



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300162

$$\frac{42}{57}$$

$$\frac{2376}{4}$$



7

KÖNIGLICHES ARCHIV

Ausschuß zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flußgebieten.

## Beantwortung

der im Allerhöchsten Erlasse vom 28. Februar 1892 gestellten  
Frage A:

Welches sind die Ursachen der in neuerer Zeit vorgekommenen Ueberschwemmungen, hat namentlich das System, welches bei der Regulirung und Kanalisierung der preussischen Flüsse befolgt worden ist, zur Steigerung der Hochwassergefahr und der in neuerer Zeit beträchtlich gesteigerten Ueberschwemmungsschäden beigetragen, und welche Aenderungen dieses Systems sind bejahendenfalls zu empfehlen?

J. Nr. 21785



Durch Beschluß des Ausschusses vom 5. Juni 1896 festgestellt.

In Kommission bei  
**Dietrich Reimer**  
(Ernst Vohsen)  
Berlin S.W. 48.  
Wilhelm-Strasse 22.

VII 6. 46

J. 571  
+  
237 1/4



~~III 15853~~

IV - 301003

# Inhalts-Verzeichniß.

**Vorwort** . . . . . Seite 3

## I. Die Ursachen der Ueberschwemmungen in Norddeutschland.

1. Bodengestalt . . . . .	Seite 5
2. Klimatische Verhältnisse . . . . .	= 6
3. Abflußvorgang . . . . .	= 8
4. Gewässernetz . . . . .	= 10
5. Außergewöhnliche Hochfluthen . . . . .	= 13
6. Maßregeln gegen Hochwassergefahren . . . . .	= 15
7. Abflußvorgang der einzelnen Ströme . . . . .	= 18
a) Der Memelstrom . . . . .	= 18
b) Die Weichsel . . . . .	= 19
c) Die Oder . . . . .	= 20
d) Die Elbe . . . . .	= 22
e) Die Weser . . . . .	= 23

## II. Die Einwirkungen der Stromregulirungen und Kanalisirungen auf die Wasserverhältnisse.

1. Vorbemerkung . . . . .	Seite 26
2. Einwirkung auf die Hochwasserverhältnisse . . . . .	= 27
3. Einwirkung auf die Eisverhältnisse . . . . .	= 28
4. Einwirkung auf die Stromufer (Versandungen) . . . . .	= 29
5. Einwirkung auf die Wasserstände (Vorfluth) . . . . .	= 32
6. Vorschläge zu Aenderungen des Systems . . . . .	= 36
7. Einwände gegen das System im Allgemeinen . . . . .	= 39

**Resolutionen** . . . . . = 41

Akc. Nr. ~~1598~~ 149

BPK-B 382/2012

## Vorwort.

Durch den Allerhöchsten Erlaß vom 28. Februar 1892 ist dem Ausschusse zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flußgebieten die Prüfung und Beantwortung zweier Fragen aufgegeben worden:

A. Welches sind die Ursachen der in neuerer Zeit vorgekommenen Ueberschwemmungen, hat namentlich das System, welches bei der Regulirung und Kanalisirung der preussischen Flüsse bisher befolgt ist, zur Steigerung der Hochwassergefahr und der in neuerer Zeit beträchtlich gesteigerten Ueberschwemmungsschäden beigetragen, und welche Aenderungen dieses Systems sind bejahendenfalls zu empfehlen?

B. Welche anderweiten Maßregeln können angewendet werden, um für die Zukunft der Hochwassergefahr und den Ueberschwemmungsschäden soweit wie möglich vorzubeugen?

Der Ausschuß hat, um sämmtlichen Mitgliedern durch den Augenschein ein Bild über die thatsächlichen Verhältnisse an den wichtigsten norddeutschen Strömen zu verschaffen und ihnen Gelegenheit zu geben, die Wünsche und Meinungen der Stromanlieger anzuhören, in den Jahren 1892 bis 1895 die Ströme Memel, Weichsel, Oder, Elbe und Weser bereist und auf Grund dieser Bereisungen sowie der inzwischen stattgehabten Verhandlungen sich so weit informirt, daß er die Frage A des Allerhöchsten Erlasses beantworten zu können glaubt. Dagegen wird eine Beantwortung der Frage B erst zu ermöglichen sein, wenn für jeden einzelnen Strom eine übersichtliche hydrographisch-wasserwirtschaftliche Darstellung vorliegt, um an Hand derselben auf die Erörterung der Einzelfragen näher eingehen und der Allerhöchsten Erwägung bestimmte Vorschläge unterbreiten zu können, deren Vorberathung geraume Zeit erfordern dürfte, auch nachdem jene Darstellungen im Drucke vorliegen.

Zunächst ist das Werk über den Oderstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse vom technischen Bureau des Ausschusses zum Abschlusse und zum Druck gebracht worden. Voraussichtlich wird binnen Jahresfrist das Elbe-Werk nachfolgen, nach gleichem Zeitraum das Werk über die Weichsel und den Memelstrom, zuletzt das Werk über die Weser. Damit die Mitglieder des Ausschusses, welche mit der Erörterung der die Hochwasserhältnisse beeinflussenden Zustände beauftragt sind, und die für die einzelnen Stromgebiete in Aussicht genommenen Unterausschüsse in der Lage sind, die Einzelfragen genau zu prüfen und erforderlichenfalls nachträgliche Ermittlungen über solche Punkte anstellen zu lassen, welche aus Mangel an Vorerhebungen in jenen Darstellungen nicht eingehend genug behandelt werden konnten, empfiehlt es sich, die Beantwortung der Allerhöchst gestellten Frage B für jeden Strom getrennt, und zwar in derselben Reihenfolge vorzunehmen, in welcher die hydrographisch-wasserwirtschaftlichen Werke erscheinen.

Da es aber dem Sinne des Allerhöchsten Erlasses wohl nicht entsprechen würde, die Beantwortung der in erster Linie gestellten Frage so lange zu vertagen, bis auf Grund zeitraubender Vorerhebungen die einzelnen Vorschläge zur etwaigen Verbesserung vorhandener Mißstände vom Ausschusse berathen und die Schlußberichte über sämtliche Stromgebiete erstattet sind, glaubt der Ausschuß, zunächst die Allerhöchst gestellte Frage A beantworten zu sollen.

Diese Frage zerfällt nach Ansicht des Ausschusses in zwei Theile, die kurz gefaßt folgendermaßen lauten:

- 1) Welches sind die Ursachen der Ueberschwemmungen?
- 2) Hat das System der Regulirungen und Kanalisirungen zur Steigerung der Hochwassergefahr beigetragen, und welche Aenderungen desselben sind bejahendenfalls zu empfehlen?

Für die Beantwortung des zweiten Theils liegt eine durch Beschluß des Ausschusses vom 9. Februar 1893 als zutreffend angenommene und dem nachstehenden Berichte beigefügte Darstellung des Systems vor, welches bei der Regulirung und Kanalisirung der preussischen Flüsse bisher befolgt worden ist. Die Prüfung der Frage, inwieweit das dargestellte System zur Steigerung der Hochwassergefahren beigetragen habe, und ob die sonstigen dagegen erhobenen Einwände berechtigt seien, hat bei den Verhandlungen und Bereisungen des Ausschusses in eingehender Weise stattgefunden. Das Ergebniß dieser Prüfung nebst den Resolutionen, in welchen der Ausschuß seine Meinung zusammenfaßt, ist im zweiten Abschnitte dieses Schlußberichtes über die Beantwortung der Frage A niedergelegt.

Die nachfolgende Beantwortung des ersten Theils der Frage muß sich vor Allem auf eine Darstellung der natürlichen Bedingungen erstrecken, unter deren Einwirkung bei den betrachteten Strömen der gewöhnliche Abflussvorgang zu außergewöhnlichen, mit gefährlichen und schädlichen Ueberschwemmungen verbundenen Hochfluthen gesteigert wird, dabei aber die in menschlicher Macht liegenden Maßnahmen oder Unterlassungen erwähnen, die von Einfluß auf den Verlauf solcher Naturereignisse sein können. Die Frage, in welcher Weise und an welchen Stellen eine Milderung der Hochwassergefahren und Ueberschwemmungsschäden im Einzelnen herbeizuführen sei, bleibt der eingehenden Untersuchung der Stromgebiete überlassen.

Um die Ursachen der außergewöhnlichen Hochfluthen darzulegen, ist daher zunächst festzustellen, wie durch die Bodengestalt und die klimatischen Verhältnisse der Abflussvorgang der norddeutschen Ströme im Allgemeinen geregelt wird, sodann welchen Einfluß die vorwiegend von der Bodengestalt abhängige Gliederung des Gewässernezes darauf ausübt. Nachdem kurz erörtert ist, unter welchen Bedingungen durch das Zusammenwirken der Wasserläufe eines Stromgebietes außergewöhnliche Hochfluthen zu entstehen pflegen und welche Maßregeln gegen ihre Gefahren ergriffen werden können, möge eine Schilderung, wie die betrachteten Erscheinungen an den einzelnen Strömen zum Ausdruck gelangen, Platz finden.

# I. Die Ursachen der Ueberschwemmungen in Norddeutschland.

## 1. Bodengefalt.

Für den gesammten Abflußvorgang und insbesondere die Hochwasser- verhältnisse der norddeutschen Ströme ist von großer Bedeutung, daß im Westen das Berg- und Hügelland der Meeresküste sich am meisten nähert, nach Osten hin aber weiter und weiter von ihr entfernt, bis zuletzt das in Form eines spitzen Dreiecks ausgebreitete norddeutsche Flachland unmerklich in die große russische Tiefebene übergeht. Das Stromgebiet der Memel gehört vollständig dem Flachlande an, die Gebiete der Weichsel und Oder zum größten Theil, wogegen das Elbegebiet mit seiner südlichen Hälfte im Gebirgs- und Hügellande liegt und die Weser erst an der westfälischen Pforte das Flachland betritt. Zur Veranschaulichung ist dieser Denkschrift eine kleine, im Bureau des Ausschusses entworfene Uebersichtskarte der in Betracht kommenden Stromgebiete beigelegt.

Die höchsten Erhebungen besitzt der ostwestlich streichende Wall der Karpathen im Süden des Weichselgebiets, da die Gipfel der Hohen Tatra über 2600 m Meereshöhe erreichen. Aber der Nordhang des Gebirges fällt rasch zu einem flachhügeligen Vorlande ab, das vom Alluvialthale der oberen Weichsel gegen die niedrigen Anhöhen des polnischen Mittelgebirges nebst der polnisch- ober-schlesischen Platte abgetrennt wird. — Das Odergebiet fußt mit dem Südrande einerseits auf dem als westliche Beskiden bezeichneten Theile der Karpathen, andererseits zwischen der mährischen und der Lausitzer Pforte auf den im Riesengebirge über 1600 m hohen, westnordwestlich streichenden Sudeten. Nirgends hat die mitteleuropäische Hauptwasserscheide einen tieferen Sattel als zwischen Oder und March (300 m), und die mährische Pforte geht unmittelbar in die schlesische Bucht des norddeutschen Flachlandes über, an deren Ostseite die ober-schlesische Platte in das Weichselgebiet hinübergreift.

Das böhmische Landbecken, in welchem die Quellflüsse der Elbe zusammenströmen, zeigt eine süd-nördliche Abdachung und eine solche von den im Riesengebirge am höchsten ansteigenden Rändern nach der Mitte hin, sodaß am Uebergange nach Deutschland das Elbethal nur noch 120 m über dem Meeresspiegel liegt. Die nördliche Umwallung Böhmens wird zur Rechten des Stromes bis zur Lausitzer Pforte vom niedrigen Lausitzer Bergland gebildet, während links das sächsische Mittelgebirge als Vorstufe vor dem west-südwestlich streichenden Erzgebirge liegt. Jenseits der sächsisch-thüringischen Bucht des norddeutschen Flachlandes nimmt das Harzgebirge die westnordwestliche Streichungsrichtung der Sudeten wieder auf, ebenso im Süden des von der Saale und Werra entwässerten thüringischen Beckens der Thüringer Wald.

Die Werra vereinigt sich bei Münden in 120 m Meereshöhe mit der Fulda, der Hauptwasserader des hessischen Berg- und Hügellandes, zum Weserstrom, der erst bei Minden das norddeutsche Flachland erreicht. Vorher durchbricht er die niedrigen Rücken des mit der nördlichen Vorstufe des Harzes beginnenden Hügellandes, zuletzt das westnordwestlich streichende Weser- und Wiehengebirge. Von Wichtigkeit für den Abflussvorgang des Wesergebiets ist, daß die westfälische Bucht des Flachlandes, welche der mit dem Wiehengebirge in geringer Entfernung parallel laufende Teutoburger Wald nordwärts begrenzt, bei Paderborn sich bis auf 40 km dem Weserthale nähert und nur durch niedriges Hügelland von ihm getrennt ist. Die weitaus höchste Erhebung des ganzen Stromgebiets, der über 1100 m hohe Harz, entwässert mit seiner westlichen Hälfte nicht unmittelbar in die Weser, sondern sendet ihr seine Gebirgsbäche durch Vermittlung der Leine und Aller zu.

