifel an der Richtigkeit der bisherigen Profilbemessung einflößt, ist begreiflich. Der Strom bildet sich wohl sein Bett nach dem konvexen Ufer aus, wenn das konkave Ufer befestigt ist, aber er arbeitet kein mittleres Gefälle, keine mittlere Querprofilfläche mit angemessener regelmäßiger Form und gleichmäßiger Tiefe im Thalwege selbst aus; menschliche Einsicht und Macht müssen ihm helfen, sein Bett, ein dauerndes sicheres Bett mit fester Sohle, sich selbst zu bereiten und Gleichgewicht zwischen der Kraft der Strömung und dem Widerstande der Geschiebe herstellen.

### m. Die Kurven.

Derselbe Vertrag bestimmte:

„Von der Durchführung langer, gerader Linien oder großer flacher Bogen und den hierbei nicht zu umgehenden Durchschneidungen großer Inselkomplexe muß im allgemeinen abgesehen werden. Das Minimum des Halbmessers, der nur unter besonderen Umständen in Anwendung kommen darf, wird zu 1000 m für den äußeren Bogen festgesetzt.“

Es entspricht das der Theorie, die für den Halbmesser von Stromkurven die Formel  $a \cdot v^2$  annimmt, worin  $a$  die Breite des Stromes und  $v$  die Geschwindigkeit der Strömung bedeutet. Bei 250 m Breite des Bettes und 2 m Wassergeschwindigkeit wäre demnach der zutreffende Halbmesser  $250 \cdot 2^2 = 1000$  m. In der Praxis ist man aber am Rhein auch schon unter diesem Maße herabgegangen. Es ist das um so mehr zu bedauern, als uns die Erfahrung gelehrt hat, daß die Flussbetten in den Kurven noch mehr erweitert werden müssen. In Holland erachtet man Verbreiterungen der Flussbetten selbst noch in Kurven von 10000 m Radius bei 0,00001 Gefälle notwendig.

Der Parallelismus der Korrektionswerke des Rheines bleibt einstweilen eine offene Frage für die Regulierung, an deren Lösung mit Vorsicht heranzugehen ist.

Von den Kurven der Parallelwerke weichen die Kurven, die sich der Rhein bei fallendem Wasser selbst in sein Bett gräbt, weit ab. Sie werden vom Mittel- zum Niederwasser immer schärfer und ihr Radius geht bis auf 300 m herunter (Thalwegsaufnahme vom 5. März 1895, Km. 132,450 bis 132,650).

#### n. Das derzeitige Niederwasserbett.

Den Verschiedenheiten des Gefälles, der Tiefen und der Centrifugalgeschwindigkeit des Wassers, welche von dem Halbmesser der Kurven des Stromes abhängig sind, sowie der davon ebenfalls bedingten Erweiterung des Strombettes im Scheitel der Kurven tragen die 3 schon früher erwähnten Breitenabmessungen von 200, 225 und 250 m ebensowenig Rechnung, als den Ansprüchen an ein für die Schifffahrt genügend tiefes unveränderliches Niederwasserbett.

Die Ausbildung desselben im Mittelwasserbett zwischen den Korrektionswerken blieb dem Strom überlassen, der sich seinen veränderlichen Wassermassen, Kräften und Widerständen entsprechend, jeweils einrichtet und von einem Ufer zum anderen schlängelt. Nicht im Sommer, nur bei den kleinen Winterwasserständen zwischen November und März liegt das Niederwasserbett klar vor Augen. Eine Wasserrinne von 70 bis 80 m Breite schlängelt sich durch das von den Parallelwerken eingeschlossene Bett, in den Konkaven desselben oft, aber nicht stets, dem landeinziehenden Ufer folgend, während die verbleibende Breite der Stromsohle von etwa 170 bis 180 m nach dem vorspringenden Ufer zu trocken liegt. Hier und da, in einem Woog, füllt der Wasserspiegel die ganze Fläche zwischen den Ufern aus; an einer anderen Stelle teilt sich der Strom in zwei Rinnen und schließt eine langgestreckte Kiesbank zwischen sich ein, die selbst von Querrinnen wieder zerrissen ist. Die Windungen des Niederwasserbettes haben um so kleinere Halbmesser, die bis zu 300 m heruntergehen, je längere Zeit die niedrigen Pegelstände dauern, je mehr Frist dem Strome bleibt, die Sohle des Rheinbettes auf den Übergängen zwischen 2 Kiesbänken, den Schwellen (Barren, Geritten) zu vertiefen.

Der Anblick dieses verwilderten Niederwasserbettes macht es deutlich, daß der Erfolg der Rheinkorrektion für die Schifffahrt nur der gewesen ist, ein festes Hochwasser- und Mittelwasserbett mit etwa 20 cm größeren Tiefen über den Schwellen zu schaffen, als vorher vorhanden war; daß dagegen die Lösung der Aufgabe, auch dem Niederwasser einen geordneten Lauf zu geben, in welchem die Kiesbänke und Untiefen verschwinden, noch aussteht.

Defontaine sagte 1833 darüber:

„Bei den gegenwärtigen Verhältnissen des Rheines würde es unmöglich sein, ein Niederwasserbett zu schaffen.

Die kleinsten Niederwasser erscheinen nun in weit voneinander entfernten Perioden und ihre Dauer ist ausnehmend kurz. Man könnte nur selten unbedeutende Arbeiten ausführen, die unfehlbar von dem nächsten Hochwasser zerstört werden würden.

Würden sie gegen jede begründete Erwartung nicht hinweggeschwemmt, so würden sie Hindernisse im Strome bilden, die zu noch heftigeren Störungen Veranlassung gäben, als die schon zu zahlreichen natürlichen Ursachen es thun; sie würden der Schifffahrt in hohem Mafse gefährlich werden.“

Nachdem aber das Mittelwasserbett für eine Durchflußmenge von rund 1000 cbm in der Sekunde zwischen Hünningen und Lauterburg ausgebaut ist, ist die Aufgabe, das

Niederwasserbett für rund 400 cbm sekundliche Wassermenge herzustellen, erleichtert und wenn sie mit dem bisher üblichen Verfahren der Technik unlösbar oder nur mit zu großem Aufwande an Zeit und Geld lösbar erscheint, so muß eben nach anderen, billigeren Mitteln gesucht werden, mit denen das vorgesteckte Ziel erreicht wird.

Die Fortschritte, die die Technik seit 1833 gemacht hat, müssen dazu benutzt werden, die Stromsohle durch Grundswellen zu befestigen und dem Niederwasserbett durch Leitwerke und Bühnen ein unzerstörbar festes Gerippe zu geben, in dem die Schifffahrt stets die nötige Wassertiefe findet, die Kiesbänke die Tiefen ausfüllen und in dem, infolge des streckenweise verglichenen mittleren Längengefalles, eine so geringe Geschwindigkeit eintritt, dafs sie ohnmächtig ist, die Geschiebe wie bisher aus der Sohle auszuwaschen, aber kräftig genug bleibt, auch zur Zeit der kleinsten Wasserstände kleinen Kies und Sand fortzuführen, um den Stromschlauch frei und rein zu halten.

#### o. Die Eisversetzungen und ihre Folgen.

Während die Bildung von Grundeis keine wesentlichen Veränderungen des Rheinbettes nach sich zieht, ist es nicht ebenso bei der Versetzung von Treibeis. Fällt das Thermometer unter  $-10^{\circ}$  R. und tritt etwa zugleich scharfer Nordwind ein, so häufen sich die im Oberrheine treibenden Eisschollen so, dafs es nur noch dreier anderen Faktoren bedarf, um sie zum Stehen und zur massenweisen Anhäufung zu bringen.

- Diese sind: 1. Niederwasserstand,  
2. ein enges Profil in einer scharfen Kurve und  
3. mäfsiges Gefälle in demselben.

Vom Augenblicke der Eisversetzung an staut sich das Wasser, schiebt die Eisklötze unter steigendem Druck immer fester zusammen, sucht sich einen Ausweg durch eine Nebenrinne, dieselbe erweiternd, hebt und bricht auch wohl die Eisstopfung durch und folgt mit den zwischen den Eisschollen eingeklemmten Decksteinen der Böschungen wieder der vorherigen Richtung. Oder das zwischen Ufer und Kiesbank eingeklemmte Eis bleibt stehen und das Wasser spült darunter sein Bett aus, die nachtreibenden Schollen unter der Eisdecke durchführend, auf der Sohle wühlend und das Profil erweiternd. Dann greift es den Fuß der steingedeckten Uferböschung an, untergräbt ihn und bereitet eine Rutschung vor oder bewirkt sie, die abgleitenden Senkfaschinen und Steine weit in den Strom schleppend und sie dort verteilend.

Diese Eisversetzungen sind ja zwar nicht häufig, aber besonders bei kleinem Niederwasser für die Unterhaltung der Uferbauten bedrohlich. Auch an anderen Flüssen, die mit steinernen Bühnen und Leitwerken reguliert sind, ist der Eisgang bei Niederwasser gefürchtet, weil die Eisschollen an die Köpfe der Bühnen anprallend oder über ihre Rücken wegschleifend die Abpflasterung beschädigen, diese zerstören, bezw. ihre Zerstörung durch die später folgenden Mittel- und Hochwasser einleiten.

Im Oberrhein stellte sich z. B. in der Nacht vom 4.—5. Januar 1894 das Eis vorübergehend bei Gerstheim und rifs beim Durchbrechen mehrere Joche der dortigen Schiffbrücke weg; auch bei Mothern fand damals eine Eisversetzung von einigen hundert Metern Länge statt, die gegen 14 Tage lang andauerte; in beiden Fällen erlitt das Querprofil des Stromes schnelle Veränderungen.

Wenn einmal eine einheitliche Niederwasserrinne im Rheine geschaffen worden ist und Nebenrinnen nicht mehr vorhanden sind, so wird die Bildung von Bankeis und die Möglichkeit einer Eisversetzung abnehmen.

Trotzdem wird der Eisgang auf dem Rheine stets mehr als auf der Rhone zu fürchten sein. Nach Girardon dauern die Unterbrechungen der Schifffahrt auf der Rhone durch das Eis 6 Tage im Kalenderjahr. Bei der Beweisführung, daß die Regulierung des Rheines mit Steinbauten den gleichen Erfolg wie an der Rhone haben müsse, darf neben anderen Verhältnissen, die zu Gunsten dieses Systems für die Rhone-Regulierung sprechen, der Einfluß des klimatischen Unterschiedes zwischen Lyon-Marseille und Basel-Lauterburg nicht übersehen werden.

### 8. Die Ursachen der Verwilderung des heutigen Rheinbettes.

Die Ursachen der Verwilderung des Bettes vieler Bäche und Flüsse, insbesondere des Bettes des Oberrheines, sind nach dem Vorhergesagten:

1. Die das Gefälle, die Kurven, die Abzweigung von Altwassern und den Zulauf von Nebenflüssen nicht berücksichtigenden, für das Niederwasser zu breiten Querprofile;
2. die mangelnde Befestigung der Stromsohle.

Durch die bisher angewandte Korrekptionsweise können diese Ursachen nicht beseitigt werden, demgemäß müssen ihre Folgen, nämlich:

1. Die Wanderung der Geschiebe,
2. das Aufwerfen von Kiesbänken,
3. das Serpentinieren des Stromes,
4. die aufsergewöhnlichen Tiefen,
5. die Teilung des Stromes in Haupt- und Nebenrinne,
6. die übertrieben großen lokalen Sturzgefälle (*rapides*),
7. die zu hoch liegenden und zu breiten Schwellen,
8. die Kolke,

dieselben bleiben wie bisher, oder es muß durch eine andere Bauweise Hilfe geschaffen werden.

### 9. Die derzeitige Befestigung des Mittelwasserbettes.

Soviel bekannt, sind bloß an einigen Stellen des Oberrheines bei Rheinau und unterhalb Drusenheim in Km. 150 bis 151 Versuche zur Befestigung der Sohle des Rheines in den schärfsten Krümmungen, von denen die letztere einen Radius von nur 775 m hat, zu französischer Zeit vor oder bei Beginn der Korrektion gemacht worden.

Der Strom hat zwischen Drusenheim und Fort Louis ein mittleres relatives Gefälle von 0,000516, während das thatsächliche Gefälle im Frühjahr 1895 nach der Höhenlage der Kiesschwellen dort bis zu 0,001466 betrug (siehe S. 16). Die Stromsohle und das in der Konkaven liegende linke Ufer waren je nach der wechselnden Lage der Kiesbänke dem Angriffe des Wassers so ausgesetzt, daß zur Abdeckung der Böschung bis auf 10 m Tiefe unter Niederwasser schon vor 1870 = 21 bis 29 cbm Steine für einen Meter Uferlänge verwandt worden sind. Seither wurde dort mit 33 bis 41 Reihen Steinsenkwürsten nachgedeckt, was unverhältnismäßig hohe Ausgaben verursachte.

Zur Befestigung des Strombettes sind, wie vorhergesagt, zu französischer Zeit 7 versenkte Bühnen von zusammen 225 m Länge mit Steinen geschüttet worden. Wie weit sie der weiteren Auswaschung desselben vorgebeugt haben, bleibt dahingestellt; sicher ist nur, daß ihr Wellenschlag von den Schiffern stets gefürchtet war, bis man

sie im Winter 1894 etwas niedriger legte, weil sie bei Niederwasser zum Schiffahrtshindernis wurden.

Die Stromkorrektur hat sich, diesen einen Fall ausgenommen, auf die Herstellung und Erhaltung der beiden parallelen Ufer beschränkt, die Stromsohle ist unbefestigt geblieben. Die lebendige Kraft des Wassers findet auf ihr keinen anderen Widerstand, als den Zusammenhang, die Reibung und das spezifische Gewicht der Geschiebe, aus denen sie besteht. Sie kann ihre Thätigkeit gegen die Stromsohle ungehindert ausüben, und hat sie überall je nach dem Gefälle gesenkt, da einzelne Hebungen, deren Dasein behauptet wird, nur von vorübergehender Dauer sein können.

Die Böschungen des Rheinkorrektionswerkes sind zum Schutz vor dem Angriffe des Stromes unter Niederwasser mit Senkfaschinen (sogen. Senkwürsten), abgedeckt. Darauf liegt zur Herstellung eines horizontalen oder wenig geneigten Bankets, des sogen. Vorfusses, eine Steinpackung. Der auf Niederwasserhöhe angelegte Vorfuss ist abgepflastert, ebenso die Böschung des Korrektionswerkes und die Krone desselben auf 2 bis 4 m Breite, an den Stellen, wo sie nicht hochwasserfrei ist. Hinter dem Pflaster ist sie durch Berauhwehrung geschützt. Die Neigung des Böschungspflasters beträgt am linken Ufer  $1:1\frac{1}{2}$  bis  $1\frac{3}{4}$ , am rechten Ufer wird es meist mit einer Neigung von  $1:2$  angelegt.

Die Pflasterung entspricht ihrem Zwecke des Uferschutzes, wenn sie aus wetterbeständigen Steinen mit vollkommen guter Verspannung jedes einzelnen Steines zwischen den benachbarten Steinen, sowie möglichst kleinen Fugen hergestellt und auf grobem Kies, der nicht aus den Fugen herausgewaschen werden kann, gebettet ist.

Nächst den Einflüssen der Atmosphäre und des fließenden Wassers sind den Steindeckungen die Einwirkungen des Eises, besonders bei Eisstopfungen und beim Eisgang schädlich. Das Eis setzt sich zwischen die großen Fugen der Steine, klemmt diese ein und trägt sie infolge seines geringen spezifischen Gewichtes bei wachsendem Wasser mit fort in den Strom. In die entstehenden Lücken dringen die Wellen, spülen den Kies aus und setzen das Zerstörungswerk fort, bis wieder eine neue Steindeckung aufgebracht wird.

Für die Rhein-Neubauten und die Erhaltung derselben am linken Ufer haben die französische und deutsche Regierung seit 1842 bis 1895 rund  $17,4 + 19,8 = 37,2$  Millionen Mark ausgegeben.

Trotz der fortwährenden Steindeckungen der Ufer kann aber das Rheinkorrektionswerk an keiner Stelle als absolut sicher bezeichnet werden, weil die Flußsohle, auf der es ruht, veränderlich ist. Es fehlt ihm das feste Fundament. Der Strom wirft sich spülend gegen das Ufer, Querströmungen fressen es an, Kehrwasser und Wirbel unterwaschen Faschinen und Steine, ziehen sie in die Tiefe, greifen den nachrollenden Kies an, treiben ihn weg und bringen das darüber liegende Pflaster besonders bei niederen Wasserständen zum Einsturz, wenn nicht bald mit neuen Senkfaschinen nachgedeckt wird.

Da Kehrwasser, Wirbel, Kolke, wie die Bewegung der Kiesbänke und die allmähliche Tieferlegung der Sohle im unregulierten Rheinbett nie verschwinden werden, so wird der Schutz der Ufer mit Steinen ebenfalls kein Ende finden. Es ist das der fortgesetzte Kampf der Technik gegen die Kraft der Elemente mit ungenügenden Mitteln, eine zeit- und stellenweise Vergewaltigung des Stromes, anstatt seiner vollständigen Zähmung, die ihn zum friedlichen Helfer und Diener des Menschen machte.

Für die Rheinregulierung, wie für die Regulierung vieler anderen Flüsse und Bäche würden Steinbauten viel zu kostspielig. Die am Rheine teilweise bis 10 m unter

Niederwasser betragenden Tiefen und die starke Strömung erschweren die Verbauung großer Steinmassen unter Wasser zu Bühnen und Grundswellen sehr. Das Beispiel der Steinbefestigungen auf der Stromsohle bei Greffern beweist, daß der Anprall oder der Übersturz der Wellen über den ungleichmäßig lagernden Steinwurf der kleinen Schifffahrt widrige, ja gefährliche Wirbel erzeugt, die zu Klagen Veranlassung geben würden.

Das Einwerfen von Steinen, Senkwürsten aus Steinen oder mit Kiesfüllungen in das Bett des Oberrheines hat meinem Gefühl, als rauh und zu der außerordentlichen Empfindlichkeit des Wassers nicht passend, nie zugesagt. Das Wasser ist ein zarter Behandlung sehr zugängliches und dafür dankbares Element; es thut, was der Mensch will, wenn er es richtig leitet. Gewaltmaßregeln reizen es, sie können es bändigen, aber nicht beschwichtigen.

Auch den Einbau steinerner fester Wehre in kleinere Flüsse halte ich dem Fortschritt der Technik unserer Zeit nicht mehr für angemessen, sie treiben die Hochfluten in Felder und Wiesen und werden oft die Ursachen der Verschlammung oder Versumpfung breiter Thalfächen. Selbstthätige Wehre mit Unter- oder Überlauf sind schon bessere Erziehungsmittel gegen die Unbändigkeit der Strömung. So müssen auch Sporen, Kribben, Bühnen, Grundswellen, Leitwerke aus Steinen oder Kiessenkwürsten durch eine andere, den Eigenschaften des Wassers besser angepaßte Bauweise ersetzt werden. Der in das Wasser geworfene Stein wird immer zu einem Steine des Anstosses für dasselbe, wenn er über die Oberfläche der Sohle oder der Böschung hervorragt und das Kräuseln der Wellen auf dem Wasserspiegel verrät die Bewegung der tief darunter in ihrer Richtung und in ihrem Zusammenhange gestörten Wasserfäden.

#### 10. Die Ausgabe für die bisherige Unterhaltung des Korrektionswerkes zwischen Strafsburg und Lauterburg.

Die Kosten der Befestigung des unterelsässischen Korrektionswerkes mit Pflaster Senkwürsten und Steindeckung gehen aus den nachstehenden Zahlen hervor.

Im Wasserbaubezirk Strafsburg sind für Unterhaltung und Neubau in den 11 Jahren 1883/84 bis einschließlic 1893/94 auf der Strecke von Km. 93 bis Km. 184,140 des Rheines im ganzen

329516 cbm Bruchsteine verwendet worden. Davon 4% =

13180 „ als alte Steine, die schon einmal gedient hatten, abgezogen, bleiben

316336 cbm oder jährlich 28758 cbm.

Der Bedarf an Steinen zwischen Strafsburg-Lauterburg ist geringer als der zwischen Rheinau und Strafsburg, weil das Gefälle, bezw. die Strömung mit der Länge des Laufes des Rheines im allgemeinen abnimmt und ihre schädlichen Wirkungen sich entsprechend vermindern. Der Steinverbrauch bezifferte sich auf durchschnittlich 16623 cbm jährlich; war in den einzelnen Jahren allerdings großen Schwankungen unterworfen. Er steigt je nach der Häufigkeit, der Höhe und der Dauer hoher Wasserstände, nimmt ab in trockenen Perioden, in denen Hochwasser ausbleiben, Mittelwasser rasch vorübergehen und Niederwasser vorherrschend sind.

Im Durchschnitt wurden pro Jahr 16623 cbm Steine und hiervon zu Senkwürsten unter Wasser rund  $\frac{2}{3} = 11082$  cbm Steine verwendet. Bei einem Bedarf von 1,60 cbm Steinen für eine sogen. Ordonnanzsenkwurst von 1 m Durchmesser und 8 m Länge wurden



## II. Die Rheinregulierung.

### I. Die Notwendigkeit der Rheinregulierung.

Gute Verkehrswege sind die größten Schätze eines Landes. Da die Flüsse und Ströme zu den ältesten und besten Verkehrswegen gehören bzw. bis zur relativen Vollkommenheit verbessert werden können, so liegt die Vornahme bezüglichlicher Arbeiten am Rhein zunächst im allgemeinen öffentlichen Verkehrsinteresse.

Wie ein Großstaat zum Schutze der Handelsschifffahrt auf See eine Kriegsflotte unterhält, wie er die Seehäfen, Docks und Molen baut und für die Schifffahrtszeichen sorgt, so muß er auch zum allgemeinen Besten die Binnenschifffahrt fördern.

Die Schifffahrt auf dem Oberrheine verdient in erster Linie die Unterstützung der Uferstaaten sowie des Reiches, weil sie wirtschaftlich für das ganze Rheingebiet von Basel bis ans Meer von höchster Bedeutung, dem deutschen Reiche aber politisch wie militärisch wertvoll ist.

Auch machen die hohen Ausgaben für die Unterhaltung der bisher geschaffenen Strombauten es notwendig, den Rhein „dauernd in Ordnung zu bringen“, den Angriffen vorzubeugen, die er fortgesetzt gegen sein Bett richtet.

Diese Aufgabe erstreckt sich auf die gesamten, hohe Unterhaltungskosten fordernden Uferstrecken bis nach Hüningen.

Ferner macht die, die stellenweise Erhöhung weit überwiegende, beinahe allgemeine Senkung der Stromsohle, deren Folgen

- a. der Nachbruch der befestigten Ufer,
- b. die Senkung des Grundwasserstandes und die Verarmung der Vegetation sind,

eine baldige Befestigung der Stromsohle, sowie ihre stellenweise Hebung unbedingt erforderlich, soweit die Folgen von schädlichem Einflusse für die Forst- und Landwirtschaft waren.

Dafs die Rheinregulierung eine der größten wirtschaftlichen Aufgaben im deutschen Vaterlande ist, weiß Jedermann. Sie ist aber auch eine der dankbarsten, weil der Rhein sehr günstige Wasserverhältnisse besitzt. Die Menge seines Niederwassers zum Hochwasser stellt sich bei Straßburg wie 1:15, an der Elbe bei Torgau wie 1:20, bei der Rhone unterhalb der Durance wie 1:33, bei der Mosel (Kochern) wie 1:49 und bei der Loire (Nevers) wie 1:331. Die Aufgabe der Rheinregulierung wäre von der Vergangenheit uns nicht vererbt worden, wenn ihr technische Mittel zu Gebote gestanden hätten, sie schnell, sicher und billig zu lösen.

Wir wollen sie der Zukunft nicht überantworten, ohne einen Versuch, sie zu meistern, gemacht zu haben, zu dem uns die so hoch entwickelte Technik der Gegenwart die Mittel an die Hand giebt.

Zunächst ist auf die angegebene Rechtslage, sodann auf die Urteile Sachverständiger hinzuweisen, die betreffs der Rheinregulierung in den letzten Jahrzehnten veröffentlicht worden sind.

## 2. Die rechtliche Verpflichtung der beiden Uferstaaten zur Regulierung des Rheines.

Die rechtliche Verpflichtung der beiden Uferstaaten zur Regulierung des Rheines wird aus § 19 des Vertrages zwischen Frankreich und Baden vom 5. April 1840 hergeleitet. Derselbe lautet:

„Die beiden Regierungen kommen überein, künftig die Bauten an jedem Ufer des Rheines nur zum Zwecke der Verteidigung und auf eine Weise ausführen zu lassen, um nach und nach eine Regulierung seines Laufes zu Stande zu bringen“

Das Wort „Verteidigung“, „*defense des rives, defense des berges*“, besagt, die Bauten sollten nur zum Schutze der Ufer in wasserbautechnischem Sinne gegen den Stromangriff zwecks Erhaltung des gegenseitigen Besitzes errichtet werden und bedeutet, mit dem deutschen Text zusammengehalten, sinngemäÙ die Befestigung der Ufer und der Sohle des Stromes gegen die Spülkraft des Wassers, weil ohne dieselbe die Ufer nachbrechen und eine Regulierung seines Laufes nicht zu erzielen ist. Die Ingenieure waren entweder über das letzte Ziel der Regulierung oder über die beste Bauweise, mittels deren es erreicht werden sollte, 1840 selbst noch nicht sicher.

Das gewählte Bausystem hat bisher nach 55 Jahren nur die Korrektion des Rheines gefördert, seiner Regulierung ist sie nicht ausreichend dienlich gewesen. Es läÙt sich aus dem § 19 nicht nur die Verpflichtung beider Uferstaaten zur Regulierung, sondern auch die Verpflichtung der Anwendung einer anderen, das gestellte Ziel sicher erreichenden Bauweise herleiten.

Im Falle unlöslicher Meinungsverschiedenheiten der beiden Uferstaaten könnte die Entscheidung des Reiches von rechtswegen angerufen werden.

Es sagt § 4 der Reichsverfassung:

„Der Beaufsichtigung seitens des Reiches und der Gesetzgebung desselben unterliegen die nachstehenden Angelegenheiten:

pp. pp. § 8. Die Herstellung von Land- und WasserstraÙen im Interesse der Landesverteidigung und des allgemeinen Verkehrs.

§ 9. Der Flößerei- und Schiffahrtsbetrieb auf den mehreren Staaten gemeinsamen WasserstraÙen und der Zustand der letzteren u. s. w.“

Schon einmal — 1883 — ist auf Grund dieser Paragraphen der Reichsverfassung eine Kommission zur Untersuchung der Stromverhältnisse des Rheines berufen worden.

Eine die Rheinregulierung sicher, dabei schnell und billig erreichende Bauweise würde eine Berufung des einen oder anderen Bauherrn auf die Reichsverfassung wohl vermeiden; sie würde die beste Grundlage für ein einiges Zusammenwirken der beiden Uferstaaten bilden.

### 3. Der heutige Schiffahrtsweg im Oberrhein und Vorschläge zur Verbesserung desselben.

Während der Thalweg den ununterbrochen größten Tiefen des Rheines folgt, folgt die große Schiffahrt einer allein durch die Pegelstände und durch die Praxis des Dampfschleppbetriebes gegebenen, in ihrer Richtung wechselnden Linie, die ihr außer vollkommener Sicherheit für Schiff und Ladung, die schnellste Fahrt und den geringsten Kohlenverbrauch gewährleistet. Berg- und Thalfahrt, Tiefgang der Fahrzeuge, Wasserstand und Windstärke, sowie dessen Richtung, das Vorhandensein einer Haupt- und einer Nebenrinne, die Waghalsigkeit oder Zaghaftigkeit des Lotsen sind mitbestimmende Momente für die Wahl der Schiffahrtslinie. Für den Kapitän ausschlaggebend ist die Rücksicht auf sein Schiff, seine Ladung und die Billigkeit des Betriebes, besonders die Ersparnis an Heizmaterial.

Bei guten Wasserständen ist die Schiffahrtslinie ziemlich gestreckt; bei Niederwasser schlängelt sie sich und läuft in scharfen Kurven bis zu 300 m Halbmesser über die Schwellen.

Der Kapitän führt seinen Schleppzug zu Berg oberstrom des Thalwegs im stillen Wasser gegen die untere Spitze einer Kiesbank zu, um den kleinen Vorteil der Fahrt im ruhigen Wasser daselbst zu gewinnen und das letzte Schiff des Anhangs möglichst mitten im Thalwege über die Schwelle zu bringen; er sucht zu vermeiden, daß es mit seinem Hinterteil die Spitze der unteren Kiesbank streift oder gar darauf festsetzt. Bei der Thalfahrt, die die Schleppzüge meistens leer oder mit geringer Ladung machen, nehmen sie bei gutem Wasserstande den gestrecktesten Weg, sobald er genügende Tiefe hat, um die Kurven abzuschneiden und an Fahrzeit zu gewinnen. Ersparnis an Arbeitszeit ist für einen Dampfer Ersparnis an Kohlen.

Bei Niederwasser müssen sich die abwärts gehenden Dampfer in der schlängelnden Thalwegsrinne halten, weil die Nebenrinnen meist schmal und nicht ohne Gefahr zu nehmen sind. Beim Übergange über die Schwellen wählen sie eine mehr gestreckte Richtung, der auch die Anhänge folgen.

Nur unter besonders zwingenden Umständen führen die Kapitäne ihre Schleppzüge durch eine Nebenrinne zu Berg. Ist dieselbe kürzer als der Thalweg, so ist die Strömung darin entsprechend stärker und es muß mehr Kraft angewandt werden, um sie zu überwinden.

Hinter der Kiesbank steht ruhiges Wasser, in dem die Steuerung der Anhänge schwierig ist. Versagt das Steuer, so wird der Bug des Schiffes zur Seite getrieben und muß vom Lande aus mittels Seilen in der Linie der Fahrt gehalten werden.

Entgegengesetzt liegen die Verhältnisse bei der Thalfahrt durch eine Nebenrinne, aber ihre Breite ist selten genügend groß und Ein- und Ausfahrt bieten ebenfalls oft Schwierigkeiten.

Der Schiffahrtsweg ist ein anderer für einen Schleppdampfer mit einem Anhang; ein anderer für einen solchen mit 2 oder 3 Anhängen und wieder ein anderer für die neuesten Schleppdampfer mit Dampfsteuerung und die älteren ohne dieselbe.

Aus dem Vorhergesagten ist ersichtlich, daß der Thalweg und die Schiffahrtswege verschiedene Linien sind. Bei der Veränderlichkeit der Stromsohle des Rheines haben diese Wege nicht die gleichen Wassertiefen, woraus sich die ewigen Klagen der Schiffer gegen die Rheinbaubeamten über die unzutreffenden Tiefenangaben der letz-

teren erklären. Die Peilungsergebnisse im Thalwege werden zweimal wöchentlich durch die Zeitungen veröffentlicht. Im regulierten Strome bedarf es nur seltener Peilungen, sodafs die hohen Kosten, die sie dem Staate verursachen, dann wegfallen. Durch die Regulierung eines Stromes wird ferner Thalweg und Schiffahrtsweg bei Nieder- und Mittelwasser ziemlich zusammengelegt. Für die Rheinstrecke Strafsburg-Lauterburg bedeutet das eine Abkürzung des Dampfschiffahrtsweges von rund 3 km und glatte Fahrt in gleichmäfsiger von oben nach unten abnehmender Strömung in genügend tiefer Wasser- rinne. So geschätzt diese Vorteile sind, so schwierig sind sie ziffermäfsig zu bestimmen. Erst die Praxis vieler Fahrten und genaue Buchführung wird später die Kohlenersparnis des Betriebes auf dem regulierten Strom gegen den soviel höheren Bedarf auf dem nur korrigierten Rheine nachweisen.

Über die Verbesserung der Schiffbarkeit des Oberrheines sind sehr verschiedene Ansichten geäußert worden, die in den unten angeführten Quellen niedergelegt sind.<sup>18)</sup>

Es wird nicht beabsichtigt, in eine nähere Darlegung der auseinandergehenden Ansichten der drei Autoren hier einzutreten. Des Kollegen Angele zu früh geschlossener Mund vermag keine Antwort mehr zu geben; die beiden anderen Herren haben auf Grund neuer Erfahrungen wahrscheinlich neue Gesichtspunkte gewonnen, die sie zu einem Aufgeben oder einer Änderung ihres früheren Standpunktes veranlassen und hoffentlich eine Übereinstimmung ihrer Ansichten herbeiführen dürften. Denn gegenseitiges Einvernehmen der leitenden Techniker beider Uferstaaten Elsaßs-Lothringen und Baden in allen Fragen der Rheinregulierung würde ihr halbe Arbeit schaffen und von allen Seiten mit Freude begrüßt werden.

#### 4. Besonderer Nutzen der Rheinregulierung für die Schiffahrt.

Die Rheinregulierung wird der Schiffahrt die schätzenswertesten Vorteile bringen. Sie wird:

1. Die Schwellen im Thalwege des Rheines auswaschen und senken, sodafs dieselben keine Hindernisse für eine Fahrt mit 2 m Tauchtiefe bilden und folglich
2. die Ladefähigkeit der Schiffe, bzw. ihre Eintauchung bei Niederwasser bis auf 2 m Tiefe vermehren;
3. die Anzahl der Tage, an denen bisher wegen Niederwasser über den Schwellen überhaupt nicht oder nicht mit 2 m Tiefgang gefahren werden konnte, vermindern;
4. nach Abtreiben der Kiesbänke wird der regulierte Strom dem Schiffer gestatten, ohne Lotsen zu fahren, also die hohen Lotsengebühren zu sparen und
5. die Dampfkraft des Schleppers wie die Arbeit der Mannschaft des Dampfers und der Anhänge für den Transport gröfserer Ladungen auszunutzen, wirtschaftlich also besser zu verwerten;
6. der Schiffahrtsweg würde durch die Beseitigung der scharfen Kurven des Thalweges um rund 3% zwischen Strafsburg und Lauterburg abgekürzt;

<sup>18)</sup> Deutsche Bauz. 1878, No. 16 u. 18 von Wasserbauinspektor Angele in Strafsburg (gestorben in Metz 1890 als Regierungs- und Baurat). — Willgerodt. Die Schiffahrtsverhältnisse des Rheines zwischen Strafsburg und Lauterburg. Strafsburg 1888. — M. Honsell. Die Wasserstrafse zwischen Mannheim-Ludwigshafen und Kehl-Strafsburg, Kanal oder freier Rhein? Berlin 1890.

7. die Fahrten würden leichter und gefahrloser sein, sodafs eine Minderung der Versicherungsgebühren zu erwarten ist;
8. die Einführung der Tauerei- und Kettenschleppschiffahrt würde ermöglicht werden.

Hierzu seien einige Worte über die derzeitigen Betriebsstörungen der Schiffahrt zwischen Lauterburg und Strafsburg gesagt. Die Großschiffahrt ist auf dieser Strecke ungefähr bis zum Ersatz der Selbstkosten zwischen Wasserständen von 1,80 m P. R. S. und darüber lohnend. Thatsächlich sind einige Fahrten auch unter diesem Wasserstande gemacht worden, eine Fahrt sogar noch mit 1,05 m Tiefgang des Schiffes bei 1,77 m P. R. S. am 20. November 1894. Die Anzahl der Tage, an denen wegen Niederwasser unter 2 m St. P. und wegen Hochwasser die Schiffahrt eingestellt werden mußte, betrug in den 15 Jahren 1881 bis 1895 zusammen 1068, im Mittel jährlich also rund 71 Tage. Die Grenze des fahrbaren Hochwassers ist zu 4 m P. R. S. angenommen, thatsächlich ist am 28. März 1895 noch ein Schiff bei steigendem Wasser und 3,63 m P. R. S. zu Berg gekommen.

Demnach ist zu ersehen, dafs die Schiffahrt viel mehr unter dem Niederwasser, als unter dem Hochwasser leidet. Letzteres ist für sie das kleinere Übel; zwischen 1881 und 1895 kam blofs in 9 Jahren Hochwasser, dessen längste Dauer sich im August 1888 auf 15 Tage belief. Die 148 Hochwassertage in 15 Jahren oder 2,7% haben keine vitale Bedeutung. Vor dem Hochwasser kann die Technik die Schiffahrt zur Zeit nicht schützen, sie muß sich ihm als „höherer Gewalt“ fügen. Eine zweckmäßsigere Profilstaltung, die die Strömung nicht tagtäglich verändert, ist aber möglich. Die Schiffahrtsstockungen bei Wasserständen unter 2 m hätten in den 15 Jahren 1881 bis 1895, also bei 5475 Tagen, 920 Tage, d. h. durchschnittlich 61 Tage im Jahr betragen. Zieht man in Erwägung, dafs der Schiffer eine zweitägige Bergfahrt nicht antritt, wenn das Wasser zwar etwas über 1,60 m P. R. S. steht, aber doch im Fallen begriffen ist und seine Abreise bei 2 m P. R. S. und Wachswasser noch verzögert, um mehr Wasser als die durchaus notwendige Schicht unter dem Kiel zu haben, so wird man nicht anstehen, die jährliche durchschnittliche Störung der Schiffahrt durch Niederwasser zu 40% der Schiffahrtstage des Kalenderjahres, deren rund bisher 160 gezählt werden konnten, anzuschlagen. Diese Störungen wird die Regulierung ebenfalls beseitigen.

Sie wird ferner die Tauerei- und Kettenschleppschiffahrt möglich machen, die der jetzige Zustand der Rheinsohle, d. h. die ununterbrochene, massenhafte Geschiebeführung auf derselben nicht gestatten. Kette oder Seil werden in kürzester Frist mit Kies und Sand so tief bedeckt, dafs sie sich nicht mehr heben lassen. Wenn ein einheitliches Bett mit fester Sohle geschaffen ist, die Kiesbänke abgetrieben und in die Tiefe gelagert sind, wird der Tauer das Seil oder die Kette frei heben können.

## 5. Gemeinsame und verschiedene Vorteile der Rheinregulierung für Elsaßs-Lothringen und Baden.

Weiter wie rechtliche Verpflichtungen reicht das gemeinsame Interesse beider Uferstaaten: die Einsicht für das eigene und der gute Wille für das allgemeine Beste.

Klarheit hierüber ist erwünscht:

1. hinsichtlich der Verbesserung der Schiffbarkeit;
2. hinsichtlich der Vergrößerung der verengten Querprofile durch die Beseitigung

der Kiesbänke und dem daraus folgenden schnelleren Abflufs der Hochwasser, sowie der Verminderung der Gefahr eines Dammbrechens;

3. hinsichtlich der Herabsetzung der Ausgaben für die Befestigung der Korrekturenswerke;
4. hinsichtlich der Hebung des Grundwasserstandes durch die Befestigung und Erhöhung der Stromsohle.

Beide Uferstaaten dürften sich bezüglich aller 4 Punkte die gleichen Vorteile versprechen.

Von der Ansicht ausgehend, „dafs das, was Strafsburg Nutzen bringe, Mannheim schade“, sind mancherlei Stimmen gegen die Bestrebungen zur Verbesserung der Schiffbarkeit des Oberrheines in der Presse laut geworden.

Aber Strafsburg mufs für die Rheinschiffahrt grofse Opfer bringen und Mannheimer, Kölner, Ruhrorter, Duisburger Häuser werden mit ihm davon den Nutzen ziehen.

Mannheimer Kapital und Intelligenz wird sich in Strafsburg niederlassen, Filialen daselbst gründen und fertig gerüstet, geschäftserfahren, den Hauptvorteil von der Entwicklung der Schiffahrt an sich reifsen.

Den Reichseisenbahnen werden die Elsaßs-Lothringischen Kanäle einen grofsen Teil der in Strafsburg umgeladenen Rheinfrachten entziehen. Baden hat dagegen keine Kanäle, die badischen Eisenbahnen sind Staatseigentum und sie werden von dem Aufblühen der Rheinschiffahrt an den verschiedensten Punkten des badischen Ufers, z. B. Plittersdorf, Greffern, Freistett, Kehl, zweifellos gewinnen. Sie haben im Schwarzwalde und in Württemberg noch ein weites Transportfeld. Die Lage von Kehl ist für eine grofsartige Hafenanlage besser geschaffen, wie die von Strafsburg, deren drei Festungsraysen einer freien Entwicklung der Bauhätigkeit zahlreiche und schwer zu behebende Hindernisse bieten. Zudem ist der badische Staat Eigentümer des für den Kehler Hafen benötigten Geländes.

Die Ausführung der Rheinregulierung erspart den Uferstaaten einige andere Bauten, deren Kosten füglich von den Ausgaben für die Rheinregulierung in Abzug zu bringen wären.

Baden beabsichtigte, die schädlichen Folgen der Senkung des Grundwasserstandes im oberen Rheinthale durch den Bau eines Bewässerungs- und Triebkraft-Kanales auszugleichen, der bei Hünningen am rechten Rheinufer abzweigen, über Kirchen, Bellingen, Neuenburg, Heitersheim, Feldkirch, Wasemweiler ziehen und bei Gottenheim in den Dreisam-Kanal münden sollte. Damit sein Wasser nicht durch den Untergrund nach dem Rheine wieder abziehe, war vorgesehen, seine Sohle zu betonieren. Die Vorarbeiten zu diesem Projekte haben schon rund 30000 M. gekostet; die Baukosten selbst waren zu 18000000 M. veranschlagt.

Ein Teil der Ausgaben für diesen Kanalbau würde gespart, wenn die Rheinsohle in der weiter unten beschriebenen Weise gehoben und befestigt werden würde. Elsaßs-Lothringen beabsichtigt, bei Hünningen ein Wehr quer durch den Rhein zu legen, um den Niederwasserspiegel desselben so weit zu heben, dafs die für die Speisung des Hünninger Kanals erforderliche Wassermenge aus dem Rhein über die infolge der Senkung des Rheinbettes zu hoch liegende Sohle der Hünninger Schleuse hinwegströmt. Eine Hebung des Niederwasserspiegels des Rheines durch eine Einschränkung seines Profiles ist auf der festen Stromsohle bei Breisach notwendig, um die Speisung des Breisacher Kanals sicher zu stellen.

Unterhalb Schleuse 88 bei Straßburg muß seiner Zeit ebenfalls die Rheinsohle befestigt werden, damit den Schiffen die Einfahrt in diese Schleuse, sowie in den geplanten neuen Hafen gewahrt wird. Bei fortdauernder Auswaschung des Rheinbettes wird der Unterdrempel der Schleuse 88 sonst eines Tages zu hoch liegen und die Schiffe werden auf demselben aufsitzen.

Dem Landesausschusse für Elsaßs-Lothringen wurde bei seiner Tagung im Jahre 1895 ein Projekt zur Anlage eines Seitenkanales zum Rheine vorgelegt, der von Schleuse 88 am III-Rhein-Kanal ungefähr parallel zum Rheine ziehend in denselben zwischen Km. 129 bis 130 ausmünden sollte. Die Notwendigkeit des Baues war durch die fortgesetzte Bewegung der Kiesbänke bewiesen. Wenn sich eine Kiesbank vor die Mündung des Kleinen Rheines unterhalb Km. 127 vorschiebt, so ist den großen Rheinschiffen die Einfahrt nach Straßburg verschlossen, bis durch zeitraubende Baggerungen der Weg für sie wieder frei gemacht worden ist. Deshalb sollte eine zweite Einfahrt zur Schleuse 88 am Kleinen Rhein gebaut und der Großschiffahrt die jederzeit sichere Zufuhr zu derselben auf dem einen oder anderen Wege gewahrt werden. Denn der Fall, daß Kiesbänke gleichzeitig die Mündung des Seitenkanales und des Kleinen Rheines verlegen würden, ist kaum zu befürchten.

Zur Ausführung des Seitenkanales waren 250000 Mark von der Regierung verlangt, die Bewilligung derselben vom Landesausschusse aber vertagt worden. Durch die Befestigung der Sohle des Rheines, die Abschwemmung der Kiesbänke in die Tiefen des Stromes, kurz, durch die Regulierung wird diese Ausgabe, sowie diejenige für den Bau von Grundwehren bei Hüningen und Breisach erspart.

## 6. Die Interessen der anderen Rheinuferstaaten.

Die Interessen der anderen Rheinuferstaaten außer Baden und Elsaßs-Lothringen an der Rheinregulierung bestehen nicht nur in dem Anteile, den ihre Schiffahrt und ihr Handel an der Erschließung eines großen Absatzfeldes hat. Der Beweis dafür ist unschwer zu erbringen. Die Kiesbänke, die zur Zeit noch aus dem Elsaßs in die Pfalz und weiter zu Sand und Schlick zerrieben in den Rheingau und bis ins Meer wandern, wenn sie nicht vorher in Holland oder in den deutschen Rheinlanden ausgebaggert werden, bleiben bei der Regulierung in den Tiefen des Oberlaufes. Die unterhalb der Regulierungsgrenze liegenden Uferstaaten erhalten infolge der Regulierung oberhalb Lauterburg weniger Geschiebe, sie gewinnen eine gewisse Sicherheit gegen die Versandung ihrer Fahrinne. Dieselbe wird wachsen, je mehr alle Uferstaaten bemüht sein werden, auch in den Nebenflüssen des Rheines alle Geschiebe festzulagern.

Wenn es mittels einer neuen Regulierungsmethode leichter und billiger ist, die Sinkstoffe aus dem Wasser zu scheiden und im Flusse zweckmäßig zur dauernden Lagerung zu bringen, als sie unter Wasser zu baggern, so werden gewiß auch Bayern, Hessen und Preußen dankbar die ihnen daraus erwachsenden Vorteile annehmen, wenn sie sich auch schwerlich bereit finden lassen dürften, ihren Dank durch Beiträge zu den Baukosten des Niederwasserbettes im Oberrheine auszudrücken.

## 7. Die an die Rheinregulierung zu stellenden Forderungen.

Dieselben sind die folgenden:

- a. die Steigerung der Hochwassergefahr muß nicht nur vermieden, sondern eine Senkung des Hochwasserspiegels erzielt werden. Dazu sind:

- b. die Querprofile des Stromes entsprechend dem Gefälle, der Erweiterung in den Kurven, der Teilung durch die Altwasser und der Vergrößerung der Wassermasse durch die sichtbaren Zuflüsse von oben nach unten vorsichtig zu bemessen;
- c. die Spaltungen des Stromes im Nieder- und Mittelwasserbette müssen unterdrückt, die Kiesbänke abgeschwemmt und die Tiefen damit ausgefüllt werden.
- d. Wo Spaltungen des Stromes, d. h. Hauptrhein und Altwasser bestehen bleiben müssen, ist bei Feststellung des Stromquerschnittes zwischen der Abzweigung und der Wiedervereinigung die Verminderung der Durchflussmengen im Hauptbette durch Profileinschränkung zu berücksichtigen.
- e. Im Längenprofil müssen alle Unregelmäßigkeiten des Gefälles, die der Strom selbst ausgearbeitet hat, beseitigt bzw. in Zukunft unmöglich gemacht werden.
- f. Die wasserseitigen Böschungen der Korrektionswerke sind unter dem gepflasterten Vorfusse so flach anzulegen, daß die Sinkstoffe sich ihrer Größe und ihrem natürlichen Ruhewinkel entsprechend ablagern; grober Kies in der Bahn der größten Geschwindigkeit, feiner Kies und Sand nach beiden Ufern zu, sodafs sie auch von den bei Hochwasser vermehrten Geschwindigkeiten der Strömung aus diesem Beharrungszustande nicht herausgerissen werden.
- g. Wie die Böschungen, so muß auch die Stromsohle gegen die spülende Kraft des Wassers geschützt, d. h. befestigt werden.
- h. Die scharfen Kurven des Thalweges bei Niederwasser sind sanfter zu gestalten.
- i. Die geringsten Tiefen im Thalwege, die über den Schwellen liegen, müssen beim kleinsten Niederwasser auf mindestens 70 m Breite noch 2,30, also 30 cm mehr als ein 2 m tief gehendes Rheinschiff betragen.
- k. Zur Umänderung der Stromprofile ist aufer den konstruktiven Mitteln, die sozusagen das Gerippe des neuen Bettes bilden, die lebendige Kraft des Wassers gegeben und dazu auszunutzen, um Kies und Sand an den Stellen wegzunehmen, wo beide nicht hingehören und sie dort abzulagern, wo sie nach menschlichem Willen zur Ruhe gelangen sollen; die Wanderung des Kieses im regulierten Strome muß aufhören.
- l. Baggerungen sind zu vermeiden, wenn nicht besondere Bedürfnisse der Schifffahrt das Vorkommen fester Kiesablagerungen oder der Wunsch nach Beschleunigung der Regulierungsarbeiten sie notwendig machen.

Diese Forderungen werden durch die vorhergegangenen Ausführungen über den hentigen Zustand des korrigierten Rheines, die Arbeiten und Ausgaben zur Unterhaltung der Korrektionswerke und die Ansprüche der Schifffahrt begründet und wird später gezeigt werden, mit welchen Mitteln sie zu erreichen sind.

### 8. Die technische Möglichkeit der Rheinregulierung.

Die Möglichkeit der Rheinregulierung wird von den Rheinuferebewohnern und Schiffern bestritten, denen die Kiesbänke so sicher zum Strome gehören, wie die Sterne zum Firmamente. Ein Wasserbautechniker, der sich dabei beruhigt, ist ihrer Zustimmung

gewifs. Sie sehen im Hochwasserschutz, in der Befestigung der Korrekationswerke und in der Abschließung des Stromes von den Altrheinen die Grenzen wasserbautechnischen Könnens gegeben.

Die Möglichkeit der Rheinregulierung darf aber von dem, der sie durchführen will, nicht bezweifelt werden. Je gröfser die Aufgabe, um so gröfser mufs der Mut, die Hingabe für dieselbe sein, um so gröfser die Vorsicht, mit der sie durchgeführt wird, weil Fehler nicht mehr zu verbessern sein werden. Wer dem Zufall, oder der Gewalt des Stromes dabei einen unbezwinglichen Einflufs einräumt, verrät Willensschwäche. Der Strom mufs die Bahnen annehmen, die der Wasserbautechniker ihm vorschreibt und er mufs selbst Hilfe dazu leisten.

Welche Beweise für die Unmöglichkeit der Rheinregulierung liegen denn vor?

Es ist

1. am Oberrhein noch kein Versuch der Regulierung gemacht worden, also keiner gescheitert. Es sind
2. andere im Alluvium im Rheinthale liegende Flüsse mit Erfolg reguliert worden, wie z. B. die Unterläufe der Murg und der Kinzig in Baden, die Kraft im Elsaß. Letztere empfängt das Hochwasser der Ill durch den sogen. Ersteiner Hochwasserkanal und leitet es mit 0,80 kilometrischem Gefälle in den Rhein. Der Kleine Rhein hat eine wenig veränderliche Sohle, auf welcher Gleichgewicht zwischen der Schubkraft des Stromes und dem Widerstande des Alluviums besteht, weil keine Sturzgefälle vorhanden sind.
3. Es giebt bekannte, anwendbare, wenn auch kostspielige, an anderen Flüssen erprobte Mittel, die zur Regulierung des Rheines benutzt werden könnten.
4. Es sind bisher öffentlich keine Schritte gethan worden, um neue, der heutigen Technik angemessene, voraussichtlich sichere und dabei billige Vorschläge, mit denen die Rheinregulierung zweckentsprechend und in kurzer Zeit hergestellt werden könnte, von Sachverständigen zu erhalten.

## 9. Beweis für die Möglichkeit der Rheinregulierung.

Um den Beweis zu erbringen, dafs der Rhein in einem seiner Durchflufsmenge angemessenen, geschlossenen Bett selbst im Rheinkies nicht die steten Veränderungen hervorrufen kann, wie sie in seinem jetzigen zu grofsen Mittelwasserprofile zu finden sind, verweise ich auf den seit Jahren gleich guten baulichen Zustand des Kleinen Rheines.

Derselbe zweigt sich vom Rheine in Km. 123,5 ab und fließt ihm in Km. 127 wieder zu. Der Rhein hat auf diesem 3438 m langen Laufe 2,25 m absolutes Gefälle, während der Kleine Rhein 4480 m Länge in der Stromaxe besitzt. Das relative Gefälle des Rheines beträgt auf der bezeichneten Strecke 0,000655 m, das des Kleinen Rheines 0,000502 m und ebenso ist die Wassergeschwindigkeit im Kleinen Rhein entsprechend geringer als in der Strecke Km. 123,5 bis 127 des Rheines. Das kleinere Gefälle und die geringere Strömung erklären aber die Beständigkeit der Sohle des Kleinen Rheines allein nicht, denn es finden sich in anderen weiter abwärts gelegenen Rheinstrecken viel geringere relative Gefälle und doch eine beständige Bewegung der Geschiebe.

Liegt auch die unbefestigte Sohle des Kleinen Rheines so hoch, dafs nicht die geringen Niederwasser, sondern nur die Mittel- und Hochwasser ihm zufließen, dafs die

Fluten nur an 200 bis 250 Tagen im Jahre ihre nagende Thätigkeit auf ihr ausüben können<sup>19)</sup>, so erläutert dies doch nicht den besseren Zustand des Kleinen Rheines, dessen Axe sich dabei mehr schlängelt, als die des Rheines selbst. Es kann als Grund der guten, festen Lage des Kieses auf der Sohle des Kleinen Rheines nur die zweckmäßige, geschlossene Profilform und das gleichmäßige, nie stufenweise durch Schwellenbildung sich verändernde Sohlengefälle angesehen werden. Wo am Kleinen Rhein die Einheit des Profils durch eine Verbreiterung am Einlauf des sog. „Rheinfelder Giefsens“ unterbrochen wird, da liegt auch immer eine diminutive Kiesbank an der linken Seite und eine Kiesanschwemmung am rechten Ufer. Wenn es nun für das ebenfalls im Alluvium eingeschnittene Bett des Kleinen Rheines gewisse Bedingungen für die Erhaltung seiner Sohle giebt, so müssen sie, auf den Rheinstrom übertragen, die gleichen Wirkungen hervorbringen.

Auch an der Isar ist es trotz der stärkeren Gefälle von 1:200 bis 1:500 dem Königlich Bayrischen Bauamtmann Wolff in Landshut gelungen, mit anderen, billigeren Mitteln als Steinbauten Uferschutzanlagen auszuführen, die, dem Charakter des Flusses angepaßt, gute Erfolge gehabt haben. Leider hat er sein System nicht zu derjenigen Vollkommenheit ausgebildet, deren es fähig ist.<sup>20)</sup>

Ich gestehe, dafs ich mich zu der Ansicht der Möglichkeit der Rheinregulierung auch erst in den letzten Jahren, während welcher ich den Charakter des Stromes genau selbst beobachten konnte, bekehrt habe.

Dartüber war ich mir bald klar, dafs dazu auf die Anwendung bekannter Konstruktionen Verzicht geleistet werden müfste. Denn Hagen sagt schon von den Parallelwerken in Stein, „dafs der größte Übelstand, der gewöhnlich die Veranlassung zu der Zerstörung gegeben habe, der Übersturz des Wassers über dieselben gewesen sei“<sup>21)</sup>, und von den Buhnen: „dafs der Übersturz unter allen Umständen eine Vertiefung nach der unteren Seite der Buhne veranlassen werde.“<sup>22)</sup>

Auf Seite 410—412 schildert er das Mißtrauen der französischen Ingenieure gegen die Anwendung von massiven Buhnen auf Grund der von ihnen am Oberrhein wie an der Loire gemachten schlimmen Erfahrungen.

Warum sollten wir aus diesen Erfahrungen keine Lehre ziehen, sondern sie noch einmal selbst machen, nochmals Geld, Zeit und Arbeitskraft daran verschwenden wollen? Der Unterschied der Verhältnisse der Loire unterhalb Nevers und des Oberrheins zwischen Hünigen-Speyer ist aufser der verschiedenen Wasserführung und dem verschiedenen Gefälle der, dafs das Bett der Loire aus Sand, das des Oberrheins aus Kies besteht.

Die Vermeidung des Übersturzes des Wassers über das zur Profilgestaltung erforderliche feste Gerippe sah und sehe ich als die hauptsächlichste, für die Rheinregulierung zu lösende Aufgabe an.

## 10. Mit Steinbauten ausgeführte Flufsregulierungen.

Zur Regulierung vieler Flüsse sind Steine mit Nutzen verwendet worden. Am Mittel- und Unterrhein, an der Mosel, der Elbe, der Donau, der Rhone u. a. m. wurden

<sup>19)</sup> Die Böschungen sind unten mit Steinwurf gedeckt, über den mittleren Wasserständen abgepflastert.

<sup>20)</sup> Vergl. Litteraturverzeichnis.

<sup>21)</sup> Hagen a. a. O. Teil II, S. 387.

<sup>22)</sup> Dasselbst S. 408.

Buhnen, Leitwerke und Pflasterungen mit ihnen hergestellt. Auf fester Stromsohle finden Steine ein gutes Fundament, die Reibung auf derselben erhöht ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Stofskraft des Wassers oder die Unterspülung durch dasselbe, auch wenn sie nicht in festem Verband liegen, d. h. verpflastert worden sind. Steine von grossem spezifischem Gewicht und grosser Wetterbeständigkeit, mit rauher Bruchfläche und mit scharfen Kanten versehen, empfehlen sich besonders zu Wasserbauten, wenn sie mit mässigen Kosten zu beschaffen sind. An den Ufern der vorher genannten Flüsse liegen unerschöpfliche Steinbrüche, aus denen die Bausteine mit Eisenbahn- oder Rollwagen an die Schiffe gefahren und direkt in diese entladen werden. Der Wassertransport zu Thal ist sehr billig. An der Rhone konnte 1 cbm vulkanischer Bruchsteine zum Preise von 2,40 bis 3,20 M. auf die Baustelle geliefert werden.

Am Oberrhein hat Tulla seit 1809 die Befestigung der Ufer mittels Faschinen und Rauhwehr aus Weiden durch Steinbauten ersetzt.

Zwischen Strafsburg und Lauterburg kosten die billigsten Vogesensandsteine beinahe das Doppelte der Steine an der Rhone, da sie etwa 60 km weit auf dem Rhein-Marne- und Ill-Rhein-Kanal bis in den Rhein und auf diesem im Mittel noch 22 km weit zu Thal verfrachtet werden müssen. Der Preis eines cbm Vogesensandstein beträgt auf dieser Strecke 5 bis 6 M., wozu die Kosten des Aufsetzens in mefzbare Haufen mit 0,20 M. treten.

Vulkanische Steine vom Schwarzwald werden nicht unter 8 M. für 1 cbm zwischen Strafsburg und Lauterburg an den Rhein geliefert. In der Nähe von Neubreisach kosten sogar Vogesensandsteine am Rheinufer 9 bis 10 M. das cbm. Trotzdem sind sie den dort vorkommenden Kalksteinen von Tuniberg, für die je nach der Qualität 3 bis 5 M. f. d. cbm gezahlt werden, vorzuziehen. Diese Kalksteine werden schon nach 2 bis 3 Wintern vom Froste da zerstört, wo sie abwechselnd im Wasser und an der Luft liegen, während die Dauer der Vogesensandsteine in so gefährdeter Lage doch 6 bis 8 Jahre beträgt.

Ungerechnet ist in diesen Preisangaben der Lohn für die Verarbeitung der Steine zu Senkwürsten oder ihre Verwendung zu Steindeckungen.

Das spezifische Gewicht der Vogesensandsteine ist etwa 7,3% geringer als dasjenige vulkanischer Steine, die härter sind und sich nicht so rasch abschleifen. Das Bankeis, welches sich bei niedrigen Wasserständen über dem Steinwurf der Böschung bildet, hebt Sandsteine bei steigendem Rheine leichter als vulkanische Steine aus ihrer Lage und verschleppt sie in den Strom.

Damit soll jedoch kein absprechendes Urteil gegen die Verwendung von Vogesensandsteinen für die Rheinbauten ausgesprochen werden; die lokalen Verhältnisse bestimmen die Entscheidung. Steine haben sich zur Pflasterung des Vorfusses, der darüber liegenden Böschungen und der Krone der Parallelwerke bewährt, daher kann ihre fernere Verwendung im festen Verbande über Niederwasser nur empfohlen werden. Sind die Pflasterfugen erst einmal mit Gras verwachsen — was allerdings blofs über dem mittleren Sommerwasserstande geschieht — so sind Hochwasserschäden an der Pflasterung wenig zu fürchten. Wenn die Strömung mit dem Pflaster parallel läuft oder es nur in sehr spitzem Winkel trifft, so greift sie es auch bei den höchsten, doch nie lange dauernden Wasserständen wenig und um so weniger an, je fester die Fugen vom Graswuchs geschlossen sind. Unter Wasser Steine zur Befestigung der Stromsohle des Rheines zu gebrauchen, ist kaum rätlich, da es nur in Schüttungen oder mittels Einwerfen von Senkwürsten geschehen könnte. Jeder Stein aber, der dem strömenden Wasser eine

oder mehrere Angriffsflächen bietet, wird zum Stein des Anstosses, an dem die Strömung ihre Kraft erprobt. Ist er selbst widerstandsfähig, so trifft sie vielleicht einen schwächeren Nachbar, hebt ihn aus seiner Ruhelage und gefährdet so den dritten und die folgenden Steine. Das spezifische Gewicht der Steine hat dabei einen nicht zu unterschätzenden Einfluß, ebenso ihre Form, der Rauheitsgrad ihrer Seiten und die Schärfe ihrer Kanten. Selbst eine Schüttung durch Trichter und eiserne Röhren, wie sie bei der Betonierung in ruhigem Wasser angewandt wird, giebt die Sicherheit nicht, die Steine genau an der beabsichtigten Stelle in den angestrebten Linien zu lagern, weil die Strömung dem entgegen wirkt. Jede Unebenheit auf der Flußsohle, jeder Widerstand, der dem Laufe der Wasserfäden entgegengesetzt wird, erzeugt Störungen des ruhigen Wasserabflusses, der Ablagerung der Geschiebe, zu deren Beseitigung neue Steinmassen gebraucht werden. Der Bedarf zur Regulierung wird über den weitestehenden Anschlag hinaus anwachsen, bei der großen Breite und Tiefe des Rheines würden für die Senkbuhnen, Grundschwellen, Leitwerke und Uferdeckungen Berge von Steinen verwendet werden müssen. Da die Sandsteine wegen ihres geringeren spezifischen Gewichtes für Rheinbauten als „weniger geeignet“ bezeichnet werden müssen, so müssen vulkanische Steine herbeigeschafft und die rund 30% höheren Preise für dieselben angelegt werden.

Auch die Verwendung von Kiessenkwürsten ist in Erwägung zu ziehen. Sie haben den wesentlichen Vorzug, 50% billiger als Sandsteinsenkwürste zu sein. Das Material, der Kies dazu ist im und am Rheine vorhanden; Faschinenholz, Draht und Arbeitslöhne für die Anfertigung und Verlegung erfordern die ähnlichen Ausgaben wie die Steinsenkwürste gleicher Größe. Dagegen ist ihre Dauer geringer.<sup>23)</sup> Die Strömung spült den Sand aus der Senkwurst heraus, der unvermeidlich mit dem Kies darin vermischt ist. Dann fällt der Kies zusammen; die Form der Kiessenkwurfst ändert sich, sie verliert an Inhalt; neue Senkwürste müssen die fehlenden Massen ergänzen, bevor das angestrebte Flußprofil sich ausgebildet hat. Viele Bauten, die mit Kiessenkwürsten errichtet worden sind, mußten im Laufe der Zeit wiederholt erneuert werden. Den geringeren Kosten des Neubaus würden viel höhere Forderungen für die Unterhaltung folgen; die Zukunft würde die Ersparnisse der Gegenwart mehrfach bezahlen müssen.

Der Arbeitsfortschritt der Regulierung mit Kiessenkwürsten ist der gleiche, als der mit Steinsenkwürsten, deren Dauer für die Strecke von Straßburg bis zur pfälzischen Grenze von maßgebender Stelle zu 10 bis 12 Jahren geschätzt worden ist. Aus allen diesen Gründen scheint die Verwendung von Kiessenkwürsten zur Rheinregulierung wirtschaftlich nicht gerechtfertigt.

Die Fortschritte der Technik des 19. Jahrhunderts haben dem Uferschutze nichts Neues gebracht. Doch werden die Stein- und Kiessenkwürste nicht mehr mit Weiden, sondern seit 1848 am Oberrhein mit Draht gebunden.

Der öffentliche Wettbewerb der Privatindustrie hat der Technik des Wasserbaues gefehlt. Die Staaten sind Bauherren; in ihren Verwaltungskörpern findet der Trieb nach Neuerungen selten lockeren Boden, Wärme und Licht.

Folgt aber der Erkenntnis des Mangelhaften der Vorsatz, Besseres zu schaffen, so wird der ernste Wille auch die rechten Mittel dazu finden.

Von alten Meistern, so sehr sie auch die Technik ihrer Zeit beherrschten, können wir sie nicht lernen. In technischen Lehrbüchern suchen wir sie vergebens; die Theorie

<sup>23)</sup> Vergl. Defontaine a. a. O. und Hagen a. a. O. Teil II, S. 412.

bietet sie uns nicht, denn sonst wären sie Gemeingut. Wir müssen uns deshalb dem Studium der Natur zuwenden, ihr ablauschen, wie sie es macht, um der Strömung zu wehren, ein Ufer zu zerstören oder zu schützen, eine Kiesbank aufzuwerfen oder abzuschwemmen. Und dann müssen wir versuchen, sie mit den Mitteln nachzuahmen, die die so hoch entwickelte Industrie der Gegenwart dazu bietet.

Dafs im allgemeinen Baggerungen dazu nicht gehören, wenn sie auch in gewissen Fällen unentbehrlich sind, soll vorher noch besprochen werden.

## II. Die Arbeitsleistung des strömenden Wassers gegenüber der Baggermaschine.

Zur Verbesserung der Schiffbarkeit vieler Flüsse sind Baggerungen in bedeutendem Umfange ausgeführt worden.

An der oberen Merwede in Holland z. B. wurden zur Herstellung einer einheitlichen Fahrrinne von 250 bis 300 m Breite in dem 600 m breiten Strombette Baggerungen vorgenommen, deren Masse 2750000 cbm in 6 Jahren erreichte. Im Mittel wurden also jährlich 458333 cbm, bei 300 Arbeitstagen im Jahre täglich 1527 cbm Boden gebaggert. Der Strom führte aber jährlich im Mittel 1800000 cbm Sinkstoffe zu Thal, also rund 4mal mehr als die Baggermenge betrug.<sup>24)</sup> Die dort so geringe Stromkraft leistete danach 4mal mehr, als die mächtigsten Baggermaschinen zu leisten vermochten.

Über die viel größere Transportfähigkeit des Wassers sei folgende Notiz eingeschaltet.<sup>25)</sup> „Die Durchstechung des Dünendamms in der regulierten Weichselmündung und der Ostsee erfolgte bei einem Wasserstande von + 4,53 m über N. N. um 3 Uhr 45 Minuten nachmittags und bereits am Morgen des 1. April war der Dünenleitgraben durch die auftretende gewaltige Strömung auf 300 m erweitert. Diese erhebliche Räumung entspricht einer Förderleistung des Stromes von etwa 2000000 cbm Dünensand in 16 Stunden und läßt eine plangemäße Ausbildung der neuen Mündung noch in diesem Frühjahr erhoffen.“

Zu dieser Leistung wären 1000 Baggermaschinen erforderlich gewesen, wenn jede in der Arbeitsstunde 125 cbm Baggergut gefördert hätte.

Hagen berichtet von der Regulierung des Clyde: „Der Strom selbst wirkte sogar viel kräftiger auf die Vertiefung seines Bettes hin, als die Baggermaschinen.“ Eben-  
dasselbst erzählt er von den erfolglosen Baggerungen in der Themse.<sup>26)</sup>

Es ist unzweifelhaft, dafs Maschinenkräfte nicht im stande sind, die Leistungen der Naturkräfte an Gröfse zu übertreffen. Zum Beweise dessen bemerke ich, dafs die effektive Leistung der Stromkraft des Rheines nach der allgemeinen Formel

$$L = \frac{v^2}{4g} Q \cdot \gamma$$

sich für die folgenden Geschwindigkeiten  $v$  und Wassermengen  $Q$  wie nachstehend stellt:

1. Niederwasser:

$$v = 1,50 \text{ m}, Q = 360 \text{ cbm, also rund } 206 \text{ HP.}$$

2. Mittelwasser:

$$v = 2 \text{ m}, Q = 1200 \text{ cbm, also rund } 1631 \text{ HP.}$$

3. Hochwasser:

$$v = 3,50 \text{ m}, Q = 6000 \text{ cbm, also rund } 24978 \text{ HP.}$$

Diese gewaltigen Kräfte, die nie ermüdend im stande sind, Kies- und Sandbänke im Strombette aufzuwerfen, reichen, richtig geleitet, im allgemeinen auch aus, die S. 55 u. ff.

<sup>24)</sup> Aus den Denkschriften des 6. Internationalen Binnenschiffahrts-Kongresses im Haag, 1894.

<sup>25)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 139.

<sup>26)</sup> Vergl. Hagen a. a. O. S. 348 u. 349.

in Vorschlag gebrachten Gitterwerke schnell mit Kies zu bedecken. Im Rheine kann vielleicht die Notwendigkeit einer künstlichen Vertiefung der Sohle durch mechanische Einwirkung an einzelnen hochgelegenen Schwellen eintreten, deren Senkung durch den gewöhnlichen seitlichen Anbruch die Strömung zu bewirken nicht im stande ist.

Bei der schuppenförmigen Lagerung der Kiesel ist es nämlich nach dem Schluß einer Nebenrinne und der Vereinigung der ganzen Stromkraft im Thalwege nicht absolut sicher, daß diese Kraft bei Mittelwasser stark genug ist, das von Schlick bedeckte glatte Geschiebe an der Oberfläche anzugreifen und abzutragen. Den Ansprüchen der Schifffahrt auf Vertiefung der Schwellen wird es bei Nieder- und Mittelwasser mindestens nicht immer schnell genug gehen. Da muß dann nach dem Schluß der Nebenrinne durch Baggerung oder durch Auflockerung der Sohle mittels Exkavatoren — Greifbagger — nachgeholfen werden. Die eisernen Zähne derselben werden die Kiesel aus dem Grunde reißen und die Strömung sie weiter führen, bis sie in tiefem Wasser zur Ruhe kommen.

## 12. Vorbilder für die Ausscheidung treibender Sinkstoffe aus dem Wasser und der Luft.

Die Wirkung wasserbautechnischer Anlagen wird klarer durch die Erfahrung, als durch die Theorie. Studieren wir die Natur, um von ihr zu lernen.

In dem Bette vieler Bäche und Flüsse, der Weiher und Seen, an den Ufern vieler Altrheine wehren die am Wasser wachsenden Pflanzen, besonders die Seggen (*Carex*), ferner die Schwaden (*Glyceria spectabilis* und *Glyceria fluitans*), sowie die unter und über Wasser wachsenden Pflanzen, das Rohr (*Scirpus* und *Phragmites communis*), das Schilf (*Calamagrostis litorea*), die Binsen (*Juncus*) dem Angriffe der Wellen, die ihre Kraft darin brechen, den Schlamm, den sie mitführen, dazwischen absetzen und träge, machtlos über die Sohle gleiten, ohne sie anzugreifen oder an den Böschungen lecken, ohne sie abzuspülen.

Sehen wir uns am Meeresstrande um:

Über die Düne läuft mit dem Winde der Sand, bis der Grashalm, der Ginster, kurz, der Pflanzenwuchs ihn aufhält und ihn zur Ruhe bringt.

Suchen wir im Rheinthal nach Beispielen, wie die Sinkstoffe aus dem Wasser ausgeschieden werden, so finden wir zunächst die Weidenpflanzungen, die diese Aufgabe übernehmen. Auf dem Gelände zwischen dem Korrektionswerk und den Hochwasserdämmen, dem sogen. Vorlande stehend, hemmen sie die Geschwindigkeit des Hochwassers, bringen die gröberen Sinkstoffe, die es mit sich führt, zur Ablagerung und schützen die Oberfläche des Vorlandes vor den Angriffen des Wassers. Die Weiden sind dazu vorzüglich geeignet, weil die schnell vorüberziehende Hochwasserwelle ihre Lebensfähigkeit nicht beeinträchtigt. Dauernd unter Wasser stehend, müßten sie absterben. Abgeschnitten, wachsen sie mit großer Schnelligkeit nach.

Auf den Kiesbänken im Rheine sieht man hier und da im Frühjahr oder Sommer einen mehrere Meter breiten, etwa 1 m hohen Flechtzaun aus Weiden, den arme Sandzieher da aufgestellt haben. Bei hohen Rheinständen läuft die Strömung durch seine Maschen; die größeren Geschiebe, die sie mitführt, bleiben vor dem Zaun, der Sand im ruhigen Wasser hinter ihm liegen. Ist die Flut abgezogen, so kann der Sand dort in reinem Zustande weggenommen werden; der Strom selbst hat Kiesel und Sand mittels des von Menschenhand aufgestellten Siebes gesichtet; der Sand braucht nicht erst durchgattert zu werden.

Die Weiden, das Geflecht, Rohr, Schilf, Binsen, Gras und Ginster lassen dem Wasser wie dem Winde freien Lauf, schwächen ihre Kraft aber ab. Im Schutze des Pflanzenwuchses oder des Geflechtes legen sich die Sinkstoffe allmählich ruhig zu Boden; nur neue, viel gröfsere Kräfte, als die sind, welche sie herangeführt, vermögen sie aus ihrer Trägheit zu stören.

Ursache und Wirkung sind klar. Es wird daraus schon deutlich, dafs und in welcher Weise ein ähnlicher Erfolg auf einer unter Wasser gelegenen Fläche, auf einer Bach-, Flufs- oder Stromsohle, hervorgebracht werden kann; sanft, langsam, stetig und sicher fortschreitend.

12. Vorbilder für die Ausscheidung treibender Sinkstoffe aus dem Wasser und der Luft.

Die Wirkung wasserbautechnischer Anlagen wird klarer durch die Erfahrung als durch die Theorie. Städtchen wie die Natur, um vor ihr zu lernen, sind in dem Felde vieler Bäche und Flüsse, der Wälder und Seen, an den Ufern vieler Abflüsse wehnen die am Wasser wachsenden Pflanzen, besonders die Seggen (Klaas), fern die Schwämme (Glyceria spicabilis und Glyceria fluitans), sowie die nasser und über Wasser wachsenden Pflanzen, das Rohr (Scirpus) und Färgelweiden (Sagittaria (Wasserschwamm (Linné), die Binsen (Linné), dem Angriffe der Wellen, die ihre Kraft darin brachen, den Schwamm den sie anfühlten, dazwischen absetzen und trägt, nicht so über die Sohle glitten, ohne sie auszugleiten oder an den Hörschwämmen fassen, ohne sie abzuspülen.

Schon wir aus am Meeresstrande am: Über die Düne tritt mit dem Winde der Sand, bis der Grashalm, der Ginster, kurz der Pharusweide im nachfolgenden und ihn zur Höhe bringt. Samen wie im Rheintal nach Beispielen, wie die Sinkstoffe aus dem Wasser ausgeschieden werden, so fänden wir zunächst die Weidenpflanzen, die diese Aufgabe übernehmen. Auf dem Gelände zwischen dem Karthauswerk und dem Hochwasser, dem sogenannten Weidenstele, bemerken sie die Geschwindigkeit der Hochwasser, bringen die größeren Sinkstoffe, die es mit sich führt, zur Ablagerung und decken die Oberfläche des Vorlandes vor den Äuflüssen des Wassers. Die Weiden sind dazu vorzüglich geeignet, weil die schnell vorübergehende Hochwasserwelle ihre Lebensfähigkeit nicht beeinträchtigt. Danach unter Wasser stehend, müßten sie absterben. Abgeschnittene, wachsen sie mit großer Schnelligkeit nach.