Der am meisten westlich gelegene Theil des norddeutschen Flachlandes zu beiden Seiten der unteren Weser besteht aus großen Niederungen und Mooren, aus denen nur vereinzelte niedrige Diluvialgebiete auftauchen. Jenseits der Aller beginnt dann in der Lüneburger Heide die Zone der südlichen Höhenrücken des Flachlandes, welche mit den Gebirgszügen des Harzes und der Sudeten parallel verläuft und von den Thalzügen der Elbe, Oder und ihrer Seitenflüsse in größere und kleinere Flächen zerschnitten ist: Lüneburger Heide, Fläming, Niederlausitzer Hügel, Glogauer Rabengebirge, Trebnitzer Berge. Im östlichen Theile, wo sie an die oberschlesische Platte anschließt, hat die Bodenschwelle stellenweise Erhebungen über 300 m, im westlichen Theile selten über 150 m Meereshöhe.

Das Thal der unteren Elbe grenzt diese südliche Höhenzone gegen den baltischen Landrücken ab, der von Schleswig-Holstein aus über Mecklenburg und Pommern nach Preußen mit der Ostseeküste parallel streicht, nur durch ein schmales Vorland von ihr getrennt. Auch diese flache Erhebung, ausgezeichnet durch großen Reichthum an Seen und geschlossenen Einsenkungen, wird von den Thalzügen der Oder und Weichsel quer durchbrochen und in drei größere Flächen getrennt. Die Höhenlage nimmt gleichfalls nach Osten hin zu, wo bei Danzig und in Ostpreußen die Meereshöhe 300 m überschritten wird.

Zwischen den beiden Höhenrücken des norddeutschen Flachlandes erstreckt sich von der unteren Elbe nach Polen hinein ein dreieckförmiges Gelände, dessen durchschnittliche Höhenlage Anfangs 50 bis 60 m, nach Osten hin etwa 100 m über Meeresspiegel betragen mag. Von den großen ost-westlichen diluvialen Hauptthalern, welche sich im Elbethale vereinigen und von den zumeist süd-nördlichen Durchbrüchen der Flüsse ist das Land in zahlreiche kleinere Diluvialflächen zerstückelt worden, die stellenweise geradezu als Inseln zwischen den Thaleinschnitten liegen, z. B. die noch im Jahre 1854 vom Hochwasser rings umfluthete „Insel Sternberg“ östlich von Frankfurt zwischen Oder, Warthe und Odra. Im Osten des unteren Bug bilden die großen Nokitnosümpfe zu beiden Seiten des in den Dnjepr fließenden Pripet die Fortsetzung jener tiefsten Zone des norddeutschen Flachlandes.

## 2. Klimatische Verhältnisse.

Das Weichselgebiet mit seiner östlichen Lage hat ein ziemlich ausgesprochenes Festlandsclima. Im östlichen und südlichen Theile des Odergebiets und im benachbarten böhmischen Landbecken macht sich der allmählich stattfindende Uebergang zur Vorherrschaft des Seeclimas noch weniger fühlbar, als im nördlichen Theile des Elbgebiets und an der unteren Oder. Das Wesergebiet zeigt die

Ausschnitt zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Überschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flussgebieten.

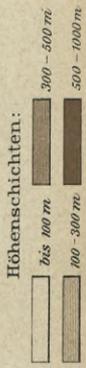
Anlage zum Schlussbericht.



Geogr.-lith. Institut v. W. H. Schen, Berlin, S.

Entworfen im Bureau des Wasser-Ausschusses.

Mafsstab 1 : 5 500 000.





Einwirkung der Meeresnähe in ausgesprochener Weise, und zwar nicht nur in den nördlichen Niederungen, sondern auch noch in den gebirgigen Theilen des Mittellaufes.

Das Gebiet der unteren Weser gehört demnach zu den wärmsten Gegenden des norddeutschen Flachlandes; auf dem Breitengrade von Berlin ist die Westgrenze um etwa 2° wärmer als die Ostgrenze. Weiter im Norden wird dies Verhältniß noch durch die mit der größeren Höhenlage des baltischen Landrückens zunehmende Verminderung der mittleren Jahreswärme verschärft, sodaß die ostpreussische Seenplatte um etwa 3° kälter ist als das Niederungsgebiet im Nordwesten. Dieser beträchtliche Unterschied wird vorzugsweise bedingt durch die größere Winterkälte der östlichen Landestheile, da im Winter die auf den Meeresspiegel bezogenen Linien gleicher Temperatur in Norddeutschland nord-südlich gerichtet sind. Im Sommer verlaufen sie dagegen annähernd ost-westlich, sodaß die auf gleichem Breitengrade liegenden Orte bei gleicher Höhenlage nahezu gleiche Temperatur besitzen, welche von Norden nach Süden zunimmt. Bei der wirklichen Luftwärme wird der Unterschied jedoch theilweise wieder ausgeglichen durch die größere Höhenlage. Beispielsweise beträgt der wirkliche Wärmeunterschied zwischen Bromberg und der unter gleichem Längengrad um 3 Breitengrade weiter südlich, aber 156 m höher am Südenende der schlesischen Flachlandsbucht liegenden Stadt Ratibor im Juli/August nur 1/2°, während die auf den Meeresspiegel bezogene Temperatur in Bromberg um 1 1/2° geringer ist.

Dieselbe unweit des Weichselstromes gelegene Stadt möge mit den beiden anderen Weichselstädten Warschau und Krakau verglichen werden, um in Zahlen anzudeuten, wie die Erwärmung vom Winter zum Sommer im Stromgebiete der Weichsel fortschreitet.\*)

Ort	H	λ	φ	Mittlere Temperatur 1851/90 in C°				
				Jahr	Januar	März	April	Juli
Bromberg .	42	18° 0'	53° 8'	7,5	— 2,1	+ 1,1	+ 6,8	+ 18,3
Warschau .	120	21° 0'	52° 13'	7,3	— 3,4	+ 0,5	+ 7,1	+ 18,8
Krakau . .	220	19° 59'	50° 4'	7,8	— 3,3	+ 1,7	+ 8,0	+ 18,8

Die wirkliche mittlere Temperatur der drei Orte, die in 42 m, 120 m und 220 m Meereshöhe liegen, ist für den Durchschnitt des Jahres nahezu gleich, für den Januar in Bromberg über 1° größer als in den südlicheren Orten, für den März geringer als in Krakau, aber noch etwas größer als in dem weiter östlich liegenden Warschau, für den April dagegen geringer als in beiden Orten, während sie für den Juli sich überall wenig unterscheidet. Krakau gewinnt im Vergleich zu Bromberg vom Januar zum März einen Wärmevorsprung von 1,8° und vom Januar zum April einen solchen von 2,4°. Der Frühling hält demnach im Weichselgebiete seinen Einzug von Südwesten her, also von der Quelle des Stromes nach der Mündung hin — ein für das Auftreten der Schmelzwasserfluthen oft verhängnißvoller Umstand.

Die Niederschlagsverhältnisse zeigen gleichfalls den Wechsel vom Seeklima im westlichen zum Festlandsklima im östlichen Theile des Flachlandes. Im Westen überschreiten die Regenhöhen das Maß von 700 mm, wogegen sie im Osten stellenweise unter 500 mm bleiben. Im Allgemeinen sind die Küsten regen-

\*) H = Höhe über dem Meeresspiegel in m.

λ = Geographische Länge östlich von Greenwich.

φ = Nördliche geographische Breite.

reicher als die mittleren Landstriche, und mit der Annäherung an das Gebirge nimmt die Regenmenge wieder zu. Indessen kommt dabei zur Geltung, ob die Gegend auf der den feuchten Luftströmungen zu- oder abgewendeten Seite des Gebirges liegt. So befindet sich die schlesische Bucht einigermaßen im Regenschatten der Sudeten gegen westliche und südwestliche Winde, während die langsam nach Osten aufsteigende oberschlesische Platte wieder stärkere Niederschläge erhält. Ebenso liegt in Böhmen der westliche Theil des Landbeckens im Regenschatten des Böhmerwaldes, und der Südwesthang des Sudetengebirges wird am stärksten betroffen. Sein Nordosthang ist dagegen vorzugsweise dem Anpralle der aus dem nördlichen Quadranten kommenden Regenwinde ausgesetzt, in noch höherem Maße aber die Nordabdachung der Karpathen, welche sich wie ein mächtiger Wall in ost-westlicher Richtung zwischen den Flachländern der Weichsel und Donau erheben. In den Gebirgsstationen der zum Obergebiete gehörigen Sudeten und Beskiden steigert sich die jährliche Niederschlagshöhe auf mehr als 1200 mm. Bedeutend geringer ist sie am Erzgebirge, das parallel zum vorherrschenden Regenwinde streicht. Im westlichen deutschen Mittelgebirge bedingt die reich bewegte Form der Bodenoberfläche große Unterschiede auf geringe Entfernung; sämtliche Erhebungen sind kühle Gebiete mit reichlichen Niederschlägen, besonders der Harz, wo sie auf dem Brocken Gipfel die erstaunliche Höhe von etwa 1700 mm erreichen.

Die größte Niederschlagsmenge fällt fast allenthalben in den Sommermonaten Juni/August, die kleinste in den Wintermonaten Dezember/Februar. Im Westen überwiegen indessen die Sommerregen weniger als im Osten; auch der Herbst und das Frühjahr erhalten dort reichlichere Niederschläge. Die Nähe der Küste wirkt auf ähnliche Weise ausgleichend; so fallen z. B. an der Odermündung (Stettin) 18 % des Jahresniederschlags im Dezember/Februar, 38 % im Juni/August, an der oberen Oder (Oppeln) dagegen 16 % im Winter und 40,5 % im Sommer. Der Prozentsatz, welcher vom winterlichen Niederschlage zum sofortigen Abflusse gelangt, wächst in hohem Grade sowohl von Osten nach Westen, als vom Binnenlande nach den Küsten hin, da in Folge der größeren Winterkälte im Osten und im Binnenlande ein erheblich größerer Theil der Niederschläge als Schnee fällt und länger aufgespeichert bleibt. Beispielsweise dauert nach den Beobachtungen im Zeitraum 1889/93 die Schneedecke in Stettin durchschnittlich nur 58, in Oppeln 86 Tage; ihre größte Höhe ist in Stettin zu 25, in Oppeln zu 73 cm beobachtet worden. Im Wesergebiet sind Winterregen, die höchstens in den hohen Lagen des Gebirges noch Schnee bringen, in den niederen Landbecken aber schmelzend wirken, keine Seltenheit; auch im nördlichen Theile des Elbegebietes tritt eine frühzeitige Schneeschmelze öfter ein, ebenso im Hügel- und Flachlande des Obergbietes. Das von Bergwällen umschlossene Böhmen und die im Bereiche des russischen Winters liegenden Gebiete der Weichsel und Memel bewahren dagegen zumeist ihre Schneedecke, bis der Frühling endgültig beginnt.

### 3. Abflusvorgang.

Obgleich unsere Kenntniß von den Wassermengen der Flüsse noch gering ist, so liefern doch die besser bekannten Verhältnisse der jährlichen Bewegung der Wasserstände einigen Anhalt für die Beurtheilung der Frage, welcher Antheil des Niederschlagswassers durch die Quellen, Bäche und Flüsse abgeführt wird. Im Jahresdurchschnitt ist dies immer nur ein Bruchtheil, der nach den bisherigen Ermittlungen etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  beträgt. Eine genaue Bestimmung ist schon deshalb einstweilen nicht möglich, weil wir über die mittlere Niederschlagshöhe der

norddeutschen Stromgebiete noch nicht genügend unterrichtet sind. Das Netz von Regenstationen wurde in Norddeutschland erst während der Jahre 1887/92, und zwar von Osten nach Westen vorschreitend, eingerichtet. Die aus älterer Zeit vorhandenen Aufzeichnungen reichen zwar für vergleichende Betrachtungen einigermaßen aus, nicht aber zur Bestimmung der absoluten Höhe des Niederschlags der ganzen Stromgebiete.

Eine solche vergleichende Betrachtung hat gezeigt, daß die Niederschlagshöhe der norddeutschen Stromgebiete im Kreislaufe des Jahres ihren Größtwert während der Sommermonate, ihren Kleinstwert während der Wintermonate annimmt. Vollständig anders verhalten sich jedoch die mittleren Wasserstände, die ihre größte Höhe im Frühjahr, gewöhnlich im März, zu erreichen pflegen, im Sommer und Frühherbst niedrig bleiben und im Spätherbst wieder allmählich zu steigen beginnen. In der warmen Jahreszeit arbeitet also die Verdunstung, zum Theil auch der Wasserverbrauch durch den Pflanzenwuchs, in solchem Maße, daß die als Regen gefallenen Niederschläge meist verloren gehen. Im Winter werden dagegen die als Schnee gefallenen Niederschläge ohne solche große Verluste aufgespeichert, bis sie als Schmelzwasser vom Februar bis zum Mai offen abfließen oder durch Speisung der Quellen zum Abflusse gelangen. Gerade der regenarme Monat März, der beispielsweise im Odergebiet nur 72 % des Monatsdurchschnittes der Niederschläge aufweist, übertrifft mit seinen Mittelwasserständen den Monatsdurchschnitt bis zu 150 %. Er zehrt demnach von den Ersparnissen der vorhergehenden Monate. Nach den Mündungen der Ströme hin verschiebt sich die Zeit der höchsten Wasserstände wegen der Fortbewegung der Fluthwelle, ebenso bei den östlichen Strömen wegen des späteren Frühjahrsbeginnes. Beide Umstände bewirken vereint, daß z. B. der Memelstrom in seiner zu Deutschland gehörigen Mündungstrecke meist erst im April die Schmelzwasserfluthen abführt.

Im Kreislaufe des Jahres kommt also zu der veränderlichen Niederschlagshöhe noch eine zweite Veränderliche, nämlich die Luftwärme, welche im Sommer durch Steigerung der Verdunstung den Niederschlag vermindert, im Winter ihn in feste Form bannt und im Frühjahr mehr oder weniger rasch flüssig macht. Eine dritte Veränderliche ist die Feuchtigkeit der Luft, deren im Sommer geringeres Maß zur Steigerung der Verdunstung beiträgt, während im Winter die Luft mehr mit Wasserdampf gesättigt ist. Schließlich tritt als Veränderliche die Bewegung der Luft hinzu, da der über eine verdunstende Wasser- oder Bodenfläche streichende Wind den Wasserdampf wegführt und die Verdunstung erhöht. Beispielsweise dienen die im schwach bewaldeten Gebiete der oberen Neze zwischen niedrigen Ufern liegenden Seen keineswegs als Sammelbecken der Niederschläge, sondern vermehren die durch Verdunstung entstehenden Verluste derart, daß kaum  $\frac{1}{12}$  des Jahresniederschlags zum Abflusse kommt.

Aber nicht allein auf das Maß der Verdunstung ist die Gesamtheit dieser atmosphärischen Erscheinungen von Einfluß, sondern auch auf die zweite Ursache, welche das rasche und vollständige Abrinnen der Niederschläge beeinträchtigt, nämlich auf die Versickerung. Der Durchlässigkeitsgrad des Bodens wird vermindert oder ganz aufgehoben, wenn der Frost im Winter die Poren des Bodens schließt oder wenn bei Dauerregen im Sommer die Sättigungsgrenze erreicht worden ist. Im Durchschnitt vermindert sich die Feuchtigkeit des Bodens nach der Schneeschmelze mehr und mehr, und seine Durchlässigkeit vermehrt sich bis zum Herbst hin, sodaß auch in dieser Hinsicht der offene Abfluß des sommerlichen Regenwassers beschränkt wird. Nur wenn vorübergehend durch länger anhaltende heftige Regengüsse der Boden gesättigt wird, erreicht das Abflußverhältniß ähnliche Größe, wie zur Zeit einer plötzlichen Schneeschmelze bei fest

gefrorenem Boden. Unter solchen Umständen wird gleichzeitig das Maß der Verdunstung herabgemindert und, wo die Bodenneigung den schnellen Abfluß begünstigt, erfolgt das Abrinnen des Regenwassers fast unverkürzt. Die von der Beschaffenheit und Oberflächengestalt des Bodens, sowie von den Anbauverhältnissen abhängige Versickerung verändert sich daher nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich, je nachdem die atmosphärischen Vorgänge den Wärme- und Feuchtigkeitszustand des Bodens beeinflussen.

Die Abflussmengen der Ströme hängen demnach ab: 1) von der Größe und Eigenart ihres Niederschlagsgebiets, 2) von der mit den klimatischen Verhältnissen örtlich verschiedenen durchschnittlichen Menge der Niederschläge, 3) von der zeitlichen Vertheilung der Niederschläge und der übrigen meteorologischen Erscheinungen, welche auf das Maß und die Art des Abflusses einwirken. — Da die Wasserstandsbeobachtungen einen Anhalt zur Beurtheilung der Abflussmengen bieten, liefern sie ein Spiegelbild der Abflußverhältnisse des oberhalb der Pegelstelle gelegenen Niederschlagsgebiets, also der gesammten atmosphärischen Vorgänge, welche die Größe des Niederschlags und Abflusses bedingen. Die viel verbreitete Meinung, daß ein ziemlich einfacher Zusammenhang zwischen Niederschlag und Abfluß bestände, trifft keineswegs zu. Nicht immer verursacht der Regen einen entsprechend vermehrten sofortigen Abfluß, während andererseits ein solcher eintreten kann, ohne daß die Ursache in den unmittelbar vorher gefallenen Niederschlägen zu suchen ist. Eine genaue Uebereinstimmung zwischen den Niederschlags- und Wasserstandsbeobachtungen von Jahr zu Jahr nach Zahl und Maß ist daher nicht vorauszusetzen. Wohl aber finden unverkennbar gesetzmäßige Beziehungen zwischen dem Abflußvorgang und den meteorologischen Erscheinungen statt, zu denen auch die Größe und Vertheilung des Niederschlags gehört. Obgleich die vorhandenen Aufzeichnungen einstweilen nicht ausreichen, die Gesetze dieses Zusammenhanges klar zu erkennen, so steht doch fest, daß der Abflußvorgang innerhalb eines längeren Zeitraums ähnliche Schwankungen der Zu- und Abnahme zeigt, wie beim Niederschlage auf eine Reihe von nassen Jahren im Allgemeinen trockenere zu folgen pflegen.

#### 4. Gewässerneß.

Mit Ausnahme der Memel und Warthe entspringen unsere Ströme sämmtlich im Gebirge und erhalten namhafte Nebenflüsse aus dem Gebirgslande. Bei den östlichen Strömen liegt aber der größte, bei den westlichen immerhin noch ein sehr bedeutender Theil des Sammelgebiets im Flachlande, dessen Niederschläge ihnen durch Nebenflüsse von erheblicher Größe zugeführt werden. Da sich nun aber die Gewässer des Gebirgs- und des Flachlandes in verschiedenartiger Weise bei der Speisung des Hauptstromes verhalten, so hängt dessen Abflußvorgang wesentlich auch von der Gliederung des Gewässerneßes ab, insbesondere bei hohen Anschwellungen, welche die Verschiedenartigkeit des Verhaltens am deutlichsten zum Ausdruck bringen.

Da außergewöhnliche Niederschläge von größerer Ausdehnung in der Regel auf den Gebirgszügen und ihrem Vorlande stattfinden, wo zudem noch die steile Neigung der Gehänge das schnelle Abrinnen in die Bäche begünstigt, deren starkes Gefälle eine rasche Abführung nach den Flüssen bewirkt, so nehmen die Gebirgsflüsse ihre höchsten Wasserstände bei heftigen Regengüssen an; und zwar entfallen die gefährlichsten Hochfluthen meist auf die sommerliche, bei den Gebirgsflüssen der westlichen Stromgebiete nicht selten auch auf die winterliche Jahreshälfte. In den Einzugsgebieten der Flachlandsgewässer ruft die gleiche

Wetterlage, die das Bergland mit großen Regenmassen überschüttet, gewöhnlich nur schwächere Niederschläge hervor. Da die geringe Neigung der Bodenfläche und das geringe Gefälle den Abfluß verzögern, können Verdunstung und Versickerung kräftiger entgegenwirkt und die Abflußmenge vermindern. Sommerliche Anschwellungen von Bedeutung beschränken sich daher bei den Flachlandsgewässern meist auf die örtlich enger begrenzten Nachwirkungen heftiger Gewitterregen und auf Stellen mit besonders mangelhafter Vorfluth; eigentliche Hochfluthen treten an den größeren Flachlandsflüssen um diese Jahreszeit selten ein.

Gerade umgekehrt verhalten sich die beiden Gewässergruppen zur Zeit der Schneeschmelze, falls diese nicht von einer ungewöhnlich raschen Erwärmung verursacht wird. Die mit der Höhenlage stattfindende Abnahme der Luftwärme, welche im Winter geringer ist, überschreitet im März bereits den Jahresdurchschnitt, sodas der Wärmeunterschied zwischen Berg und Thal sich vergrößert, die Schneeschmelze also in den Thalbecken bereits beginnt, während auf den Bergen noch frische Schneefälle stattfinden. Die durch Nachtfrost erfolgende Unterbrechung des Thauwetters und die schützende Einwirkung des Waldes verzögern ebenfalls das gleichzeitige Abschmelzen; der Schnee aus den Thälern und von den Vorhöhen ist daher bereits verschwunden, wenn allmählich der Abfluß des Schmelzwassers aus den höheren Lagen anfängt. Im Flachlande dagegen, dessen Höhenunterschiede gering sind, greift das Thauwetter mit größerer Geschwindigkeit allgemein um sich; Versickerung und Verdunstung arbeiten während des Abschmelzens in weit geringerem Maße als im Sommer, und der winterliche Niederschlag gelangt vollständiger zum Abflusse als der Sommerregen. Während die Gebirgsgewässer weniger hohe, aber länger anhaltende Schmelzwasserfluthen entwickeln, zeigen die Flachlandsgewässer bei der Schneeschmelze bedeutend höhere und massigere Anschwellungen, als zur Sommerzeit.

Je mehr daher nach dem Unterlaufe eines Stromes hin die Einwirkung der aus dem Flachlande stammenden oder größere Flächen des Flachlandes entwässernden Nebenflüsse überwiegt, um so mäßiger treten die sommerlichen Hochfluthen auf, um so mächtiger und nachhaltiger erfolgt die Speisung der Schmelzwasserfluthen. Die höchsten Frühjahrsanschwellungen finden indessen statt, wenn die Erwärmung so rasch vorschreitet, daß die Gebirgsflüsse sehr bald auch aus den höheren Berglagen gespeist werden. Selbst wenn dann in jedem einzelnen Flusse die Höhe der Anschwellung etwas geringer als bei ungewöhnlichen Regen-Hochfluthen ist, erzeugen sie in ihrer Gesamtheit doch eine äußerst starke Fluthwelle, weil die erregende Ursache die ganze Fläche des Niederschlagsgebiets ziemlich gleichmäßig betrifft, wogegen die sommerlichen Regengüsse in der Regel nur einzelne Theile besonders stark, die übrigen aber schwächer oder gar nicht betreffen. Am ungünstigsten liegen die Verhältnisse bei der Weichsel, wo aus dem auf S. 7 erwähnten Grunde die Schneeschmelze im gebirgigen Quellgebiete, mindestens in seinen weniger hohen Lagen, oft früher als im Flachlande beginnt.

In jedem Nebenflusse bedarf die Fortpflanzung der Welle vom Oberlaufe bis zur Mündung einer gewissen, hauptsächlich von seiner Länge, seinem Gefälle und der Größe des Ueberschwemmungsgebiets abhängigen Zeit. Aehnelt hierin ein großer Nebenfluß der oberhalb seiner Mündung liegenden Strecke des Hauptstromes, so treffen die Scheitel ihrer Wellen zusammen, wenn sie aus gleicher Ursache gleichzeitig in Erregung gerathen sind. Dies geschieht besonders häufig bei der oberen Weichsel, deren Welle zunächst mit dem Dunajec und sodann mit dem San eine gemeinsame mächtige Anschwellung bildet, sowohl bei den Schmelzwasser-, als auch bei den sommerlichen Hochfluthen. Wenn letztere in dem deutschen Unterlaufe des Stromes mit geringerer Höhe anlangen, so mag dies daher kommen, daß sie unterwegs geringere Speisung erhalten und durch An-

füllung der Niederungen an Masse verlieren, wogegen die Frühjahrswellen das Ueberschwemmungsgebiet von den Nebenflüssen bereits angefüllt finden. Nur der Bug mit dem Narew bringt sein Hochwasser und seinen Eisgang erst später.

Bug und Narew stehen zur Weichsel in einem ähnlichen Verhältniß, wie Warthe und Neke zur Oder, Havel und Spree zur Elbe, Aller und Leine zur Weser. In Folge der nach Osten hin stattfindenden Verbreiterung des norddeutschen und polnischen Flachlandes hat sich der östliche Theil des Gewässeretzes der Hauptströme nahezu selbständig entwickelt: ein mit dem Hauptstrom gleichgerichteter, süd-nördlich fließender Wasserlauf vereinigt sich mit einem in ost-westlicher Richtung fließenden Wasserlauf, der die nach dem Küstengebiete vorgelagerte Bodenschwelle auf ihrem Südhange entwässert. Beide fangen somit die Abflusmengen des ganzen östlichen und nordöstlichen Flachlandes auf und führen sie gemeinsam dem Hauptstrome in seinem unteren Laufe zu. Die Quellen des Bug und der Warthe liegen in hügeligem Gelände, die Quelle der Spree im Lausitzer Berglande, und die Leine hat im Oberlaufe sogar die ausgesprochenen Eigenschaften eines Gebirgsflusses, ebenso wie ihre Seitengewässer Rhume und Innerste und die unmittelbar zur Aller fließende Oker. Dennoch überwiegt bei den östlichen Nebenströmen Bug, Warthe, Havel und Aller der den Flachlandsgewässern eigenthümliche Abflusvorgang mit Entschiedenheit. Ihre langsamer fortschreitende Fluthwelle erreicht den Hauptstrom gewöhnlich erst, wenn dessen Welle bereits im Abnehmen begriffen ist; am häufigsten bildet die Warthe Ausnahmen von der Regel und hat einige Male unterhalb ihrer Mündung die Scheitelbildung der Hauptwelle übernommen.