Auf den Kiesbänken im Rheine sieht man hier und da im Frühjahr oder Sommer einen mehrere Meter hohen, etwa 1 m hohen Flechtman aus Weiden, den man Sandzieher an aufgestellt haben. Bei hohen Rheinständen läuft die Strömung durch seine Maschen; die größten Geschiebe, die sie mitführt, bleiben vor dem Sand, der Sand im ruhigen Wasser hinter ihm liegen. Ist die Flut abgezogen, so kann der Sand dort in seinem Zustande weggeworfen werden; der Strom selbst hat Kies und Sand mittels des von Menschenhand aufgestellten Siebes geschickt; der Sand braucht nicht erst durch gesiebt zu werden.

### III. Der Bau eiserner Leitwerke, Grundschwellen und Buhnen.

#### 1. Die Einführung des Eisens in die Technik des Wasserbaues.

Das 19. Jahrhundert ist das Jahrhundert des Eisens. Sein derzeit so niedriger Preis erlaubt den Versuch, es auch in der Technik des Wasserbaues zur Anwendung zu bringen; mit ihm Netze zu bauen, um den im Wasser treibenden Kies und Sand aufzufangen, den Strömen, Flüssen und Bächen so feste, sichere Betten zu geben, wie sie die Kanäle besitzen. Im Verein mit der im Wasserbau erprobten Weide verspricht dieser Versuch den technischen und wirtschaftlichen Erfolg, die bewegliche Sohle eines Flufslaufes sicher und billig zu befestigen.

Die Verwendung des Eisens zu einem festen Gerippe für das Flussbett stellt dem Wasserbautechniker allerdings eine der schwierigsten Aufgaben. Es ist die, mit alter Überlieferung und täglicher Gewohnheit zu brechen, neue Studien und Beobachtungen zu machen, seine Unterbeamten und Arbeiter aufs Neue in die Lehre zu nehmen; kurzum: in neue Schuhe zu treten, die im Anfange bekanntlich unbequem sitzen. Dafs das Eisen einen Ersatz für den Steinbau gewähren könnte, erscheint bei seinem gegenüber Steinen soviel höheren Werte auf den ersten Blick unwahrscheinlich und wird erst begreiflich, wenn man bedenkt, dafs sein hohes spezifisches Gewicht und der geringe Bedarf daran dem teuern Preise die Wage halten.

Nicht mit Eisenblöcken oder gewaltigen Eisenkonstruktionen soll das Ziel, die Ausbildung und Befestigung des ganzen beweglichen Bettes eines Sinkstoffe führenden Stromes, Flusses oder Baches erreicht werden; nein, mit leichten, billigen, die Eigenschaft der Teilbarkeit des Wassers berücksichtigenden Mitteln, die der Natur nachgeahmt sind.

Den Zweck, den letztere durch den Pflanzenwuchs erreicht, erreicht der Techniker durch die Herstellung von Drahtgitterbauten aus Eisen, die mit Weiden durchflochten, auf der Stromsohle und den Böschungen aufgerichtet oder bei geringer Stromtiefe direkt im Flussbette aufgestellt werden. Die Maschen des Drahtgewebes lassen dem Wasser so freien Lauf, als die Weiden; Rahmen und Draht bringen infolge der bedeutenden Kontraktionsfähigkeit des Wassers kaum eine Stauwirkung hervor.

Kies und Sand, die auf der Stromsohle wandern, werden aus dem Wasser getrennt und legen sich vor und hinter der Gitterwand ganz allmählich, aber stetig anwachsend, je nachdem sie der Strom mit sich bringt, zur ewigen Ruhe nieder, wie sie sich nach der Absicht des Hydrotekten legen müssen, um die von ihm angestrebte Form des Strombettes zu erreichen.

Mittels der Drahtgitterbauten kann die Stromsohle schnell und billig gehoben oder durch Profileinschränkungen gesenkt, die Richtung des Thalweges verändert oder festgelegt, die Strombreiten eingeengt, kurz, es können alle die Zwecke bei geschiebeführenden Wasserläufen erreicht werden, die bisher mühsamer und teurer mit Steinbauten erzielt worden sind.

Die Anwendung des Drahtgeflechtes zum Trennen, Ausscheiden von Kies und Sand ist alt, ebenso seine Benutzung zum Verschluss von horizontal liegenden Schachtöffnungen, durch welche das Wasser abfließen, das Eintreten fremder Körper aber verhindert werden soll.

Die Verwendung der Drahtgitter zu Grundschwellen, Senkbuhnen, Leitwerken, kurz zur Stauung der Sinkstoffe im strömenden Wasser dagegen ist die erstmalige Benutzung eines bekannten technischen Erzeugnisses zu einem Zweck, zu dessen Erreichung man sich bisher anderer Mittel bediente.

Die Aufstellung von Drahtgitterwänden zur Verhinderung der Geschiebebewegung in einem Flussbette muß selbst dem Laien einleuchten. Das Netzwerk bietet der Strömung je nach dem Verhältnis der Dicke des Drahtes zu der Größe der Maschen, die am Oberrhein zwischen 5 und 10 cm schwanken wird, nur  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{20}$  des Widerstandes, den ein fester Steinbau ihr entgegensetzt. Die Geschiebe, welche nicht durch die Maschen treiben, fallen infolge ihrer spezifischen Schwere vor dem Gitter auf die Sohle nieder, sie erhöhen dieselbe langsam, aber stetig. In gleichem Mafse entsteht am Grunde hinter der Wand ruhigeres Wasser als in den etwas höher fließenden Schichten vor derselben und alle Sinkstoffe, die durch die Maschen hindurchgeführt werden, bekommen Neigung, sich in diesem stilleren Wasser zu Boden zu legen; genau so wie es dem Kies und Sand hinter dem Weidenbusche oder dem Flugsand hinter dem Grase ergeht. Die hydraulischen bzw. die hydrostatischen Vorgänge sind entfernt ähnlich denen, die die steinernen Buhnen und Grundschwellen hervorbringen; jedoch erfolgen sie unter Vermeidung jeder störenden Bewegung der Wasserfäden. Während diese sich an der steinernen Buhne stoßen, mit Wellen und Wirbeln darüber hinwegsetzen und vor oder hinter der Buhne bzw. am Bühnenkopf den Grund auswaschen, bis die Verlandung von der nächsten Buhne unterhalb, also von unten nach oben schreitend, eingetreten, bzw. vollendet ist, legt das Wasser vor und hinter der Wand die Sinkstoffe, die es herabbringt, gleichmäßig, ohne Wellen, Wirbel und Widerströme nieder, weil der Stau vor den runden Drahtfäden, sowie vor dem dünnen Rahmen des Gitters ein verschwindend geringer ist.<sup>27)</sup> Je geschiebereicher der Strom, je größer die Wassermasse und das Gefälle, je schneller wird die Verlandung vor und hinter den Drahtgittern vor sich gehen. Die Kraft der Strömung und die Tiefe des zu verbauenden Stromes, die der Herstellung von Steinbauten unter Wasser so große Schwierigkeiten bereiten, sind für die Aufstellung der Drahtwände weniger zu fürchtende Hindernisse.

Etwaige Zweifler an der Thatsache, daß auch im Wasser lösliche Erdteilchen, Thon und Löss (Lehm) sich durch den stauenden Einfluss der Drahtgitter niederschlagen lassen, mache ich auf folgende Erscheinungen aufmerksam.

In Räumen, die mit Staub besonders gefüllt sind, setzt sich derselbe an den feinsten Fäden der Spinnengewebe fest, verdickt und belastet diese so, daß sie oft reißen. Die Öffnungen der Kornböden, der Putzkammern in den Mühlen und in manchen Spei-

<sup>27)</sup> Die Erhöhung der Sohle erfolgt sowohl vor als hinter der Gitterbuhne gleichmäßig, ob sie normale, deklinante oder inklinante Anlage zum Ufer hat.

chern werden mit Drahtgittern geschlossen, um neben dem Licht auch der Luft freien Eintritt und Durchgang, dem lästigen Staube im Innern dagegen freien Abzug nach außen zu gewähren. Auch sie bedeckt bald ein dicker Staubmantel. Wie an den Fäden der Spinnengewebe und an den Drahtgittern der Staub, so haftet nach kurzer Zeit an den Drähten der Gitter unter Wasser der Schlick, welcher mit der Zeit sich immer mehr verdickt und die Maschen, wenn auch nicht ganz, so doch zum Teil füllt.

Diese Erscheinungen weisen nach:

1. die Adhäsionsfähigkeit der Fäden der Spinnengewebe sowie des Drahtes;
2. die Adhäsionsneigung der einzelnen Staub- bzw. Schlickteilchen.

Eine solche Adhäsionsneigung haben die im Wasser schwimmenden Teilchen in viel höherem Maße, als die in der Luft schwebenden, weil sie schleimig und klebrig sind. Sie bilden da, wo sie haften und zur Ruhe kommen können, nach kurzer Zeit dicke Überzüge, die nicht wie der trockene Staub dem leichten Besen weichen, sondern bedeutend schärfere Mittel zur Störung ihres Gleichgewichtes brauchen. Die Schlickteilchen hängen sich an die Gitterdrähte fest an, sperren zwar nur langsam, aber sicher einem Wasserfädchen nach dem anderen den Durchgang, vermindern die Geschwindigkeit des Wassers hinter der Gitterwand und begünstigen dadurch die Ausscheidung zahlreicher von der Strömung getragener organischer Stoffe, seien sie dem unbewaffneten Auge sichtbar oder unsichtbar.

Außerdem ist zu berücksichtigen, daß Quallen, Algen und Wassermoose sich an den Drähten festsetzen, daß sich kohlenaurer Kalk und Eisenoxydul auf ihnen niederschlägt, die niedersten Arten der Wasserfauna (Schaltiere) sich an ihnen anklammern und so mit der Zeit die Querschnittsfläche der Maschen verkleinert wird.

Der Versuch, eine Drahtbühne in einem Flusse oder Bache einzulegen, in dem nur Thon- und Lößteilchen oder feiner Sand treiben, wird nach diesen Hinweisen überall Erfolg haben, wenn das örtlich passende Verhältnis zwischen der Größe der Maschen, der Dicke des Drahtes, der Richtung und der Geschwindigkeit der Strömung ermittelt ist. Die Aufgabe ist hier wie in dem grobe Geschiebe führenden Strome dieselbe: das Gleichgewicht zwischen der Kraft des fließenden Wassers und dem Widerstande der Sinkstoffe, welcher aus ihrer Schwere oder Adhäsionsneigung oder Reibung hervorgeht, dauernd herzustellen.

## 2. Die Konstruktion der Gitterwerke.

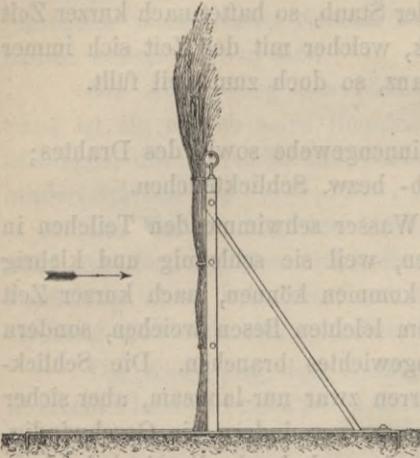
Die Form und Bauart der Gitterwerke ist nach dem Zwecke, den sie erfüllen sollen, verschieden. Wir unterscheiden:

1. Bühnen zur Einschränkung des zu breiten Bettes durch Verlandung der abgeschnittenen Flächen;
2. Grundswellen zur Hebung wie Befestigung der Sohle und zur Ausgleichung der verschiedenen Gefälle oder in anderen Worten zur Herstellung und Erhaltung der mittleren Gefälle;
3. Leitwerke zur Führung der Strömung und Ablenkung derselben bei scharfem Anfall gegen das Ufer;
4. Deckwerke zum Schutze angebrochener Ufer;
5. Parallel- oder Korrektionswerke zur Herstellung der Ufer des Mittelwasserbettes;
6. Hochwasserdämme.

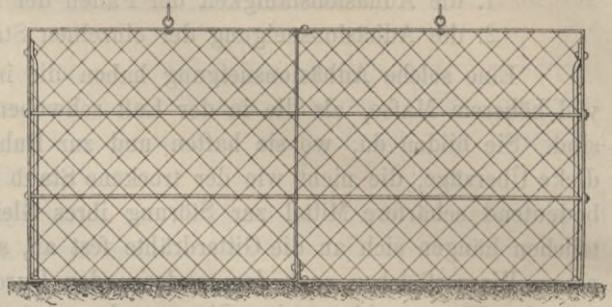
Fig. 4. Fach einer Buhne in einer Strömung von 1 m i. d. Sek.

Maßstab 1:20.

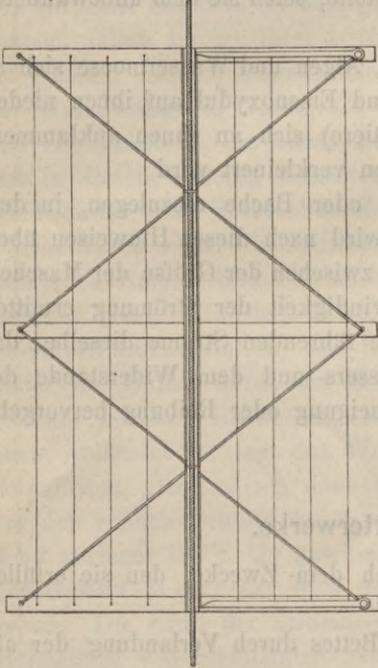
Seitenansicht.



Vorderansicht.



Grundriss.



Zur weiteren Besprechung gelangen hier nur die unter 1, 2 und 3 bezeichneten Bauten, da die Konstruktion der Deckwerke sich danach beurteilen läßt, auch weniger Bedeutung hat und die unter No. 5 und 6 bezeichnete Werke am Rheine bereits vollendet sind.

Die Gestaltung der Bauwerke ist aber auch abhängig

- a. von der Stärke des Stromes,
- b. von der Richtung, in der derselbe die einzelnen Werke trifft,
- c. von der Gunst des Wasserstandes, die eine andere Bauart für die unter Wasser, eine andere für die über Wasser herzustellenden Bauten erlaubt.

Dem ausführenden Techniker muß danach die Bestimmung über die nach den angegebenen Gesichtspunkten zutreffende Bauart überlassen bleiben.

Bei der Wandelbarkeit des Bettes geschiebeführender Flüsse kann sie nicht mit Sicherheit vor-

her festgestellt, sondern nur allgemein bezeichnet und mit einer Durchschnittssumme veranschlagt werden.

Für den Bau der Gitterwerke sind folgende Bedingungen maßgebend:

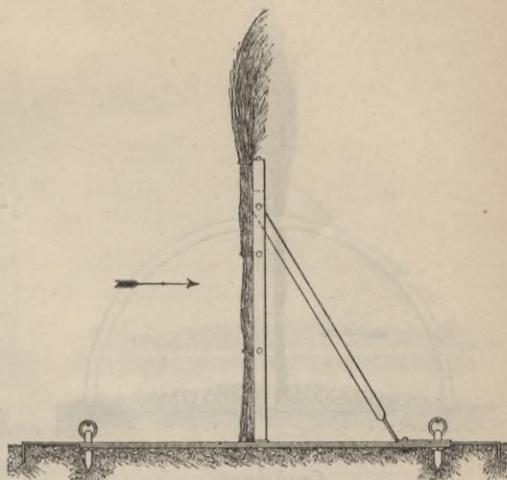
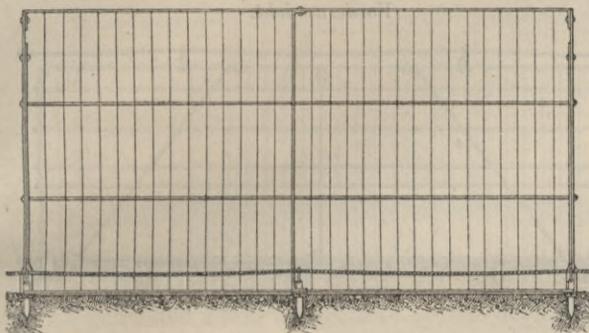
1. Sie müssen zum Zwecke leichten Transportes und bequemer Verlegung sich in einzelne Teile, Fache oder Böcke zerlegen lassen, die im Verbande genügende Schwere und festen Fuß haben, um dem Stofs des Wassers zu trotzen; sie dürfen ihm deshalb keine große Fläche darbieten.
2. Es müssen die Fache auch unter Wasser leicht zu verlegen sein.

Fig. 5. Fach einer Buhne in einer Strömung von 1 bis 1,5 m i. d. Sek.

Maßstab 1:20.

Vorderansicht.

Seitenansicht.



Jedes Fach eines Gitterwerkes besteht:

1. aus dem Rahmen,
2. „ „ Netzwerk.

Die Rahmen wiederum sind:

- a. Fußrahmen, die auf der Sohle des Flusses liegen;
- b. Wandrahmen, die von der Strömung getroffen werden.

Die verschiedene Bestimmung der Rahmen bedingt ihre Abmessung wie die Form und die Verbindung des dazu verwandten Eisens. Mit Rücksicht auf den leichten Transport müssen sie teilbar sein, sodass die einzelnen Stücke erst am Ort der Verwendung mittels Muffen verbunden, zusammengenietet oder verschraubt werden, worauf man das Drahtgeflecht mit Draht an den Schenkeln eines jeden Rahmens befestigt.

Die am Boden liegenden Fußrahmen können eine wagrechte Fläche erhalten und so gestaltet werden, dass sie sich der Sohle genau anschließen. Sie bieten der Strömung nur das Maß ihrer Dicke als Angriffsfläche dar, sagen wir 0,5% bis 1% und haben allein den Zweck, die Standfähigkeit des Wandrahmens, der auf ihnen befestigt ist, durch die Reibung ihrer Schenkel am Boden und durch die Belastung des auf das dazwischen gespannte Netzwerk drückenden Geschiebes zu sichern. Es empfiehlt sich deshalb, die Fußrahmen aus breitem Flacheisen zu machen. Biegt man die Enden der Schenkel des Fußrahmens etwas um, wie es Fig. 4 ersichtlich macht, so werden sich die umgebogenen Enden (Zähne) in den Boden eindrücken und die Sicherheit der Lage der Fache vermehren.

Grundriss.

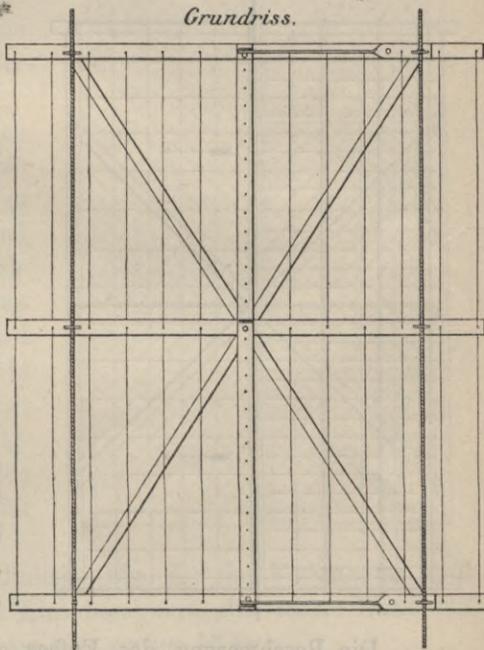
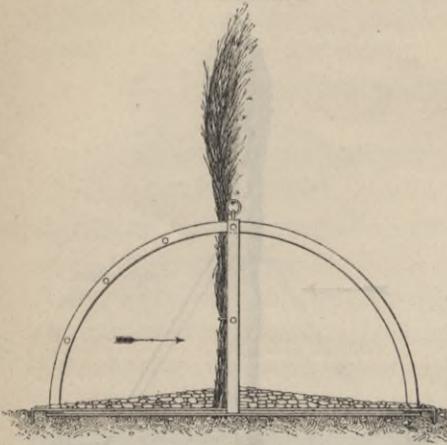


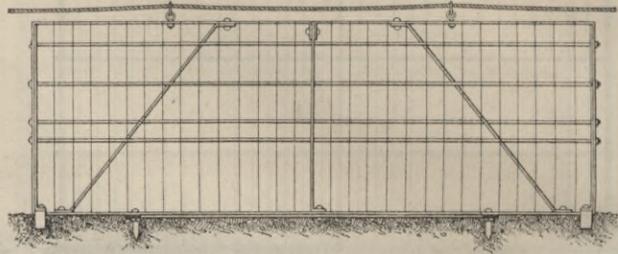
Fig. 6. Fach einer Buhne oder Grundschwelle in einer Strömung von 1,5 bis 2 m i. d. Sek.

Maßstab 1:20.

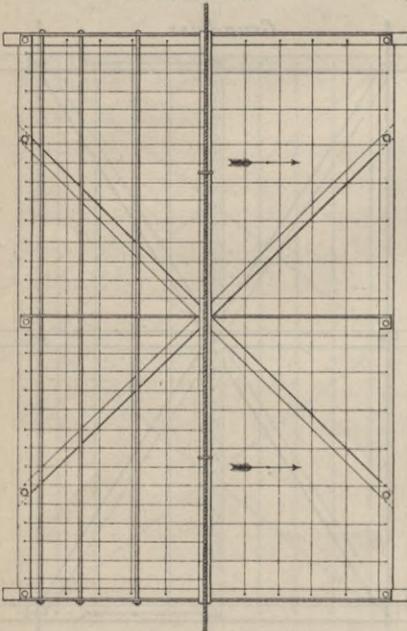
Seitenansicht.



Vorderansicht.



Grundriss.



Nach der Größe des Widerstandes, den die Wand der Strömung leisten muß, ist das Verhältnis der Länge des Fußes zu der Höhe der Wand verschieden. Je stärker die Strömung, desto kürzer muß der Hebelarm des Angriffes, desto länger der des Widerstandes gemacht werden; um so niedriger muß die Wand, um so länger der Fuß sein. Die bei Regulierungsarbeiten zu beobachtende Vorsicht macht es empfehlenswert, die Höhe der Gitterfäche nicht über 1 m zu wählen und lieber 2 bis 3 und mehr Fache aufzustellen, wenn die untersten, ihrer Bestimmung entsprechend, verkiest worden sind. Die Breite des Fußes richtet sich selbstredend nach derjenigen der Fache, für welche Gründe bequemer Handhabung, Billigkeit und Sicherheit das Maß von 1 m bis 3 m empfehlen. Je nach dem Angriffe der Strömung ist zwischen diesen Grenzen zu wählen.

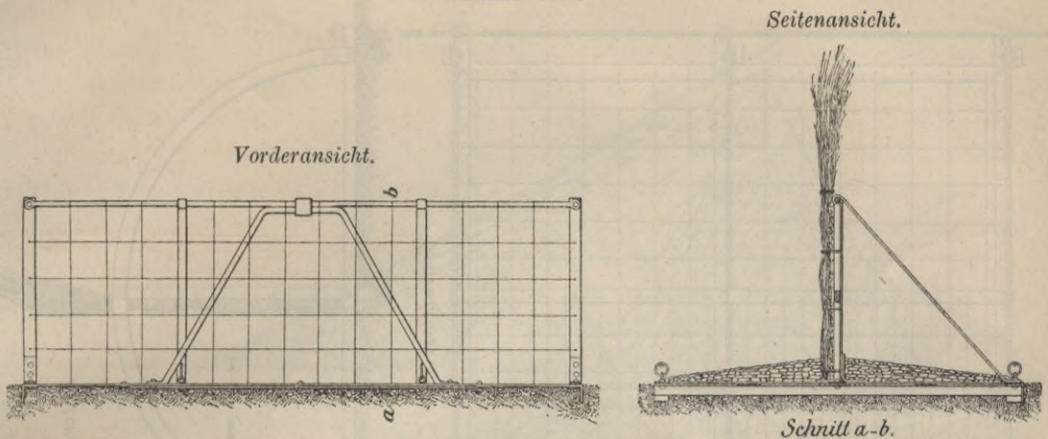
Die Beschwerung des Fußes zur Sicherung seines festen Standes kann, wenn der auf der Flußsohle laufende Kies und Sand es selbst nicht schnell genug besorgt, durch das Aufschütten, Versenken von Kies sofort nach der Aufstellung des Faches oder schon vorher, wenn es am Seile hängt, erfolgen. Der Kies bzw. Sand könnte auch flach in Säcke aus Packleinwand gefüllt und in diesen aufgelegt werden.

Das Netzwerk des Fußes kann mit einer 2,5 bis 3 cm hohen Betonschicht bedeckt und die Standfestigkeit des Faches für jede Geschwindigkeit des Wassers hinreichend vermehrt werden. Alle diese Maßregeln verteuern den Preis eines Faches höchstens um 0,20, 0,50 bis 1 M. für den qm.

Für den Bau der von der Strömung voll oder beinahe voll getroffenen Wände ist die Stärke derselben sowie ihre Richtung bestimmend.

Fig. 7. *Fach eines Leitwerkes für Strömungen bis zu 2 m i. d. Sek.*

Maßstab 1:20.



Wir unterscheiden wegen der den Gitterwerken zu gebenden Form und Stärke sowie der Schwierigkeit ihrer Verlegung unter Berücksichtigung, daß die Geschwindigkeit des Wassers an der Flußsohle durchschnittlich nur halb so groß ist, als in der Nähe des Wasserspiegels:

- a. Gitterwerke, die auf der Sohle des Mittelwasserbettes im Trocknen errichtet werden;
- b. solche für mäßige Strömung unter und bis zu 1 m i. d. Sek. (Fig. 4); die stromseitige Wand und der Fußrahmen werden mit Weiden durchflochten, letzterer mit Kies beschwert. Das Eisengewicht für 1 qm mit Eisen und Weiden verbaute Fläche d. Querprofils ohne Drahtseil u. Kleineisenzeug beträgt 9 kg;
- c. solche für 1 bis 1,5 m Stromgeschwindigkeit (Fig. 5); die Behandlung ist die gleiche wie vorhin. Das Eisengewicht beträgt für 1 qm wie vorher 13 kg;
- d. solche für 1,5 bis 2 m Stromgeschwindigkeit (Fig. 6); der Fußrahmen wird mit Faschinenholz durchflochten und mit Kies beschwert, eine innere Wand mit Weiden hergestellt. Eisengewicht für 1 qm wie vorher 13 kg;
- e. solche für 2 bis 3 m Stromgeschwindigkeit (Fig. 7 u. 8 und 10); die Behandlung ist wie bei Fig. 4. Eisengewicht bei Fig. 7 für 1 qm = 15 kg, bei Fig. 8 = 26 kg, bei Fig. 10 = 21 kg. Leitwerke in Strömungen von 3 m in der Sekunde und darüber erhalten einen breiteren Fuß und Winkeleisen an Stelle der Flacheisen *a—a*, *b—b* (s. Fig. 10), 1 qm wiegt dann 31 kg;
- f. solche, die für 3 m Stromgeschwindigkeit und darüber hinaus gebaut werden (Fig. 11); die Behandlung ist dieselbe wie bei Fig. 4; das Eisengewicht beträgt für 1 qm wie vorher verbaute Fläche 31 kg;
- g. schliesslich solche, die in den stärksten Strömungen noch mit Schutzdrähten gegen den Anprall von Treibholz zu versichern sind.

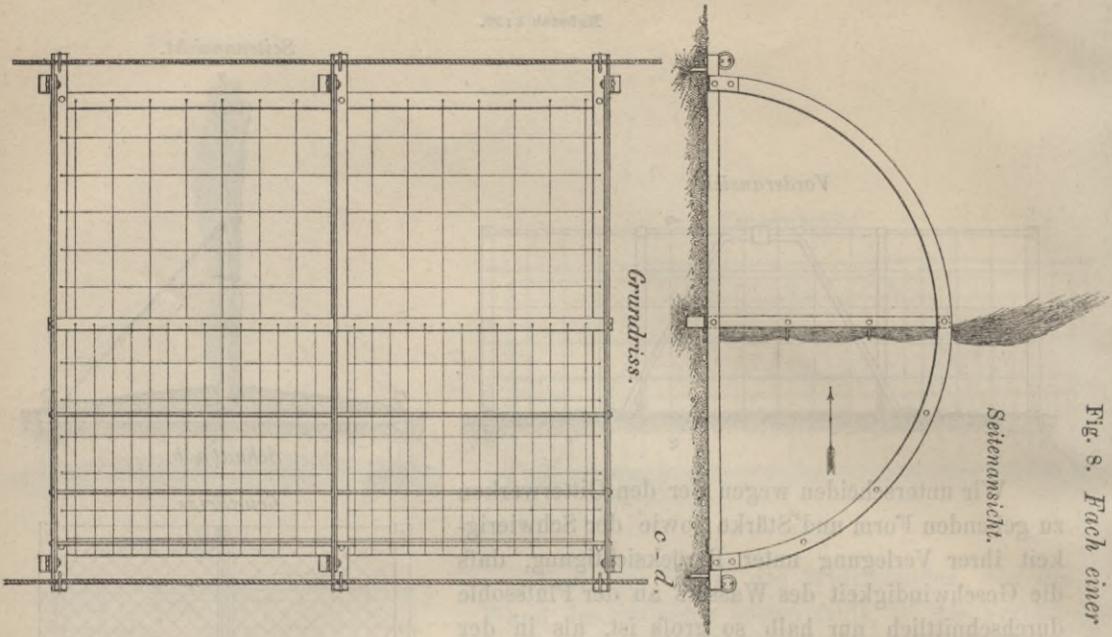


Fig. 8. Fach einer Bahne oder Grundschwelle für eine Strömung von 2 bis 3 m i. d. Sek.

Maßstab 1 : 20.

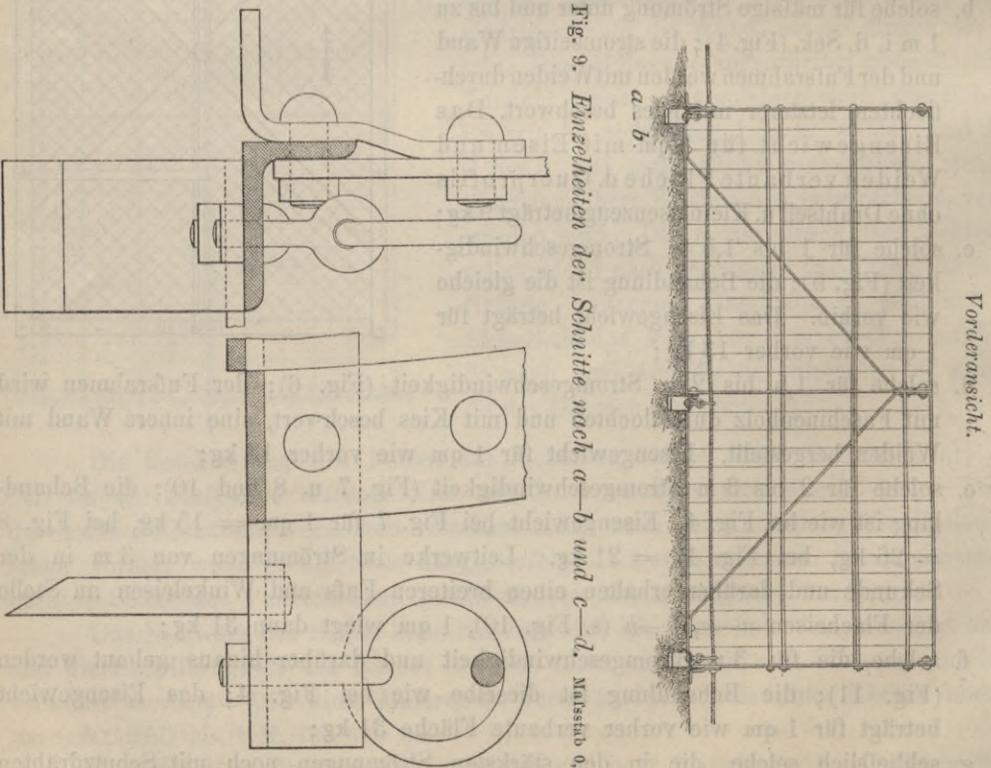


Fig. 9. Einzelheiten der Schnittlinie nach a-b und c-d. Maßstab 0,5.

a-b.

c-d.

Fig. 10. *Fach eines Leitwerkes für 2 bis 3 m Strömung i. d. Sek.*

Mafsstab 1:20.

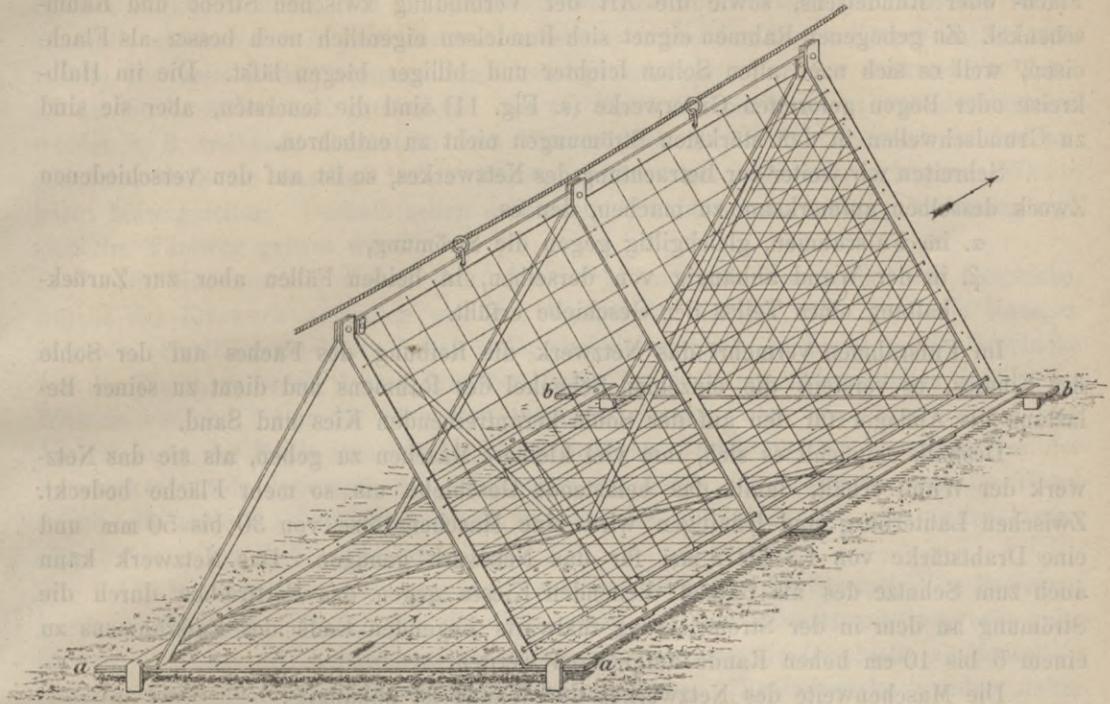
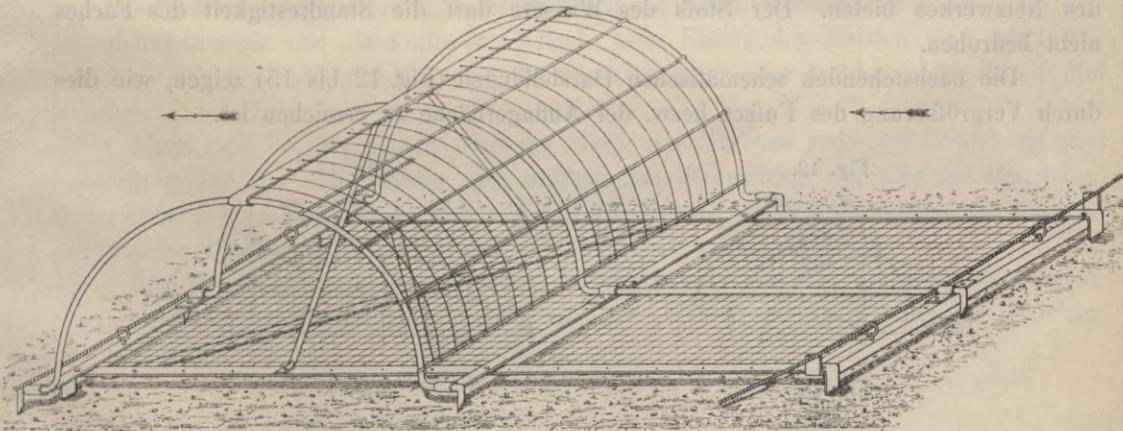


Fig. 11. *Fach einer Buhne oder Grundschwelle in 3 m Strömung i. d. Sek. und darüber.*

Mafsstab 1:20.



Hierzu gehören die Wände der Grundschwellen im Thalwege, deren Verlegung ziemlich senkrecht zur Richtung desselben besonders schwierig ist.

Die ganz oder in spitzem Winkel mit der Strömung laufenden Wände der Leitwerke sind ebenfalls unter Berücksichtigung der unter a. bis e. bezeichneten Geschwindigkeiten zu bauen, doch bedürfen sie keines besonderen Schutzes gegen den Anprall von Treibholz, da dieses an den wagrechten Drähten bzw. den eingeflochtenen Weiden entlang läuft.

Auch die Höhe der Wände und ihre Verstrebung richtet sich nach der Stärke der Strömung. Sie bedingt die Masse des zum Rahmen und den Streben verwendeten Flach- oder Rundeisens, sowie die Art der Verbindung zwischen Strebe und Rahmschenkel. Zu gebogenen Rahmen eignet sich Rundeisen eigentlich noch besser als Flacheisen, weil es sich nach allen Seiten leichter und billiger biegen läßt. Die im Halbkreise oder Bogen geformten Gitterwerke (s. Fig. 11) sind die teuersten, aber sie sind zu Grundswellen in den stärksten Strömungen nicht zu entbehren.