In der folgenden Tabelle sind einige Angaben über die Gebietsflächen der Haupt- und Nebenströme an ihrem Vereinigungspunkte und deren gegenseitiges Verhältniß, ferner über die Gesamtgebiete und ihr Verhältniß zu den oberhalb jener Punkte gelegenen Gebietsantheilen zusammengestellt. Schließlich enthält sie einige Hinweise auf den Flächeninhalt des Rheingebiets an verschiedenen Stellen, wobei noch bemerkt werden mag, daß der in die Tabelle nicht mit aufgenommene Memelstrom 98 448 qkm Gebietsfläche besitzt, somit nur 6000 qkm weniger als der Rhein bei Mainz nach Aufnahme des Main. Als Endpunkte sind angenommen: bei der Weichsel die Abzweigung der Mogat, bei der Oder ihr Eintritt in das Stettiner Haff, bei der Elbe Geesthacht und bei der Weser Begefac.

Hauptstrom (Nebenstrom)	Gebietsfläche				Verhältnißzahlen		Vergleich mit dem Rheingebiet	
	des Hauptstroms	des Nebenstroms	zusammen	im Ganzen	2:1	3:4		
	am Vereinigungspunkte				%	%	qkm	
	1	2	3	4	5	6	7	
Weichsel (Bug)	85 233	73 281	158 514	192 546	86	82	Holländ. Grenze 159 516	
Oder (Warthe)	54 088	53 710	107 798	118 388	99	91	Bei Koblenz 109 963 (ohne Mosel)	
Elbe (Havel)	97 846	24 351	122 197	134 985	25	90	Bei Koblenz 137 996 (mit Mosel)	
Weser (Aller)	22 311	15 593	37 904	41 577	70	91	Bei Straßburg 41 049	

Ähnlich wie die Warthe zuweilen die Scheitelbildung der Oderwelle übernimmt, geschieht dies manchmal auch von anderen Nebenflüssen auf mehr oder weniger langen Strecken, wenn der Wellenscheitel des Nebenflusses nahezu gleich-

zeitig mit jenem der Hauptstromwelle an der Flußmündung eintrifft; schließlich übernimmt aber doch die weit massigere Welle des Hauptstroms selbst wieder die Führung. Früher oder später eintreffende Wellen bilden in der Regel nur Anhebungen des vorderen oder rückseitigen Hanges der Hauptstromwelle. Je mehr Nebenflüsse Hochwasser zuführen, um so öfter finden solche Anhebungen statt, um so breiter wird also die Form der Welle. Die Frühjahrshochfluthen, welche von allen Flüssen gespeist werden, zeigen daher in der Regel von oben bis unten im ganzen Stromlaufe eine breite Form. Dagegen besitzen die von starken Sommerregen im Quellgebiete herrührenden Fluthwellen eine spitze Form, die nach unten hin sich abflacht, weil bei der Anfüllung des Ueberschwemmungsgebiets erhebliche Wassermassen zurückbleiben, die erst später dem Stromschlauche wieder zufließen. Nur wenn einige Nebenflüsse gleichzeitig in starke Erregung gerathen sind, gehen ihre Wellenscheitel etwas früher als jener des Hauptstroms in das Strombett über und bereiten seine Anschwellung vor, die alsdann auch bei Sommerfluthen eine breitere Form erhält.

### 5. Außergewöhnliche Hochfluthen.

Glücklicherweise lassen die Gestaltung des Gewässeretzes und die Ausbreitung der meteorologischen Vorgänge, welche eine Hochwassererscheinung hervorrufen, niemals zu, daß alle Nebenflüsse ihre Wellenscheitel gleichzeitig mit dem Eintreffen des Scheitels der Hauptstromwelle in die Sammelrinne bringen. Das Ergebniß würde eine so verheerende Hochfluth sein, daß die Niederungen rettungslos der Gewalt des Wassers anheimfallen müßten. In der Regel sind es nur wenige Nebenflüsse, bei denen ein solches Zusammentreffen mehr oder weniger vollständig stattfindet. Die meisten Flüsse sind bereits im Fallen begriffen, wenn die Hauptwassermasse von oben herabkommt, oder sie beginnen erst stärker anzuschwellen, nachdem diese vorüber ist. Der für das Eintreten der Höchststände des Stromes und eines Nebenflusses unter bestimmten Verhältnissen gültige Zeitunterschied fällt aber um so weniger ins Gewicht, je breiter die beiden Wellen sind, weil solche breiten Wellen einige Tage vor und nach der Eintrittszeit des Höchststandes sehr bedeutende sekundliche Wassermassen abführen, deren Vereinigung eine erhebliche Steigerung der gleichzeitig abfließenden Wassermenge bewirkt. Dem Ausschusse ist kein Fall bekannt geworden, in welchem diese Verhältnisse durch die Flußregulirungen ungünstig abgeändert worden wären.

Außergewöhnliche Hochfluthen, die durch Höhe und Dauer das ganze Stromthal in Mitleidenschaft versetzen, entstehen also, wenn die meisten Quell- und Nebenflüsse breite Wellen in den Hauptstrom bringen. Dies geschieht aber, wenn das Stromgebiet der Einwirkung meteorologischer Erscheinungen unterliegt, die überall starken und nachhaltigen Abfluß erzeugen. Entweder äußern sie sich in weit verbreiteten, durch lange Dauer und Stärke zugleich ausgezeichneten Regengüssen, wie solche das Obergerbiet im August 1854, August 1813 und Juli 1736 betroffen haben. Häufiger aber besteht ihre Aeußerung im raschen Vorschreiten der Frühjahrs Erwärmung, welche den Gebirgsschnee früher als gewöhnlich aufthaut und über den noch gefrorenen Boden das Schmelzwasser verhältnißmäßig schnell und vollständig in die Wasserläufe treibt. Besonders gefährliche Anschwellungen werden alsdann hervorgerufen, wenn vorher das Abschmelzen der Schneedecke des Flachlandes durch starken Frost verhindert war, und wenn mit dem Thauwetter heftige Niederschläge verbunden sind.

Bei dem Verlaufe einer solchen außergewöhnlichen Schmelzwasserfluth handelt es sich indessen nicht allein um die Wetterlage, welche das endgültige

Frühjahrshochwasser unmittelbar veranlaßt, sondern auch um das gesammte Verhalten des vorhergehenden Winters und des Frühlings während der Hochwasserzeit. Wesentlich kommt dabei in Betracht: ob große Schneemassen aufgehäuft sind, oder ob vorzeitiges Thauwetter die Schneedecke zum Theil schon früher abgeschmolzen hat; ob der Frost tief in den Boden gedrungen ist; ob die Eisdecke der Flüsse und des Stromes zu großer Stärke angewachsen und in welcher Weise ihr Abgang erfolgt ist; ob sich bei einem vorzeitigem Eisgange Versetzungen gebildet haben, die den glatten Verlauf des letzten Eisgangs beeinträchtigen; ob dieser letzte Eisgang durch Kälterückfälle ins Stocken geräth. In beiden letzten Fällen kann unter Umständen die ihm auf dem Fuße folgende Welle des Frühjahrshochwassers am regelmäßigen Fortschreiten gehemmt und stellenweise zu außerordentlicher Höhe aufgestaut werden. Diese von mancherlei Zufälligkeiten und örtlichen Eigenthümlichkeiten abhängigen Hochwassererscheinungen, die in neuester Zeit besonders verderblich in den Frühjahrsjahren 1888, 1889 und 1891 an unseren östlichen Strömen einschließlich der Elbe aufgetreten sind, erfordern daher zu ihrem Verständniß eine Betrachtung der Wasserstands- und meteorologischen Verhältnisse des ganzen Winters. Seit 1888 sind solche Betrachtungen für unsere Ströme alljährlich vorgenommen worden.

Etwas einfacher gestaltet sich der Verlauf der eisfreien Hochfluthen. Die Geseze der Fortpflanzung dieser Fluthwellen sind an der deutschen Weichsel, Oder und Elbe durch vergleichende Untersuchung der Pegelbeobachtungen früherer Jahre besser bekannt, sodas nach dem Auftreten der Welle an der oberen Grenze, unter Berücksichtigung der Nachrichten über die Anschwellungen der Nebenflüsse, die Höhe und Eintrittszeit der Höchststände an den unteren Pegelstellen einigermaßen zutreffend vorausgesagt werden kann. Die Zuverlässigkeit der Voraussage würde durch bessere Kenntniß der zwischen Wasserstand und Abflußmenge bestehenden Beziehungen bedeutend zu erhöhen sein; sie wird ferner gewinnen, wenn auch für die Wasserstandsbewegung der Nebenflüsse längere Beobachtungsreihen vorliegen. An der Weichsel und noch mehr an der Memel erweist sich bei diesen Untersuchungen der Umstand als hinderlich, daß nur ein kleiner Theil des Stromes und Stromgebiets zu Deutschland gehört. Für die Memel und Weser konnte eine vergleichende Betrachtung der älteren Pegelbeobachtungen erst kürzlich in Angriff genommen werden.

Außer diesen Untersuchungen über den Verlauf der Hochfluthen ist zur Gewinnung von Unterlagen für die Geseze der Hochwassererscheinungen eine nähere Betrachtung der atmosphärischen Vorgänge erforderlich, welche außergewöhnliche Hochfluthen des ganzen Stromlaufs oder bedeutende Anschwellungen seiner Quell- oder Nebenflüsse in engerer örtlicher Begrenzung hervorgerufen haben. Solche Untersuchungen, bei denen die Hochwassererscheinungen unmittelbar auf ursächlich erkannte, ungewöhnlich große Niederschläge zurückzuführen waren, liegen z. B. vor für die Hochfluthen der Lausitzer Gewässer im Mai 1887, der niederschleisischen Gewässer im August 1888, der böhmischen Gewässer im September 1890, der thüringischen Gewässer im November 1890, der Beskiden- und Karpathen-Gewässer im Juni 1894. Die Sommer-Hochfluthen der Oder und Weichsel scheinen vorzugsweise bei einer bestimmten, namentlich im Juni und August sich ausbildenden Art der Luftdruckvertheilung zu entstehen, wie denn auch an den Pegeln der Oder in diese beiden Monate doppelt soviel Jahres-Höchststände entfallen, als in die übrigen vier Monate der sommerlichen Jahreshälfte.

Unsere Pegelbeobachtungen reichen bloß ausnahmsweise über den Anfang dieses Jahrhunderts zurück. Aus älterer Zeit sind nur vereinzelte Angaben über außergewöhnliche Hochfluthen und an manchen Orten Hochwassermarken vor-

handen. Zweifellos geht daraus hervor, daß die in neuerer Zeit vorgekommenen Hochfluthen keineswegs als etwas noch nie Dagewesenes anzusehen sind, sondern daß vielmehr früher noch höhere Fluthen stattgefunden haben. Aus den langjährigen Wasserstandsbeobachtungen ergibt sich ferner, daß in manchen Zeiten die ungewöhnlichen Hochwassererscheinungen sich besonders häufen, ähnlich wie sie sich in neuerer Zeit gehäuft haben. Auf eine Reihe von Jahren mit durchschnittlich mäßigen Schwankungen der Wasserstände folgt eine Reihe von Hochwasserjahren, ebenso wie die Betrachtung der Niederschlagsverhältnisse lehrt, daß auf eine Reihe trockener Jahre im Allgemeinen nasse zu folgen pflegen. Wenn die vorliegenden Aufzeichnungen auch nicht ausreichen, den Zusammenhang klar zu erkennen, der zwischen den Hochwasser- und den meteorologischen Erscheinungen besteht, und wenn auch den Bemühungen, eine Gesetzmäßigkeit in der Reihenfolge der trockenen und nassen Jahre nachzuweisen, die Ueberzeugungskraft fehlt, so steht doch fest, daß ein solcher Wechsel von Naß- und Trockenzeiten vorhanden ist, und daß das Auftreten der Hochfluthen einem ähnlichen Wechsel unterliegt.

## 6. Maßregeln gegen Hochwassergefahren.

Im Hinblick auf diese, in ihren Wirkungen schon seit Jahrhunderten, bei der zeitweise häufigen Wiederholung aber besonders schwer empfundenen Naturereignisse drängt sich die Frage auf, ob es nicht in menschlicher Macht liegt, den Verheerungen der Hochfluthen einige Schranken zu setzen, obgleich ihre Entstehung zu verhindern außer unserem Machtbereich liegt. Die meteorologischen Vorgänge, welche zur außergewöhnlichen Steigerung des Abflusvorganges führen, sind unabwendbar. Wohl aber kann in Frage kommen, ob sich nicht Vorkehrungen treffen lassen, das allzu rasche Zusammenfließen des Tagewassers zu mäßigen, die beim Abströmen der in den Bächen und Flüssen gesammelten Wassermassen eintretenden Gefahren zu vermindern und dem nachtheiligen Verlaufe der Hochfluthen in den Flüssen, Strömen und ihren Thälern entgegenzuwirken.

Der erste Punkt berührt vor Allem die viel umstrittene Wald- und Wasserfrage. Daß die Zurückhaltung des Tagewassers durch den Wald bei außerordentlichen Regengüssen bald eine Grenze findet, ist durch die Untersuchungen der Hochfluthen in Niederschlesien vom August 1888 und in den Beskiden vom Juni 1894, die ihren Ursprung in Gebieten mit dichtem und vortrefflichem Waldbestande nahmen, bestätigt worden. Andererseits lehrt aber die Erfahrung an diesen und zahlreichen anderen Stellen unserer norddeutschen Stromgebiete, daß die Ersetzung des Gebirgswaldes durch Weide- oder Ackerland das rasche Zusammenfließen der Niederschläge in hohem Grade begünstigt und die Abschwemmung des Bodens an den stark geneigten Berghängen großentheils oder vollständig herbeiführt. Die günstige Einwirkung der Gebirgswaldungen auf eine Verzögerung der Schneeschmelze wird beim jähen Eintritte der Frühjahrs Erwärmung allerdings beeinträchtigt, trägt aber doch wohl wesentlich dazu bei, daß z. B. die schlesischen Gebirgsflüsse von übermäßigen Schmelzwasserfluthen im Allgemeinen verschont bleiben. Im Flachlande beschränkt sich dagegen die Wirkung des Waldes, dem Anscheine nach, auf Herabminderung der Verdunstung und Zurückhaltung der Feuchtigkeit des Bodens in der warmen Jahreszeit. Obgleich der Zustand unserer Forsten, auch der im Privatbesitz befindlichen, in der Hauptsache als befriedigend zu bezeichnen ist, dürfte doch an manchen Stellen die Aufforstung der oberen Hänge von Gebirgsthälern, vielleicht unter gleichzeitiger Verwendung von Sickergräben, empfehlenswerth sein, ebenso die Vorbeugung von drohenden

Entwaldungen und das Ergreifen von Maßnahmen gegen Vernachlässigung vorhandener Waldbestände.

Die Anlage von Sammelbecken im Gebirge zur Zurückhaltung des Hochwassers und zur vortheilhaften Ausnutzung der aufgestauten Wassermengen wird sich jedenfalls nicht in solchem Umfange ermöglichen lassen, daß hierdurch ein merkbarer Einfluß auf den Verlauf der Hochfluthen in den Hauptströmen herbeizuführen ist. Wohl aber dürfte sich mehrfach Gelegenheit bieten, durch derartige Anlagen zur Gewinnung von Wasserkraft oder zur sonstigen Nutzung auch gleichzeitig die Höchststände der Anschwellungen einiger Gebirgsflüsse zu vermindern, indem bei der Anfüllung jener Becken die spitze Form der Fluthwelle abgerundet und ihr verheerendes Auftreten im weiteren Verlaufe entsprechend gemildert wird. — Die zeitweise Zurückhaltung von Hochwasser bei der Schneeschmelze im Hügel- und Flachlande könnte auf die Abflachung der Wellen der Flachlandsgewässer einen nennenswerthen Einfluß nur ausüben, wenn solche Flächen, die früher ständig oder zu gewissen Zeiten unter Wasser gestanden haben, wie ehemalige Seen und Sümpfe, Umrandungen abgesenkter Seeflächen und mit Verwallungen abgeschlossene Theile des Thalgrundes, im Bedarfsfalle wieder angefüllt und dem Ueberschwemmungsgebiete zurückgegeben werden. Hieran ist aber nur zu denken, wenn die Möglichkeit vorliegt, die Flächen wieder rechtzeitig vor dem Beginne des Pflanzenwachsthums vom Wasser zu befreien, nöthigenfalls unter Zuhilfenahme von Schöpfwerken, wie z. B. in den Sommerpoldern an der unteren Oder, oder wenn die landwirthschaftlichen und gesundheitlichen Nachtheile der Verwässerung geringer sind als die erreichbaren Vortheile. Die Ausnutzung des aufgespeicherten Wassers leidet hierbei durch die Verdunstung in weit höherem Maße als im Gebirgslande, sodaß z. B. die im Goplosee während des Frühjahrs zurückgehaltene Wassermenge in Folge der überraschend großen Verluste im Sommer keinen so erheblichen Beitrag zur Speisung des Bromberger Kanals liefert, wie man erwarten sollte.

In wirksamerer Weise dürfte dem verheerenden Auftreten der Hochfluthen in den nicht-schiffbaren Gewässern des Gebirgs- und Flachlandes durch Maßnahmen zu begegnen sein, welche den geregelten Verlauf der Fluthwelle erleichtern und übermäßige Anstauungen verhüten, indem sie die Hindernisse des freien Abflusses thunlichst beseitigen. Das schlimmste Abflußhinderniß bildet gewöhnlich der Zustand des Flußbettes selbst, seine zu scharfen Krümmungen, sein ungleichmäßiges Gefälle, seine ungenügenden Querschnitte, seine Verschotterung und Versandung, bei manchen Flachlandsgewässern seine Verkrautung. Durch planmäßigen Ausbau des Flußlaufes, Ausbildung der Ufer in widerstandsfähiger Weise, sowie Verbauung der Seitenbäche und Rinsen, welche Geschiebe und Sinkstoffe in das Bett bringen, würden die Wasserläufe derart umzugestalten sein, daß gewöhnliche Hochfluthen ohne erhebliche Ausuferungen abgeführt, ungewöhnliche Hochfluthen aber in ihrer Höhe bedeutend vermindert werden.

Die übermäßig engen und hohen Behre sind zu verbreitern und tiefer zu legen oder mit Grundschleusen zu versehen, die Brücken mit unzureichendem Durchflußquerschnitt zu erweitern und höher zu legen, die in Nähe des Stromstrichs befindlichen Gesträuche und Holzungen zu entfernen und die vorhandenen Dämme, welche zu weit vorspringen, in eine für den glatten Abfluß des Hochwassers zweckmäßige Lage zu bringen. Wo das natürliche Ueberschwemmungsgebiet noch nicht durch Dammbauten und andere Anlagen eingeschränkt ist, wird dahin zu wirken sein, nachtheiligen Einschränkungen vorzubeugen oder bei den etwa zu erbauenden Dämmen dafür zu sorgen, daß bei außergewöhnlichen Hochfluthen an hierzu vorbereiteten Stellen das Hochwasser eingelassen werden kann. Alle derartige an den Nebenflüssen auszuführende Fluß- und Dammbauten sollen

nach einheitlichem Plane, der in erster Linie die Beseitigung und Vermeidung schädlicher Aufstauungen der Fluthwelle berücksichtigen muß, von leistungsfähigen Körperschaften hergestellt und in Stand gehalten werden.

Au den Hauptströmen und den von der Staatsverwaltung für Schiffsfahrtszwecke ausgebauten Strecken der Nebenflüsse weist das als Wasserstraße dienende Bett gleichzeitig als leistungsfähiger Stromschlauch bei Abführung des Hochwassers der Hauptrinne ihre Lage an. Wo das natürliche Ueberschwemmungsgebiet mit hochwasserfreien Deichen künstlich eingeschränkt ist, wird im Allgemeinen mit den gegebenen Verhältnissen zu rechnen sein und nur ausnahmsweise eine Verlegung vorhandener Deiche in Betracht gezogen werden können, obgleich nicht zu verkennen ist, daß gerade die ehemals planlose Anlage der ohne Rücksichtnahme auf die Hochwasservorfluth hergestellten Eindeichungen mehrfach zu Aufstauungen Anlaß gegeben und die Hochwassergefahren stellenweise vergrößert hat. Gegen weitere Einschränkungen durch Deichbauten, welche die Ausbreitung des Hochwassers bei außergewöhnlichen Fluthen behindern und hierdurch aufstauend wirken könnten, bieten die landesrechtlichen Bestimmungen genügenden Schutz. Zur Freilegung und Freihaltung des in Nähe des Stromschlauches befindlichen Ueberschwemmungsgebiets, insbesondere der Vorländer in den beiderseits eingedeichten Stromstrecken reichen dieselben aber nicht in dem für diesen Zweck wünschenswerthen Maße aus.

Eine solche Freilegung von Abflußhindernissen, wie Holzungen, Sandanhäufungen, Verwallungen im Vorlande, ferner die Herstellung genügend weiter Durchflußöffnungen in den Strombrücken und zugehörigen Dammanlagen, sodann die Beseitigung von Stromspaltungen, soweit dies angängig ist, schließlich die Abdämmung von Altläufen und Verhinderung des seitlichen Abströmens, erscheint zur Beförderung des regelmäßigen Verlaufes der Hochfluthen und des Eisganges dringend geboten. Die unmittelbar an das Ufer herantretenden Wälder, welche das Aufthauen der Eisdecke erschweren, tragen oft zur Entstehung von Eisversetzungen bei, besonders in starken Krümmungen, wo ohnehin die Neigung hierzu besteht. Ebenso neigen hierzu die Versackungen an den Einmündungen sandführender Nebenflüsse und die bereits erwähnten Stellen, wo in Folge von Abschwächung der Stromkraft die Spülung der Stromrinne erschwert ist. Enge Brücken und die festen Wehre der Oder bei Brieg, Ohlau und Breslau, sowie der Weser bei Hameln wirken nachtheilig durch frühzeitige Bildung des Eisstandes, die engen Brückenöffnungen außerdem auch durch Behinderung des Eisganges. Die erfolgreiche Bekämpfung der Eisgefahren mit Hilfe der Eisbrechdampfer wird im zweiten Abschnitte (S. 29) dieses Berichtes erwähnt.

Wo die Hochwasserströmung sich theilweise nach anderen Richtungen ausbildet, können die zum Ausbaue der Mittelwasser-Rinne hergestellten Strombauwerke keinen Schutz gegen die Angriffe gewähren, welche die höher liegenden Ufer durch Abbrüche und Einrisse, die überströmten Theile der Niederung aber durch Versandung werthvollen Bodens erleiden. Es ist anzuerkennen, daß die Strombaubehörden, denen die Fürsorge für die Erhaltung des eigentlichen Stromschlauches obliegt, bemüht gewesen sind, derartigen Mißständen entgegenzuarbeiten, soweit dies im Rahmen ihrer Aufgabe möglich war, und hierbei zugleich das Ziel des Schutzes der Niederungen vor den Gefahren des Hochwassers und Eisganges gefördert haben. Die Herstellung und Erhaltung eines einheitlichen, bei kleineren Wasserständen genügend tiefen Stromschlauches bildet unbedingt die Voraussetzung für die Herstellung eines einheitlichen, zur regelmäßigen Abführung der Hochfluthen geeigneten Hochwasserbettes. Die allmähliche Ausbildung eines solchen Hochwasserbettes unter Mitwirkung der betheiligten Grundbesitzer

und Verbände wird durch rechtzeitiges gemeinsames Vorgehen der Strombau- und landwirthschaftlichen Verwaltung, erforderlichenfalls unter Zuhilfenahme öffentlicher Mittel, durchzuführen sein. Soweit hierher gehörige Fragen bei den bisherigen Verhandlungen des Ausschusses bereits zur Sprache gelangt sind, haben sie in der nachfolgenden Darstellung des Abflussvorganges der einzelnen Ströme kurze Erwähnung gefunden.

## 7. Abflussvorgang der einzelnen Ströme.

### a) Der Memelstrom.

Der Memelstrom und seine Nebenflüsse kommen aus einem mit vielen Sümpfen und ausgedehnten Wäldern bedeckten Flachland, dessen Tagewasser langsam, aber ziemlich gleichmäßig abfließt. Von Mitte Mai an sinkt nach dem Verlaufen des Schmelzwassers der Wasserstand regelmäßig, am tiefsten im Spätsommer und Herbst. Anhaltendes Regenwetter verursacht allmählich zu- und abnehmende sommerliche Anschwellungen um 1 bis etwa 1,5 m; nur äußerst selten erreichen dieselben solche Höhe, daß die bei Tilsit 1,5 bis 2,5 m über Mittelwasser gelegene Niederung überschwemmt wird. In der zweiten Hälfte des November beginnt die Bildung des Eises, das jedoch gewöhnlich im Dezember wieder theilweise aufgelöst und in Versekungen zusammengeschoben wird. Gegen die Jahreswende tritt dann starker Frost ein und hält oft bis Ende März an; die Eisdecke erreicht manchmal 0,7 m Stärke, im strengen Winter 1888/89 aber nur 0,4 bis 0,5 m, da die Schneedecke das Weiterwachsen des Eises verhinderte.

Ende März oder Anfang April trifft die Schmelzwasserfluth aus dem oberen Stromlaufe ein; ihr allmählich vorschreitender Vorderhang bricht die Eisdecke und leitet den Eisgang ein, der indessen an mehreren Stellen öfters in Folge von Stromspaltungen oder Unregelmäßigkeiten des Hochwasserbettes zum Stocken gebracht wird und gefährliche Verstopfungen erzeugt, wie z. B. am 3. April 1888, als das Hochwasser in den Mündungsarmen die seit 1829 beobachteten höchsten Stände annahm. Bei Tilsit liegt der bekannte Höchststand vom 5. März 1846 auf + 7,10 m a. P., d. i. 2 bis 3 m über der Ausuferungshöhe und 4,7 m über dem Mittelwasser. Während der 65 Jahre 1831/95 wurde dort der Pegelstand + 6,0 m in 33 Jahren überschritten, und zwar je 1-mal im Januar und Februar, 9-mal im März und 22-mal im April.