Schreiten wir weiter zur Betrachtung des Netzwerkes, so ist auf den verschiedenen Zweck desselben aufmerksam zu machen, den es

- $\alpha$ . im Fußrahmen, gleichgiltig gegen die Strömung,
- $\beta$ . in der Wand abhängig von derselben, in beiden Fällen aber zur Zurückhaltung eines Teiles der Geschiebe erfüllt.

Im Fußrahmen vermehrt das Netzwerk die Reibung des Faches auf der Sohle des Flusses, es versteift die einzelnen Schenkel des Rahmens und dient zu seiner Belastung als Auflager für den auf der Sohle herantreibenden Kies und Sand.

Deshalb empfiehlt es sich, ihm viel kleinere Maschen zu geben, als sie das Netzwerk der Wand erhält, damit das belastende Geschiebe um so mehr Fläche bedeckt. Zwischen Lauterburg und Hünningen wird eine Maschengröße von 30 bis 50 mm und eine Drahtstärke von 1,3 bis 2 mm für das Netzwerk genügen. Das Netzwerk kann auch zum Schutze des als Ballast dienenden Kieses gegen das Forttreiben durch die Strömung an dem in der Stromrichtung thalwärts liegenden Ende des Fußrahmens zu einem 5 bis 10 cm hohen Rande aufgebogen werden.

Die Maschenweite des Netzwerkes der Wände ist abhängig:

1. von der Kraft der Strömung und
2. von der Größe der Geschiebe.

Je größer die Energie der Strömung ist, desto weniger Fläche darf ihr der Draht des Netzwerkes bieten. Der Stofs des Wassers darf die Standfestigkeit des Faches nicht bedrohen.

Die nachstehenden schematischen Darstellungen (Fig. 12 bis 15) zeigen, wie dies durch Vergrößerung des Fußes bzw. der Auflagerfläche zu erreichen ist.

Fig. 12.

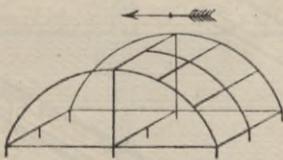


Fig. 13.

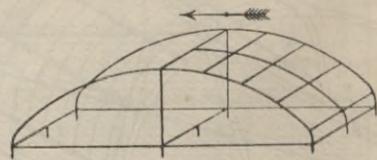


Fig. 14.

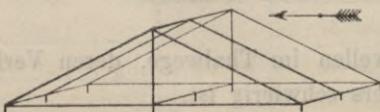
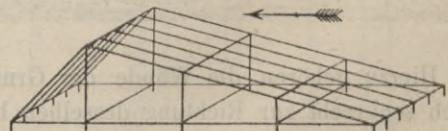


Fig. 15.



Es ist klar, daß, wenn mit der Stärke der Strömung die Länge des Fußes wächst, auch die Eisengewichte und die Kosten eines jeden Faches wachsen müssen. Das Maß dafür wird die Erfahrung feststellen. Die Vorsicht gebietet, bei der Schätzung der Kosten den Posten „Unvorhergesehenes“ entsprechend hoch zu halten.

Die Kontraktionsfähigkeit des Wassers ist ja so groß, daß ein sichtbarer Stau auch bei einer Geschwindigkeit des Stosses von 2,5 m vor 3 mm weiten Maschen und 0,5 mm starken Drähten nicht zu beobachten war; es ist also nicht der Stoss des reinen Wassers, sondern der Anprall der mit demselben treibenden festen Körper zu fürchten, welche in ihrem Laufe meistens den Thalweg einhalten. Vor der senkrechten Wand ist der Stoss stärker und gefährlicher als vor der halbkreisförmigen; vor der ersteren werden z. B. treibende Holzstücke vom Wasser glatt gegen das Netzwerk so fest angedrückt, daß sie daselbst haften bleiben, während sie über die gebogenen Wände leicht hinweggleiten. Deshalb sollen senkrechte Wände nur in mäfsiger Strömung und nicht im Thalweg gebaut werden.

Die Maschenweite richtet sich aber auch nach der Korngröfse der Geschiebe, welche das Netzwerk aufhalten und zur Ablagerung bringen soll. Sind die Maschen zu groß, so erfüllen sie diesen Zweck nicht, sind sie zu klein, so bleibt zu viel Geschiebe vor der Wand, zu wenig hinter derselben liegen, es muß ein unvermitteltes Gefälle des Wassers vor und hinter der Stauwand entstehen, dessen Folge ein Übersturz und eine Auswaschung der Sohle sein würde. Das richtigste Verhältnis der Maschengröfse des Netzwerkes würde dann getroffen sein, wenn die Hälfte des Geschiebes vor der Wand staute, die andere Hälfte würde dann zwischen ihr durchschlüpfen und weiter laufen oder dahinter zur Ruhe gelangen.

Die Maschenweite muß aber auch nach der Richtung des Stromstriches bemessen werden. Wenn der Winkel, den die Gitterwerke mit dem letzteren machen, sehr spitz ist, wie z. B. bei den Leitwerken, so würde die Strömung die Geschiebe an denselben entlang, aber nicht durch die Maschen hindurchführen. Die Leitwerke werden daher an der dem Thalweg zugekehrten Seite sehr große Maschen oder selbst nur wagrecht gespannte Drähte bzw. Weiden erhalten.

Auch die Frage, ob es da, wo nur parallele Drähte verwandt werden, vorzuziehen ist, dieselben senkrecht oder wagrecht zu legen, ist durch Versuche zu lösen, denn die Kiesel haben nicht alle die Form von Kugeln oder Eiern; die meisten sind glatt geschliffen, wie Scheiben und sie schlüpfen demnach mehr oder minder leicht durch die Maschen.

Nach dem Vorhergesagten wird die Weite der Maschen zwischen Strafsburg und Lauterburg für die rechtwinklig und aufrecht im Stromstrich des Rheines stehenden Gitterwerke 5 bis 6 cm betragen müssen. Für den Draht, aus dem sie geflochten werden, genügt eine Dicke von 1,3 bis 2 mm.

Mit diesen Abmessungen beträgt das Verhältnis des für die Strömung freien Querschnittes eines Faches zwischen 5,5 und 10% der verbauten Fläche, das Gewicht der senkrechten Fache

bei 1 m Höhe, 1 m Breite 16,5 kg,

das Gewicht der halbkreisförmigen Fache

bei 1 m Höhe, 1 m Breite 25 kg.

Das vorschriftsmäfsige Gewicht der Rheinbausteine ist zu 25 kg festgesetzt, die Gitterfache sind daher, selbst wenn sie halbkreisförmig 1 m Höhe erreichen, auf 1 m Breite nicht so schwer als ein solcher Normalstein, also ebenso handlich.

Das Netz- und Gitterwerk wird für alle vorher zu bestimmenden Abmessungen in der Fabrik geflochten und erst am Stromufer auf die Rahmen mit Draht befestigt, weil die einzelnen Fache beim Transport als sperriges Gut sonst zu viel Raum einnehmen würden.

Jedes Fach, welches tiefer als 1 m unter der jeweiligen Wasserlinie aufgestellt werden muß und nicht von Hand direkt auf den ihm bestimmten Platz gesetzt werden kann, bekommt am oberen Bügel des senkrecht stehenden Rahmens 2 eiserne Ringe, s. Fig. 4. Bei den halbrunden Fachen werden diese Ringe an der über den Scheitel des Faches laufenden Schiene angebracht (s. Fig. 6). Durch diese Ringe laufen Führungsdrähte oder Seile von Draht, welche zur sicheren Verlegung der Fache unter Wasser in den am Ufer und im Strome abgesteckten Richtungen dienen. Die Ringe sind (wie die sogenannten Schlüsselringe) offen und werden erst über dem Seile in die Haken gehängt und geschlossen. Die Fache, die in starker Strömung verlegt und beschwert werden müssen, erhalten vier Ringe am Fusse. Auf den Drähten oder Seilen gleiten sie leicht in das Wasser; der Anschluß an das vorhergegangene Fach hemmt erst ihren Lauf. Treibt aber das Wasser je fremde Körper auf die Führungsseile, die den flotten Lauf der Fache hindern, so muß ihrem guten Anschluß mit Stangen oder durch Zug an mit Haken versehenen Seilen nachgeholfen werden.

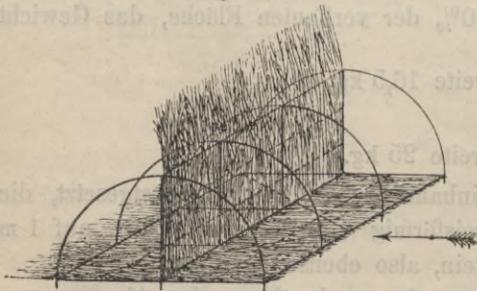
Ist die Sohle nicht ziemlich eben oder gar windschief, liegen die halbkreisförmigen Fache nicht fest auf dem Roden auf, so kann ihrem guten Stande durch Verlängerung der Schenkel des Fußrahmens leicht nachgeholfen werden.

Die Fache oder Böcke stehen infolge des spezifisch hohen Gewichtes des Eisens, welches an der Luft 7,500, im Wasser noch 6,500mal mehr als dieses wiegt, infolge der Reibung ihrer Basis auf dem Grunde, der Sicherung, den sie an den beiden Führungsseilen finden, der geringen Fläche, welche sie dem so leicht sich teilenden und ausweichenden Wasser entgegensetzen und infolge ihrer Belastung mit Kies fest. Die Strömung wirft sie nicht um, so lange sich ihre Maschen nicht verstopfen oder treibende Hölzer, Bretter und Stämme sie treffen. Zur Abweisung derselben Schutzvorrichtungen anzubringen, bleibt vorbehalten.

Indessen darf man nicht Fanatiker der Drahtbauten werden. Jedes Mittel ist schließlichs für die Rheinregulierung empfehlenswert, welches billigen und schnellen Erfolg verspricht und ein solches bietet sich in der Verwendung der Weiden in Verbindung mit den eisernen Rahmen. Die Weiden allein entbehren eines genügend großen spezifischen Gewichtes, im Verbande mit dem spezifisch so schweren Eisen und dem als Belastung zu schätzenden Kiese sind sie zwar nicht überall, aber doch an vielen Stellen recht gut mit Vorteil zu verwenden.

Stellt man z. B. einen eisernen Fuß- und Wandrahmen wie nachstehend auf (s. Fig. 16), so kann man durch dieselben Weiden ziehen und mit Draht festbinden,

Fig. 16.



die dann die Stelle des Drahtgeflechtes vertreten. Der Ballast, der Kies muß das den Weiden fehlende Gewicht ersetzen. Die Weiden können länger als die Fußrahmen und höher als die Wandrahmen sein, an der Sohle wird sie das Geschiebe bedecken, die Standfestigkeit jedes einzelnen Faches wird dadurch vermehrt. Soweit sie über den Wandrahmen hinausragen, wird die Strömung sie biegen, einen Teil ihrer Kraft dabei einblüsen und in dem ruhigeren Wasser dahinter Geschiebe zur Ablagerung bringen, die sonst weiter gewandert wären. Einige Jahre lang dauert die Weide, die immer unter Wasser ist, aus, und schon nach dem ersten Sommerwasser muß sie ihre Be-

stimmung, als Netzwerk zur Ausscheidung der Geschiebe aus dem Strome zu dienen, erfüllt haben.

Etwas billiger als die Verwendung von Drahtgeflechten stellt sich die Benutzung der Weiden und es würde gleichzeitig damit einem berechtigten Wunsche der Gemeinden und Privatbesitzer am Rheinufer nach Verwertung ihrer Weidenpflanzungen, die bisher bei den Faschinenbauten gebraucht worden sind, entsprochen.

Die Benutzung der Weiden in den Wandrahmen verspricht gleiche Erfolge wie der Wolf'sche Schwebebau oder seine Gehänge, die zur Korrektion der Isar gedient, daselbst so energisch auf Kiesablagerung und, wo es notwendig war, auf Austiefung des Flufsschlauches hingewirkt haben. Sie werden wegen der Verwendung der eisernen Rahmen nicht so billig wie die Wolf'schen Gehänge zu stehen kommen, jedoch immer eines der billigsten Baumittel bleiben, besonders dann, wenn viel altes Eisen zu den Rahmen verwendet wird.

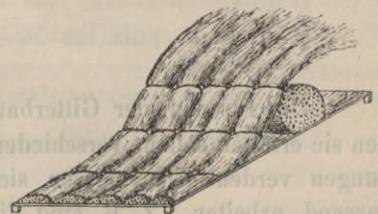
Ist die Stromsohle nicht horizontal und ist es unthunlich, durch Abziehen oder Zusammenziehen von Kies auf der trockenen oder nur in geringer Tiefe vom Wasser bedeckten Sohle den Fußrahmen horizontal zu betten, so empfiehlt es sich ebenfalls, durch Unterbindung von Weidenbündeln (kleinen Faschinen) unter die hochzulegende Seite der Fußrahmen den senkrechten Stand der Wand eines jeden Faches zu erreichen. Dieses Hilfsmittel ist einfach, bequem und billig, das durchlässige Weidenbündel staut das Wasser weniger, als wenn man festes Material dazu verwendete, hält aber Kies und Sand zurück, weil sich die Strömung des Wassers an ihm etwas bricht, jedenfalls aber seine Stärke dabei vermindert.

Kleine Weidenbündel werden auch seitlich an den Fachen mit Draht befestigt, um zu verhindern, daß das zweite Fach sich scharf an das vorhergehende anlehnt. Es kann ein Zwischenraum von 5 cm zwischen je 2 Fachen bleiben, den die wandernden Kiesel mit der Zeit ausfüllen. Die Weiden haben hier also nur den Zweck, die Freihaltung dieses Zwischenraumes zu sichern. Derselbe bedeutet aber auch 5% Ersparnis an Fachwerk, deren in der Schätzung der Kosten absichtlich keine Erwähnung gethan worden ist, um etwaigen Mehrbedarf an Eisen damit zu decken.

Ist nicht schweres Gerölle, sondern sind wie am Mittelrhein nur bohngroße Kiesel, Sand und Sinkstoffe zur Ruhe zu bringen, so empfiehlt es sich, die Strömung mittels auf der Sohle des Flusses befestigter Faschinen abzuschwächen. Zu diesem Zwecke wird ein Fußrahmen aus Eisen mit Drahtgeflecht und Ringen konstruiert, wie ihn Fig. 7 zeigt und das Faschinenholz in der Art darauf mit Draht befestigt, wie dies nebenstehende Skizze (Fig. 17) verdeutlicht. Sodann wird der Fußrahmen mit Ballast beschwert und wie andere Fache auf der Sohle verlegt. Das geringe spezifische Gewicht des Faschinenholzes bewirkt, daß es sich nach der Oberfläche zu aufzurichten versucht, während die Strömung es niederdrückt und in dieser ununterbrochenen Arbeit einen Teil ihrer Kraft verliert. Unterhalb der so gebauten Buhne oder Grundschwelle kommt infolge dessen ein Teil der Geschiebe und Sinkstoffe zur Ablagerung, die die Flut mit sich führt und es wird nach und nach das Flußbett erhöht.

Das Faschinenholz vertritt also da, wo die Strömung nicht zu energisch und das Geschiebe klein ist, die Stelle des Wandrahmens, dessen Wegfall die Kosten vermindert.

Fig. 17.



Was die am Fußrahmen angebrachten Zähne betrifft, so ist ihre Aufgabe, die Buhne, die Grundschwelle oder das Leitwerk gegen Zug und Schub so widerstandsfähig zu machen, so zu verankern, daß es auf ihnen wie eine Egge fest im Grunde steht. Ihrer Form nach können es Kegel-, Säge- oder Schneidezähne sein (siehe Fig. 18 bis 21). Ihre Anzahl, ihr Durchmesser und ihre Länge muß im richtigen Verhältnis zu der Stärke des Fußrahmens stehen, die Zugfestigkeit desselben also mindestens gleich der Kraft sein, welche hinreicht, die Zähne, die den Armen der Anker zu vergleichen sind, zu verbiegen oder zu zerbrechen. Die Erfahrung wird ergeben, ob die vorderen — thalseitigen — Zähne, die auf Schub beansprucht werden, eine andere Form als die hinteren — bergseitigen —, welche dem Zuge widerstehen müssen, zu erhalten haben.

Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.

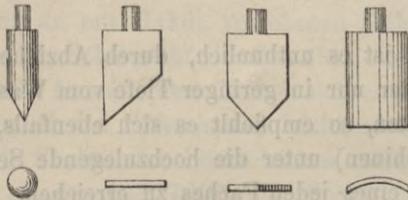
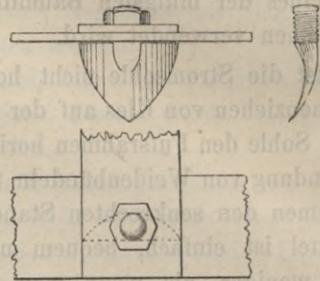


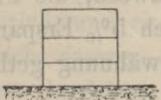
Fig. 22.



Die Zähne können nicht nur aus den umgebogenen Enden der Fußrahmen gebildet, sondern in die Schenkel derselben besser neben- als hintereinander einzeln eingesetzt und mit Schrauben befestigt werden (s. Fig. 22).

Fig. 23.

Ansicht.



Grundriss.

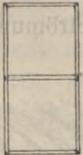
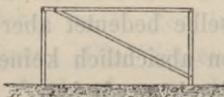


Fig. 24.

Ansicht.



Grundriss.

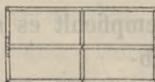
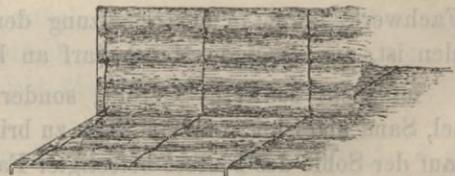


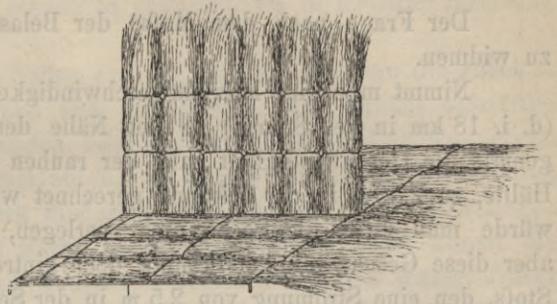
Fig. 25.



Die Formen der Gitterbauten sind nach ihrer Bestimmung, nach dem Zwecke, den sie erfüllen sollen, verschieden gewählt. Außer denen, die die schematischen Zeichnungen verdeutlichen, lassen sich andere mit denselben Mitteln, für weitere Aufgaben passend, arbeiten. Z. B. sind die Fache mit senkrechten Wänden bei anderer Stellung der senkrechten Rahmenschenkel, also anstatt der Anordnung Fig. 23 als Leitwerk gemäß Anordnung Fig. 24 zu verwenden. Die senkrechte Wand wird dann wagrecht mit Weiden durchflochten, die thalwärts über den Rahmen hinausragen und bis an den anschließenden Rahmen übergreifen (s. Fig. 25). Dadurch wird den Wasserfäden ihr Weg angewiesen, die Geschwindigkeit des durch die Wand drehenden Wassers geschwächt und Kies wie Sand ebenso hinter der geraden Wand zur Ruhe gebracht, wie hinter dem dreieckig gleichschenkelig gebildeten Leitwerk.

Nimmt man die Höhe der Gitterfache mit senkrechten Wänden, die quer zur Stromrichtung zu stehen kommen, geringer als 1 m, z. B. 67 cm an, so wächst bei gleicher Größe des Fußrahmens ihre Standfestigkeit. Bedarf es wegen geringer Strömung dieses Wachstums an Widerstand nicht, so nutzt man die Festigkeit der Wand durch das Einflechten senkrecht mit den Spitzen nach oben stehender Weiden aus, an denen sich die Strömung mildert (s. Fig. 26).

Fig. 26.



Würde z. B. die Aufgabe gestellt, den Abbruch einer Kiesbank über die zukünftige Kante des Niederwasserbettes rechtzeitig zu verhindern, bevor der Strom sie am Fuße unterspült und ihre von oben immer nachrollenden Massen fortträgt, so ist es nur möglich, die Schubkraft der Flut — Masse mal Geschwindigkeit — durch andere ebenso einfache aber sicher wirkende Kräfte aufzuheben. Dazu ist das große spezifische Gewicht des Eisens und das geringe spezifische Gewicht der Weiden, also der Auftrieb, gegeben.

Mit diesen Mitteln kann jeder Ingenieur die Konstruktion bilden, die ihm die beste und billigste scheint.

Betreffs der Breite und dem Anschlusse der Fache aneinander ist noch zu bemerken: Die Zeichnungen Fig. 4 bis 10, in denen die Breite der Fache durchweg zu 1,5 m angenommen worden ist, geben nur ein schematisches, von der Ausführung verschiedenes Bild. Würden Fache von je 1 m Breite gebaut, so kämen nach je 1 m 2 Bügel der Rahmen in 5 cm Abstand nebeneinander zu stehen, während bei 15 mm Stärke des Rundeisens der Bügel nur 97 cm freier Zwischenraum blieben. Dieses Verhältnis ist ungünstig, bessert sich aber, wenn die Breite der Fache 1,5 m, 2 m und darüber genommen wird. Das äußerste zulässige Maß muß im Einzelfalle die Praxis feststellen.

Fig. 27.

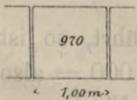


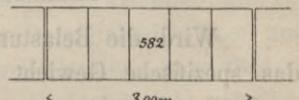
Fig. 28.



Fig. 29.



Fig. 30.



Dann kommen nach den vorstehenden Fig. 27—30 auf eine

Breite von	Zahl der Bügel bei 5 cm Abstand der Fache	Zwischenraum mm
1,50 m	3	727
2,00 „	4	646
3,00 „	6	582

Daraus geht hervor, daß es sich empfiehlt, die Breite der Fache soweit als möglich auszudehnen, weil dadurch die überflüssige Kraft an den Anschlüssen über eine größere Länge verteilt wird.

Die Qualität der Arbeit des Schmiedes oder Schlossers, die die Rahmen verlangen, ist die denkbar bescheidenste, da Sauberkeit der Ausführung als Luxus zu betrachten



Über die Verlegung der Fache wird in einem späteren Kapitel gesprochen werden; es sei gestattet hier vorzugreifen und der Wirkung der Gitterbauten einige Worte zu widmen. Selbstredend ist dieselbe nur da schnell zu erwarten, wo in lebhafter Strömung viele Geschiebe laufen.

Kaum hat der untere Rahmen den Boden erreicht, so beginnt schon die ruhelose Flut ihn mit Sand oder Kies zu bedecken und zu belasten. Das erhöht sofort die Widerstandsfähigkeit des senkrecht stehenden oder halbkreisförmigen Rahmens gegen die Energie der Strömung, die weiter Kiesel auf Kiesel heranwältzt, die kleineren durch die Maschen des Netzes oder das Gitterwerk hindurchschiebt, die größeren davor liegen läßt. So hebt sich die Sohle vor dem Fache stetig, in gleichem Maße nimmt die Geschwindigkeit der Strömung dahinter ab und die Geschiebe, die das Wasser früher forttrieb, kommen jetzt auf der Stromsohle zur Ruhe. Die Höhe der Wand vermindert sich, der Hebelarm des Angriffs wird immer kleiner und immer mehr wächst die Widerstandsfähigkeit der Wand.

Der Erfolg ist derselbe, den der arme Sandzieher durch die Aufstellung des Flechtzaunes aus Weiden auf der Kiesbank erzielt.

Sobald die aus einzelnen Gitterfachen gebildete Buhne verkiest ist, hat sie ihre Schuldigkeit gethan. Die Dauer des Gitterwerkes ist deshalb von nebensächlicher Bedeutung, weil im regulierten Strome wesentliche Profilstörungen durch Auswaschung und rotierende, kolkende Strömungen nicht vorkommen dürfen noch können.

Während der Kopf jeder Steinbuhne konisch abgeplastert werden muß, legt die Strömung vor dem wasserseitigen Ende eines Gitterwerkes das Geschiebe selbst kegelförmig in dem dem Gleichgewichte zwischen Geschwindigkeit und Sohlenwiderstand entsprechenden Neigungswinkel an. Es erklärt sich dies überraschende Resultat leicht aus dem allmählichen Stau der Geschiebe vor der Drahtwand, dessen Wirkung sich auch noch seitlich äußert.

Ebenso bildet der Strom sein konvexes Ufer als Kegel mit breiter Basis und geringer Höhe selbst aus, wenn das konkave Ufer befestigt ist.

Den schädlichen Wasserübersturz, der über jede Steinbuhne hinweg, dahinter auskolkend, stattfindet, wird man hinter der Drahtgitterbuhne nie finden.

Während die Geschiebe beider Steinbuhnen viel mehr oberhalb als unterhalb zur Ruhe gelangen, lagern sie sich bei richtiger Wahl der Maschenweite gleichzeitig ober- und unterhalb der Gitterwände an, was den raschen Fortschritt der Verlandung sehr fördert. Das Netzwerk bietet eben der Strömung kein Hindernis, stört ihre Richtung nicht plötzlich, lenkt sie nicht schnell, sondern allmählich ab. Ungehindert führt sie am Boden leichte und schwere Sinkstoffe der Drahtbuhne zu, läßt die großen Stücke, die nicht durch die Maschen schlüpfen können, davor liegen und treibt die kleineren Geschiebe weiter, bis sie in ruhigerem Wasser zur dauernden Ablagerung kommen.

Indessen bietet die Verwendung von Drahtgitterbauten auch Bedenken und Schwierigkeiten, wozu die Möglichkeit ihrer vorzeitigen vollständigen Verstopfung durch die im Wasser treibenden Hölzer und Pflanzenteile gehört. Unter den letzteren sind nicht nur die heimischen Wasserpflanzen, z. B. das Lock- und Lieschgras (*Glyceria spectabilis* und *fluitans*), die verschiedenen Arten des Rohres, Schilfes und Grases (*Thypha*, *Phalaris*, *Phragmites* und *Carex*), die Wasserbinsen (*Scirpus*) und Linsen (*Lemna*), die weißen und gelben Teichrosen (*Nimphaea alba* und *Nuphar luteum*), die zahlreichen Arten *Potamogeton*, *Ranunculus* und *Batrachium*, — Laichkraut, Hahnenfuß, Froschkraut —, die Bachbunze (*Veronica beccabunga*), das Pfeilkraut (*Sagittaria sagitti-*

*folia*), die Schwanenblumen (*Butomus*), die Wasserpest (*Elodea canadensis*) und ihre abtreibenden Teile, sondern auch die Blätter der Bäume zu verstehen, welche der Wind dem Strome zuweht. Soweit diese Pflanzenteile vom Wasser auf der Oberfläche oder in der Nähe derselben weiter getragen werden, schwimmen sie über die Drahtgitter; treiben sie aber in der Nähe der Sohle, so bleiben sie am Gitter haften. Da kann der Fall eintreten, daß sie die ganze Gewebefläche schnell bedecken, verstopfen, daß sie das Gitter zu einer Stauwand machen, durch deren Maschen das Wasser nicht mehr frei abfließt, sondern vor der es sich wie vor einer massiven Grundschwelle erhebt und sie zu unterspülen sucht. Es hat dann die Neigung, diese Wand zu kanten, umzuwerfen und könnte dadurch eine empfindliche Störung im Strombette veranlaßt werden. Ein Übersturz des Wassers über die verstopfte Gitterwand darf nie eintreten, es soll stets möglichst frei hindurchfließen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Netzmaschen so groß als die Größe der Geschiebe, die sie zurückhalten sollen, es nur irgendwie erlaubt, gewählt, die Aufstellung der Gitterwände da, wo es nötig und möglich, aber in eine andere Periode als die des Blätterfalles und des Abtriebes der Wasserpflanzen verlegt oder in dieser Periode die Gitterwände nicht im Stromstriche, in dem die meisten das Wasser verunreinigenden Bestandteile herantreiben, aufgestellt werden.

Im Rheine sind bis zum Einfluß der Kinzig und Ill vom Strome zugeführte Wasserpflanzen wenig zu fürchten, da sie nur in den stillen und wärmeren Altwässern vorkommen, die Temperatur des Hauptstromes für ihr Gedeihen zu niedrig, seine Tiefe zu groß, seine Sohle zu veränderlich, seine Strömung für sie meist zu reißend ist.

Die Erfahrung wird am besten die Mittel zeigen, in welcher Weise etwaiger Verstopfung der Drahtwände am besten zu begegnen ist. Die größte davon zu erwartende Beeinträchtigung der Arbeiten würde in manchen Flüssen die Notwendigkeit sein, sie in den 6 bis 8 Wochen des Absterbens des Pflanzenwuchses auszusetzen.

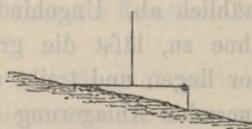
Dem Verstopfen der Gitter kann durch die Verwendung paralleler Drähte, die zwischen den Rahmen vertikal eingespannt sind, wesentlich abgeholfen werden, weil dabei die eine Hälfte der gespannten Drähte wegfällt (Fig. 5). Die Gefahr des Umkantens wird durch die vorhergehende Aufstellung der Leitwerke und die nachfolgende der niedrigen halbkreisförmigen Gitterbuhnen oder schrägstehender Gitter mit breiter Basis vermindert, da dann das Treibzeug im Strome meistens dem Thalwege folgen<sup>28)</sup> wird.

Hat die Sohle, wie es hinter einer Kiesbank der Fall ist, eine so große und wechselnde Neigung, daß sich eine Drahtwand nicht senkrecht wie die vorhergehende,

Fig. 31.



Fig. 32.

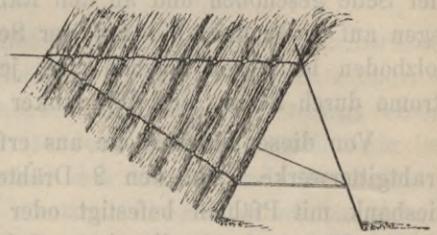


sondern mit einer Abweichung vom Lote aufstellt, so werden die zwei thalwärts des Staus gelegenen Stützpunkte jedes Gitterbockes verlängert. Es geschieht dies entweder durch Unterfütterung des Fußrahmens mit Faschinenholz, wie schon vorher gesagt (siehe Fig. 31) oder durch das Anschrauben eiserner Füße, von denen auf der Baustelle immer Vorrat zu halten ist, unter den Fußrahmen (siehe Fig. 32). Diese Notwendigkeit wird am Rheine nicht zu häufig, eigentlich nur hinter den mit 25—30° abfallenden Kiesbänken eintreten, da Sohlangefälle selbst von 1:15 oder 6° dem guten Stande der Böcke keine Schwierigkeiten bereiten. Die Anschlüsse der Gitterwände am Ufer an

<sup>28)</sup> Ich nenne hier „Treibzeug“ des Stromes, was der Engländer mit „Plankton“ im Meere bezeichnet.

der Stelle, die beim Bühnenbau als die Wurzel der Bühne bezeichnet wird, bedürfen zur Herstellung einer anschmiegenden Verbindung mit der Böschung des Parallelwerkes, die mit Faschinen und ganz unebener Steinpackung bedeckt ist, besonderer Behandlung. Das starre Drahtgeflecht legt sich nicht eng genug an die Steine an; die Flacheisen würden zuviel Zwischenraum zwischen ihrer Unterkante und den Steinen lassen. Die Böcke sind deshalb nicht auf Flächen, sondern blofs auf drei Stützpunkte, Füfse, zu stellen, deren oberster wagrecht gegen die Böschung läuft, während die beiden anderen gegen die Vertikale geneigt sind und sich oben kreuzend aufstehen. Die drei Füfse werden durch Streben miteinander befestigt und auf die bergseitige Fläche werden Weiden gebunden, deren Spitzen bei ebenem Strombette nach oben, bei unebenem nach unten gekehrt werden können. In letzterer Stellung schmiegen sich die Weiden allen Vorsprüngen, Tiefen, Ecken oder Kanten an und stauen den wandernden Kies ebenso, wie ein Gitter (s. Fig. 33).

Fig. 33.



Die anzustellenden Versuche müssen nach den örtlichen Verhältnissen eingerichtet, ihnen angepaßt und gemäß den dabei gemachten Erfahrungen abgeändert werden.

Der ausführende Techniker muß etwas Beobachtungsgabe und erfinderischen Geist entwickeln, denn nach der Stärke des Stromes, seiner Tiefe, der Beschaffenheit seiner Sohle und der Ufer, seiner Wasserflora, der Größe der von ihm mitgeführten Sinkstoffe, sowie nach der Jahreszeit, werden die zu bewältigenden Aufgaben andere sein. Wie sie sich aber auch gestalten, ein Mittel zu ihrer Lösung muß gefunden werden und jede Beobachtung, jeder Vorschlag, jede Mitarbeit dazu ist willkommen.

### 3. Gitterbauten über Wasser.

Die bei Niederwasser im trocken liegenden Bette auszuführenden Drahtgitterbauten erfordern geringere Mühe und Kosten, als die Bauten unter Wasser, schreiten sehr schnell voran und bedürfen nur der gewöhnlichsten Arbeitskräfte. Nach den angestellten Ermittlungen können auf 1 km Rheinstraße rund 1000 qm Gitterwerke über oder wenig unter dem niedersten Wasserspiegel von Hand aufgestellt werden. Um Enttäuschungen zu vermeiden, sind sie aber zu dem gleichen Durchschnittspreise wie die unter Wasser zu versenkenden Werke berechnet worden, obwohl die Fußrahmen und Drahtseile dabei gespart werden und ihr Konstruktionsgewicht geringer als das durchschnittliche ist. Sie sind nach den Andeutungen der Zeichnungen (s. Fig. 4—8) für Bühnen in mäfsiger Strömung, bis zu 1 m in der Sekunde, in beliebigen Breiten der Fache zu bauen; das Drahtgeflecht der Wand ist etwa 15 cm in den Kies hinabzuführen, also entweder einzugraben oder in gleicher Höhe mit Kies anzuschütten.

### 4. Die Verlegung der Gitterfache unter Wasser.

Vor dem Einbaue eines Gitterwerkes in das Strombett zur Erreichung der von den beiden Rheinuferstaaten zu vereinbarenden Längen- und Querprofile erfolgt die genaue Aufnahme und Zeichnung der Flußsohle, auf die es zu stehen kommt und danach der Entwurf des Gitterwerkes selbst. Nach dessen Maßen werden die vorher ge-

arbeiteten eisernen Fache ausgewählt, auf dem Ufer zusammengestellt und dann Stück für Stück zur Verlegung gebracht. Jedes Fach oder Bock hat am Wand- oder Fußrahmen Ringe (vergl. Fig. 4 u. 5), die zunächst offen sind, über den zur Versenkung der Fache dienenden Drähten oder Drahtseilen aber geschlossen werden, sodafs die Böcke an den letzteren hängen, wenn man sie hebt. Die Ringe können auch über die Drähte oder Seile geschoben und an den Rahmen verschraubt werden. Die Drähte oder Seile liegen auf 2 Winden, die auf der Senkbrücke, dem Arbeitsschiff (2 gekuppelten, mit Holzboden bedeckten Nachen von je 17000 kg Tragfähigkeit, deren feste Lage im Strome durch Strom- und Windanker gesichert ist) stehen.

Von dieser Senkbrücke aus erfolgt die Verlegung oder vielmehr Versenkung der Drahtgitterwerke. Auf den 2 Drähten oder Drahtseilen, die am Ufer oder auf der Kiesbank mit Pfählen befestigt oder verankert sind, gleitet der Bock wie auf einer schiefen Ebene durch die eigene Schwere leicht bis zur Flußsohle. Sollte er sich je klemmen, so wird vom Ufer oder von dem Arbeitsschiff aus mit Stangen oder von der Seite her, gegen die er gleitet, durch Zug an einem mit Haken an ihm befestigten Seile nachgeholfen, bis er genau die Stelle an der Sohle des Stromes erreicht hat, auf die er nach dem Entwurfe zu stehen kommen soll. Dann werden die anderen neben ihn zu stellenden Böcke von beiden Seiten, bei der Verlegung von Leitwerk nur von der Bergseite her, in ähnlicher Weise versetzt.

Die Steindeckung der Böschungen muß an der Stelle, auf die ein Gitterfach zu stehen kommt, vorher etwas geebnet, die Steine weggezogen oder Kies darüber geschüttet werden, wenn sie scharf gebrochene Linien zeigt, damit ein leidlich enger Schlufs zwischen dem unteren Rahmenstück des Bockes und dem Strombette erreicht wird. Ebenso zweckdienlich ist in solchen Fällen eine Unterfütterung der Fußrahmen mit Faschinenbündeln. Ein Zwischenraum von der mittleren Gröfse der Geschiebe, die im Rheine wandern, wird von diesen schnell geschlossen, sobald sie laufen; viel gröfsere Zwischenräume dagegen erst durch zufällig antreibende Zweige, Wasserpflanzen u. s. w.

Die bei den Regulierungsarbeiten vorgesehene Belastung der Fache erfolgt nach Einbringung der Seile in die Ringe, unmittelbar bevor das Fach auf den Drähten oder Seilen auf die Sohle gleitet oder sofort hinterher. In letzterem Falle ist die treibende Wirkung der Strömung richtig abzuschätzen und der zur Beschwerung der Fußrahmen bestimmte Kies in genügender Entfernung in den Strom oberhalb des Gitterwerkes einzuwerfen, damit ihn das Wasser nicht über dasselbe hinausträgt.

Etwaige Bedenken gegen das leichte Versenken der Fache oder Böcke müssen hier näher erörtert werden.

Unterscheiden wir zunächst das Verlegen von Leitwerken und dasjenige von Buhnen und Grundschwellen.

Weil die ersteren zuvor und parallel oder beinahe parallel mit dem Stromstrich, die anderen später und der Quere nach, beinahe senkrecht zum Stromstrich, verlegt werden, so ist ersichtlich, dafs die Strömung bei dem von unten beginnenden, nach oben fortschreitenden Versenken der Leitwerke durch den Stofs des Wassers gegen den zu versenkenden Bock fördernd mithilft und nur dem Verlegen der Buhnen und Grundschwellen Schwierigkeiten bereitet.

Dafs es unzweifelhaft möglich ist, Gitterwerke auf der trocken liegenden Sohle des Rheines, ferner bei Niederwasser und etwa 2,50 m tief unter demselben, d. h. so tief, als das Auge bei kleinem Wasserstand noch reicht, von Hand oder mittels Krahn

sicher verlegen zu können, wird von Niemand bestritten werden können. Damit verringern sich aber etwaige Zweifel um mindestens  $\frac{2}{3}$  ihrer Bedeutung.

Zugestanden wird, daß die Verlegung von Gitterwerken quer zum Stromstrich bei Niederwasser in größerer Tiefe als 2,50 m, bei Mittelwasser wegen der starken Strömung und der Trübung des Wassers in jeder Tiefe mit Schwierigkeiten verbunden ist. Bei Hochwasser wird nicht gebaut.

Ist aber die Reibung der Böcke an zwei Drähten oder Seilen bei starker Strömung zu groß oder schränken, d. h. klemmen sich dieselben in den Seilen, so müssen sie anders konstruiert und an einem Draht oder einer Seile schwebend so verlegt werden, daß ihr Schwerpunkt nicht über den zwei Seilen, sondern unter dem einen Seile liegt (siehe Fig. 6). Ist die gleitende Reibung zwischen den Ringen und den Seilen zu groß, so muß man sie durch rollende Reibung ersetzen; die Kosten werden sich dadurch wohl ein wenig, aber nicht wesentlich steigern.

Da wo geringere Höhen als 0,30 m zu verbauen sind, wird dies am besten mit eisernen, mit Weiden oder Rohr durchflochtenen Rahmen, in Nachahmung des natürlichen Schutzes des Ufers eines Weihers oder Baches, geschehen.

Die Ausführung der Drahtgitterbauten muß beim Rheinstrom in der Zeit der Niederwasser desselben in den Monaten November bis März am eifrigsten betrieben werden.

Zwar kann ihnen auch Nebel oder Frost oder ausnahmsweise in diese Periode fallendes Hochwasser eine Unterbrechung bringen, auch ist die Kürze der Wintertage großen Leistungen nicht förderlich, doch bleibt ihnen in dieser Zeit ein Vorzug: das ist die Klarheit des Rheinwassers bei niederen Pegelständen, bei denen man auf Tiefen bis zu 2,5 m, häufig auch auf größere Tiefen, die Beschaffenheit der Sohle genau erkennen kann.

Als ein anderes Verfahren der Versenkung der Gitterfache empfiehlt es sich, je ein Fach in klarem und wenig bewegtem Wasser von der Senkbrücke aus mittels zwei mit Haken versehenen Stangen von zwei Arbeitern auf die Sohle herabzulassen und sie dort nebeneinander in der Richtung, die die Bühne oder Grundschwelle oder das Leitwerk bekommen soll, aufzustellen.

Eine dritte Art ihrer Verlegung ist die mittels eines Krahns von der Senkbrücke aus. Vorbedingung dafür ist ebenfalls klares Wasser, welches bei niederen Pegelständen, also bei geringer Stromgeschwindigkeit, vorauszusetzen ist. Auf der Senkbrücke wird dann ein leichter Krahn mit drehbarem Ausleger für höchstens 1 t Gewicht aufgestellt, die unbeschwerten oder beschwerten Fache werden in einen Haken an das Seil des Krahns gehängt, der Ausleger wird gedreht, worauf die Fache nacheinander mittels der Winde so auf die Stromsohle niedergelassen werden, daß sie nebeneinander in die für die Bühne, die Grundschwelle oder das Leitwerk vorgeschriebene Linie zu stehen kommen. Diese Art der Verlegung ist ebenso einfach und sicher, als die Versenkung der Fache an Drähten oder Seilen, spart aber an Draht und Seil, die mit 72 Pf. pro Fach veranschlagt sind. Allerdings erfordert dieselbe etwas mehr Zeit, weil ein Fach schneller zur Sohle gleitet, als das Schwenken des Krahns, das Niederlassen der Last und das Wiederaufziehen des Hakens bedarf.

Für die Ausführung der Arbeiten müssen im Interesse der Zweckmäßigkeit, der Billigkeit, sowie des raschen Baufortschrittes folgende oberste Grundsätze gelten:

- a. Die günstige Zeit der Niederwasserstände ist mit jeglichen verfügbaren Kräften auszunutzen und es sind vor Beginn der Arbeiten alle Vorbereitungen dazu zu treffen;

- b. jede vom Strome freigegebene Fläche seines Bettes, die auferhalb des Niederwasserbettes bleibt, ist schnell nach den Linien des anzustrebenden neuen Querprofils vor neuen Angriffen zu schützen;
- c. Querbauten sind nur im Ausnahmefalle in großen Tiefen herzustellen; es ist in der Regel abzuwarten, bis sich die Sohle durch die Wanderung der Kiesbänke wieder erhöht hat und ist dieselbe dann durch Gitterwerke zu decken;
- d. Querbauten sind auferhalb des Thalweges in der Konkaven erst aufzustellen, wenn das Leitwerk daselbst verlegt ist;
- e. Leitwerke sind in Kurven nur am konkaven Ufer aufzustellen, weil die Erfahrung gezeigt hat, daß in gekrümmten Flußstrecken zwei parallele Leitwerke überflüssig sind;
- f. die Grundswellen im Thalwege, also in dem späteren Niederwasserbett, sind soweit, als es der Breite nach möglich ist, einzubauen, bevor eine etwa anliegende Nebenrinne geschlossen wird, weil durch deren Abschluß die Strömung im Thalweg vergrößert und die Ausführung von Arbeiten darin erschwert wird;
- g. abzutreibende Kiesbänke sind dem Angriffe der Strömung nur seitlich preiszugeben, weil die Kiesel daselbst bei jedem Wasser schnell, auf der Oberfläche der Bänke dagegen bloß bei den höchsten Wasserständen wandern;
- h. bei wachsendem Wasser und bis zum Eintritt zu hoher, den Arbeiten hinderlicher Wasserstände sind fleißig alle Stromerweiterungen zu sondieren, um durch Gitterbauten Einhalt zu gebieten, bevor die Erweiterung zu sehr nach der Tiefe fortschreitet.

Alles das ist zwar schneller gesagt als gethan und es ist fern von mir, die großen Schwierigkeiten der Ausführung zu unterschätzen, hoffend, daß im Laufe der Arbeit Abänderungen und Verbesserungen der gemachten Vorschläge dazu helfen werden, die Ansprüche, die etwa im Anfang nicht erfüllt werden sollten, dennoch zu erreichen.

Ich überlasse es dem Urtheil der Leser, ob die Herstellung von Kies- und Steinseifenmaschinen, sowie ihre Verlegung im Strome, nicht ebenfalls mühselig und zeitraubend ist, ob sie, die der Gewalt der Flut eine 10 bis 18fach größere Fläche darbieten, sicherer versenkt werden können, sicherer liegen und sicherere Kiesfänge sind, als die Drahtgitterfäche; ob die angestrebte Form des Querprofils richtiger mit diesen oder mit Stein- und Kieswerken erreicht werden kann, selbst wenn von der Frage der Kosten beider Systeme ganz abgesehen wird.

## 5. Die Vorzüge der Verwendung des Eisens zu Bauten unter Wasser an Stelle von Steinen.

Die Vorzüge der Verwendung des Eisens zu Strombauten unter Wasser vor der Verwendung von Steinen liegen also:

- a. in der beinahe ungestörten Bewegung des Wassers beim Durchlauf durch die freie Gitterwand;
- b. in der durchaus sicheren Zurückhaltung des eine gewisse Größe überschreitenden, im Strome wandernden Geschiebes durch diese Wand;
- c. in dem Durchschlüpfen der unter dieser Größe zurückbleibenden Geschiebe durch die Gitterwand;

- d. in der gleichmäßig fortschreitenden Ablagerung der Geschiebe je nach ihrer Größe in dem sogen. „toten Winkel“, der auf der Sohle unterhalb der Gitterwand durch die Ansammlung der wandernden Kiesel davor entsteht;
- e. in der Schnelligkeit und Sicherheit der Aufstellung der Drahtgitterwerke über sowie unter Wasser;
- f. in ihrem durch die Mitverwendung von Weiden gesicherten billigen Preise;
- g. in ihrer größeren Sicherheit gegen Zerstörungen durch Hochwasser.

## 6. Die Kosten der Gitterwerke.

Der Frage nach den Kosten der aufzustellenden Gitterwerke sende ich einige allgemeine Bemerkungen voraus.

Die Arbeiten der Befestigung des rechten Rheinufers sind meist in Regie gemacht worden. Die französische Regierung liefs dagegen sehr viele Bauten durch Unternehmer ausführen und dieselben durch ihre Beamten nur für die Absteckung, die vertragsmäßige Herstellung, die Abnahme und Abrechnung beaufsichtigen.

Die deutsche Verwaltung hatte guten Grund, auch am linken Rheinufer nach 1870/71 die Arbeiten auf eigene Rechnung und Gefahr weiter zu führen und hat dabei zufriedenstellende finanzielle Erfolge gegen früher erzielt.

Deshalb wird auch die Herstellung und Verlegung der eisernen Gitterbauten in Regie befürwortet, bei der die Beamten der Wasserbauverwaltung den Gewinn des Unternehmers dem Lande verdienen, dieses selbst aber das Risiko trägt. Die Veranschlagung ist zu einem Preise erfolgt, zu dem auch die Privatindustrie die Gitterwerke mit mäßigem Gewinn ausführen könnte. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Arbeitslöhne für die ersten Versuche wegen Mangel an Übung des Personals höher als hier angegeben ausfallen könnten und erst mit der Ausdehnung der Arbeiten und der guten Einschulung der Leute dem eingestellten Werte gleichkommen dürften.

Der Grundpreis für die in genaue Längen über 1 m geschnittenen Flach- und Rundeisen beträgt zur Zeit im Mosel- und Saarrevier für 1000 kg frei Waggon 130 M. Es kann zu den Rahmen altes Rund- und Flacheisen, alte Gas- oder Siederöhren, Reifeisen u. s. w. zur Verwendung gelangen, dessen Preis höchstens auf 65 M. pro 1000 kg zu veranschlagen ist, sodafs ein Durchschnittspreis von 130 M. für die Tonne Eisen einschließlic Verschnitt und Transportkosten zum und im Rheine genügt.

Das mittlere Gewicht des Eisens, welches zur Verbauung von 1 qm Querprofilfläche erforderlich ist, beträgt 20 kg.

Die bei der Regulierung des Oberrheines auf 1 km Stromlänge mittels Leitwerken, Bühnen oder Grundschwellen im Quer- und Längenschnitt zu verbauende Fläche ist im Durchschnitt zu 6100 qm ermittelt worden.

Der Bedarf an Eisen erreicht demnach für die 57 km lange Strecke Straßburg-Lauterburg  $20 \cdot 6100 \cdot 57 = 6954000$  kg, rund 7 Millionen Kilogramm.

Es betragen die Kosten für 1 qm verbaute Querprofilfläche:

20 kg Eisen à 13 Pf. . . . .	M. 2.60
Arbeitslohn für 1 kg 40 Pf., also für 20 kg . . . . .	„ 8.—
Draht bezw. Drahtgeflecht und Anbringen desselben . . . . .	„ 1.20
Ringe mit Haken . . . . .	„ —.20

zu übertragen . . . M. 12.—

	Übertrag . . .	M. 12.—
Draht oder Drahtseil . . . . .	„	—72
Weiden und Arbeitslohn für das Einflechten derselben . . . . .	„	—68
Transport und Verlegung im Wasser . . . . .	„	2.—
Belastung mit Kies vor bzw. nach den Verlegen . . . . .	„	—60
	Sa. . . . .	M. 16.—

Die Verbauung von 1 km Stromlänge mit den genannten Gitterwerken kostet demnach 6100.16 M. . . . . M. 97600

Hierzu treten:

Für Projektierungs-, Absteckungs- und Bauaufsichtskosten . . . . .	5%	
Stellvertretungs- und Beurlaubungskosten der Bauaufsicht . . . . .	2%	
Kosten der Buchführung, der Materialien- und Inventarverwaltung wie der bezüglichen Revisionen . . . . .	2,5%	
Reisekosten und Diäten der Bauaufsicht . . . . .	3,5%	
Für Büreamieten, Büreausstattung, Bedienung, Heizung und Beleuchtung . . . . .	2%	
	Sa. . . . .	15 <sup>0/0</sup> <sup>29)</sup>
Bauaufsichts- und Verwaltungskosten rund . . . . .	„	14400
	Sa. . . . .	M. 112000

Der Ausbau der Strecke Strafsburg-Lauterburg mit Drahtgitterwerken kostet hiernach 57.112000 M. . . . . M. 6384000

wozu noch folgende Beträge treten:

- Die Kosten für die Arbeits-, Transport- und Dienstmachen, soweit die schon vorhandenen Fahrzeuge der Verwaltung dazu nicht ausreichend sind, einschliesslich der erforderlichen Geräte an Stangen, Rudern, Ankern, Seilen u. s. w. für 4 badische, 4 elsässische Stromaufsichtsbezirke mit schätzungsweise . . . . . „ 60000
- Kosten der Bedienung der Dienstschiffe bei den Reisen der Ober- und der Aufsichtsbeamten . . . . . „ 240000
- Die Kosten für den Ankauf von 3 Schraubendampfschiffen von ca. 20 m Länge, 5 m Breite (1 für Baden, 1 für Elsass-Lothringen und 1 zur Reserve) mit vollständiger Ausrüstung, 0,80 m Maximaltiefgang, mit je 2 Kajüten, 1. und 2. Verdeck, mit Maschinen von 30—35 effektiven Pferdekraften zur Hilfeleistung bei der Arbeit, wie zum Transport von Materialien und Beamten, pro Dampfer 40000 M., also . . . . . „ 120000
- Betriebskosten eines Dampfers für 3600 Arbeitstage oder zweier Dampfer für 1800 Arbeitstage, den Tag zu 100 M. . . . . „ 360000
- Für Baggerungen zu Räumungen an den Böschungen der Korrekionswerke, zur Entfernung von Steinen vor Aufstellung der Gitterwerke, zur Lockerung des Kieses hochliegender Schwellen, zu übertragen . . . . . M. 7164000

<sup>29)</sup> Die etatsmäßigen Gehalte sind hier nicht inbegriffen.

Übertrag . . .	M. 7164000
damit der Strom ihn in Bewegung setzt und abtreibt, für 57 km à 10000 M. . . . .	„ 570000
f. Für Aufstellung von Materialenschuppen, Schmiedewerkstätten „	50000
g. Für Kranken- und Invalidenkassenbeiträge, Unterstützungen der Arbeiter oder ihrer Hinterbliebenen . . . . .	„ 48000
h. Bauzulagen für die etatsmäßigen Beamten im äusseren Dienst „	108000
i. Gebühren der Kassenbeamten $\frac{1}{2}\%$ . . . . .	„ 45000
k. Reserve für unvorherzusehende Hochwasserschäden und Preis- steigerungen, rund 25% . . . . .	„ 2015000
Sa. . . . .	M. 10000000
d. h. für 1 km rund . . . . .	M. 175000

## 7. Die Dauer der Ausführung der Regulierungsbauten.

Als Grundlage der täglichen mittleren Arbeitsleistung wird die Aufstellung von 120 qm Gitterwerken — in der Wandfläche gemessen — angenommen. In den vier Wintermonaten wird unter Wasser in einem Tage weniger, in den Sommermonaten unter Wasser mehr, über Wasser oder bei Hochwasser gar nichts geleistet werden. Berechnet man die Anzahl der Arbeitstage im Jahre zu 240, so beträgt die Fläche der jährlich aufzustellenden Gitterwerke  $120 \cdot 240 = 28800$  qm.

Die zwischen Strafsburg und Lauterburg zu verbauende Gesamtfläche ist zu  $6100 \cdot 57 = 347700$  qm ermittelt worden, folglich bedarf es  $\frac{347700}{28800} = \text{rd. } 12$  Jahre zur Bewältigung des ganzen Regulierungswerkes bei der zu Grunde gelegten Tagesleistung, bei vermehrter Tagesleistung einer geringeren Anzahl Jahre.

Die Fortschritte der Regulierungsarbeiten hängen jedoch nicht nur von den dazu verwandten Mitteln, der Zahl der Arbeitskräfte und der Schulung derselben, der Gunst der Witterung und der Wasserstände, sondern in hervorragender Weise von der richtigen Benutzung der Lage und Höhe der Kiesbänke bezw. des Bettes und von der Mitarbeit der Strömung ab. Der ausführende Beamte muß die Höhen und Breiten, die der Entwurf vorschreibt, durch den Einbau der Gitterwerke in dem Zeitpunkte, soweit als es Wasserstände und Wetter erlauben, festzuhalten wissen, in dem die Strömung das Rheinbett vertieft oder zufüllt. Das wird die Gesamtleistung vermindern und eine Zeit- wie Kostenersparnis zur Folge haben.

Der verstorbene Regierungsrat Angele schätzte die Dauer der Rheinregulierung zwischen Strafsburg und Lauterburg auf 5 Jahre; von anderer Seite ist sie bei der Verwendung von Senkfaschinen zu 10 bis 12 Jahren bemessen worden.

Der Unsicherheit einer ganz zutreffenden Schätzung bin ich mir sehr wohl bewußt. Aber die Gitterwerke verlegen sich schnell und der Fortschritt der Arbeiten ist bei ihrer Benutzung viel gröfser als bei der von Kies- oder Steinsenkfaschinen. Ich bin daher der Meinung, daß der für die Schifffahrt wichtigste Erfolg der Rheinregulierung, die Verbauung der Nebenrinnen und die Vertiefung der zu hoch liegenden Schwellen nach den ersten Baujahren mit Sicherheit zu erreichen ist und in den folgenden Jahren der Neubildung solcher Rinnen und Barren rechtzeitig vorgebeugt werden kann.

Steigert man die tägliche Leistung durch eine Vermehrung der Arbeitsstellen und des Personals, so könnte die Regulierung auf der Strecke Strafsburg-Lauterburg in 6 Jahren vollendet werden.

### 8. Notwendigkeit der Regulierung der Stromstrecke Strafsburg-Hünigen.

Die Regulierung des Rheines oberhalb Strafsburg bis Hünigen ist nicht nur durch die immer fortschreitende Vertiefung der Stromsohle im Oberlaufe geboten, sondern sie ist auch die notwendige Folge des Ausbaues des Unterlaufes. Denn dem letzteren würden in wenigen Jahren von oben neue Kiesbänke zutreiben, die bei Kehl gebaggert werden müßten. Wo wollte man ihre Massen da auf die Dauer ablagern? Die Gewalt der Strömung muß daher schon im Oberlaufe des Rheines gebrochen und damit der übermäßigen Bewegung der Geschiebe Einhalt gethan werden. Die Aufgabe der Regulierung oberhalb Strafsburg wird selbstredend mit Rücksicht auf die Fortsetzung der Schifffahrt bis Hünigen zu lösen sein, jedoch liegen keine anderen Gründe zu ihrer schnellen Ausführung vor, als die Notwendigkeit, die fortschreitende Vertiefung der Stromsohle zu verhindern und die wirtschaftliche Verpflichtung zur Minderung der auf dieser Strecke noch höheren Unterhaltungskosten, als die sind, die auf den Teil Strafsburg-Lauterburg entfallen.

Die Regulierung zwischen Kehl-Hünigen kann deshalb langsamer durchgeführt und jeder Vorteil dabei benutzt werden, den Wetter und Wasserstände bieten. Je nach der Gelegenheit des Niederwassers müssen die für die Linien des zukünftigen Nieder- und Mittelwasserprofils des Stromes passend liegenden Flächen des Rheinbettes durch Einbau von Leitwerken und Buhnen vor Abbruch geschützt, die Bildung von Nebenrinnen verhütet, die Sohle, wenn auch zunächst nur in größeren Abständen, befestigt und die Altwasser verlandet werden, deren dauernde Erhaltung nicht beabsichtigt ist. Geschieht dies alles so zu sagen im Wege der Unterhaltung, so können wesentliche Ersparnisse erzielt werden. Der Betrieb von Dampfbooten ist dann bei der Bauausführung nicht erforderlich, die Kosten dafür wären ebenso wie ein bedeutender Teil der Kosten der Reserve einzusparen.

### 9. Nachweis der Kosten der Regulierung anderer Flüsse zur Verbesserung ihrer Schiffbarkeit.

Die Regulierung eines Flusses ist billiger als seine Kanalisierung mittels Wehren und Schleusen. Es kostete z. B. die Kanalisierung

der Saar (1875—1879) auf 17,5 km Länge pro km	M. 145356
der Mosel oberhalb Metz (1867—1876) pro km	„ 165740
des Mains (1883—1886), 33 km lang	„ 167000
dagegen die Regulierung	
des Rheines in Preußen (1830—1879)	„ 138555

Für die Regulierung der Rhone sind nach offiziösen Nachrichten 96—100000 M., im Mittel 98000 M. für den Kilometer Stromlänge ausgegeben worden.

Die Schifffahrtsverhältnisse der Rhone vor und nach der Regulierung zeigt Tabelle X.

Tabelle X. Schifffahrtsverhältnisse der Rhone.

	Vor der Regulierung	Nach der Regulierung
Sperrung durch Eis, Nieder- u. Hochwasser	93 Tage	14 Tage
Schwierige Fahrt	129 „	14 „
Fahrt mit ganzer Ladung	143 „	337 „
Sa. . .	365 Tage	365 Tage

Es ist eine Thatsache, daß die bisher für die Korrektion des Oberrheines verausgabten Kosten, welche für den Kilometer durchschnittlich 382017 M. betragen haben, für die Landeskultur gemacht worden sind und der Schifffahrt nur geringen Nutzen gebracht haben.

Wenn daher, wie nachgewiesen, durch die Aufwendung der Summe von 175000 M. für 1 km die Verbesserung der Schiffbarkeit des Rheines wirklich zu erreichen ist, so ist diese Ausgabe im Verhältnis zu den Kosten der Regulierung der vorher genannten Flüsse, sowie zu dem Segen, den sie beiden Rheinufern bringen wird, „wirtschaftlich“ sehr gerechtfertigt.

## 10. Anfangsstelle und Fortsetzung der Regulierung.

Wäre nicht die Rücksicht auf die Verbesserung der Schifffahrt in erster Linie maßgebend, stände das fiskalische Interesse obenan, so müßte mit der Regulierung bei Hüningen begonnen und dieselbe von oben nach unten fortgesetzt werden, anstatt sie im Schifffahrtsinteresse zwischen Straßburg und Lauterburg zuerst durchzuführen. Auch die technische Erwägung, daß die von oben nach unten fortschreitende Festlegung der Geschiebe eine Gewähr gegen die Vergrößerung der Kiesbänke im Unterlaufe ist, befürwortet es, mit der Regulierung im Oberlaufe zu beginnen.

Da Handel und Schifffahrt aber ungestüm auf die Verbesserung des Rheinbettes zwischen Straßburg und Lauterburg drängen, so wird diese Strecke zuerst reguliert werden müssen. Es bietet eine Sicherheit gegen ihre Versandung, wenn zuerst die Länge zwischen der Abzweigung und der Mündung des Kleinen Rheines in den Hauptstrom als Probestrecke reguliert wird und vorübergehend als Ablagerungsplatz für etwa von oben nachrückende Geschiebe dient. Nach Vollendung der Regulierung zwischen Straßburg und Lauterburg wird ebenso dringend die Verbesserung der Fahrstraße des Rheines bis Basel verlangt werden, wie sie zur Zeit bis Straßburg gefordert wird.

Die Möglichkeit, durch die Regulierung der Dampfschifffahrt auf dem Rheine einen sicheren Weg bis Basel zu schaffen, liegt vor. Die Vergleichung des höchsten gemittelten kilometrischen Gefälles zwischen der Mündung der Wiese bei Basel und Hüningen mit 1,20 m und des zwischen Straßburg und Lauterburg wirklich gefundenen, größten örtlichen Sturzgefälles in Km. 150—151 bei Greffern vom Ende Februar 1895 mit 1,458 m läßt annehmen, daß die Strömung oberhalb Straßburg von Dampfschiffen ohne zu große Kosten ebenso gut überwunden werden könnte, wie unterhalb, wenn einst nach der Regulierung die lokalen Sturzgefälle verschwunden sein werden. Deshalb haben nicht nur die unterhalb Straßburg und Kehl liegenden Teile von Unter-Elsafs und Baden das höchste Interesse an der Rheinregulierung, sondern gemeinsam ganz Baden und Elsafs von der Wiese bis zur Lauter.

## II. Die zukünftige Gestaltung des Rheinbettes.

Die Bestimmung des Längenschnittes und der Nieder- und Mittelwasserquerschnitte zwischen Hüningen und Lauterburg, sowie die Verwendung der Drahtgitterwerke als Bühnen und Grundschwellen oder Leitwerke bleibt vertragsgemäß der Vereinbarung beider Uferstaaten überlassen. Gemeinschaftlich haben sie die nach der Regulierung unveränderliche Richtung des Thalweges, die beiderseitige Hoheitsgrenze zu bestimmen. Ebenso werden sie sich über die Höhenlage der Stromsohle einigen müssen, was um so

leichter sein wird, als dieselbe bereits durch die Nullpunkte der einzelnen Pegel ideell gegeben ist.

Es wäre verfrüht, Vorschläge hierzu zu machen, bevor ein Versuch die Verwendbarkeit der Drahtgitterwerke zur Rheinregulierung nach allen Seiten hin dargethan hat.

Im Längenprofile muß festgehalten werden:

A. Von Elsaßs-Lothringen.

- a. Die bei Hünigen für die Schifffahrt und Speisung des Hüniger Kanales gegebene Höhe des Oberdempels der Hüniger Schleuse;
- b. bei Neubreisach die für die Speisung des Breisacher Kanales gegebene Höhe des Oberdempels der Einlafsschleuse;
- c. bei Schleuse 88 (Straßburg) die Höhe des Unterdempels dieser Schleuse;
- d. bei Lauterburg die für die Einfahrt in den dortigen Hafen gegebene Höhe der Hafensohle.

B. Von Baden.

- a. Die Höhe des Einlaufes des bei Hünigen abzweigenden projektierten Ober-rheinischen Bewässerungs- und Fabrik-Kanales;
- b. bei Kehl die Höhe der dortigen Hafensohle.

12. Die Verlandung der Altrheine.

Das System der Einschränkung des Rheines zwischen zwei Dämme, die sogenannten Parallel- oder Korrektionswerke, hat im Laufe der Jahre für die Kultur der Ufer des Oberrheines einen Nachteil gebracht, der nicht verschwiegen werden soll.

Durch die Einschränkung des früher viel verästelten und breiteren Bettes zwischen die 200 bis 250 m voneinander entfernten Dämme wurden die Wassermassen zusammengefaßt und in einer um 38320 m, d. h. 17,22% kürzeren Rinne wie vorher zu Thal geleitet.<sup>30)</sup> Dadurch wurde die Strömung verstärkt, deren Energie sich jetzt in höherem Maße wie sonst gegen die unbefestigte Sohle, sowie gegen die gedeckten Ufer richtet. Die Folge davon war und bleibt bis zur Regulierung eine vermehrte Bewegung der Geschiebe, d. h. die Auswaschung der Sohle in den Strecken kräftigen Gefälles und ihre Erhöhung auf einigen Strecken mit geringem Gefälle.

Schritt um Schritt mit der Regulierung des Rheines vorwärts schreitend muß die Verlandung, die Befestigung der Ufer und Sohle der Altrheine, sowie der bisher nicht regulierten Nebenflüsse gehen, welche ihm noch Sinkstoffe zuführen. Es ist zur Erhaltung eines offenen Stromprofils unbedingt erforderlich, daß in den Nebenflüssen und Altrheinen alle Geschiebe zurückgehalten werden, die das Hochwasser darin fortreibt, daß die Ufer nicht angebrochen, Bäume nicht unterwaschen, gestürzt und in den Hauptstrom geschwemmt werden. Nur bei bordvollem Strome, nicht unter mittleren Pegelständen, darf aus dem schiffbaren Bette Wasser in die Altrheine abfließen; das Schifffahrtsinteresse verlangt die Zusammenhaltung des ganzen Wassers zur Erzielung der möglichst größten Tauchtiefe der Fahrzeuge.

Aber auch das forst- und landwirtschaftliche Interesse fordert an vielen Stellen zwischen Basel und Straßburg nicht nur die Befestigung, sondern die Wiederhebung

<sup>30)</sup> Im Jahre 1833 betrug die Länge des Rheines . . . 222 460 m

„ „ 1895 „ . . . . . 183 140 „

also Unterschied der Längen . . . 38 320 m.

der Stromsohle auf das Niveau, welches sie vor der Korrektio n des Rheines hatte. Dies ist vor allem in der Hardtgegend der Fall. Denn mit der Auswaschung der Rheinsohle hat sich der Grundwasserstand gesenkt; die Eiche findet keine Feuchtigkeit in den Tiefen mehr, in die ihre Wurzeln reichen, sie wird wipfeldürr. Dafs der Ertrag vieler Felder im Rheinthale geringer geworden ist, als er vor der Korrektio n war, hört man häufig behaupten und die durch die Senkung des Rheinspiegels bedingte Senkung des Grundwassers macht die Berechtigung dieser Klage, sowie schlimmere Folgen in der Zukunft sehr wahrscheinlich.

Ebenso widerspricht es dem Interesse der Land- und Forstwirtschaft, dafs der Strom die im Wasser treibenden Stoffe, welche einen den Pflanzenwuchs fördernden Nährwert besitzen, meist mit seinen Wellen zu Thal trägt und nur einen geringen Teil auf dem Ufergelände absetzt. Er soll von da nicht nur nichts mitnehmen, sondern den ganzen Schlick, den er mitbringt, soviel als möglich zurücklassen; seine Überschwemmungen sollen wie die des Niles ein Segen werden. Das Oberland hat gar kein Interesse daran, den fruchtbaren Schlick dem Unterlande zu überlassen, wo er schliesslich die holländischen Polder düngt und das Rheindelta vergröfsert. Schon ältere Schriftsteller haben auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Strömung durch in das überflutete Uferland einzubauende Querbuhnen zu mildern, den Schlick aus dem ruhig bewegten Wasser abzuscheiden und ihn auf dem Gelände zur Ablagerung zu bringen, weil auf diese Weise der Boden zwischen den Hochwasserdämmen und den Ufern mit der Zeit eine gute Humusdecke und viel höheren Wert erhalten wird. Diesen Zweck erreicht man aber mit Drahtgitterbauten sicherer, schneller und billiger als mit Erd- und Steinwerken, sie werden deshalb gewifs häufige Anwendung finden.

Haben sie doch auch den grofsen Vorteil, das Hauptrheinbett vor Verkiesung, vor Ablagerungen, die eine Änderung der Form seiner regelmäfsig ausgebauten Profile veranlassen könnten, zu schützen!

Die Hebung der Stromsohle ist eine den beiden Uferstaaten Baden und Elsa fs-Lothringen zufallende Aufgabe; die Altrheine und das Vorland dagegen stehen vielfach im Besitz von Gemeinden und Privaten. In Baden ist der Besitz an Altrheinen viel gröfser als im Elsa fs. Die Uferstaaten, die Gemeinden und die Privateigentümer der Altrheine müssen daher zusammenwirken, um die Verlandung derselben mit den billigen Buhnen und Grundschwellen bald herbeizuführen und sich die Fortsetzung der Weidenpflanzungen auf dem Vorlande, sowie die Errichtung von Gitterwerken auf demselben zur Milderung der Hochwasserströmungen, sowie der Ausscheidung der von ihnen mitgeführten Sinkstoffe angelegen sein lassen. Dann wird eine Ursache der Unordnung im Strome dauernd beseitigt, deren Bestehen sonst oft wiederholte Baggerungen im regulierten Rheine erheischen würde.

Die Kosten der Verlandung der Altrheine, sowie der Verminderung der Hochwasserströmung auf den Vorländern in die Kosten der Rheinregulierung einzubeziehen, ist unterlassen worden, weil sie von den Eigentümern derselben ganz oder zum Teil getragen werden müssen und die Uferstaaten nur einen nicht zu übersehenden Zuschufs dazu zu leisten haben.

### Schlufs wort.

Das fachliche Interesse für die Aufgabe der Rheinregulierung hat mich während meiner dreijährigen Stellung als Wasserbauinspektor in Strafsburg veranlafst, diese Arbeit aufzunehmen. Die für eine neue Bauweise in Eisen, Draht und Weiden ge-

machten Vorschläge beziehen sich zwar vorwiegend auf den Rhein, sie können aber auch auf andere Ströme, Flüsse und Bäche, den charakteristischen Eigenschaften derselben und den örtlichen Verhältnissen entsprechend umgewandelt, übertragen werden. Erfahrungen für ihre Anwendung im Strome lassen sich mit geringen Mitteln am kleinen Waldwasser oder in den Altrheinen sammeln. In der Theorie vorgeschritten, haben wir in der Praxis des Strombaues nichts Neues geleistet und daher Versäumtes nachzuholen. Neben der Einsicht, dies zu erkennen, müssen die Wissenden aber auch die Offenheit haben, zuzugestehen, daß die Begradigung des Oberrheines, die Verkürzung seines Laufes und die Einengung seiner Stromkraft dort, wo er die größten relativen Gefälle hat, in ein nur aus beweglichen Geschieben bestehendes Bett von 200 bis 225 m Breite, ohne die Möglichkeit der Sohlenbefestigung, ein gewagtes technisches Unternehmen der Vergangenheit war, das die in der Gegenwart empfindlich verstärkte Wanderung der Geschiebe, die Senkung der Stromsohle und ihre Folgen nach sich gezogen hat. Die Verantwortung dafür trifft keinen Lebenden mehr! Aber der Versuch der Fortsetzung der bisherigen Bauweise würde nach den Erfahrungen am Oberrhein unentschuldigbar sein und muß vermieden werden, wenn man nicht Gefahr laufen will, viel größere Hochwasserschäden aus Veranlassung der Regulierungsarbeiten wie bisher zu erleben.

Die Schifffahrt drängt auf eine baldige Entscheidung der Frage des Ausbaues des Rheinbettes zwischen Baden und Elsass-Lothringen. Noch ist es Zeit zu prüfen, ob der Stein- oder Kiessenkfaschinenbau unter Wasser auf der beweglichen Sohle geschiebeführender Flüsse wegen des Übersturzes und der Wellen, die er erzeugt sowie des geringen spezifischen Gewichtes der dazu verwendeten Materialien wegen die beste, dem Können der heutigen Technik entsprechende Bauweise ist oder ob die Einführung eines anderen, den ruhigen Abfluß des Wassers kaum störenden, die Geschiebe zur Ablagerung bringenden Kies-, Sand- oder Schlickfanges, sei es als Leitwerk, Buhne oder Grundschwelle Förderung verdient. Ich behaupte nicht, daß nur mit den eisernen Gitterwerken, wie ich sie vorgeschlagen, die Befestigung wandelbarer Flußbetten erreicht wird. Vielleicht wissen die zuständigen Berater der Landesbehörden andere bessere Mittel dafür anzugeben, wenn nicht, so dürften solche durch einen Wettbewerb unter den deutschen Ingenieuren zu erstreben sein. Ich hoffe, daß sich eine noch einfachere und billigere Bauweise, als die eisernen Gitterwerke sie bieten, finden läßt. Weitere Anstrengungen dafür selbst zu machen, halte ich zur Zeit verfrüht, weil die öffentliche Meinung in Elsass-Lothringen wie in Baden nicht geneigt sein dürfte, einer billigen Lösung der Aufgabe der Rheinregulierung gläubiges Gehör zu schenken. Haben doch Wasserbautechniker sie in dieser Ansicht bestärkt, unbewußt oder ungeachtet der Arbeiten des Bauamtmann Wolf in Landshut, der sichere und billige Erfolge mit seinen schwebenden Baukörpern an der Isar gehabt hat. Warum sollten wir verzagen, bewegliche Leitwerke zu erdenken, die erst bei Hochwasser in Thätigkeit treten, um die Wirkung der verschiedenen Richtung der Mittel- und der Hochwasserströmung dort, wo es erforderlich ist, abzuschwächen oder mittels selbstthätiger Werke ein Ufer (bezw. eine Kiesbank) vor dem Abbruche zu schützen, wenn der Strom seine Miniarbeit beginnt?

Möchte aus dem Zweifel und dem Widerstreite der Meinungen die Klärung derselben hervorgehen! Das gemeinsame Ziel aber, die Stromkraft des Rheines, so groß sie ist, durch die Anwendung der richtigen Mittel zu leiten und zu zähmen, den Widerstand des Rheinbettes zu vermehren, muß erreicht werden, wollen wir der Schifffahrt helfen und uns Meister des Wasserbaues nennen.

## Litteratur.

### Benutzte Quellen und Litteratur

(außer den im Text angeführten Schriften).