Bei der Bereifung des Memelstromes gelangten zwei Punkte zur Erörterung, die sich auf Erleichterung des Verlaufes der Hochfluthen und Eisgänge bezogen. Zunächst wurden die Gründe vorgetragen, welche für und gegen die Beseitigung der Stromspaltung bei Kallwen (Km. 63,6) und Schließung der Silge gegen Hochwasser und Eisgang sprechen; da ein Entwurf, welcher die hierdurch eintretende Veränderung der Wasserverhältnisse klarlegen wird, bereits in Ausarbeitung begriffen ist, soll dem Ausschusse über den weiteren Verlauf der Angelegenheit Kenntniß gegeben werden. Sodann wurde Klage erhoben, daß die im Seckenburger Kanal an der Abmündung der Tawelle alljährlich entstehenden Eisstopfungen von der Verengung des Kanals durch die zu weit in ihn hineinreichende Theilungsspitze verursacht würden. Seitens der Strombauverwaltung wurde entgegnet, daß die Entstehung der Eisstopfungen auf die Erweiterung des Hochwasserbettes oberhalb jener Abmündung zurückzuführen, die Abgrabung der Theilungsspitze also nutzlos und mit Mißständen für die unterhalb wohnenden Uferbesitzer verbunden sei; indessen soll eine nochmalige Untersuchung der Frage und eine Feststellung der Kosten für die Abgrabung erfolgen.

## b) Die Weichsel.

An der Weichsel entstehen aus den auf S. 11 genannten Gründen öfters sommerliche Anschwellungen von zuweilen bedeutender Höhe (z. B. im Juli/August 1844 und Juni 1884). Gewöhnlich kommen diese Fluthwellen aber nach dem zu Deutschland gehörigen unteren Laufe in so abgeflachter Form, z. B. Juni 1894, daß sie für die eingedeichten Niederungen keine Gefahr bringen. Nur im September 1812 entstanden bei einer Hochfluth des sommerlichen Halbjahres zahlreiche Deichbrüche, da dem Anscheine nach die Fluthwelle des Bug ungewöhnlich früh angelangt und mit jener der oberen Weichselstrecken zusammengetroffen war.

Weit verderblicher als die Sommerfluthen wirken öfters die Schmelzwasserfluthen wegen der ungünstigen Eisverhältnisse. Die Grundeisbildung beginnt meistens zuerst in den oberen Strecken, und die herabschwimmenden Grundeismassen erreichen den Unterlauf, wenn dort der Frost anfängt. Der Eisstand nimmt gewöhnlich seinen Anfang in der Nähe der Mündung, wo das Stromgefälle am schwächsten ist, und setzt sich von hier stromaufwärts fort. In der Regel nimmt dabei die Eisdecke im ganzen Strome eine ziemlich gleich große Stärke von etwa 0,3 m, bei anhaltender scharfer Kälte bis zu 0,7 m an. Wenn der Einzug des Frühlings im Süden des Gebiets erfolgt, liegt der Norden meist noch im Banne des Frostes. (S. 7.) Selten bricht das Eis stückweise von der Mündung her auf. In der Regel setzt das Chauwetter an den oberen Stromstrecken früher ein und zwar zuweilen sehr rasch, z. B. 1888; der Eisaubruch erfolgt daher am Unterlaufe gewöhnlich durch die Einwirkung einer von oben herab kommenden kleineren Fluthwelle, der die eisfreie Hauptwelle einige Tage später nacheilt. Unter dem Einflusse des vordrängenden Eisgangs-Hochwassers schieben sich die gesammten Eismassen des Stromes schließlich auf eine verhältnißmäßig kurze Strecke zusammen, und beim Antreffen eines Hindernisses entstehen dann oft gewaltige Verstopfungen. Holt nun die Hauptwelle den Eisgang ein, so finden solche verhängnißvollen Hochwasser statt, wie z. B. 1855, 1889 und 1891. Die Fluthwelle des Bug mit dem sogenannten „polnischen Eis“ aus dem Bug und Narew gelangt meist erst später in den Hauptstrom.

Das gefährlichste Hinderniß für den glatten Verlauf des Eisgangs bildet die Spaltung des Stromes bei Pieckel in Weichsel und Rogat, zumal dieser letztere für die Abführung des Eisgangs-Hochwassers zu schmale, bei seiner Abmündung vom Hauptstrome aber gefällreichere Arm in das Frische Haff ausmündet, dessen Eisdecke noch in der Winterlage zu fein pflegt, wenn der Eisgang sich vollzieht. Durch Eisbrecharbeiten mit besonderen Dampfern ist es freilich während der letzten Jahre gelungen, dem Eisgange im Hauptarme wie im ungetheilten Stromlaufe freie Bahn zu schaffen und zu erhalten. Indessen sind die Niederungsbewohner der Meinung, daß trotz dieser günstigen Erfolge eine Weiterführung der Hochwasser-Regulirung von der Mündungsstrecke der getheilten Weichsel, wo sie bereits ausgeführt ist, aufwärts bis Pieckel zum Schutze der umfangreichen Niederungen dringend erforderlich sei. Der Ausschuß bestätigte dies nach eingehenden Verhandlungen und rieth zur schleunigen Ausführung, insoweit diese ohne unzulässige Schädigung des Pillauer Hafens geschehen kann, wie eine solche von den ostpreussischen Vertretern als Folge der Verminderung der Rogat-Abflussmengen befürchtet wurde.

Bei der Bereisung des Ausschusses gelangten mehrere Stellen zur Berücksichtigung, an denen durch Seitenströmungen des Hochwassers Einrisse in den Ufern (bei Rudak, Getau, an der Ossamündung) und Sommerverwallungen (in der Nessauer Niederung), sowie Versandungen der Niederungen (an den ge-

nannten Stellen, ferner bei Schilno und in der Münsterwalder Niederung) entstanden sind, oder wo das Hochufer des Stromes Abbrüchen ausgefetzt ist (bei Schilno, Thorn und Weichselhof). Die Ufererisse sind theilweise bereits durch Bepflanzen mit Weiden unschädlich gemacht worden (bei Rudak und an der Djamündung). Für die Münsterwalder Niederung befindet sich die Herstellung einer unten offenen Eindeichung mit Staatsbeihilfe in Ausführung. Daß eine baldige Eindeichung der sehr gefährdeten Neßauer Niederung in gleicher Weise erforderlich sei, wurde vom Ausschusse anerkannt. Die erwähnten Abbrüche der Hochufer beschränken sich bei Rudak und an der Thorner Jakobsvorstadt auf die über Mittelwasser liegenden Theile, während das Ufer in Mittelwasserhöhe fest liegt. Bei Weichselhof, wo der Abbruch durch Abrutschen des Ufers bewirkt wird, erklärte sich die Strombauverwaltung zur Anlage eines Deckwerks in Mittelwasserhöhe bereit, falls der Uferbesitzer sein Interesse an der Bauausführung genügend bethätigt und Vorsorge gegen eine Gefährdung des Deckwerks trifft. Der Ausschuß war der Meinung, daß in Fällen, wie ein solcher bei Schilno vorliegt, die Strombau- und landwirthschaftliche Verwaltung von Fall zu Fall in Verhandlungen darüber eintreten möchten, wie den bedrängten Anliegern, vielleicht unter Zuhülfenahme staatlicher Mittel, geholfen werden könne.

### c) Die Oder.

An der Oder, oberhalb ihrer Vereinigung mit der Warthe, bewirken die aus dem Gebirge kommenden Nebenflüsse, welche ihre höchsten Fluthen bei starken sommerlichen Regengüssen abführen, einen häufigen Wechsel der Wasserstände während der Sommermonate. Im großen Ganzen liegt vom Juni ab das Mittelwasser unter dem Jahresdurchschnitt, am tiefsten im September und Oktober, und erst im Januar wird die Durchschnittszahl wieder überschritten. Schon hieraus ergibt sich, daß die sommerlichen, vorzugsweise im Juni bis August auftretenden Hochfluthen minder regelmäßig und minder nachhaltig sind, als die auch von den Seitengewässern des Hügel- und Flachlandes reichlicher gespeisten Schmelzwasserfluthen. Am meisten machen sich die sommerlichen Anschwellungen im oberen Stromlaufe geltend, am wenigsten in der unteren Oder, da die spizen Wellen der Sommerfluthen nach unten hin abgeflacht werden und die Warthe kein eigentliches Sommerhochwasser hinzubringt. Beispielsweise entfallen bei Brieg in dem 82-jährigen Zeitraum 1811/92 etwa 33 % der Jahres-Höchststände auf die Monate Mai/September, bei Schwedt dagegen im gleichen Zeitraum nur 12 %. Die bekannten Höchststände der älteren Pegel oberhalb Küstrin sind zumeist im August 1813, August 1854 und bei Ratibor im August 1880 eingetreten; die Hochfluth vom August 1854 verursachte an der unteren Oder gleichfalls große Verheerungen, wenn auch ihre Höchststände dort von den Schmelzwasserfluthen im April 1855, März 1876 und März 1891 etwas übertroffen worden sind.

Der Eisstand beginnt zuweilen schon im Dezember, und zwar zuerst gewöhnlich oberhalb der festen Wehre bei Brieg, Dhlau und Breslau, sowie der engen Brücken bei Dppeln, Tschierzig, Krossen und Schwedt. Der vom Stettiner Haff und der Schwedter Brücke allmählich aufwärts schreitende Eisstand würde in mäßig kalten Wintern kaum über Krossen hinausreichen, trifft aber dort auf die schon vorher in Folge der engen Brückenöffnungen entstandene Eisdecke, die je nach der Stärke des Frostes mehr oder weniger weit nach Breslau zu angewachsen ist. Die vom Brieger Wehr verursachte Eisdecke pflanzt sich meist schnell über die ganze obere Oder fort. In mäßig kalten Wintern ist die Eisdecke bezüglich ihrer Stärke und Widerstandsfähigkeit äußerst ungleich,

am stärksten an solchen Stellen, wo das Eis zuerst zum Stehen gekommen oder durch hohe Uferwäldungen und Hochufer gegen Aufthauen geschützt war. In strengen Wintern bildet sich dagegen eine gleichmäßige Eisdecke von 0,3 bis ausnahmsweise 0,6 m Stärke aus, die nur durch länger anhaltendes Thauwetter und stärkere Anschwellung des Stromes gebrochen werden kann, dann aber mit Ausnahme der gegen Besonnung geschützten Stellen gleichmäßig mürbe geworden ist.

In der Regel wechselt während des Winters mehrfach kurzes Thauwetter, das manchmal zuerst an der oberen, manchmal zuerst an der unteren Oder beginnt, mit etwas länger dauerndem Frostwetter. Gerade die vorzeitigen Erwärmungen aber sind es, welche zur Ausbildung von Eisversetzungen Anlaß geben; und man kann wohl sagen, daß an der Oder die mäßig kalten, wechselvollen Winter gefährlicher für den glatten Verlauf des Eisganges als die strengen Winter sind. Bei milden Wintern ist schon die kleinste Anschwellung im Stande, die dünne Eisdecke am oberen Anfange zu brechen, und das Aufbrechen schreitet stromabwärts vor sich, bis eine widerstandsfähige Stelle erreicht ist, an welcher dann eine dem Festfrieren ausgesetzte Versetzung entsteht. Bei strengen Wintern, welche den Aufbruch hinauschieben, bis eine kräftige Anschwellung eintritt, finden derartige Zusammenschiebungen des Eises seltener statt oder werden aus großen, dicken Schollen gebildet, welche beim weiteren Ansteigen besser zum Abtreiben gelangen als die aus dünnen Schollen und Schneeeis oder Grundeis gebildeten Versetzungen. So hat z. B. der milde Winter 1891/92, in welchem fünfmal ein Wechsel zwischen Frost- und Thauwetter eintrat, zu vielen Versetzungen, aber nur zweimal zu mäßigen Hochfluthen Veranlassung gegeben. Der vorhergehende strenge Winter 1890/91, während dessen im Februar bei veränderlicher Witterung die Schneedecke des Flachlandes allmählich abgeschmolzen und der Eisgang im Anfang März gut verlaufen war, brachte zwar ungewöhnlich hohe Wasserstände in Folge der plötzlichen Erwärmung im Gebirge, aber keine gefährlichen Aufstaunungen. Weniger günstig verlief der Eisgang im März 1888 an der unteren Oder, wo er durch einen Kälterückfall zum Stocken gebracht wurde. Auch die Frühjahrshochfluth vom März 1889 führte zu bedeutenden Anschwellungen an den Eisversetzungen, die beim vorhergehenden Thauwetter entstanden waren.