- Des travaux du Rhin von Oberingenieur Defontaine. Ann. des ponts et chaussées 1833.
- Projet général de regularisation du cours du Rhin 1840 von Oberingenieur Couturat. (Aus dem Bezirksarchiv des Unter-Elsafs in Straßburg entnommen und im Anhang (S. 89) in der Übersetzung wiedergegeben.)
- Handbuch der Wasserbaukunst von Hagen. Berlin 1853 und Berlin 1874.
- Etudes sur les inondations von M. F. Vallés. Paris 1857.
- Jahresberichte der Centalkommission für die Rheinschiffahrt. Mannheim 1860 ff.
- Die Wasser- und Straßsenbauverwaltung im Großherzogtum Baden von Bär. Karlsruhe 1870.
- Die Rheinschiffahrt Straßburgs von Loeper. Straßburg 1877.
- Der Wasserbau von Franzius und Sonne. Handb. d. Ing.-Wissensch. Bd. III, Abt. 2, 2. Aufl. Leipzig 1882.
- Rivières et canaux von P. Guillemain. Paris 1885.
- Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse, bearbeitet von dem badischen Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie, mit Vorwort von Honsell. Berlin 1889.
- Denkschriften der internationalen Binnenschiffahrtskongresse 1884, 1886, 1888, 1890, 1894.
- Mitteilungen über Landwirtschaft, Wege- und Wasserbau des Kaiserl. Oberpräsidiums in Straßburg.
- Technisch-statistische Mitteilungen des Kaiserl. Ministeriums für Elsfafs-Lothringen.
- Berichte der zur Untersuchung der Rheinstromverhältnisse niedergesetzten Reichskommission, datiert von Godesberg den 9. Oktober 1891.
- La regularisation du Rhône von Oberingenieur H. Girardon 1894.
- Wolf. Isar-Regulierung. Wochenbl. f. Bauk. 1886, S. 24, 33, 37, 39, 186 und 198.

### Sonstige Litteratur über Stromregulierungen und Schiffahrtsverhältnisse der Flüsse und Ströme.

#### a. Den Rhein betreffend.

- Tulla. Über die Rektifikation des Rheines von seinem Austritt aus der Schweiz bis zum Eintritt in das Großherzogtum Hessen. Karlsruhe 1812.
- Der Rhein und seine technische Behandlung längs der badisch-französischen Grenze. Denkschrift der Großh. Badischen Oberdirektion des Wasser- und Straßsenbaues. Karlsruhe 1855.
- Die Korrektion des Rheines von Basel bis zur Großh. Hessischen Grenze. Denkschrift mit einem Kartenheft, bearbeitet von der Großh. Badischen Oberdirektion des Wasser- und Straßsenbaues. Karlsruhe 1863.
- H. Grebenau. Der Rhein vor und nach seiner Regulierung auf der Strecke von der französisch-bayerischen Grenze bis Germersheim-Dürkheim a. d. H. 1871.
- Die Wasserbauverwaltung in Elsfafs-Lothringen. Berichte der französischen Präfekten und Oberingenieure. Straßburg 1873.

- Nachweisung über die im Großherzogtum Baden zur Korrektur des Rheinstromes vom Austritt aus schweizerischem Gebiete bis unterhalb Lauterburg von 1862—1872 ausgeführten Arbeiten, bearbeitet von der Großh. Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues. Karlsruhe 1874.
- Die Wasserstände des Rheines an den Pegeln zu Straßburg, Bingen, Bacharach, St. Goar, Koblenz, Köln, Düsseldorf, Emmerich und der Mosel an den Pegeln zu Sierck und Cochem von Kluge. Zeitschr. f. Bauw. 1874.
- H. Grebenau. Resultate der Pegelbeobachtungen an den elsafs-lothringischen Flüssen Rhein und Mosel von 1807 bis 1872. Straßburg 1874.
- M. Honsell. Der Bodensee und die Tieferlegung seiner Hochwasserstände. Stuttgart 1879.
- Dr. H. Pfannenschmid. Über das Alter der Flößerei im Gebiete des oberen Rheins mit besonderer Beziehung auf die Saar und ihre Nebenflüsse. Colmar 1881.
- Jahresberichte über die Beobachtungsergebnisse der forstlich-meteorologischen Stationen in Elsass-Lothringen. Straßburg 1882 ff.
- Die Rheinkorrektur auf der Strecke von Mainz bis Bingen. Beilage zum Centralbl. d. Bauverw. 1882.
- M. Honsell. Die Hochwasserkatastrophen am Rhein im November und Dezember 1882. Berlin 1883.
- G. Lavale. Unsere natürlichen Wasserläufe u. s. w. mit besonderer Berücksichtigung der Rheinkorrektur, bearbeitet von J. Rapp. Weilheim 1883.
- Jahresberichte des Centralbüreaus für Meteorologie u. Hydrographie im Großh. Baden. Karlsruhe 1884 ff.
- Technisch-statistische Mitteilungen über die Stromverhältnisse des Rheins längs des Elsass-Lothringischen Gebietes, I. Heft, Text und Atlas. Straßburg 1885.
- Die Ableitung von Rheinhochwasser durch das Rinnsal zwischen Höchst und Gaissau in den Bodensee. Schweiz. Bauz. 1885, I, S. 25 u. 31.
- Wasserstandsbeobachtungen an den Pegeln des Rheines längs des Elsass-lothringischen Gebietes in den Jahren 1881—1885. Zusammengestellt vom Ministerium für Elsass-Lothringen. Straßburg 1886.
- Die Korrektur des Oberrheines. Schweiz. Bauz. 1886 II, S. 55, 61, 71, 76 und 79.
- Prof. Pestalozzi giebt einen Auszug aus dem III. Heft des Werkes: „Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden, herausgegeben von dem Centralbüreau für Meteorologie und Hydrographie“, in welchem Herr Baudirektor Max Honsell die Rheinkorrektur von der Schweizer Grenze unterhalb Basel bis zur Großh. Hessischen Grenze unterhalb Mannheim, insbesondere den badischen Anteil an dem Unternehmen bespricht. Vergl. auch: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 48.
- Das Fahrwasser des deutschen Oberrheines von Albrecht. Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 182, 193, 201 und 401.
- Es wird der Vorschlag gemacht, das durch Kiesbänke verwilderte Bett durch einen „Spaltdamm“ in zwei Rinnen zu teilen. Diese Vorschläge werden von Faber zurückgewiesen im Wochenbl. f. Bauk. 1887, S. 345.
- Die Umgestaltung der Ausmündung des Rheines und der Bregenzer Ach in den Bodensee. Schweiz. Bauz. 1887, I, S. 36 und 37.
- Der Ausbau der Ufer des Oberrheines zwischen Straßburg und Mannheim zur Verbesserung der Wasserstrasse. Deutsche Bauz. 1887, S. 423.
- Faber in Karlsruhe macht den Vorschlag, die Böschungen der Uferbauten statt  $\frac{1}{2}$  fach 3 fach zu machen, wodurch die Veränderungen der Stromrinnen beim Wechsel der Wasserstände sich nur in engen Grenzen vollziehen würden. Die Ausführung ist mittels Senkfmaschinen gedacht und sollen die Kosten für den lauf. Meter 45 M. betragen.
- Mitscher. Über Hochwassermarken am Rhein, besonders in Köln. Köln 1888. Zeitschrift für Geschichte des Oberrheines. Karlsruhe, Freiburg i. B. 1888/89.
- Willgerodt. Die Schifffahrtsverhältnisse des Rheins zwischen Straßburg und Lauterburg. Straßburg 1888.
- Das Werk behandelt folgende Punkte: 1) Ansichten über den Zweck der Rheinkorrektur, 2) Einfluß der Rheinkorrektur auf die Schifffahrtsverhältnisse, 3) die Fahrwassertiefen auf der Stromstrecke von Straßburg bis Lauterburg (1874—1886), 4) der gemittelte niedrigste Wasserstand des Rheins als Vergleichsgrundlage zur Beurteilung der Güte der Schifffahrtsverhältnisse, 5) die Fahrwassertiefen lassen sich durch weitere Strombauten nicht derart vermehren, daß die Schifffahrt lohnend wird, 6) Schlußbemerkungen mit besonderer Berücksichtigung der Frage über die Notwendigkeit eines oberrheinischen Schifffahrtskanals.

- Die 6 Anlagen betreffen: 1) graphische Darstellungen der kleinsten Wassertiefen, 2) Längenprofil des Rheines von Hünigen bis Ludwigshafen, 3) graphische Darstellung der täglichen Wasserstandsbeobachtungen, 4) Ermittlung des gemittelten niedrigsten Wasserstandes, 5) charakteristische Strecken des Rheines vor der Korrektion, 6) Gestalt des Wasserspiegels und der Sohle des korrigierten Rheines bei Straßburg.
- Die Überschwemmungen des Rheines in Vorarlberg und die Geschichte der Rheinregulierung von Prof. Oelwein. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 148.
- Es werden die traurigen Flufsverhältnisse geschildert, welche durch die planlosen Schutzbauten der beiden Uferstaaten nur befördert werden.
- Die Schiffbarmachung des Oberrheines. Deutsche Bauz. 1891, S. 234.
- Es wird im Sinne der Honsell'schen Schrift die Möglichkeit der Ausbildung einer Niederwasser-Rinne besprochen.
- Die Korrektion des Ober-Rheines. Deutsche Bauz. 1891, S. 191.
- Vortrag des Bauinspektors Rheinhardt, in welchem die geschichtliche Entwicklung, die bauliche Ausführung und der erzielte Erfolg besprochen werden.
- Die badische Rheinkorrektion von Oberingenieur a. D. Beger in Offenburg. Allgem. Bauz. 1893, S. 84 und 94.
- Eine klare, gemeinverständliche Darlegung.
- Zur Frage der Schiffbarmachung des Oberrheines von Faber. Deutsche Bauz. 1893, S. 450.
- Eingehende Besprechung der Frage, in welcher zunächst der Satz: „Die Wahl des Bausystems ist keine Frage von entscheidender Bedeutung, voraussichtlich nicht einmal hinsichtlich der Baukosten“, welcher sich in der Schrift von Honsell: „Die Wasserstrafse zwischen Mannheim-Ludwigshafen und Rehe“ vorfindet, bestritten wird. Faber empfiehlt eine Befestigung der Sohle in der Nähe der Ufer und warnt vor zu starken Profil-Einengungen. Ferner werden Unterwasser-Buhnen aus Sinkstücken empfohlen, welche bei den ersten Versuchen in nur etwa 30 m Abstand voneinander zu legen wären.
- Hochwasser des Rheins und ihre Vorherbestimmung von v. Tein. Bericht des internat. meteorologischen Kongresses in Chicago im August 1893, S. 117, vergl. Bericht von Prof. M. Möller. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 237.
- Die Frage der Rheinschiffahrt zwischen Mannheim und Straßburg. Deutsche Bauz. 1895, S. 79.
- Zur Förderung des Verkehrs haben die von den Uferstaaten regelmäßig vorgenommenen Peilungen und entsprechenden Baggerungen wesentlich beigetragen, ebenso die den Durchlaß erleichternden Vorschriften für die bestehenden Schiffbrücken u. s. w. Nur noch die Geschiebeführung bildet ein wesentliches Hindernis, da das starke Gefälle durch entsprechend stark gebaute Schiffsmaschinen überwunden werden kann. Zu erstreben wäre eine Fahrinne von 80—100 m Breite und etwa 2 m Tiefe bei mittlerem Wasserstande.
- Die Regulierung des Oberrheins. Deutsche Bauz. 1895, S. 495.
- Die Erfolge der kleinen Hafenanlage in Straßburg haben nachgewiesen, daß ein Großschiffahrtsbetrieb nach Straßburg möglich ist und ein Gutachten des Oberbaurats Franzius läßt es als möglich erscheinen, daß eine Regulierung der Stromstrecke des Oberrheines ausführbar ist.
- Die Felssprengungen im Rheinstrome zwischen Bingen und St. Goar von Reg.-Baumeister Unger. Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 97.
- b. Andere Flüsse betreffend.**
- Regulierung der Weichsel, Oder, Elbe und des Rheins. Denkschrift der Kgl. Preussischen Regierung an das Haus der Abgeordneten. I. Sitzung 1879/80. Berlin 1879.
- R. J. Schneider. Das Seeland der Westschweiz und die Korrektion seiner Gewässer. Bern und Burgdorf 1880.
- Die Verbauung und Korrektion der Gewässer im Basellande. Eisenbahn 1880 I, S. 73 u. 79.
- Kurze Beschreibung der Gewässer, der Schäden und der Bestimmungen des Wasserbaugesetzes vom Jahre 1856.
- Flufsregulierungen und Nutzbarmachung von Wasserkraften in Bayern und Württemberg von E. Wolf. Centralbl. d. Bauverw. 1882, Nr. 13 u. 14,

Denkschrift des Verbandes deutscher Architekten- und Ing.-Vereine, betreffend die bessere Ausnutzung des Wassers und Verhütung von Wasserschäden. München 1883.

Die Korrektion der Aare von Thun bis Uttingen. Allgem. Bauz. 1876, S. 65 und 79; Schweiz. Bauz. 1884 I, S. 122.

Die Senkung der Flußsohle mußte durch Anlage eines Wehres unterhalb Thun eingeschränkt werden, um Thun nicht zu gefährden und den Wasserspiegel des Thuner und Briener See's nicht zu senken.

Die Landwasser-Korrektion auf Davos. Schweiz. Bauz. 1884 II, S. 1.

Die Korrektion der Emme. Schweiz. Bauz. 1884 II, S. 86.

Die Flußregulierungen im Aargau. Schweiz. Bauz. 1884 II, S. 97.

Die Donau-Korrektion zwischen Erbach und Ulm. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 426.

Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. Herausgegeben von der Kgl. obersten Baubehörde im Staatsministerium des Innern. München 1886, 1887 und 1888.

Zum Plane der Aare-Korrektion: „Böttstein-Rhein“ von Oberbauinspektor A. v. Salis. Schweiz. Bauz. 1887 I, S. 115; ferner: Mitteilungen des Ing. Allemann S. 119 und die Entgegnung von F. Mühlberg: „In Sachen der Korrektion Böttstein-Rhein“, S. 134.

Die Tessin-Korrektion auf der Strecke Bellinzona-Langensee. Schweiz. Bauz. 1888 I, S. 40. Denkschrift über die Ströme: Memel, Weichsel, Oder, Elbe, Weser und Rhein, bearbeitet im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten. Berlin 1888.

F. Röder. Denkschrift über die Schiffbarmachung der Lippe bis Lippstadt aufwärts. Hamm i. W. 1889. Wandpläne, die bei dem III. internationalen Binnenschiffahrtkongress zu Frankfurt a. M. 1888 ausgestellt waren. Bearbeitet im Königl. Preufs. Ministerium der öffentlichen Arbeiten. Berlin 1891.

Über die Etsch-Regulierung und die Überschwemmungen in Südtirol in den Jahren 1882 bis 1890. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 158. Mitteilungen von Baurat v. Weber.

Bis zu welchem Grade kann man durch Regulierung die Schiffbarkeit der Wasserläufe erhöhen? Civiling. 1893, S. 553.

Bearbeitung von Prof. H. Engels für den internationalen Ingenieur-Kongress zu Chicago. Nur wo eine hinreichend feste Sohle in Flüssen sich erzielen läßt, können dauernde Verhältnisse durch einfache Regulierungsarbeiten geschaffen werden, sonst sind die Flüsse nur durch Sohlenbefestigung oder Kanalisierung schiffbar zu machen.

Verbesserung der Schiffbarkeit unserer Ströme von Reg.- und Baurat Teubert in den Verh. des VI. internationalen Binnenschiffahrtkongresses im Haag 1894, vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 221; Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1890, S. 460 und Bericht von Prof. M. Möller 1895, S. 87; kurzer Bericht in Deutsche Bauz. 1894, S. 403 und 410, sowie Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 313 und 333.

Einwirkung des strömenden Wassers auf den Sand der Sohle von Obering. M. Fargue. Beschreibung der an einem künstlichen Gerinne von 1,5 bzw. 2 m Breite angestellten Versuche. Ann. des ponts et chaussées 1894 I, S. 426—466.

Flußregulierungen, insbesondere über die Donauregulierung bei Wien von L. Trzeschtik. Allgem. Bauz. 1894, S. 36 und 49.

Regulierungsarbeiten an der unteren Donau und ihr Stand im August 1893 von A. Meifsner. Allgem. Bauz. 1894, S. 45.

Neue Schlammflasche für Bodenuntersuchungen von Oberingenieur Sikorski. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 301. Zur Ermittlung des Sinkstoffgehaltes der Gewässer bestimmt, m. Abb.

Wasserstands-Vorhersage von Oberbaurat R. Iszkowski. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, S. 87 und 105.

Die Ursachen, welche das Vorrücken der Flutwelle bedingen, werden besprochen. Das Vorrücken der Welle ist im allgemeinen langsamer als die Stromgeschwindigkeit selbst.

Die fließenden Gewässer von Guatemala von Dr. C. Sapper. Petermann's Mitteilungen 1894, Ergänzungsheft No. 113, S. 20.

Die Stromgebiete des Stillen Ozeans, die Seen und die Stromgebiete des Atlantischen Ozeans werden beschrieben.

Hochwasser-Vorhersage an der Oder von Peschek. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 310.

Angaben über zutreffende Schätzungen nach dem Verfahren von Reg.-Baumeister Ehlers. Zeitschr. f. Bauw. 1894, Heft IV bis VI.

Regelung der Flüsse für Niedrigwasser. Ann. des ponts et chaussées 1879, Bd. II; Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbeff. 1890, S. 235; Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 498; Centralbl. d. Bauverw. 1893, No. 1; Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1890, S. 460 und 466; 1895, S. 84.

Bericht des internationalen meteorologischen Kongresses in Chicago im August 1893. Herausgegeben vom meteorologischen Institut in Washington, Teil I, Abt 2: „Flüsse und Hochwasser“.

Behandelt werden die Gegenstände: 1) die Hochwasser des Mississippi von William Starling, S. 63–80; 2) Fluttabellen des Mississippi von J. A. Ockerson, S. 81–89; 3) Wasserstands-Vorankündigungen in den Vereinigten Staaten von Thomas Russel, S. 89–94; 4) Vorherbestimmung des Hochwassers in Frankreich von M. Babinet, S. 94–101; 5) die vier größeren Flüsse Sibiriens von F. O. Sperk, S. 103–116, 6) Hochwasser des Rheins und ihre Vorherbestimmung von v. Tein, S. 117–121; 7) der Nil von W. Willcocks, S. 121–142; 8) die besten Verfahren zur Auffindung von Regeln für die Vorhersagung des Hochwassers in Flußläufen von M. Babinet, S. 142 bis 149. Ausführlicher Bericht hierüber von Prof. M. Möller in Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 235–240.

Programm der Rhone-Regulierung. Nouv. ann. de la constr. 1893, S. 36, 53, 68. Mitteilung von L. Clararard.

Früher wurden Längsdämme oder Parallelwerke sowohl an der konkaven, als auch an der konvexen Seite gebaut und da sie als Leinpfad dienten, sehr hoch hergestellt. Seit allgemeiner Anwendung der Tauerei läßt man die Längsdämme am konvexen Ufer fort und legt ihre Kronen tiefer, nur 1 m über Mittelwasser. In je 100 m Entfernung sind zwischen den Längsdämmen und dem Ufer Querdämme eingebaut und zwischen diesen Querdämmen Dammlücken angeordnet, deren Sohlenbreite 25 m und deren Tiefe unter der Dammkrone 1,5 m beträgt, sodafs durch diese Öffnungen Boote gefahrlos verkehren können. — Die vorhandenen Dämme werden diesen Anordnungen entsprechend umgebaut. Als Böschung für die Steinschüttungen ist 1:1 üblich, jedoch wird eine Neigung von 1:1,25 angestrebt.

Uferbefestigungen an der Kinzig. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1893, S. 434.

Entwurf für die Regulierung des Wienflusses. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, S. 2. Donautudien der K. K. geographischen Gesellschaft. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, S. 78.

Es wird beabsichtigt, folgende Punkte eingehend zu bearbeiten: 1) Wasserführung der Donau und ihrer Zuflüsse, 2) Geotechnik des Flußbettes und seines beiderseitigen nächsten Randgebietes, 3) Pegelwesen, soweit es sich um wissenschaftliche Verwertung schon vorhandener Angaben handelt, 4) Geschwindigkeitsverhältnisse des Stromes auf seinen verschiedenen Strecken, 5) Studium der Sinkstoffe als des Materials der Ablagerungen, 6) Ablagerungen und Bedingungen ihres Entstehens und ihrer Wandlungen, 7) Beobachtungen über die Temperatur des Flußwassers, insbesondere wegen deren Beziehungen zur Eisbildung, sowie zur Verdunstungsgröße. Begonnen wurde mit den Punkten 1, 4 und 5.

Die Verbesserung der Schiffbarkeit unserer Ströme durch Regulierung von Reg.- u. Baurat Teubert, Teil II „Die Aufstellung von Regulierungsentwürfen.“

Ergänzung zu der im Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 221 enthaltenen, als Sonderabdruck in erweiterter Form erschienenen Arbeit.

Die Donau von Regensburg bis Turn-Severin in ihrem heutigen Zustande. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, S. 342, 352, 357 und 370.

Besprochen werden vom Hafendirektor Fr. Bömches in Regensburg: Die Uferdeckwerke und Parallelwerke in Bayern und in Österreich-Ungarn, die Regulierung des Struden bei Grein und die Regulierungsarbeiten am Eisernen Thor.

Regulierung der Flüsse für das Niedrigwasser von Th. Rehbock. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 534, 541.

Beziehungen zwischen der Grundform der Flüsse und der Tiefe der Fahrrinne von Wasserbauinspektor Jasmund. Bericht über den internationalen Binnenschiffahrts-Kongress im Haag 1894, Frage 6. Vergl. Bericht von Prof. M. Möller. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 427.

Wolf'sche Bauweise zur Regelung geschiebeführender Flüsse. Reisebericht von Faber. Deutsche Bauz. 1895, S. 203 und 210.

Die Buhnen werden durch inklinante Gehänge ersetzt, welche die zutreibenden Geschiebe unter sich durchlassen, aber hemmend auf die Wasserbewegung wirken, sodafs sich hinter den Gehängen die Sinkstoffe ablagnern. Später setzen sich die Gehänge voll von Sand, sinken dadurch herab und wirken dann wie Buhnen. Damit die Geschiebebewegung nach erfolgter Senkung der Gehänge nicht vollständig gestört wird, sind Lücken in den Gehängen belassen. Faber weist darauf hin, dafs die Wolf'sche Bauweise sich noch bedeutend erweitern läfst, wenn der Gedanke festgehalten wird, dafs eine Verzögerung der Stromgeschwindigkeit dort zu erstreben ist, wo Geschiebe abgelagert werden sollen.

Regelung der Donau-Katarakte zwischen Stenka und dem Eisernen Thore von Prof. Arnold. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 454—514.

Korrektion des Rupel. Ann. d. trav. publ. 1895, S. 1—65.

Von Alphonse Belpaire werden drei Entwürfe für die Begradigung des unteren Laufes besprochen.

Die schiffbaren Flüsse Sibiriens. Schiff 1895, S. 391.

Die Ilmenau-Schiffahrt. Schiff 1895, S. 312.

Die Schiffbarkeit der Warthe. Schiff 1895, S. 351.

Die Verbesserung der Wasserverbindungen zwischen Berlin und dem Meere. Deutsche Bauz. 1895, S. 586, 595 und 606.

Uferschutz aus Ziegelstein und Draht von Villa te Milaan. Tijdschr. v. Ing. 1895/96, S. 37.

Die Donau und ihr Höchstwasserstand in Wien in Beziehung zu einer Hebung der Donauufer. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1895, S. 353.

Staatliche Thätigkeit des Königreiches Württemberg auf dem Gebiete des Wasserbaues in den Jahren 1891—1893. Deutsche Bauz. 1895, S. 442.

Bearbeitung von Wasserstandsbeobachtungen von Dr. Harry Gravelius. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 277.

Berechnung von Registrierbeobachtungen. Der Seibt-Fuefs'sche kurvenzeichnende Kontrollpegel wird erklärt und eine Verbesserung der Beobachtungsweise von Seibt beschrieben.

Bereisung der Fulda und Weser im Mai 1895 seitens des Ausschusses zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Überschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flufsgebieten. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 220. Bericht darüber.

Regulierung der Weichselmündung von Reg.- u. Baurat Müller. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 365.

Wildbach-Verbauungen Österreichs in den Gebieten der Elbe, Oder und Weichsel von Aug. Armani. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 259. Besprechung der Arbeiten und Kosten.

Entwicklung der Flufs- und Hafen-Verbesserungen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Engng. news 1895 I, S. 359.

Verbesserung des Spreelaufs innerhalb Berlins von Reg.- und Baurat Germelmann und Reg.-Baumeister Offermann. Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 45—70.

# ANHANG.

## A. Allgemeiner Entwurf zur Regulierung des Rheines aus dem Jahre 1840. \*)

### Bericht des Oberingenieurs Couturat.

(Verfaßt im Auftrage der französischen Regierung.)

#### § 1. Allgemeine Übersicht.

Die Verbesserung der Schifffahrtsstraßen ist eine so dringende und tief empfundene Forderung unserer Zeit, daß die Vertreter des Staates ihre Notwendigkeit anerkannt haben.

Ihre feierliche Erklärung hat in ganz Frankreich Widerhall gefunden. Sie ist ein förmlicher Aufruf an die Beihilfe der durch die Regierung berufenen Spitzen, um ihr die Mittel zu zeigen, diesem großen Antriebe des Fortschrittes zu entsprechen, dessen Folge die Erhaltung des Friedens, die Entwicklung der Kultur, die Vermehrung des moralischen und physischen Wohlstandes der Massen sein wird.

In richtiger Erwägung ihrer Pflicht, im Bewußtsein der ihnen zufallenden Aufgabe, bringen die Ingenieure der Rheinbauten den Tribut ihrer Erfahrungen und Studien in einem allgemeinen Entwurfe über den Lauf des Rheines dazu dar.

Der Rhein durchströmt Frankreich nicht, er dient ihm nur als Ostgrenze, aber das kann kein Grund sein, um diesen Fluß, einen der mächtigsten und bedeutendsten Europas, aus der Zahl der Schifffahrtsstraßen zu streichen, deren Verbesserung mit Recht verlangt wird.

Dieselben Bedürfnisse vereinigen heute die Völker; die Ideen des Wettbewerbes, des Angriffes oder des Kampfes verschwinden, jede Nation schließt sich zusammen und nimmt thätigen Anteil an den Fortschritten der Zeit, ohne Acht auf die Hindernisse, die seine Landesgrenzen bieten, derselbe Zweck beseelt alle: „die Ausdehnung der Handelsbeziehungen“.

Es würde überflüssig sein, die ungeheuren Vorteile aufzusuchen und klarzulegen, welche die verbesserte Rheinschifffahrt nicht nur Frankreich und dem Großherzogtum Baden, sondern allen Ländern, die der Rhein auf seinem Laufe berührt, bietet.

Für Frankreich genügt es darauf hinzuweisen, daß der Rhein durch den Rhein-Rhone-Kanal die Küste des mittelländischen Meeres mit der Schweiz, mit Deutschland, Holland und England in Verbindung setzt.

Erwägt man, daß der Rhein von der französischen Grenze bis Mannheim durch gemeinsame Arbeiten Bayerns und Badens in geordnetem Zustand gebracht worden ist, daß derselbe von Mannheim bis ins Meer einen natürlichen regelmäßigen Lauf besitzt, so wird man die Notwendigkeit erkennen, die einzige Lücke, die entlang unseres Gebietes sich noch befindet, auszubauen; man wird einsehen, daß es unmöglich ist, ein so großes Schifffahrtssystem unvollendet zu lassen, welches bestimmt ist, so viele Keime des Wohlstandes nach Frankreich und besonders in die von dem Rhein-Rhone- und Rhein-Marne-Kanal durchschnittenen Gebiete zu tragen, deren gemeinsamer Knotenpunkt Straßburg ist.

An dem Frankreich entgegengesetzten Ufer hat das Großherzogtum Baden doch kein geringeres Interesse an der Verbesserung des Rheines als wir; die ungeheuren Opfer, die dieses Land schon gebracht hat und die es mit unermüdlicher Ausdauer sich weiter auferlegt, bezeugen in glänzender Weise den Wert, den es dieser Aufgabe beimißt.

Zwei mächtige, unter sich unlösbare Interessen, eines so stark wie das andere, verlangen die gleiche Beachtung von den Grenzstaaten des Rheines: es sind die Schifffahrt und der Uferschutz.

\*) Hinterlegt im Bezirksarchiv des Unter-Elsaßs in Straßburg.

Der aus den Schweizer Bergen kommende Rhein fließt noch diesseits Basel in einer Länge von etwa 3000 m über eine ziemlich feste Sohle mit gleichen Ufern, er hat dort noch regelmässige Verhältnisse.

Kaum hat er aber diese Stelle überschritten und ist bei Hüningen an der französischen Grenze angekommen, so ändert sich die Beschaffenheit der Sohle plötzlich.

Das Flussbett besteht dann nur noch aus einer breiten und tiefen Masse von Kieseln, die kein Bindemittel unter sich zusammenhält.

Zwischen dem schwachen Widerstande der Sohle und der Böschungen, der außerordentlichen Geschwindigkeit und der ebenso außerordentlichen Menge des abfließenden Wassers bestehen keine Beziehungen mehr.

Daraus erwachsen die Ursachen der unaufhörlichen Störungen, die seit langer Zeit das Entsetzen der Anlieger und ihre beständige Beängstigung sind und die der Schifffahrt den größten Nachteil bereiten.

In Wirklichkeit bietet das Rheinbett den Anblick eines ungeheuren Inselmeeres, dessen einzelne Eilande bald weggefressen, bald wieder angeschwemmt sind, zwischen denen das Wasser des Stromes sich nach Belieben neue Arme öffnet, die alten verschüttet, das Hauptbett verlegt, bis zu unbestimmbaren Tiefen auswäscht oder Kiesbänke aufwirft.

Noch vor Kurzem, als die Handelsbeziehungen noch nicht die Ausdehnung erreicht hatten, die sie gegenwärtig besitzen, konnte die ganz unvollkommene, unsichere und selbst gefährliche Schifffahrt den Bedürfnissen der Uferbewohner genügen.

Es handelt sich nur darum, die Fahrt einiger mühsam an der Leine gezogener Schiffe zu ermöglichen.

Jetzt bietet der Dampf eine neue Kraft, die den Wettbewerb mit dem Ruder und dem Segel aufnimmt; vor 6 Jahren (1834) erreichte die Dampfschifffahrt Straßburg noch nicht und erstreckt sich jetzt schon bis Basel.

Die schnellste und billigste Fahrt ist heute eine Notwendigkeit für die Schifffahrt; der kleinste Widerstand, das kleinste Hindernis drückt empfindlich.

Die neuen Bewegungsmittel stellen neue Anforderungen. Es ist unabweisbar geworden, eine so schnell aufwärts steigende Bewegung des öffentlichen Wohlstandes zu unterstützen.

Geht man, was den Uferschutz betrifft, um ein halbes Jahrhundert zurück, so wird man erkennen, daß der reisende, vagabundierende, zerstörende Rhein damals nur geringe Angriffe gegen das Gelände im Vergleiche zu jenen ausübte, die wir in Zukunft in Rechnung ziehen müssen.

Vor 50 Jahren noch war der größere Teil der Ufer bewaldet; die Kultur hatte den bemerkenswerten Umfang noch nicht angenommen, den später das schnelle Anwachsen der Bevölkerung und die Anforderungen an eine bessere Lebensführung mit sich brachten.

Die Wälder waren im allgemeinen das Eigentum der Gemeinden oder der Grundherrn. Sie konnten die Beute des Wassers werden, ohne daß der Preis des Brennmaterials in die Höhe ging.

Heute sind große Waldflächen bis zum Rheinufer ausgestockt, Grund und Boden ist in die Hände von Privaten übergegangen; der Staat hat seinen Waldbesitz veräußert, der Wert des Brennholzes ist beträchtlich gestiegen; den geringsten Auskolkungen folgen um so lebhaftere Klagen, als sie nicht öffentliches, sondern Privateigentum betreffen.

Alle diese Umstände zusammengefaßt legen den Regierungen der Rheinuferstaaten schwere Verpflichtungen auf.

Nicht allein die Schifffahrt, diese große Quelle öffentlichen und privaten Reichtums muß gesichert, erleichtert und pünktlich im Dienste gemacht, auch das Eigentum muß geschützt und gegen alle Angriffe befestigt werden.

Der Augenblick zur Lösung einer gewaltigen Aufgabe ist gekommen, welche lange vorausgesehen und bei allen Gelegenheiten von den zuständigen Technikern besprochen, in Zukunft auf der Tagesordnung stehen wird.

Alle Geister sind von der Notwendigkeit der Lösung dieser Aufgabe überzeugt.

Es handelt sich darum, ein großes System europäischer Handelswege zu schließen und gleichzeitig ungeheure Geländeflächen, die heute den Verheerungen des Stromes ausgesetzt sind, demselben zu entreißen, zu schützen und dem Ackerbau, dem ersten Elemente des Wohlstandes der Völker, zu überweisen.

Die Lösung der gestellten Aufgabe kann nur erreicht werden, wenn dem beständigen Hin- und Herwandern des Stromes ein Ende bereitet oder wenn seine Regulierung durchgeführt wird.

Die Grundzüge für die Lösung dieser Aufgabe sind notwendigerweise die folgenden:

1. Die Zusammenfassung der Wasser des Stromes in einem einzigen Bette;
2. die dauernde Befestigung seiner Ufer;
3. der Schutz des Geländes gegen Überschwemmungen.

Die Zusammenfassung des Stromes in ein einziges Bett verlangt die Untersuchung der besten demselben zu gebenden Richtung und die Bestimmung der zum Abfluß des Wassers erforderlichen Breite.

Durch diese Anordnungen wird der Fluß geringere Länge und geringere Breite erhalten, woraus eine Vertiefung der Sohle, eine Senkung des Wasserspiegels und eine gröfsere Tauchtiefe der Schiffe folgen wird.

Die dauernde Befestigung der Ufer und der Schutz des Geländes sind die notwendige Folge der bestimmten Richtung und der sie begleitenden Umstände.

Die durch die vorstehende allgemeine Übersicht aufgeworfenen Fragen werden in den folgenden Abschnitten nacheinander besprochen und gelöst werden.

Die Höhe der zu machenden Ausgaben darf nicht überraschen, wenn man bedenkt, daß sie sich auf die Länge von 215000 Metern eines hochwasserreichen Flusses mit starkem Gefälle und großer Geschwindigkeit erstrecken, der sein beträchtliches Wasserquantum durch eine leicht überschwemmbar Ebene wälzt, die dem nagenden Angriffe des Wassers keinerlei Widerstand bietet.

Übrigens werden diese Ausgaben nur nach und nach in einem solchen Zeitraume gemacht werden, daß das Gewicht des jährlich erwachsenden Opfers im Verhältnis zu den außerordentlichen Wohlthaten, die es dem Lande bringen wird, gering ist.

Der Erfolg dürfte nicht zweifelhaft sein, wenn man die großen und schönen Arbeiten betrachtet, die zwischen Mannheim und Lauterburg unternommen und durch die vereinten Anstrengungen Bayerns und Badens vollständig beendet sind.

Es ist wahr, daß sich dort der Fluß in viel günstigeren Verhältnissen als in seinem Oberlauf für die Regulierung befindet, aber da die Beschaffenheit des Bettes und der Böschungen die gleiche ist, so ist es erwiesen, daß dieselben Erfolge erreicht werden können.

Die badische Regierung hat am rechten Rheinufer die gleiche Art und Weise der Uferdeckung und des Uferschutzes angewendet und es kann heute, Dank den von der einen wie der anderen Seite gewählten Mitteln, der Lauf des Rheines als reguliert angesehen werden. Das Aussehen der Arbeiten, sowie die Gleichzeitigkeit ihrer Herstellung auf beiden Ufern giebt eine Probe dessen, was man zu erwarten berechtigt ist, wenn es dem schöpferischen Gedanken weder an Ausdauer noch den zu seiner Durchführung berufenen Männern an den erforderlichen Mitteln fehlt.

## § 2. Zusammenfassung des Rheinwassers in einem einzigen Bett.

Nachdem der Nutzen, die Bedeutung und ich möchte sagen die Dringlichkeit der Rheinregulierung nachgewiesen worden ist, handelt es sich darum, die Mafsnahmen zu prüfen, zu besprechen und festzustellen, die erforderlich sind, um dieses große Ziel zu erreichen.

Es ist klar, daß die Lösung der Aufgabe wesentlich in der Zusammenfassung des Wassers des Stromes in einem einzigen Bett, ferner in der Feststellung der Breite desselben und in der seinen Ufern zu gebenden Richtung besteht. Obwohl diese 2 Fragen unter sich in direkter Beziehung stehen, so werde ich sie zu besserer Beleuchtung trennen und beginne mit der Festsetzung der Breite des Bettes.

## § 3. Festsetzung der Breite des Bettes.

Jedes Wildwasser, welches seine Ufer unterwäscht und seine Sohle aufwühlt, in seiner Durchflusmenge und dem beträchtlichen Unterschiede zwischen seinem Niederwasser, seinem Mittel- und seinem höchsten Hochwasser steten Wechsel bietet, würde vollständig reguliert sein, wenn der Querschnitt seines Bettes dergestalt geformt wäre, um die Strömung in jedem der drei bezeichneten Zustände vollständig aufzunehmen.

Nach dieser Anordnung müßte ein Niederwasserbett für die kleinsten Wasserstände, ein Mittelwasserbett für die mittleren Wasserstände und ein Hochwasserbett für die größten Hochwasser geschaffen werden.

Was den Rhein betrifft, so würde es bei dem gegenwärtigen Zustande des Rheines unmöglich sein, ein Niederwasserbett zu schaffen.

Die geringsten Niederwasserstände treten nur in weit voneinander entfernten Zeiten ein; sie haben nur kurze Dauer. Man könnte nur selten unbedeutende Arbeiten dafür herstellen, die von den nächsten Hochwassern unfehlbar zerstört werden würden.

Würden sie, entgegen aller Wahrscheinlichkeit, nicht fortgerissen, so würden sie Hindernisse im Flußlaufe bilden und Anlaß zu viel heftigeren Störungen geben, als diejenigen, die den schon zu zahlreichen natürlichen Ursachen zuzuschreiben sind; der Schifffahrt würden sie in hohem Grade gefährlich sein.

Die Untersuchungen müssen sich auf die beste Art und Weise erstrecken, ein Niederwasserbett und ein Mittelwasserbett herzustellen.

Ihr Ergebnis ist bis zu einem gewissen Maße von der Stromrichtung abhängig; denn je nach ihrer Wahl wird der benetzte Umfang des Querprofiles sich ändern.

Unterstellt man eine gerade Stromachse, so werden die größten Tiefen in der Mitte des Profiles liegen und nach den Ufern zu abnehmen. Folgt die Stromachse einer gebogenen Linie, so wird die Form des Querprofiles ein Dreieck sein, dessen Basis der Wasserspiegel bildet und dessen Spitze sich am Fusse des konvexen Ufers befindet.

Da die Stromrichtung meist in Kurven liegen wird, so muß das benetzte Querprofil dieser Bedingung entsprechen.

Betrachtet man die in dem Aufsätze des Herrn Defontaine bezeichneten Ergebnisse, so wird man finden, daß eine Breite von 120 bis 125 m für den Abfluß der Mittelwasser genügt. Die größte Tiefe würde dabei zwischen 3,62 und 4,70 m betragen.

Andererseits findet Herr Coumes, Ingenieur des Rheinbaubezirkes zwischen Straßburg und Lauterburg, für eine Profildbreite von 141,49 m eine größte Tiefe von 8 m.

Herr Legrom, Ingenieur der Strecke zwischen Rheinau und Straßburg, kommt zu dem Schlusse, daß die Breite des Bettes in seinem Bezirke 200 m nicht zu überschreiten braucht.

Diese verschiedenen Schlußfolgerungen sind abhängig von dem Gefälle, der Geschwindigkeit und der Wassermenge, welche die Arbeit des Herrn Defontaine angeht und sind durch die Profilingaben, sowie durch die zugehörigen Berechnungen der Ingenieure nachgewiesen.

Es ist durch die heute von allen Wasserbautechnikern anerkannten Formeln festgestellt, daß der Rhein in seinem gegenwärtigen Zustande eine viel größere Breite besitzt, als sie seine Regulierung erfordert, denn das Bett, in dem er ungestraft fließt und alle Verwüstungen anrichtet, hat bei Mittelwasser ungefähr 500 m Breite.

Die Thatfachen bestätigen übrigens diese Behauptung. Bei Basel, wo der Rhein natürlich eingezwängt ist, strömt er in einem ungefähr 150 m breiten Bette dahin.

In Hünningen, wo sein Querprofil auch beinahe noch ganz geschlossen ist, hat das Bett bei Mittelwasser 200 m Breite. Die Durchstiche des Rheines zwischen Lauterburg und Mannheim sind für eine Breite von 250 m berechnet worden.

Vor Zeiten, als Wissenschaft und Erfahrung noch keine Fortschritte gemacht hatten, wäre es nicht möglich gewesen, eine Minderung des Querprofiles eines Flusses vorzuschlagen, der bei Niederwasser 400 cbm und bei Hochwasser 5000 cbm in der Sekunde führt.

Unübersteigbare Vorurteile würden sich der Ausführung einer ähnlichen Maßregel entgegengestellt haben. Man würde das Vorhandensein vieler Arme, die das Wasser in dem widerstandslosen Boden immer aufs Neue auswäscht, als Beweis für die Notwendigkeit eines großen Profiles angesehen haben.

Heute dagegen wird es nicht mehr so sein; die Gabe der Beobachtung ist unter den Massen verbreitet; man kann ohne Befürchtungen eine durch die Vernunft erleuchtete Anordnung ausführen.

Obwohl die Rechnung für das Mittelwasserbett eine größte Breite des Querschnitts von 141,49 m ergibt, die Annahmen, auf denen sie beruht, etwas fragwürdig und die Naturgesetze noch nicht bis in ihre tiefste Tiefe erforscht sind, so ist es besser, dem Spiele der Naturgewalten etwas freie Bewegung zu lassen, als sich der Gefahr auszusetzen, sie mit unzureichenden Mitteln zu bekämpfen, die ungeheure Opfer erfordern würden.

Da im oberen Teile des Rheines, von Basel bis Hünningen, die natürliche Breite des Bettes bei Mittelwasser 200 m beträgt, so genügt es, dieselbe beizubehalten.

In den zu Freiburg im Juli 1838 betreffs der Brückenbauten bei Basel und Hünningen abgehaltenen Besprechungen ist eine Breite von 200 m vorgeschlagen, von den Ingenieuren beider Uferstaaten angenommen und von den zuständigen Regierungen genehmigt worden.

Auf dem unteren Laufe, unmittelbar unterhalb der französischen Grenze bei Lauterburg, ist bis Mannheim eine Breite von 250 m angenommen worden.

Dieselbe Breite ist bei der Bestimmung der Richtung einzelner zu regulierender Strecken zwischen Straßburg und Lauterburg im Jahre 1821 und 1822 zwischen Frankreich und Baden festgesetzt worden.

Ich bin der Meinung, daß diese Zahlen unantastbar sind.

So würde das Niederwasserbett unterhalb Basel 200 m Breite und im Unterlaufe des Stromes 250 m Breite erhalten. Der Unterschied zwischen beiden Mäßen könnte bei Rheinau oder oberhalb Straßburg vermittelt werden.

Die Entwürfe, die ich vorlege, sind nach meinen Weisungen in der Unterstellung einer gleichmäßigen Breite des Strombettes von 250 m ausgearbeitet; ich habe dieselbe vorläufig zu Grunde gelegt und überlasse es der Verwaltung, ebensowohl über die Herabsetzung der Breite im Oberrhein, als über die Punkte sich zu entscheiden, an welchen der Übergang von einer Breite zur anderen stattfinden soll.

Es ist überflüssig, hinzuzusetzen, daß eine etwa verfügte Abänderung ohne Belang für das Projekt im ganzen oder für die Höhe der Kosten ist.

Die Festsetzung der Breite von 200 m im Oberrhein und von 250 m im Unterrhein wird den Tiefgang mehr erhöhen, als es für die Schifffahrt bei Mittelwasser erforderlich ist; wir haben ja gesehen, daß bei Unterstellung einer bogenförmigen Gestaltung der Stromlinie das Bett eine Dreiecksform annehmen und seine Tiefe am Fusse der mit Steinen abgedeckten Böschung des konkaven Ufers ungefähr 8 m betragen wird.

Aber nicht allein diese Bedingung muß erfüllt werden, die gegebene Breite muß auch bei dem kleinsten Niederwasser des Stromes die erforderliche Tauchtiefe sichern.

Nach den von dem Ingenieur Coumes angestellten, in seinem Begleitbericht enthaltenen Rechnungen würde die Tiefe bei Mittelwasser in der Unterstellung einer geraden Richtung der Stromachse 3,84 m bei einer Breite des Bettes von 221 m betragen.

Der Wasserspiegel liegt bei Mittelwasser 1,50 m über dem kleinsten Niederwasser, demnach würde bei dem letzteren eine Tiefe von 2,34 m bleiben.

Es ist das die ungünstigste Annahme, aus der folgt, daß der für die Schifffahrt erforderliche Tiefgang stets vorhanden sein wird.

#### § 4. Richtung des Bettes.

Nach der Bestimmung der dem regulierten Flußbett zu gebenden Breite gelangen wir zur Bestimmung der für seine Ufer zu wählenden Richtung.

Das ist eine Aufgabe, die verschiedene Lösungen zuläßt.

Das Rheinbett ist überall und auf große Länge derselben Art und Beschaffenheit; es ist für den schnellen Abfluß des Wassers grundsätzlich gleichgiltig, ob der Fluß sich mehr auf der französischen oder mehr auf der badischen Seite hinzieht; es ist für die Hoheitsrechte beider Uferstaaten gleichgiltig, ob einige Hektare Boden dem einen weggenommen und dem anderen zugelegt werden; ein Besitz oder Verlust dieser Art kann nicht ernstlich in Betracht gezogen werden. Es bedeutet ferner betreffs der Kosten sehr wenig, ob die Buchten des Stromes auf dieser oder jener Seite tiefer sind; der Unterschied, der daraus zu Gunsten oder zum Schaden eines der beiden Staaten folgt, würde im Vergleich zu der Menge der auszuführenden Arbeiten unwesentlich sein.

Wären bis heute am Rheine noch keine Uferschutzbauten vorhanden, könnte er seinen Lauf noch nach freiem Belieben wählen, so könnte man vollständig von den eben besprochenen Eigentums- und Hoheitsinteressen absehen und die Regulierung nach allgemeinen großen Linien ausführen, denen sich nach und nach alle herzustellenden Werke anzupassen hätten.

Aber da es heute, wo schon bedeutende Ausgaben gemacht worden, so nicht gehen kann, weil einzelne dieser Werke für die Dauer gebaut und von zweifellosem Nutzen sind, so ist es klar, daß die Weisheit der Regierungen soweit wie möglich von diesen Ausgaben Vorteil ziehen muß.

Es giebt also gewisse Werke, die geschont werden müssen. Aber diese Schonung ist dem vorherrschenden Grundsatz unterzuordnen, daß die beizubehaltenden Arbeiten den freien Abfluß des Wassers, die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt nicht hindern.

Die einfachste aller Richtungen ist die gerade Linie, aber außer den vorher besprochenen Gründen, die die Verpflichtung auferlegen, die Stromrichtung den schon bestehenden Werken anzupassen, verlangen folgende Erwägungen höherer Art ihre Verwerfung:

1. Die Stromgeschwindigkeit würde wesentlich verstärkt werden und die Schifffahrt darunter leiden;
2. diese Beschleunigung der Geschwindigkeit würde alle Zuflüsse fast gleichzeitig herbeiführen, während die Natur doch derart bestimmt zu haben scheint, daß ihre Wasser ganz allmählich verlaufen;
3. die Herstellung der künstlichen Ufer wie ihre Unterhaltung würden kostspieliger werden und der Angriff des Wassers an allen Stellen der gleiche sein; wenn der Strom der geraden

Richtung seines Bettes und nicht auch in dieser der schlängelnden Richtung folgte; folglich bedürften sie auch an jeder Stelle desselben Schutzes;

4. die Kiesbewegung würde bedeutender und unbehinderter, sie könnte Störungen an der Mündung hervorbringen.

Doch kann man die gerade Richtung nicht vollständig verwerfen; sie mag in einzelnen Fällen selbst zweckmäßig sein, darf aber nur eine Ausnahme bilden.

Die sich schlängelnde Richtung ist daher allein zulässig; sie ist im wesentlichen dem Entwurfe zu Grunde gelegt worden.

Das Gefälle und demgemäß die Stromgeschwindigkeit sollen nicht wesentlich erhöht werden.

Der Uferschutz wird geringere Kosten erfordern.

Nimmt man aber eine schlängelnde Stromrichtung an, so darf man nur Kurven mit großem Halbmesser wählen; es scheint überflüssig, dies näher zu begründen, es ist auch in dem Werke des Herrn Defontaine, auf welches die Berichte der Herren Ingenieure sich bezogen haben, schon besprochen und nachgewiesen.

Indessen darf man nicht annehmen, daß nur die konkaven Buchten Schutz bedürfen. Die Befestigung der Ufer muß nach meiner Meinung eine fortlaufende sein.

Ich muß hierzu einige Erläuterungen geben.

Ich habe in dem vorhergehenden Abschnitte auseinandergesetzt, daß die Frage nicht in Betracht kommen könnte, dem Flusse ein Niederwasserbett für den Ablauf des kleinsten Niederwassers zu schaffen. Das Mittelwasserbett würde eine zu große Breite für den Zustand des Niederwassers erhalten.

Denn da die Sohle des Flusses keinen Widerstand bietet, so würde das Wasser sie selbst bei ganz geringen Wasserständen angreifen.

Es würde fortdauernd Kies ausgehoben und weggeführt werden; die Veränderung des Thalweges müßte mit dem steten Vorrücken der Angriffspunkte des Stromes daraus hervorgehen, folglich das Ufer in seiner ganzen Ausdehnung geschützt werden.

Zweifellos kommen später die Veränderungen des Thalweges seltener als unter den gegenwärtigen Verhältnissen vor und wenn der von der Regulierung erwartete Erfolg eingetreten sein wird, wenn die Vertiefung des Strombettes in den Konkaven erfolgt ist, werden Störungen weniger heftig und häufig als zur Zeit eintreten und ihre Folgen werden weniger empfindlich sein.

Doch ist ihr vollständiges Verschwinden nicht zu hoffen und während der nicht abzuschätzenden Dauer der Arbeiten, die sich, wie man weiter unten sehen wird, auf 25—30 Jahre erstrecken kann, werden die vorläufig von der Regulierung ausgeschlossenen Strecken des Flusses allen seinen Launen ausgesetzt bleiben und je nach der festgesetzten Stromrichtung des Schutzes bedürfen. Daraus ergibt sich die Unmöglichkeit, jegliche Voraussicht für den Schutz der Ufer fallen zu lassen.

Je nach dem Einverständnis und dem Zusammenarbeiten beider Regierungen der Uferstaaten, je nachdem die jährlichen Geldbewilligungen dem Bedürfnisse entsprechen, werden die wirklichen Ausgaben mehr oder minder hoch sein; es ist unbestreitbar, daß ein schneller und billiger Erfolg wesentlich von der am besten durchdachten und durchgeführten Berechnung aller zu ergreifenden Maßregeln abhängt.

Da aber das Eintreffen der vorteilhaftesten Bedingungen für die Ausführung weniger von dem Willen der Techniker als von höheren Einflüssen bestimmt wird, so ist es die Pflicht derselben, einen alle möglichen Fälle voraussehenden Anschlag vorzulegen.

### § 5. Schutz des Geländes gegen die Überschwemmungen.

Nach der Bestimmung der Breite des Bettes für die Mittelwasser und der dem Strome zu gebenden Richtung müssen die Mittel zum Schutze des Geländes gegen den Angriff des Wassers gesucht werden.

Das Rheinufer ist in der ganzen Ausdehnung der französischen Grenze überall niedrig; an vielen Stellen erhebt es sich nicht über den mittleren Wasserspiegel, an keiner Stelle übersteigt es ihn um mehr als einen Meter; Hüningen und Lauterburg, die äußersten Grenzen des Gebietes, ausgenommen.

Deshalb giebt es kein Jahr, in dem die Wasser des Flusses die Ufer nicht überschwemmen; im Sommer die Schneewasser, im Herbste große weitverbreitete Niederschläge, deren Abflüsse gleichzeitig dem Rheinbette zueilen.

Bis die zahlreichen Altwasser, die heute das Rheinthale durchziehen und bei der Regulierung geschlossen werden, einmal ganz verlandet sind, wirkt die Überschwemmung der Ufer in vielen Fällen eher nützlich, als schädlich.

Ist die Verlandung aber, soweit man erwarten kann, vorgeschritten, so würden weitere unvorhergesehene Überschwemmungen ein Unglück und die Uferbewohner würden der Vorteile beraubt werden,

die ihnen die Regulierung bringen soll; denn der Zweck derselben muß doch sein, der Landwirtschaft die ganzen Grundstücke, die der Strom jetzt ohne Widerstand verwüestet, zu erhalten.

Ist dieser Zeitpunkt gekommen — und er könnte für einige Gegenden schon bald erscheinen — so würde es notwendig sein, den Strom zwischen hochwasserfreie Dämme einzuschließen.

Zur Vollständigkeit des aufgestellten Entwurfes war es notwendig, den Bau dieser Dämme zu veranschlagen und in Rechnung zu stellen.

Da tritt zunächst die Frage auf, in welcher Entfernung vom Ufer diese Dämme angelegt werden sollen?

Nach Herrn Defontaine muß das Hochwasserbett im Oberrhein 300 m Breite, im Unterrhein unterhalb Straßburg 450 m Breite haben.

Aber die Rechnungen dieses Ingenieurs setzen ein Gefälle von 0,00048 zwischen Straßburg und Lauterburg voraus, während der vorliegende Entwurf, mit Rücksicht auf die geringere Länge des Flusses, ein Gefälle von 0,00055 annimmt.

Diesem Unterschied folgt ein anderer, nämlich derjenige der mittleren Geschwindigkeit und folglich des schnelleren Wasserabflusses.

Von diesen Erwägungen ausgehend, findet man, daß es genügt, die hochwasserfreien Dämme in 4 m Abstand von der Kante des regulierten Ufers anzulegen; die so erhaltene Breite genügt für den Durchfluß der größten Hochwasser.

Diese Behauptung wird durch die Thatfachen erwiesen, die die unterhalb Lauterburg ausgeführten Arbeiten geschaffen haben.

In diesem schönen, auf Kosten Bayerns und Badens regulierten Teile des Rheines beträgt die Breite des Bettes 250 m und die natürlichen Ufer werden nicht überschwemmt.

Allerdings sind die Altwasser des Stromes nicht abgeschlossen und beschleunigen den Abfluß des Wassers, soweit sie nicht verlandet sind.

Was den Oberlauf anlangt, so ist bekannt, daß der Rhein bei Basel ein tief eingeschnittenes Bett hat und seine höchsten Hochwasser bei 200 m Breite desselben abführt.

Nach meiner Meinung folgt daraus, daß die hochwasserfreien Dämme parallel zu den Uferkanten und in 4 m Abstand von denselben angelegt werden können.

Auf diese Annahme stützt sich der Entwurf.

Immerhin ist es von größter Wichtigkeit, diese Frage weiter zu studieren und ihre Lösung auch auf praktischem Wege zu versuchen.

Die anzustellenden Untersuchungen bieten um so weniger Schwierigkeit, als die hochwasserfreien Dämme auf dem allergrößten Teile des Flußlaufes erst gegen Ende der Regulierung angelegt werden müssen, wenn die Altrheine verlandet sind.

Es ist von größter Wichtigkeit, zu untersuchen, inwieweit der geistvolle Vorschlag des Herrn Defontaine, die Dämme dem konkaven Ufer zu nähern und an dem konvexen zurückzulegen, zur Ausführung gelangen kann.

Diese Anordnung würde den Vorteil bieten, den Lauf des Stromes bei Hochwasser zu begradigen und den Abfluß desselben zu beschleunigen. Für die Schifffahrt entsteht daraus der Nachteil, daß der Leinpfad vom Ufer des Stromes abbrückt, da er selbstredend der Dammkrone folgen wird.

Diese Erwägung hat mich mit der anderen, der Landwirtschaft eines Tages die größten Flächen zur Bebauung überweisen zu können, veranlaßt, einen parallelen, überall gleichweit abstehenden, auf das Minimum der Breite berechneten Abschluß des Stromes vorzuschlagen.

## § 6. Art und Folge der Ausführung.

Ich bezwecke hier nicht, Einzelheiten der Ausführung zu besprechen, sie sind in den Berichten, den Plänen und Querprofilen der Ingenieure enthalten, die dem Entwurfe beiliegen.

Solche Einzelheiten gehören übrigens nicht hierher in die allgemeine Übersicht, die nur die zur besseren Einsicht der Regierung wie zur Bestimmung ihrer Entscheidung zu behandelnden Hauptfragen enthält.

Da der Teil des Rheines, der reguliert werden soll, gleichzeitig Frankreich und Baden als Grenze dient, so ist es unbedingt erforderlich, daß die beiden Grenzstaaten gemeinschaftlich die dem Bette zugebende Breite sowie seine Richtung bestimmen.

Es ist Grund zu der Annahme vorhanden, daß die Bestimmung der Breite des Bettes nirgends Schwierigkeiten begegnet.

Baden und Bayern haben die Regulierung des Stromes entlang der Grenze ihrer Länder in einer Breite von 250 m, die hier vorgeschlagen wird, schon ausgeführt.

Frankreich und Baden haben sich bereits darüber verständigt, daß einige Teilstrecken zwischen Straßburg und Lauterburg in dieser Breite hergestellt werden sollen.

Bei Gelegenheit des Baues der Schiffbrücke bei Altbreisach ist die Breite des Rheines im Oberlaufe zu 200 m festgesetzt worden.

Man kann deshalb die Frage der Breite des Strombettes als in gemeinschaftlichem Einverständnis gelöst ansehen.

Die andere Frage betreffs der Richtung des Strombettes ist weniger spruchreif.

Aber beiderseits ist man vorbereitet und beide Teile werden die Vorschläge zu einer Verständigung gern annehmen.

Der Vertrag über die Abmarkung der Rheingrenze, der bis zur Unterzeichnung gediehen ist, wird einen besonderen Artikel über einige Abmachungen enthalten, deren Inhalt ich hier wiedergeben werde.

„In Zukunft werden die Arbeiten zum Zwecke der Regulierung des Flußlaufes ausgeführt.

Zu diesem Behufe werden die Ingenieure beider Staaten eine gemischte Kommission bilden und einen allgemeinen Entwurf der Stromlinien ausarbeiten. Außerhalb der verabredeten Linien dürfen nur im Notfalle Arbeiten vorgenommen werden. In diesem Falle werden die Ingenieure des angegriffenen Ufers denen des gegenüberliegenden Ufers Mitteilung von den Maßregeln machen, die sie zu treffen gezwungen sind. Bei der nächsten Zusammenkunft der Kommission wird die Frage geprüft werden, ob die ausgeführten Arbeiten abgeändert werden können oder dauernd bleiben müssen.

Diese Bestimmungen bestätigen, daß das Bedürfnis der Rheinregulierung auf beiden Ufern empfunden wird und daß der Zeitpunkt zur Ausführung dieses großen und wichtigen Unternehmens gekommen ist.

Die Art der Ausführung hängt wesentlich von der demnächst zwischen Frankreich und Baden abzuschließenden Vereinbarung ab.

An dem Erfolg der Besprechungen ist nicht zu zweifeln, kleine Eifersüchteleien bestehen nicht, bei unbedeutenden Fragen des Eigentumes oder des Hoheitsrechtes wird man sich nicht aufhalten; das allgemeine Interesse wird über ihnen stehen.

Sobald die Regulierungslinien bestimmt und genehmigt sind, wird man sie im Freien abstecken; durch den Wald Gräben ziehen oder Grenzsteine setzen, die zugleich als Höhenmarken dienen.

Sollten die Grenzstaaten sich entgegen aller Wahrscheinlichkeit nicht verständigen, so würde Frankreich nichts hindern, seinerseits allein für sein Ufer die Arbeiten, die nach einem großen und vollständigen Plane entworfen sind, auszuführen.

Seine Ausdauer und seine Erfolge würden unfehlbar den Erfolg der Regulierung sichern; wenn es erst befestigt und geschützt von keiner Seite mehr etwas für die Verheerung seines Gebietes zu fürchten hätte, so dürfte dem Nachbarlande doch einmal, sei es früher oder später, ein Licht darüber aufgehen und es müßte seine Arbeiten den unseren anpassen oder mit ihnen in Übereinstimmung bringen.

Sollte diese Möglichkeit eintreten, so würde es zweifellos zu bedauern sein, ebensowohl aus Sparsamkeitsgründen als wegen des rechtzeitigen Enderfolges; denn nur mittels des auf die Lauterkeit der Absichten und den aufrichtigen Wunsch, bessere Zustände zu schaffen, fest gegründeten Einvernehmens beider Staaten kann das große Ziel gut und sicher erreicht werden.

An der Herstellung dieses Einvernehmens braucht man nicht zu zweifeln.

Ich nehme daher auch an, daß die Richtung der Regulierungsarbeiten in beiderseitigem Einverständnis bald bestimmt wird.

Ist dieser erste Punkt erreicht, so ist noch die Zeitfolge der Arbeiten festzusetzen.

Es ist bekannt, daß das Interesse beider Uferstaaten die Regulierung des unteren Rheinlaufes zwischen Straßburg und Lauterburg zuerst verlangt. Die größten Anstrengungen müssen auf diese Strecke gerichtet werden.

Wird die Regulierung dieses Abschnittes erreicht sein, so stehen die holländischen und unterrheinischen Häfen in leichter und sicherer Verbindung mit Straßburg und durch den Rhein-Rhone wie den Rhein-Marne-Kanal mit dem Süden und dem Herzen Frankreichs.

Zu gleicher Zeit muß man die Regulierung wegen der weiten Fortschritte, die die Arbeiten dicht oberhalb der Kehler Brücke schon genommen haben und mit Rücksicht auf das militärische Bedürfnis, welches die Speisung des Kleinen Rheines verlangt, auf die ganze Strecke des Bannes Straßburg ausdehnen.

Im Oberrhein muß die kleine Strecke zwischen der französischen Grenze bei Hüningen und dem Dorfe Kembs ebenfalls zuerst mit in die Regulierungsarbeiten einbezogen werden. Dieser Teil dient, so zu sagen, dem Rhein-Rhone-Kanal als Speisebecken und kann als ein Zubehör desselben betrachtet werden.

Die Hölzer, die vom Schwarzwald und den Schweizer Alpen herkommen und zu Flößen gebaut bis an die Saône- und Rhönemündung und in das Mittelländische Meer gehen, können nicht alle mehr durch die Schleuse bei Hüningen in den Kanal gelangen; sie müssen dazu bis nach Kembs herunterfahren; dieser Teil des Flusses verdient also Berücksichtigung. Übrigens befindet er sich glücklicherweise in einer so günstigen Lage, daß die Aufwendung unbedeutender Mittel genügen wird, die angefangenen Bauten zu vervollständigen.

Zwischen Kembs und Straßburg könnten die Arbeiten wie seither mit bescheidenen Mitteln fortgeführt werden, bis die Regulierung in den beiden anderen Strecken beendet wäre und dann die Mittel des Budgets die Aufwendung großer Beträge zu ihrer Vollendung gestatteten.

### § 7. Wirkungen der Regulierung.

Die Erfolge der Regulierung müssen nach 3 Gesichtspunkten betrachtet werden:

1. Nach ihrer politischen Bedeutung, sowie nach ihrer Bedeutung für die Landeshoheit,
2. nach ihrer Bedeutung für die Schifffahrt,
3. nach ihrer Bedeutung für das Eigentum und die Landwirtschaft.

Diesen verschiedenen Interessen muß ich einige Bemerkungen widmen.

#### 1. Die Erfolge in politischer Beziehung wie in ihrer Bedeutung für die Landeshoheit.

Es liegt Grund zu der Annahme vor, daß der verwilderte Zustand des Rheines zu allen Zeiten zahlreiche Schwierigkeiten und Streit zwischen den Eigentümern beider Ufer veranlaßt hat.

Dieselben haben indessen erst seit der Vereinigung des Elsaßs mit Frankreich einen wesentlich nationalen Charakter angenommen.

Deshalb war es unter schuldiger Rücksichtnahme auf das Eigentum notwendig, die beide Staaten trennende Grenzlinie der Landeshoheit zu bestimmen.

Eine der besten und natürlichsten Grenzen eines Staates ist ohne Zweifel ein Fluß.

Befindet sich derselbe aber in einem solchen Zustand der Unbändigkeit, daß er seinen Lauf unaußhörlich gewaltsam ändert, so wird die Grenze unsicher; ebenso unsicher werden die Rechte der Landeshoheit; auch die Eigentumsrechte sind, wenn keine Verjährung nachgewiesen ist, derselben Gefahr ausgesetzt.

Die schweren Unzuträglichkeiten, die einem solchen Zustand der Dinge folgen, haben sich derart vermehrt und gehäuft, daß es einige Zeit vor der Revolution von 1789 als unbedingt erforderlich erachtet wurde, Abhilfe eintreten zu lassen.

Zu diesem Zwecke ernannten Frankreich und die deutschen Staaten Bevollmächtigte.

Das Ergebnis ihrer Arbeiten war, daß in Zukunft der Thalweg des Rheines die Grenze der Landeshoheit bezeichnen sollte, daß aber die Gemeindegrenzen in ihrem Bestande unverändert bleiben sollten, sodaß danach jeder im Genusse des Eigentums des Grundes und Bodens ohne Rücksicht auf die Landeshoheit blieb, unter der er stand.

Um es kurz zu sagen: es wurden 2 Arten der Landeshoheit geschaffen: die eine wechselte ihre Lage, die andere war beständig, unveränderlich, und in ihrem Bestande durch Steine oder Höhenmarken geschützt.

Diese Maßnahmen gelangten in einigen Jahren zur Ausführung.

Aber infolge der ruhmreichen Kriege der Republik wurde 1801 der Friede von Luneville geschlossen, durch den der Thalweg des Rheines die alleinige Hoheits- und Eigentumsgrenze wurde.

Die französische Republik trat sofort in den Besitz des Staates, der Gemeinden und der öffentlichen Anstalten, welche auf dem linken Ufer lagen und vorher zu Deutschland gehörten.

Andererseits wurden die deutschen Staaten Besitzer desselben Eigentums, welches auf dem rechten Ufer lag.

Die französische Republik behielt die so erworbenen Güter, von einigen Entschädigungen oder Ausgleichungen abgesehen, die enteigneten öffentlichen Anstalten gewährt wurden. Diese Güter wurden Nationaleigentum.

Die in dem großen zeitweilig beendeten Kampfe besiegten deutschen Staaten waren freigebiger oder gerechter. Sie überließen das Eigentum, über welches sie nach dem Friedensvertrage die Verfügung bekamen, den enteigneten Besitzern als Ersatz der erlittenen Verluste.

Aber diese erste große Störung war nur der Vorläufer einer ungeheuren Verwirrung, in die die Rheinufer betreffs der Landeshoheit wie des Eigentums gerieten.

Der Thalweg war wirklich die einzige Grenze geworden; jeder Wechsel seines Laufes legte theils Frankreich, theils den deutschen Staaten Bodenstücke zu, die von einem auf das andere Ufer übergingen; die Herrschaftsgrenze befand sich unaufhörlich und so zu sagen ohne Vorwissen der Regierenden in einer solchen Lage, daß militärische Unternehmungen von höchster Wichtigkeit ungestraft ausgeführt werden konnten. Die grausamen Rückschläge von 1814 und 1815 änderten eine so verzwickte, fehlerhafte Lage.

Nach den Friedensverträgen von Paris und Wien bezeichnete aufs Neue der Thalweg die Hoheitsgrenze, und blieb der Zustand des Eigentums unangetastet.

Der Vertrag, dessen Unterzeichnung bevorsteht, wahrt soweit als möglich die gegenseitigen Rechte der Uferstaaten wie ihrer Unterthanen.

Aber der Wechsel des Thalweges wird immer eine veränderliche Hoheitsgrenze schaffen.

Die Ursachen, über die ich einen kurzen historischen Überblick gegeben, die nacheinander Jedes Lage verschoben, verändert oder zerstört haben, könnten sich wiederholen und aufs Neue große Störungen veranlassen.

Es würde folglich von hohem politischen Interesse für die Uferstaaten sein, mit Hilfe des mächtigen Stromes unwandelbare Grenzen herzustellen.

Seine Regulierung wird sie uns bringen; die in einem einzigen Bett von angemessener Breite zusammengefaßten Wasser des Rheines bilden einen mächtigen Wallgraben, der die Grenze der Landeshoheit unveränderlich feststellt und der nach Veräufserungen, Austausch oder Ausgleichungen eines Tages als Grenze für das Eigentum der Uferstaaten dienen wird.

## 2. Erfolge für die Schifffahrt.

Die Leinzugschifffahrt, sowie die Dampfschifffahrt sind zur Zeit Stockungen, Schwierigkeiten, Anständen ohne Zahl unterworfen.

Der Anblick eines an der Leine zu Berg gezogenen Schiffes schnürt das Herz zusammen. Man sieht einige 30 Unglückliche, die im wahrsten Sinne des Wortes mittels Zugbändern an das Schleppseil angespannt sind, denen die Zugbänder die Brust eindrücken, die alle ihre Kräfte anstrengen, die mühselig bald über die Kiesbänke, bald durch die Altwasser gehen; sie leben ein Dasein voller Anstrengungen und Elend, welches minder hart sein und mehr Nutzen bringen könnte.

Die Unregelmäßigkeiten des heutigen Stromlaufes bringen es oft mit sich, daß die Schifffahrt Wassergeschwindigkeiten begegnet, die sie nur mit der allergrößten Mühe bewältigen kann.

Bei der Thalfahrt drohen durch diese Unregelmäßigkeiten die größten Gefahren; die Schiffe können die Wirbel nicht vermeiden, in denen sie zu Grunde gehen, wenn das Unglück sie hineinwirft; ein anderes Mal sitzen sie auf den Kiesbänken auf, die in Menge im Strome liegen, oder sie scheitern an Hindernissen, deren Dasein sie unmöglich erkennen konnten.

Die gegenwärtige Art des Schiffszuges ist barbarischer wie alle anderen und verdirbt den Handel.

Die Dampfschifffahrt leidet unter denselben Hindernissen. Oft entzieht ihr die zu große Breite des Bettes den nötigen Tiefgang; oft verläßt der Dampfer die Schifffahrtsrinne, um der zu starken Strömung auszuweichen und gerät auf den Kies.

Die Regulierung ist das einzige Mittel, um einem so fehlerhaften Zustande ein Ende zu machen. Wenn die Breite des Flußbettes durch unzerstörbare Dämme begrenzt ist, wird eine gleichmäßige Geschwindigkeit eintreten; es wird keine Hindernisse in der Schifffahrtsrinne geben; der Leinizug wird mit Pferden von einem nicht überschwemmbar Pfade aus stattfinden.

## 3. Erfolge für das Eigentum und die Landwirtschaft.

Die Regulierung wird die Vertiefung des Bettes zur Folge haben. Diese Wirkung wird die Einschränkung der Breite und die Beschleunigung der Strömung unfehlbar nach sich ziehen, weil der Lauf des Flusses verkürzt wird; eine allgemeine Senkung des Wasserspiegels wird ihm folgen.

Es ist zur Zeit noch nicht möglich, die genaue Tragweite der Vertiefung festzustellen; indessen läßt sich ihr Wert nach bekannten Thatsachen abschätzen.

So haben die Beobachtungen ergeben, daß infolge der Regulierungsarbeiten in der Rheinpfalz der Wasserspiegel in Lauterburg um 0,90 m gesunken ist.

Werden diese Arbeiten beendet sein, haben die Durchstiche zwischen Germersheim, Speyer und Mannheim erst einmal den Thalweg aufgenommen, so wird sich die Senkung noch vergrößern.

Derselbe Erfolg ist bei Niederwasser beobachtet worden. Bei Seltz betrug der Unterschied des Niederwassers von 1833 und 1823 = 5 cm bei Lauterburg, 12 km weiter zu Thal betrug der Unterschied 0,59 m.

Die einzige schon festgestellte Thatsache einer so beträchtlichen Senkung des Wasserspiegels ist geeignet, den Einfluss, den die Regulierung entlang der französischen Grenze haben wird, voraus zu bestimmen.

Weite, heute vom Grundwasser durchzogene Bodenflächen werden ausgetrocknet und dem Ackerbau zur Verfügung gestellt werden.

Aber diese Wohlthat kann nicht mit der anderen verglichen werden, die die Herstellung eines geschlossenen Bettes mit hochwasserfreien Dämmen der Landwirtschaft dadurch bringt, dafs sie ihr ein ungeheures Ufergelände rettet, welches die Fluten zur Zeit durchfurchen, verwüsten oder unter Wasser setzen.

Französische und deutsche Ingenieure haben sich schon mit der Abschätzung dieser neuen Quelle des Reichtums beschäftigt und setzen diese Arbeit fort.

Ich beabsichtige nicht, durch meine Gutachten den Ergebnissen ihrer Rechnung zu widersprechen, noch sie zu unterstützen; ich glaube, mich auf die vorhergehenden allgemeinen Angaben beschränken zu sollen, die Vernunft und Erfahrung bestätigen, wenn sie auch andere, immer ein wenig zweifelhafte Daten nicht zu bekräftigen scheinen.

### § 8. Die Kosten der Regulierung.

Es genügt nicht, dafs ein Entwurf grofse und schöne Erfolge verspricht, er mufs auch die Möglichkeit der Ausführung bieten.

Was die Ausführung der Arbeiten betrifft, so ist ihr Erfolg nicht zweifelhaft, sie erheben sich nicht über die täglich am Rhein gemachten Bauten, die zwar Schwierigkeiten, aber nicht die Sorge um einen Misserfolg bringen.

Die Geldfrage allein könnte Bedenken erregen. Dennoch bin ich der Überzeugung, dafs die Besprechung derselben, zu der ich übergehen werde, ein günstiges Ergebnis liefern wird.

Jeder Entwurf zur Ausführung grofser Wasserbauten aufsergewöhnlicher Art ist notwendigerweise den verschiedensten Zufälligkeiten unterworfen. Der erste Anschlag kann nur gewissenhaft aufgestellt werden, wenn man alle glücklichen Umstände, die dem Baue während der Ausführung zu statten kommen können, aufser Betracht läfst.

Es ist für den Staat von Wichtigkeit, von vornherein den Höchstbetrag der Opfer zu kennen, die er sich zur Beendigung eines so grofsen Werkes auferlegen mufs.

Von diesem Grundsatz ausgehend ist der Entwurf zur Regulierung des Rheines aufgestellt worden.

Man hat den Strom genommen, so wie er sich jetzt befindet und die Summe der zu machenden Ausgaben so veranschlagt, als wenn er sofort in den ihm zu gebenden Zustand versetzt werden müfste.

So hat man die Herstellung grofser Dämme für alle die Stellen vorgesehen, an denen der Rhein die Regulierungslinien durchqueren würde; obwohl man, da die Arbeiten nicht gleichzeitig ausgeführt werden, eine natürliche Veränderung des Stromlaufes abwarten könnte, bevor man so kostspielige Arbeiten unternimmt.

Ebenso hat man Durchstiche an allen Stellen des Stromes vorgesehen, wo er nach seinem gegenwärtigen Laufe eine neue Richtung haben müfste.