Im Allgemeinen erfolgen allerdings die Eisgänge an der Oder günstiger als an der Weichsel und an der unteren Elbe. Durch den Umbau der festen Wehre und engen Brücken würde jedoch eine Quelle vieler Nachtheile, Gefahren und Kosten zu beseitigen sein, ebenso durch Abholzung der Uferwäldungen, Abböschung nebst Befestigung der hohen Ufer und durch Beseitigung der Ursachen, welche seitliche Abströmungen herbeiführen. Mittelft Einhauen von Rinnen und schwachen Sprengschüssen wird die Eisdecke vor Beginn des Eisgangs gewöhnlich so weit gelockert, daß das Abtreiben stattgefunden hat, bevor die zuweilen schon im Februar, gewöhnlich aber im Laufe des März eintretende endgültige Schmelzwasserfluth in Bewegung kommt. Nur selten holt das Hochwasser den Eisgang derart ein, daß übermäßige Aufstaunungen entstehen, z. B. 1888 bei Sattel und unterhalb Rüstzin, 1889 bei Pramsen, 1892 bei Linden und oberhalb Schwedt.

Gelegentlich einer Beschwerde der Gemeinde Oberau bei Glogau betreffs Verbesserung der Hochwasserabführung wurde vom Ausschusse festgestellt, daß die Ursache der Hochwasser- und Eisgefahr für diese zwischen zwei Armen der Oder liegende Ortschaft in der zu geringen Weite der Glogauer Brücken beruhe, und daß die Gelegenheit, beim Neubau der Brücke über die Alte Oder eine Erweiterung zu bewirken, aus Mangel an Mitteln zur Gewährung eines Staatszuschusses unbenutzt geblieben sei, weshalb es empfehlenswerth erschiene, Sorge zu tragen, daß seitens der theilhaftigen staatlichen Verwaltungsbehörden dring-

liche Verbesserungen der Hochwasserverhältnisse geeignetenfalls auch durch Gewährung von Staatsbeihilfen gefördert werden können. In Bezug auf die vielfach beklagten Sandablagerungen bei Raduhn an der unteren Oder wurde nachgewiesen, daß deren verstärktes Auftreten als Folge der in neuerer Zeit vorgenommenen einschneidenden Veränderungen, welche zur Verbesserung der Vorfluth des großen Oderbruchs stattgefunden haben, anzusehen sei, in gleicher Weise auch die Aufstauung der großen Hochfluthen als eine Folge der Weiterführung der Hochwasserdeiche unterhalb des Neu-Gliegener Durchstichs.

#### d) Die Elbe.

Die hohe Lage des böhmischen Quellgebietes verzögert das Abschmelzen des Schnees derart, daß das Mittelwasser auch an der deutschen Elbestrecke etwas länger als an der Oder über dem Jahresdurchschnitt bleibt, nämlich bis zum Juni und in manchen Jahren bis zum Juli. Vom September ab steigt das Mittelwasser wieder an, in Böhmen erst vom Dezember ab, bis zum Größtwerthe im März oder April, in welch' letzterem Monat öfters anhaltende und heftige Regengüsse den unmittelbaren Anlaß zur Wiederholung der Frühjahrs-Hochfluthen geben. Die Anschwellungen des Sommers und Frühherbstes treten an Zahl und Höhe dagegen bedeutend zurück. Bei Magdeburg entfallen z. B. nur 10 % der Jahres-Höchststände des Zeitraums 1817/94 auf die Monate Mai/September. An den böhmischen Flüssen erreichen diese sommerlichen Hochfluthen jedoch zuweilen bedeutende Höhe, und der bekannte Höchststand bei Prag ist im September 1890 beobachtet worden. Der Eisstand des unteren Elbelaufes wird im Tidegebiete dadurch eingeleitet, daß das von oben herabschwimmende Treibeis bei der Fluthzeit zum Stehen kommt, durch strenge Kälte zu einer festen Decke vereinigt wird, die dem Ebbestrome genügenden Widerstand bietet, und sich nun nach oben hin fortpflanzt. Unabhängig hiervon bildet sich der Eisstand in Böhmen und Sachsen, bei geringer Wasserführung und strenger Kälte nicht selten auch an einigen Stellen des mittleren Laufes, sodaß zuweilen der ganze Strom mit einer kaum unterbrochenen Decke geschlossen wird, deren Stärke bis zu 0,3 m beträgt.

In der Regel fängt das Thauwetter durch den Einfluß der See im unteren Laufe früher als im Quellgebiet an, sodaß sich der Eisgang gefahrlos vollziehen kann, bevor die Schmelzwasserfluth herabkommt. Manchmal geschieht dies schon in der zweiten Hälfte des Januar, und bei milden Wintern reiht sich im Februar die endgültige Schneeschmelze daran. Oft folgt aber auch auf das frühzeitige Thauwetter neuer Frost, der eine frische Eisdecke bildet oder den Eisgang zum Stocken bringt und dann leicht gefährliche Versetzungen hervorruft. Im Zeitraum 1840/94 haben 42 % der Beobachtungsjahre einmalige, 58 % mehrmalige Frühjahrsfluthen gebracht, nämlich annähernd gleich viele im Januar (18), Februar (19), März (22) und April (20). In den höheren Lagen von Böhmen tritt meistens die Erwärmung später ein, und die Schneedecke bleibt länger erhalten, als in dem mehr die Eigenschaften des Seeklimas zeigenden nördlichen Elbgebiet. Wenn indessen die Erwärmung ungewöhnlich rasch vorschreitet und ausnahmsweise am oberen Stromlaufe früher beginnt, so erfolgt der Eisgang in bedrohlicher Weise. Die in Bewegung gerathenen Eismassen der oberen Stromstrecken, denen die Schmelzwasserfluth rasch nachfolgt, stoßen auf die noch feste Decke des unteren Stromlaufes, wo sich dann ähnliche Erscheinungen wie an der deutschen Weichsel vollziehen und besonders im März 1888 vollzogen haben. Indessen ist es während der letzten Jahre gelungen, mit Eisbrechdampfern weite Strecken von dem Mündungsbecken aufwärts rechtzeitig vom

Eise zu befreien, sodaß die von oben herabtreibenden Eischollen unbehinderte Vorfluth fanden und gefährliche Versezungen verhütet wurden.

Wenn im Frühjahr nach vorangegangennem reichlichem Schneefall und lange anhaltendem Froste sich plötzlich Thauwetter über das ganze Stromgebiet ausbreitet, trägt das sonst erheblich später eintreffende Hochwasser der Havel viel zur Anfüllung ihres weiten Mündungsgebiets bei und vermindert hierdurch die Abflachung der Elbewelle in solchem Maße, daß die Höchststände unterhalb um 0,4 m vergrößert werden können. In der Regel wirkt nämlich das Mündungsgebiet der Havel als Sammel- und Ausgleichungsbecken für einen Theil des Elbehochwassers zu Gunsten der unteren Niederungen, in ähnlicher Weise auch das Mündungsgebiet der Schwarzen Elster, jedoch in weit geringerem Grade, da es kleiner ist und die Anschwellung dieses Nebenflusses meist gleichzeitig mit der Elbewelle dort anlangt. Die Fluthwellen der beiden wichtigsten Nebenflüsse, Mulde und Saale, die Muldewelle allerdings nur ausnahmsweise, vermögen bei starker Anschwellung die Führung zu übernehmen, sodaß an ihrer Mündung der Höchststand vor dem Eintreffen des Scheitels der böhmischen Welle stattfindet. Selten tritt der Fall ein, daß die Quellflüsse allein, noch seltener, daß die Saale oder Mulde für sich ein Hochwasser herbeiführen.

Bei der Bereisung der Elbe wurden vom Ausschusse die an der Havel- und Elstermündung bestehenden Vorfluthverhältnisse näher erörtert, ebenso die Verhältnisse an der Ilmenaumündung. Insbesondere wurde hervorgehoben, daß die Entlastung der unteren Elbe durch das Hochwasserbecken der Havelmündung einen natürlichen Zustand darstelle, wie man ihn anderweit auf künstlichem Wege gern herbeiführen würde. Bei der Darlegung der Pläne zur Erweiterung des Hochwasserbettes bei Torgau wurde erwähnt, daß auch ohne sofortige Aufwendung der für die ganze Anlage nöthigen großen Kosten mit einer Theilausführung vorgegangen werden könne. Während der Befahrung der Elbestrecke Torgau-Magdeburg nahm der Ausschuß Kenntniß von den zur Verbesserung der Hochwasserverhältnisse bei Preßsch und am Klingebeutel vorgeschlagenen Maßregeln, sowie von den einander entgegengesetzten Wünschen der Ober- und Unterlieger des Magdeburger Umfluthkanals betreffs des Hochwasserstandes, bei welchem das Preßiner Wehr zu öffnen sei. Die Befahrung der Elbestrecke Magdeburg-Wittenberge gab Gelegenheit zur Kenntnißnahme der durch Abholzung des Herrenholzes unterhalb Magdeburg bewirkten Verbesserung des Hochwasserabflusses und der auf das gleiche Ziel gerichteten Entwürfe zur Abholzung des Eichenbestandes beim Todtenheger oberhalb Tangermünde und zur Erweiterung der Deichenge am Rothen Wehl unterhalb der Eisenbahnbrücke bei Hämerten. Auf der Strecke Wittenberge-Hamburg wurden die Entwürfe zur Verbesserung der Hochwasserverhältnisse am Käsehöfel unterhalb Wittenberge, bei Müggendorf und zur Zurücklegung des Flügeldeichs bei Artkenburg vorgelegt, ferner die nach dem Hochwasser von 1888 stattgehabten Deichverlegungen und Querschnittserweiterungen des damals besonders schwer geschädigten Theiles der unteren Elbe besichtigt und die Pläne erörtert, welche für die weitere Freilegung des Hochwasserbettes bestehen und für die Zurücklegung des Deiches im Dannenberger Verbande von theilweiser Seite früher angeregt waren.

### e) Die Weser.

Nach Ablauf des Frühjahrshochwassers geht an der Weser im April und Mai der Wasserstand rasch zurück. Von da ab herrschen niedrige Stände, unregelmäßig unterbrochen durch mäßige Anschwellungen, die gewöhnlich unter Bordhöhe bleiben. Der tiefste Stand des Mittelwassers findet im September,

manchmal auch im Oktober statt. Vom November ab steigt das Mittelwasser rasch und nähert sich bereits im Januar dem im März eintretenden Größtwerthe. Bei Minden haben in dem 74-jährigen Zeitraume 1821/94 nur 8 Ausuferungen in den Monaten Mai/September stattgefunden, und in 5 Fällen blieben sie dabei auf das besonders niedrige Thalgelände zwischen Minden und Schlüsselburg beschränkt. Der Grund hierfür beruht darin, daß die spizen Wellen der kleineren Nebenflüsse des Weserberglandes schon abgelaufen sind, wenn die Hauptwelle aus dem Quellgebiete herabkommt. Die gefährlichsten Gebirgsflüsse des Wesergebietes, nämlich die an den undurchlässigen Hängen des Harzes reißend abfließenden Gewässer (Rhume, Zinnerste und Oker) senden ihre Wellen auf dem weiten Wege durch die Leine und Aller in den Unterlauf des Hauptstromes, wobei ihre Anfangs sehr beträchtliche Höhe durch Anfüllung des Ueberschwemmungsgebietes so abgeflacht und die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit so ermäßigt wird, daß die Allerwelle in der Regel erst mehrere Tage nach der Weserwelle an der Allermündung eintrifft und weiter unterhalb fast immer unschädlich verläuft.

Die Eisbildung ist auf der Weser wegen des milden Klimas und der auch im unteren Laufe noch bedeutenden Strömung verhältnißmäßig gering. Eine feste Eisdecke kommt gewöhnlich nur zu Stande, wenn in Folge anhaltenden Frostes der Zufluß gesperrt und niedriger Wasserstand eingetreten ist. Für die Bildung der Eisdecke des unteren Laufes ist die Bremer Brücke der regelmäßige Ausgangspunkt; ebenso bildet sich am Hamelner festen Wehre häufig eine Eisdecke von größerer Länge aus, weshalb die Wehranlage alljährlich freigelegt werden muß. Beim Wiederaufbruche der Eisdecke entstehen öfters in den scharfen Krümmungen kleine Versezungen, welche oberhalb das Eis festhalten, sich aber schon bei mäßigen Anschwellungen leicht lösen. Ferner verursacht das früher aufbrechende Eis der Aller öfters Versezungen unterhalb ihrer Mündung, wo es sich in die noch stehende Eisdecke der Weser hineinschiebt. Hiervon abgesehen, verläuft der Eisgang gewöhnlich glatt, und gefährliche Eisgänge sind seit den vierziger Jahren nicht mehr vorgekommen.