Desgleichen hat man die Kosten des Baues neuer Uferbefestigungen nach den Ausgaben berechnet, die bisher stückweise ausgeführte ähnliche Arbeiten verursacht haben.

Man hat dem Umstande keine Rechnung getragen, dafs die Stellen, an denen dieselben ausgeführt worden sind, gewöhnlich dem Stromangriff am meisten ausgesetzt lagen und demgemäfs ihr Schutz am teuersten war. Ebenso hat man die Möglichkeit einer gemeinsamen Verständigung zwischen beiden Uferstaaten, die ersichtlich einen bedeutenden Einfluss auf Ersparnisse haben würde, aufser Anschlag gelassen.

Die Schätzung der Kosten, die die Gesamtheit der auszuführenden Bauten umfasst, die zu dem zu erstrebenden Endzwecke erforderlich sind, erreicht deshalb den Höchstbetrag und beziffert sich wie in der Tabelle (S. 100) angegeben.

Die Länge des Rheines wird nach der Regulierung betragen:

im Oberrhein	{	Kreis Altkirch . . . . .	32 800 m	}	68 750 m
		„ Kolmar . . . . .	35 950 „		
im Unterrhein	{	Kreis Schlettstadt	{ 1. Teil 18 100 m	}	40 850 „
			{ 2. „ 22 750 „		
		„ Strafsburg	{ 1. „ 14 500 „	}	58 655 „
			{ 2. „ 44 155 „		
		„ Weissenburg . . . . .	18 500 „		
Gesamtlänge . . . . .					186 755 m

		Betrag des Anschlages		Bisherige Ausgabe		Betrag des Anschlages		Bisherige Ausgabe		
		Fcs.	cts.	Fcs.	cts.	Fcs.	cts.	Fcs.	cts.	
Oberrhein	Kreis Altkirch . . . . .	7 842 942	82	7 570 571	18	17 711 934	07	1 888 065	93	
	„ Kolmar . . . . .	9 868 991	25	11 311 008	75					
Unterrhein	Kreis Schlettstadt	1. Teil . . . . .	5 476 321	42	5 236 788	58	32 362 541	85	3 154 900	62
		2. „ . . . . .	6 534 300	—	5 960 000	—				
	„ Straßburg	1. „ . . . . .	20 352 220	43	20 352 222	04				
		2. „ . . . . .								
Summe . . . . .						50 074 475	92	5 042 966	55	
Gesamtsumme . . . . .						55 117 472 Fcs. 47 cts.				

Demnach kostet der laufende Meter 295 Franken 13 Cts.

Das ist der Preis für den laufenden Meter Regulierung entlang der französischen Grenze.

Eine so hohe Ziffer könnte vielleicht Erstaunen wecken.

Betrachtet man indessen sowohl die Anzahl, die Art, die Ausdehnung und die Schwierigkeit der Herstellung der auszuführenden Arbeiten, so wird das Erstaunen schwinden.

Es handelt sich darum, Dämme durch einen Strom zu legen, der seine Sohle bis zu unbestimmter Tiefe auswäscht, dessen Gefälle zwischen 0,001 und 0,0005 m wechselt, dessen mittlere Geschwindigkeit 2,50 m übersteigt und dessen Hochwassermenge mehr wie 5000 cbm in der Sekunde beträgt.

Es handelt sich ferner darum, dem Strome künstliche Ufer mittels Steindeckungen zu geben, deren Fuß nicht weniger als 8 m unter dem Mittelwasser liegt.

Es handelt sich schliesslich darum, in einer Länge von 186 km hochwasserfreie ununterbrochene Dämme anzulegen, die das Gelände gegen Überschwemmungen schützen und gleichzeitig als Leinpfad dienen sollen.

Immerhin wird die Ausgabe, so außerordentlich hoch sie auch ist, vom Staate leicht getragen werden können, denn die Ausführung erfordert ihre Verteilung auf viele Jahre.

Die zu verwendenden Materialien bestehen in Faschinenholz und in rohen Bruchsteinen.

Das Faschinenholz wird in den Waldungen auf beiden Ufern des Rheines gewonnen; doch sind die Erträge dieser wenn auch weitausgedehnten Wälder doch begrenzt.

Was die Bruchsteine anbetrifft, so sind wir beinahe allein auf das Großherzogtum Baden angewiesen; fänden sich selbst Steinbrüche auf dem französischen Ufer, so würde die große erforderliche Masse doch nicht in kurzer Zeit zu brechen sein.

Die Verhältnisse selbst zwingen zu einer gewissen Langsamkeit der Ausführung.

Die Rechnungen beweisen, daß ein Zeitraum von ungefähr 30 Jahren zur Beendigung der Arbeiten erforderlich sein wird. Demnach wäre ein jährlicher Kredit von 1 800 000 Franken zu bewilligen.

Diese Summe wird wirklich verlangt und vorbehalten werden müssen, sie so zu verteilen, daß man möglichst bald die besten Erfolge erhält.

Ich habe auseinander gesetzt, daß dieselben besonders auf der Rheinstraße zwischen Straßburg und Lauterburg erreicht werden müßten.

Ich schlage vor, auf dieselbe . . . . . 1 200 000 Fcs. zu verwenden.

Ich habe weiter gezeigt, daß die baldige Herstellung der kleinen Uferstrecken zwischen Hüningen und Kembs im Oberrhein von Wichtigkeit ist.

Der dafür jährlich zu verwendende Kredit soll . . . . . 200 000 „ betragen.

Die verbleibende Summe von . . . . . 400 000 „ soll zwischen Kembs und Straßburg verbaut werden.

Summa . . . . . 1 800 000 Fcs.

Diese Verteilung würde in 6 Jahren der Schifffahrt die Vorteile der Regulierung zwischen Straßburg und Lauterburg gewähren.

Im Verlaufe dieses Berichtes habe ich den ungeheuern Wert nachgewiesen, den Frankreich solchen Erfolgen beizumessen hat.

Ich werde mit einigen Betrachtungen schliessen, die mir darzulegen scheinen, dass die der Staatskasse aufzubürenden Lasten nur scheinbar sind.

Man arbeitet schon lange am Rheine; die Arbeiten haben bisher mehr den Uferschutz, als die Hebung der Schifffahrt bezweckt.

Ohne auf entfernte Zeiten zurückzugreifen, nur um 25 Jahre zurückgehend, können die gemachten Ausgaben auf 8 bis 10 Millionen Franken geschätzt werden.

Diese Summe beträgt ungefähr den fünften Teil des vorliegenden Kostenanschlages.

Sind dafür am Rheine  $\frac{1}{5}$  der für den Uferschutz und die Schifffahrt erforderlichen Arbeiten vorhanden? Gewisslich nein.

Da dieser Erfolg nicht erreicht ist, muss man dafür die Verwaltung beziehungsweise ihre Beamten verantwortlich machen?

Nochmals nein.

Das Übel stammt einzig und allein von der Bescheidenheit der Kredite her, der Notwendigkeit, die Ausgaben den jährlich bewilligten Mitteln unterzuordnen.

Die Rheinbauten sind in seltenem Mafse eigenartig. Sie haben keine Ähnlichkeit mit anderen öffentlichen Arbeiten.

Für diese kann man zur Not die Ziffer der in einem bestimmten Zeitraume zu machenden Ausgaben abschätzen. Man kann die Arbeiten aufschieben, wenn die Bauzeit vorüber ist, wenn die vorhandenen Gelder erschöpft sind. Man hat keine Beschädigungen zu fürchten oder man kann sie vorher sehen und sich gegen ihre Folgen schützen.

Was den Rhein betrifft, so ist es anders. Da die Arbeiten dem Stromangriff beständig ausgesetzt sind und die Sohle, auf der sie ruhen, fortwährend unterwaschen werden kann, so weiß man nicht, wann sie den erforderlichen Grad der Widerstandsfähigkeit oder die zu ihrer Erhaltung notwendige Ausdehnung angenommen haben. Sie gehen zu Grunde, bevor dieses Resultat erreicht ist, wenn unerwartete gewaltsame Ursachen die Zerstörung veranlassen, sodass keine Mafsregeln zu sofortigem Schutze getroffen sind; die bereits gemachten Ausgaben sind verloren und alles aufs Neue zu beginnen.

Das kommt bei dem gegenwärtigen Zustande der Dinge zu häufig vor. Das Verzeichnis der Verluste, die diesen bedauerlichen Ursachen zugeschrieben werden müssen, die auf die Bevölkerung einen entmutigenden Eindruck machen, würde Betrübnis erwecken und ist es nicht nötig, seine Spalten noch zu vergrößern.

Die wahre Sparsamkeit gebietet andere Anordnungen. Sie schreibt vor, die begonnenen Arbeiten zu erhalten und fortzusetzen; sie will mit einem Worte den Fortschritt.

Die erste Bedingung des Fortschrittes ist die Annahme eines allgemeinen Bauplanes und die Möglichkeit, ihn nach und nach zur Ausführung zu bringen.

### § 9. Zusammenfassung des Vorhergesagten.

Die Regulierung des Rheines ist zur Sicherung der Landeshoheitsgrenze sowie des Uferschutzes und der Schifffahrt wegen notwendig.

Die Möglichkeit ihrer Ausführung kann nicht bezweifelt werden.

Es müssen Besprechungen zwischen den beiden Uferstaaten stattfinden, um die dem Strome zu gebende Breite und Richtung festzustellen.

Die Kostenersparnis hängt von dem gleichzeitigen Vorgehen der beiden Regierungen in der Ausführung der Arbeiten ab.

Bei mangelndem Einvernehmen liegt es im Interesse Frankreichs, den genehmigten Bauplan auszuführen.

Die Regulierung muss zunächst einerseits zwischen Strafsburg und Lauterburg, andererseits zwischen Hüningen und Kembs begonnen werden.

Es ist ein jährlicher Kredit von 1 800 000 Fcs. mit dem Anheimstellen erforderlich, ihn unter Vorbehalt späterer Einsparung zu überschreiten, wenn es die Notwendigkeit erfordert, oder die in einem Jahre etwa übrig gebliebenen Mittel auf die nächstjährige Bewilligung übertragen zu können.

Es ist von jetzt ab möglich, den geforderten Kredit zu gewähren und ihn nützlich für die nachbenannten 2 Rheinstrecken zu verwenden, deren Regulierung zwischen Frankreich und dem Großherzogtum Baden schon vereinbart worden ist.

Diese 2 Strecken, die zusammen ungefähr eine Länge von 25 000 m haben, sind die folgenden:  
 Die durch die Kehler Schiffbrücke beinahe in 2 gleiche Teile geteilte Uferstrecke im Banne Strafsburg, die bis über die Abzweigung des kleinen Rheines hinüberreicht;  
 die Uferstrecke von der Grenze des Bannes Beinheim bis zum Einfluß der Murg gegenüber Mothern.

Strafsburg, den 13. April 1840.

Der Oberingenieur der Rheinbauten:  
 gez.: Couturat.

## B. Beilage zu dem vorstehenden Berichte.

In dem vorhergehenden Berichte habe ich die Frage der Rheinregulierung im allgemeinen behandelt. Ich gebe in der Beilage einige Erläuterungen und Erklärungen über Einzelheiten.

### a. Die Wasserverhältnisse des Rheines und die wahrscheinlichen Erfolge der Regulierung.

Bevor man an den Entwurf der Regulierung eines Flusses herantritt, muß man zunächst mit seinen Wasserverhältnissen genau bekannt sein.

Bezüglich des Rheines findet man alle wünschbaren Aufschlüsse in dem umfassenden und gediegenen Werke des Herrn Defontaine.\*)

Die Beobachtungen, die dieser Inspektor mit so vieler Mühe gesammelt hat und deren Genauigkeit von unseren Ingenieuren anerkannt worden ist, sind der Aufstellung des gegenwärtigen Entwurfes zu Grunde gelegt worden.

Hier und da zu bemerkende Abweichungen rühren teils von der Richtigstellung der Einzelheiten, teils von den durch die Ausführung der Arbeiten bewirkten Veränderungen, teils von natürlichen Ursachen her.

So ist z. B. die gegenwärtige Länge des Stromes im Thalweg von Herrn Defontaine mit  
 222 460 m angegeben, während jetzt nur  
 214 670 „ oder ein Unterschied von  
 7 790 m

gefunden worden ist. Dieser Unterschied ist nicht nur größerer Genauigkeit der Messung durch den Druck lithographierter Karten, worauf es möglich war, den Lauf des Rheines genau darzustellen, sondern auch den Erfolgen 10jähriger Arbeiten zuzuschreiben, die nach Beendigung der Untersuchungen des Herrn Defontaine gemacht worden sind.

Zur Zeit dieser Niederschrift hat sich der Rhein bei Selz fühlbar begradigt und die Ausbuchtungen bei diesen Orten verlassen; die oben bezeichnete Gesamtlänge von 214 670 m ist dadurch noch kürzer geworden.

Auch das von Herrn Defontaine angegebene mittlere Gefälle des Niederwassers von 0,000641284 würde gegenwärtig 0,000667140 betragen.

Dieser wenn auch nur geringe Erfolg ist immerhin ein Vorteil, der sich mit der Zeit steigern und immer schönere Früchte bringen wird, je größer die für die Arbeiten gewährten Kredite sein werden.

Besonders im Oberrhein gingen die Verbesserungen schnell und fühlbar vor sich. Die Ursache ist leicht zu begreifen, wenn man bedenkt, daß die für diesen Bezirk bewilligten Mittel bis 1832 nicht 90 000 Fcs. überstiegen, daß sie oft bis auf 60 000 Fcs. herabsanken, während sie seit 8 Jahren im Mittel 150 000 Fcs. betragen haben.

Wenn es möglich wäre, die Regulierung des Stromes sofort vorzunehmen, wenn sie z. B. in dem Zeitraume von 2 Jahren in vollständigem Einverständnis der beiden Uferstaaten über die gleichzeitig zu machenden Arbeiten auszuführen wäre, so würde sich die Gesamtausgabe ganz bedeutend vermindern, leider wird es so nicht gehen, da die beiden Grenzstaaten in so kurzer Zeit die Mittel nicht aufbringen und die jährlichen Erträge der Wälder, sowie die Ausbeute der Steinbrüche nicht verwandt werden können. Die Notwendigkeit ist deshalb nicht zu umgehen, jährlich und während eines längeren Zeitraumes mehr zu verausgaben.

\*) Ann. des ponts et chaussées 1833.

Immerhin kann man überzeugt sein, daß die Verminderung der Geldopfer um so sicherer eintreten wird, je höher die in einem Jahre möglichen Ausgaben steigen.

Es giebt eine Menge zerstörter Bauten, oder solche, deren Herstellungskosten zehnfach gestiegen sind, weil man die Gelegenheit vorbeigehen liefs, sie im gehörigen Augenblicke zu verstärken.

Es giebt keinen peinlicheren Anblick als den solcher zu Grunde gehender Anlagen, die nicht durch die Unmöglichkeit der Ausführung, sondern durch den Mangel an Mitteln verkommen.

Es giebt keine schlechtere Ersparnis.

Ich komme jedoch auf den Gegenstand meiner Betrachtungen zurück und fahre mit der Angabe der von Herrn Defontaine ermittelten Gefälle weiter fort. Sie betragen:

bei Niederwasser . . . . .	0,000641284
„ Mittelwasser . . . . .	0,000647015
„ Hochwasser . . . . .	0,000639351

Zieht man die in den letzten Zeiten vorgekommenen Veränderungen in Rechnung, so findet man die folgenden mittleren Gefälle, die nach den von den Ingenieuren ausgeführten Nivellements berechnet sind.

Mittlere Gefälle bei

Niederwasser . . . . .	0,000667140
Mittelwasser . . . . .	0,000666665
Hochwasser . . . . .	0,000673313

Diese Angaben entbehren nicht des Interesses; man würde sich jedoch schwer täuschen, wenn man daraus schliesen wollte, daß der Strom von seinem Erscheinen bis zum Austritt an der französischen Grenze ein beinahe gleichmäfsig abnehmendes Gefälle hätte.

Weit entfernt davon; es giebt außerordentlich bemerkenswerte Widersprüche, die selbst von einem Jahre zum andern sehr verschieden und durch den unaufhörlichen Wechsel des Thalweges, sowie mehr oder minder durch die Vertiefung des Bettes hervorgerufen worden sind.

So beträgt heute der Unterschied zwischen dem kleinsten Nieder- und dem höchsten Hochwasser bei Neubreisach, der nach Herrn Defontaine 6,07 m betrug, nur noch 4,50 m. Und wirklich, als im September 1831 das Hochwasser bei Strafsburg auf 3,46 m, also nur 0,57 m unter der bekannten grössten Höhe stand, erreichte es bei Neubreisach nur den Pegelstand von 4 m.

Der Wasserabfluß bei Strafsburg verdient nicht geringere Aufmerksamkeit.

Es ist staunenswert, daß die Hochwasser bei diesem Orte niemals 4,03 m über Niederwasser gestiegen sind, während sie oberhalb 6 m und unterhalb 5 m höher standen.

Dürfte die Ursache dieser Erscheinung nicht in der durch die Regulierung bewirkten Beschränkung der Profilbreite und der dadurch erfolgten Vertiefung des Flußbettes zu suchen sein?

Die Antwort auf diese Frage muß nach meiner Meinung bejahend ausfallen.

Obwohl die Verbesserung der Wasserverhältnisse des Stromes noch sehr gering im Vergleich zu denen sind, die eines Tages erreicht werden müssen, so ist doch der bessernde Einfluß nicht zu verkennen.

Die Anschwellung des Stromes vom November 1824 ist eine der stärksten, die die bisherigen Beobachtungen ergeben haben. Damals hat das Hochwasser den Pegelstand von 4,03 m über Niederwasser bei Strafsburg erreicht.

Die bedeutendsten Arbeiten der Regulierung waren ausgeführt.

Nun ist zu jener Zeit das Wasser bei Basel auf 5,40 m gestiegen, während es früher bis zu 6,41 m in die Höhe gegangen war.

Vergleicht man die beiden Anschwellungen von 1824 und 1831 bei Basel und bei Strafsburg, so sieht man, daß der Unterschied der Pegelstände in Basel 0,25 m, in Strafsburg aber 0,57 m betrug.

Beachtet man, daß die bayerischen Regulierungsarbeiten besonders nach 1824 ausgeführt wurden, so findet man einen noch viel fühlbareren Unterschied am unteren Ende der französischen Grenze zwischen den Wasserständen dieses Jahres und des Jahres 1831.

Das Hochwasser von 1824 stieg bei Lauterburg auf die höchste bekannte Cote von 5,32 m, während es 1831 nur 4,43 m erreicht hatte.

Dieses Resultat ist der greifbare Erfolg der Regulierung.

Bei Strafsburg ist es ebenso, wenn auch bisher nur in geringerem Mafse; doch haben die auf beiden Ufern errichteten Bauten die Wahrscheinlichkeit gefährlicher Störungen vermindert; der Thalweg wechselt weniger, er ist tiefer und der Wasserabfluß schneller geworden.

Wird der Rhein einmal von Hüningen ab reguliert sein, so darf mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß der Hochwasserspiegel bei Basel infolge des unterhalb geschaffenen leichteren Abflusses sinkt.

Die Bestimmung der Höhe der Senkung bleibt notwendigerweise hypothetisch.

Zwei Erfolge sind nach dem Einflusse des Wasserspiegels und als Ergebnis der Regulierung zu betrachten; der eine ist absolut, der andere relativ.

Wird eine allgemeine Senkung des Wasserspiegels des Stromes sicher eintreten oder wird dieselbe nur für einen gewissen Wasserstand erfolgen, so z. B. dafs sie bei Niederwasser erschiene, während die Regulierung im Gegenteil bei Hochwasser höhere Pegelstände verursachen oder ohne Einflufs auf dieselben bleiben würde?

Ich will diese Fragen besprechen.

Es mufs sicher eine Senkung zur Zeit der Niederwasser und Mittelwasser erfolgen. Wird das Gefälle vermehrt, die Breite vermindert und der Strom zwischen unangreifbaren Ufern eingeschlossen, die Möglichkeit der Verlegung des Thalweges bedeutend verringert, so führen diese Ursachen unzweifelhaft ein solches Ergebnis herbei.

Gewifs, die nagende Thätigkeit des Stromes wird dann nur noch gegen die Sohle gerichtet sein und die allmähliche, langsame Fortbewegung der Kiesel notwendigerweise eine Vertiefung bewirken, die für das Nieder- und Mittelwasser günstigen Erfolg verspricht, denn das Querprofil ist für diese immer noch breiter als erforderlich.

Die nagende Wirkung des Wassers mufs zuerst auf der Schwelle, die zwei Gefällstufen\*) trennt, zu spüren sein. Ein Teil der abgeschwemmten Stoffe wird in der folgenden Bucht da liegen bleiben, wo die Tiefe des Stromes für seine Wasserbewegung zu grofs ist, ein anderer Teil auf das der konkaven Seite des Rheines entgegengesetzte Ufer getrieben und vom Strome selbst nach und nach ein mit seiner Abflufsmenge im Verhältnisse stehendes Querprofil geschaffen werden.

Dieser Zustand dürfte jedoch nicht andauern, denn wenn auch die künstlichen Ufer unzerstörbar befestigt sind, so werden gerade, weil das Stromprofil gröfser als erforderlich ist, sich unter Wasser Kiesbänke darin festlegen, gegen welche sich dann die Arbeit des Stromes richtet.

Der Thalweg wird deshalb unaufhörlich von ihm verlegt werden, doch werden diese Verlegungen weniger häufig sein, weniger ungestüm vor sich gehen, das Geschiebe wird von oben nach unten getrieben und ohne Ersatz bleiben, weil die befestigten Ufer nicht mehr abgespült werden können, die Sohle des Flusses mufs sich unfehlbar in der ganzen Länge seines Laufes vertiefen und infolge dessen der absolute Wasserspiegel des Nieder- und Mittelwassers sich senken.

Es ist leider unmöglich, diese Senkung durch Rechnung genau festzustellen. Sie beträgt infolge der bayerischen Regulierungsarbeiten bei Lauterburg 0,90 m. Doch würde es irrig sein, diese Ziffer der Senkung zu Grunde zu legen, die entlang der französischen Grenze sich vollziehen wird, da bei uns die Verminderung der Länge des Flußlaufes bei weitem kleiner sein dürfte als diejenige ist, welche die zwischen Bayern und dem Großherzogtum Baden hergestellten Durchstiche hervorgebracht haben.

In solchen Fällen sind Hypothesen zulässig.

So unterstellt Herr Ingenieur Michel für die ganze Länge des Oberrheines eine nach und nach eintretende Senkung von 0,30 m. Herr Ingenieur Legrom nimmt für die ihm unterstellte Strecke Rheinau-Strafsburg eine gleichmäßige Senkung von 0,20 m an. Herr Ingenieur Coumes, der die Strecke Strafsburg-Lauterburg verwaltet, sieht eine allmähliche Senkung von 0,70 m für die ganze Länge seines Bezirkes voraus.

Die Zeit allein wird diese Hypothesen bestätigen oder widerlegen; die Grundlage aber, auf der sie beruhen, bleibt unbestritten.

Was die Hochwasser betrifft, so würde ihre Senkung noch sicherer sein, wenn man ihr, wie es heute noch geschieht, erlaubte, die Niederung zu überschwemmen.

Die Aufgabe der Regulierung würde nur eine unvollständige Besprechung erfahren haben, wenn man den Zeitpunkt nicht voraussähe, in dem der Strom zwischen hochwasserfreien Dämmen eingeschlossen werden mufs.

Zweifelloos liegt er noch fern; denn bevor man dahin gelangt, müssen alle vom Strome abgeschnittenen Nebenarme und Untiefen verlandet und erhöht werden, um sie für die Landwirtschaft ertragsfähig zu machen.

Trotzdem mufs die Frage hier besprochen werden, da einige Orte vorhanden sind, an denen die hochwasserfreien Dämme schon jetzt angelegt werden könnten.

\*) Unter „Gefällstufen“ wird hier die Strecke zwischen 2 Schwellen, ähnlich dem Begriff der Haltung zwischen 2 Schleusen, verstanden; Couturat gebraucht den Ausdruck „anse“ = „Bucht“, was nicht ganz zutrifft, da hier die Vertiefung in vertikalem Sinne gemeint ist.

Bei dieser Gelegenheit ist zu bedauern, daß die Mittel, über welche der Ingenieur zur Feststellung des ersten in Erwägung zu ziehenden Elementes, der abfließenden Wassermenge, verfügt, nicht genau und sicher genug sind.

Man erhält diese Wassermenge als das Produkt der Geschwindigkeit und der Querprofilfläche; aber abgesehen von der Schwierigkeit der Bestimmung dieser beiden Faktoren ist der Hinweis von Wichtigkeit, daß man gezwungen ist, für den ersteren von beiden, die Geschwindigkeit, die Ergebnisse anzunehmen, die man bei dem Laufe eines Schwimmers durch den schmalen Streifen des Thalweges erhält. Es giebt aber solche Unterschiede der Geschwindigkeit auf der Oberfläche desselben Querprofils, daß das Ergebnis der Beobachtung fern davon ist, die mittlere Geschwindigkeit nachzuweisen. Die so erreichte Wassermenge ist daher bedeutender, als sie sein dürfte und die Thatsachen scheinen es zu beweisen.

Nimmt man eine Abflusmenge von 4624 cbm bei Basel und 5019 cbm bei Lauterburg an, so ergiebt die Rechnung nach dem Werke des Herrn Defontaine für die Hochwasser eine Profilbreite von

300—350 zwischen Basel und Rheinau	{ Unterschied zwischen Nieder- und Hochwasser }	6,72 bis 6,75 m,
350—450 zwischen Rheinau und Straßburg	desgl.	6,75 bis 6,33 m,
450 zwischen Straßburg und Lauterburg	desgl.	6,33 bis 7,69 m.

Ich habe weiter oben nachgewiesen, daß die Hochwasser bei Neubreisach zur Zeit nicht mehr als 4,50 m über Niederwasser hinausgingen und dennoch hat das Querprofil zwischen den hochwasserfreien Dämmen, natürlichen oder künstlichen, nicht mehr als 400 m Breite und von diesen 400 m sind 150 m nur bei Wasserständen von 1,50 m über Mittelwasser überschwemmt.

Ebenso erreicht das größte Hochwasser bei Straßburg an der Rheinbrücke 4,03 m und demnach ist das Bett bei 250 m Breite für eine viel höhere Durchflusmenge reguliert, als sie Mittelwasser bringt.

Andererseits giebt Herr Ingenieur Coumes in seiner Denkschrift an, daß bei den in Drusenheim und Lauterburg gemachten Beobachtungen an Stellen, wo die Breite des Hochwasserbettes beinahe gleiche Abmessungen wie die im Entwürfe angegebenen hatte, der Unterschied zwischen Nieder- und Hochwasser 5,28 m betrug.

Ich habe schließlicb verschiedene Querprofile und Uferhöhen des regulierten Rheines in Bayern und Baden untersuchen lassen und dabei festgestellt was folgt:

Ort der Beobachtung	Breite des Querprofils	Höhe der Ufer über dem kleinsten Niederwasser	
		Rechtes Ufer	Linkes Ufer
Zollhaus bei Neuburg . . . . .	230 m	4,45 m	5,35 m
Durchstich von Neuburg . . . . .	257 „	4,16 „	4,66 „
Durchstich von Daxlanden . . . . .	250 „	4,41 „	4,60 „

Das Gelände hinter den Ufern ist ganz flach und beinahe frei von Überschwemmungen.

Diese verschiedenen Ergebnisse scheinen einen gewissen Widerspruch zwischen den Resultaten der Erfahrung und der Theorie zu ergeben.

\* Verfolgt man die wissenschaftlichen Untersuchungen und wendet sie auf den Rheinlauf zwischen Straßburg und Lauterburg an, dem die Aufmerksamkeit der Ingenieure besonders zu Teil wird, weil er zuerst reguliert werden soll, so findet man für den projektierten Querschnitt von 250 m Breite, der 1 m unter Mittelwasser liegt und 4 m hinter der Uferkante liegende hochwasserfreie Dämme hat, einen Unterschied von 5,79 m zwischen dem Nieder- und Hochwasser.

Bei dem gegenwärtigen Zustand des Rheines beträgt die Länge seines Laufes zwischen dem Kopfe der Sporeninsel und der bayerischen Grenze 75550 m, das mittlere Gefälle 0,00046.

Der Entwurf der Regulierung verkürzt den Lauf auf 62655,50 m.

Das mittlere Gefälle wird danach auf 0,00055 erhöht.

Dieses Gefälle ist ein Minimum, denn man muß von der Senkung absehen, die die Regulierung hervorbringen wird.

Geht man von diesen Zahlen aus und nimmt für die Mittelwassermenge von 1092,26 cbm einen benetzten Umfang von 222,50 m an, so wird man mit dem Ingenieur Coumes eine mittlere Geschwindigkeit von 1,93 m finden.

Die Abflussmenge von 1092,26 m durch die Geschwindigkeit teilend, erhielt er eine benetzte Querschnittsfläche von 565,94 m.

Nimmt man weiter

die Hochwassermenge zu . . . . .	5010 cbm
das Gefälle zu . . . . .	0,00055
den benetzten Umfang mit . . . . .	280 m

an und führt diese Werte in die Formel

$$\frac{w}{x} = av + bv^2$$

ein, in welcher  $w$  die Querschnittsfläche =  $\frac{Q}{v}$   $\frac{\text{Abflussmenge}}{\text{mittlere Geschwindigkeit}}$ ,  $x$  den benetzten Umfang und  $a$  und  $b$  zwei konstante Werte bedeuten, so hat man

$$0,009841 = v(av + bv^2),$$

woraus sich nach den Tabellen ergibt:

Mittlere Geschwindigkeit =  $v = 2,98$  m oder  $v = \frac{Q}{w}$  und  $w = \frac{Q}{v} \frac{5010}{2,98} = 1681,21$  qm als Querschnittsfläche des Hochwasserprofils und als solche des Mittelwasserprofils 565,94 qm.

Der Unterschied beträgt daher 1115,27 qm.

Diese Fläche besitzt die Form eines Trapezes von 260 m Grundfläche und 4,29 m Höhe. Der Unterschied bei Mittel- und Niederwasser erreicht 1,50 m. Folglich muß er bei Nieder- und Hochwasser 5,79 m betragen.

Dieser Unterschied ist noch größer als der durch die Erfahrung ermittelte, aber er nähert sich ihm mindestens und kann daher mit Recht als ein Maximum betrachtet werden.

Wenn daher der Wasserspiegel bei Straßburg nur um 4,03 m wechselt, so ist klar, daß die zulässigen Grenzen eingehalten werden, wenn man zwischen der Sporeninsel und Lauterburg eine Höhe von 5 m annimmt, die aller Voraussicht nach nicht überschritten werden wird. Begründeterweise kann man ferner annehmen, daß nach der Regulierung oberhalb Straßburg der Unterschied des Hoch- und Niederwassers zwischen 4,50 m und 5 m bleibt.

Legt man daher die Krone der Dämme 5,50 m über das kleinste Niederwasser des regulierten Rheines, so ist die Voraussicht begründet, daß diese Dämme nicht überschwemmt werden.

Auf dieser Basis ist der Entwurf ausgearbeitet worden.

So hat man ein Querprofil von 250 m Breite, 1 m über dem Mittelwasser gemessen und 4 m hinter der Vorderkante der künstlichen Ufer eine Einfassung mittels hochwasserfreier Dämme angenommen.

Wenn daher, wie zweifellos, der Niederwasserspiegel zurückgegangen ist und der Unterschied zwischen Hoch- und Niederwasser 4,50 m bis 5 m nicht überschreitet, so wird auch eine entschiedene Senkung des Hochwasserspiegels im größten Teile des regulierten Rheinlaufes selbst dann eintreten, wenn der Querschnitt auf die im Projekt vorgesehenen Maße vermindert worden ist.

Übrigens soll, ich wiederhole es, die Herstellung der hochwasserfreien Dämme das letzte für die Rheinregulierung auszuführende Werk sein, dessen Inangriffnahme erst in einer noch fern abliegenden Zeit stattfinden wird; bis dahin sind genügende Beobachtungen, Untersuchungen und praktische Erfahrungen gemacht worden, um diese Frage aufzuklären und reifen zu lassen.

Bis dorthin wird die Regulierung allein durch die Herstellung künstlicher Ufer des Mittelwasserbettes in der vorgeschriebenen Richtung und einer Querschnittsbreite von 250 m allen Bedürfnissen in hohem Maße Rechnung tragen, die Schifffahrt die von ihr erhoffte Verbesserung erhalten und das Eigentum vollständig geschützt werden.

## b. Die Richtung des regulierten Rheines.

Wie ich schon auseinandergesetzt habe, ist die Aufgabe betreffs der dem Rheinlaufe anzuweisenden Richtung nur einer unbestimmten Lösung fähig.

Man hat im allgemeinen eine Aneinanderreihung großer Kurven mit großen Halbmessern der geraden Richtung vorgezogen und sich in der Mehrzahl der Fälle die Bedingung auferlegt, soviel wie möglich den gegenwärtigen Zustand, besonders aber die ausgeführten oder in der Ausführung begriffenen Arbeiten zu schonen.

Da die Strecke Straßburg-Lauterburg notwendigerweise die ersten Kosten verursachen wird, so werde ich diesem Teil eine nähere, obwohl nur flüchtige Betrachtung widmen, damit ich, die Aufmerksamkeit auf einige besondere Anordnungen hinlenkend, geeignete Fingerzeige für die Vorschläge erhalte, die ich schließlichs aufstellen und zur Geltung zu bringen suchen werde.

Von der Sporeninsel ausgehend und von da 18000 m lang parallel mit einem auf den Meridian von Paris gelegten Perpendikel laufend, bis zur anderen Parallele 10000 m, ist die Richtung durch Verhandlungen, die 1821 in Paris zwischen Frankreich und dem Großherzogtum Baden stattfanden, gegeben. Sie ist von der großen Rheinbrücke an zum größten Teile schon festgelegt und keiner Änderung mehr fähig.

Von dem 10000 m entfernten Perpendikel ausgehend bis zum Grenzsteine No. 89, zwischen einer Parallelen von 2000 m und einem Perpendikel auf den Meridian gelegen, sind zwei Richtungen vorgeschlagen, die No. 2 und 2 bis tragen.

Man kann eine 3. entwerfen; diese durchschneidet die Honauerköpfel genannte Insel.

Die Richtung 2 bis ist von der Verwaltung genehmigt worden, sie hat einen weniger regelmäßigen Lauf als die mit No. 2 bezeichnete; aber sie bietet den Vorteil, daß, wenn sie eingehalten würde, alle Arbeiten dauernd bestehen bleiben könnten, die notwendigerweise ausgeführt werden müssen, um der Zerstörung der Dämme Einhalt zu bieten; sie gewährt noch den anderen Vorteil, daß in den Kehlen, und besonders in der von Gamsheim, schon ausgeführte Bauten vorhanden sind.

Da indessen die früheren Ausgaben im Vergleich zu denen, die die Regulierung erfordert, gering waren, so hat diese letztere Erwägung keinen bedeutenden Wert.

Am wichtigsten ist das Einvernehmen mit der badischen Regierung; sodann die Bereitstellung der nötigen Mittel, um die gemeinschaftlich festgelegten Linien auch sicher auszubauen.

Die vorhergehenden Bemerkungen beziehen sich noch auf die zwei Richtlinien No. 3 und 3 bis, die oberhalb Drusenheim endigen.

Man kann für sie auch eine Variante entwerfen.

Die Richtung No. 3 würde vor der mit No. 3 bis bezeichneten den Vorzug haben, den Rhein von den Dämmen von Offendorf zu entfernen und diesem Orte ein großes Gelände zuzuteilen, welches nach der Linie No. 3 bis unter badischer Hoheit bliebe.

Das Interesse, welches die Gemeinde einem solchen Ergebnisse beilegt, scheint derart, daß sie wahrscheinlich ohne Entgelt auf die für die Durchstiche erforderlichen Flächen verzichtet.

Die Richtung No. 4 scheint keiner Veränderung fähig.

Was die Richtung No. 5 betrifft, so ist ihr sicher die von No. 5 bis vorzuziehen; die Frage ist nur, ob die badische Regierung einer Anordnung zustimmen wird, die den Strom durch das Festland leitet.

Die Richtung No. 6 ist 1822 vereinbart worden; sie unterliegt keiner Bemerkung.

Diejenige von No. 7 bis ist als Fortsetzung der vorhergehenden ebenfalls 1822 gemeinschaftlich festgesetzt worden; allein da Frankreich gezwungen war, sein Gelände bei Lauterburg zu schützen und eine großartige Bucht meistens schon fertig gestellt ist, so empfiehlt sich ihre Erhaltung wie die Annahme der Variante No. 7. Es liegt kein Grund zu der Annahme vor, daß die badische Regierung dieser Anordnung Schwierigkeiten bereitet, die keinerlei Einfluß auf die bayerische Regulierung übt und keinen anderen Zweck verfolgt, als einige weniger bedeutende Arbeiten überflüssig zu machen, die bei Beginn der Regulierung ausgeführt wurden.

Straßburg, den 13. April 1840.

Der Oberingenieur: gez. Couturat.



### Druckfehlerberichtigungen.

S. 1, 2, 3 und 28 ist statt Couturat der Name Conturat zu lesen.

S. 5 u. 13 ist in Fußnote 1 und 9: Ann. des ponts et chaussées 1833 (nicht 1838) zu lesen.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Druck von Rud. Bechtold & Comp., Wiesbaden.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.

Die Verhandlungen sind seit dem 1. April 1871 in zwei Hefen erschienen, die erste Heft enthält die Verhandlungen vom 1. April bis zum 1. Juni 1871, die zweite Heft die Verhandlungen vom 1. Juni bis zum 1. August 1871.







WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

16656

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301637