Mehrere nahezu gleich bedeutende Hochwasser in einem Winter treten häufiger ein. Am größten ist ihre Zahl im Februar, etwas geringer im Januar und März, in welch' letzterem Monat sie indessen die höchsten Stände anzunehmen pflegen, bedeutend geringer im Dezember. Außergewöhnliche Hochfluthen sind seltene Ausnahmen und entstehen nur bei rasch vorschreitender Erwärmung, welche die großen Schneemassen des Gebirgslandes annähernd gleichzeitig mit denen des Hügel- und Flachlandes zum Schmelzen bringt. In der Regel bewirken die aus dem starken Wechsel der Höhenlage hervorgehenden, im Winter oft auf geringe Entfernungen 3 bis 4° betragenden Wärmeunterschiede ein früheres Abschmelzen der Schneedecke im Flachlande und den niedrig gelegenen Theilen des Gebirgslandes, während der Schnee in den Bergen noch zurückgehalten oder sogar vermehrt wird, bis er dann beim weiteren Umsichgreifen der Erwärmung zum verspäteten Abschmelzen gelangt. Öfters erfolgen auch im Winter kleinere Hochfluthen lediglich durch Regengüsse und verlaufen ähnlich wie im Sommer. In manchen Jahren mit mildem Winter haben überhaupt keine Ausuferungen des Stromes stattgefunden. Während die größte bekannte Hochfluth vom Januar 1841 im engen Durchbruchsthale der Weser zwischen Münden und Karlshafen 7,7 m über den bekannten niedrigsten Wasserstand angeschwollen ist, überschreitet der Mittelwerth aus den Jahres-Höchstständen dieses Niedrigwasser nur um 5,5 m.

Die bei der Bereisung der Weser durch den Ausschuß zur Sprache gebrachten Beschwerden über angebliche Vermehrung der Eisgefahr am Unterwehre

in Münden und Benachtheiligung der Gemeinde Stahle durch den Deich der Herzoglich Braunschweigischen Domäne unterhalb Holzminden konnten nicht als begründet erachtet werden. Betreffs der bei Hameln wegen nachtheiliger Veränderung der Hochwasservorfluth erhobenen Klagen ist eine besondere Untersuchung eingeleitet worden. Von den an der Lücktringer Bucht bei Korvey, bei Holzminden, Wehrbergen und Reesen geäußerten Beschwerden über Erhöhung der Hochwasserstände durch Bauten im Strome wurde nur die erstgenannte als einigermaßen zutreffend anerkannt, und eine Tieferlegung der etwas zu hohen linksseitigen Buhnen ist inzwischen bewirkt worden. Die mehrfach ausgesprochenen, auf die rechtzeitige Meldung und Voraussage der Hochwasserstände gerichteten Wünsche sollen bei den bereits begonnenen Arbeiten für die hydrographisch-wasserwirtschaftliche Darstellung des Wesergebietes Berücksichtigung finden.

1. Weserwasserbau

Bei der Einleitung der Untersuchung über die Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee sind die Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee zu untersuchen. Die Untersuchung ist in drei Theile zu unterteilen: 1. Die Untersuchung der Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee. 2. Die Untersuchung der Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee. 3. Die Untersuchung der Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee.

Die Untersuchung der Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee ist in drei Theile zu unterteilen: 1. Die Untersuchung der Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee. 2. Die Untersuchung der Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee. 3. Die Untersuchung der Verhältnisse der Mündung der Weser in die Nordsee.

## II. Die Einwirkungen der Stromregulirungen und Kanalisirungen auf die Wasserberhältnisse.

### 1. Vorbemerkung.

Bei der Betrachtung der Maßregeln, welche im Allgemeinen zur Milderung der Hochwassergefahren ergriffen werden können, hat der Ausschuß die allmähliche Ausbildung eines einheitlichen, zur regelmäßigen Abführung der Hochfluthen geeigneten Hochwasserbettes als nothwendig bezeichnet. Die Voraussetzung für die Herstellung eines solchen Hochwasserbettes bildet aber unbedingt die Herstellung und Erhaltung eines einheitlichen, bei kleineren Wasserständen genügend tiefen Stromschlauches. Diese Grundbedingung deckt sich also mit der Aufgabe, welche bei den schiffbaren Strömen der Staatsverwaltung gestellt ist: für die zur Sicherheit und Bequemlichkeit der Schifffahrt erforderliche Fahrtiefe in dem der Natur des Stromes entsprechenden Maße zu sorgen. Daß diese Aufgabe bei den innerhalb Preußens gelegenen schiffbaren Strömen in der Hauptsache erfüllt worden ist, wird allgemein anerkannt, und der Aufschwung des Wasserverkehrs während der letzten Jahrzehnte liefert den unverkennbaren Beweis für die guten Erfolge der staatlichen Fürsorge. Durch den für die Schifffahrtszwecke nothwendigen Ausbau der natürlichen Wasserstraßen wurde gleichzeitig die Grundlage geschaffen, auf welcher weiter gearbeitet werden kann, um die Aufgabe des Schutzes gegen übermäßige Hochwassergefahren zu erfüllen. Daher hat das beim planmäßigen Ausbaue der preußischen Ströme befolgte System nicht zur Steigerung dieser Gefahren beigetragen, vielmehr eine Verminderung derselben herbeigeführt, indem es die Hindernisse beseitigte, welche im Strombette selbst dem geregelten Abflusse des Hochwassers entgegenstanden. Ebenso wenig hat das System der Kanalisirungen, bei denen in neuerer Zeit bewegliche Wehre zur Anwendung gelangt sind, eine Steigerung der Hochwassergefahren herbeigeführt, da die Durchflußweite dieser Wehre sorgfältig nach der Hochwassermenge bemessen und der Stau rechtzeitig aufgehoben wird. Bei niedergelegten Wehren können demnach Hochwasser und Eisgang so verlaufen, als ob überhaupt keine Stauanlagen vorhanden wären. Klagen über Benachtheiligungen der Stromanlieger durch die Kanalisirungen sind dem Ausschusse nicht bekannt geworden.

Die Klagen der Niederungsbewohner, die bei den Bereisungen des Ausschusses zur Sprache gelangten, haben sich mit wenigen Ausnahmen auch nicht gegen nachtheilige Einwirkungen der Regulirungsbauten auf die Steigerung der Hochwassergefahr und der Ueberschwemmungsschäden gerichtet. Vielmehr wurde umgekehrt von den Anliegern der Ströme meistens anerkannt, daß für den glatten Verlauf der Hochfluthen und der Eisgänge die Maßnahmen der Strombaubehörden in segensreicher Weise gewirkt haben und dauernd wirken. Der

Ausschuß würde sich, streng genommen, auf die Prüfung der wenigen Beschwerden beschränken können, die sich auf eine angebliche Benachtheiligung der Hochwasser-Vorfluth durch einzelne Strombauten beziehen. Er glaubt jedoch im Sinne des Allerhöchsten Auftrages zu handeln, wenn er die Prüfung auch auf die sonstigen Einwendungen gegen das System der Regulirung und Kanalisirung der preussischen Ströme erstreckt und die bekannt gewordenen Aenderungsvorschläge in Erwägung zieht.

In erster Reihe sind demnach die bei den Bereisungen und Verhandlungen des Ausschusses erörterten Einwände zu betrachten, welche den Regulirungsbauten eine Steigerung der Gefahren des Hochwassers und Eisganges zuschreiben. In zweiter Reihe folgen die Einwände, welche dem Systeme der Regulirungen nachtheilige Einwirkungen auf Hebungen oder Senkungen der Wasserstände, Behinderung der Vorfluth, Vermehrung der Uferabbrüche und Versandung der Uferländerereien zur Last legen. In dritter Reihe werden die Vorschläge aufgeführt, die angebliche Verbesserungen der jetzigen Bauweise erzielen wollen oder eine völlige Aenderung des Systemes empfehlen. Die Ergebnisse der Betrachtungen sind am Schlusse in Resolutionen zusammengefaßt.

## 2. Einwirkung auf die Hochwasserverhältnisse.

An der Memel und Weichsel sind keinerlei Beschwerden über nachtheilige Einwirkungen der Strombauten auf die Hochwasserverhältnisse erhoben worden. An der Oder war in einer Eingabe von Grundbesitzern aus Oppeln und Umgegend an den Minister der öffentlichen Arbeiten vom 31. März 1880 Klage darüber geführt worden, daß die Hochwasserverhältnisse durch die Stromregulirung ungünstig beeinflusst worden seien, und ähnliche Beschwerden gelangten in den Verhandlungen beider Häuser des Landtages mehrfach zum Ausdruck. Auch dem Ausschusse wurden derartige Klagen von den Vorstehern der Gemeinden Oberau bei Glogau bezüglich der dortigen Oderstrecke und Zantoch bezüglich der Warthe an der Neßemündung vorgetragen. Schließlich war bei den Verhandlungen des Ausschusses der Meinung Ausdruck gegeben worden, daß die Bühnenbauten in der Oder und Warthe bei Küstrin einen nachtheiligen Stau auf den Abfluß des Hochwassers ausüben könnten. Die nähere Untersuchung hat in allen Fällen gezeigt, daß eine bemerkbare Verengung des Hochwasserbettes durch die Regulirungswerke, die unter Mittelwasserhöhe liegen, nicht eintritt, da der Hochwasserquerschnitt stets bedeutend größer als der Querschnitt des Flußbettes bei mittleren Wasserständen ist. Andererseits wird aber durch die Vertiefung des planmäßig ausgebauten Bettes der geregelte Abfluß des Hochwassers derart erleichtert, daß eine Stauwirkung der Regulirungswerke unmöglich und aus dem Vergleiche der älteren mit den neueren Pegelbeobachtungen nicht nachweisbar ist. Wo wirkliche Uebelstände vorhanden sind, beruhen dieselben auf der ungünstigen Gestaltung des Hochwasserbettes außerhalb des Stromschlauches oder auf Einengungen durch noch vorhandene ältere Brücken, die als Abflußhindernisse wirken.

An der Elbe sind keine Klagen über derartige Stauwirkungen der Regulirungswerke zur Sprache gelangt. Nur bei Befahrung der unteren Havel wurden Beschwerden über Hebung der Wasserstände durch die Bühnenbauten laut. Der Ausschuß überzeugte sich, daß die Höhenlage der Regulirungswerke zu den aus anderen Gründen ungünstigen Verhältnissen der Hochwasser-Vorfluth im Mündungsbecken der Havel nicht beigetragen habe, wogegen die von Uferbesitzern im Ueberschwemmungsgebiete vorgenommenen Erdablagerungen wohl geeignet sind, den Abfluß des Hochwassers nachtheilig zu beeinflussen. An der

Weser kamen Beschwerden über Erhöhung oder Ablenkung des Hochwassers durch Bauten im Strome während der Vereisung zur Verhandlung: an der Lüchtringer Bucht bei Norvey, bei Holzminden, Wehrbergen und Reesen. Der Ausschuß konnte nur die erstgenannte als einigermaßen zutreffend anerkennen; die etwas zu hoch liegenden Bühnen am linken Ufer der Lüchtringer Bucht sind inzwischen tiefer gelegt worden.

Soweit überhaupt Einwände bezüglich der Einwirkung der Regulirungswerke auf die Hochwasserverhältnisse bei den Vereisungen und Verhandlungen des Ausschusses geäußert worden sind, bezogen sie sich nicht auf das System im Allgemeinen, sondern nur darauf, daß an der einen oder der anderen Stelle gewisse Nachtheile durch zu große Höhenlage der Werke entstanden seien. Sowohl aus den Mittheilungen der Niederungsbewohner, als auch durch eigene Anschauung hat der Ausschuß die Ueberzeugung gewonnen, daß die Herstellung und dauernde Erhaltung eines einheitlichen Stromschlauches von derjenigen Tiefe, welche durch die Regulirung herbeigeführt wird, für die geregelte Abführung des Hochwassers in jeder Beziehung vortheilhaft wirkt und als Grundbedingung für die einheitliche Gestaltung des Hochwasserbettes anzusehen ist.

### 3. Einwirkung auf die Eisverhältnisse.

Beschwerden über nachtheilige Wirkungen der Regulirungswerke auf die Eisverhältnisse sind bei den Vereisungen des Ausschusses nicht zur Sprache gelangt, abgesehen von einer Klage darüber, daß die Theilungsspiße an der Abmündung des Seckenburger Kanals von der Tawelle zu weit in den Kanal hineinreiche und durch Verengung des Querschnittes öfters Eisverstopfungen herbeiführe. Diese Klage richtete sich indessen weder gegen das System noch gegen die Ausführung der Stromregulirungen, sondern brachte den Wunsch zum Ausdruck, die durch Erweiterung des Hochwasserbettes oberhalb der Spaltung und durch diese selbst entstehenden Nachtheile, wie solche mehrfach an den Mündungsarmen des Memelstromes auftreten, in unzulässiger Weise von einer Stelle auf die andere zu übertragen. Von der Oder sind nur aus früherer Zeit Beschwerden bekannt geworden, welche den Regulirungswerken die Schuld an der Entstehung von Eisverfetzungen heimaßen, nämlich die bereits erwähnte Eingabe von 1880 aus Dppeln und eine zweite Eingabe vom 31. August 1889, die sich auf die Strecke oberhalb Brieg bezog, in welcher die Eisverfetzungen jedoch durch die ungünstige Gestaltung des Hochwasserbettes entstehen, auf deren Verbesserung die Strombauverwaltung keinen Einfluß auszuüben vermag. Eine rein örtliche Bedeutung hatte die bei Vereisung der Weser erhobene Beschwerde der Besitzer des Mündener Fulda-Wehres, wonach durch Begräumung einer Kiesbank bei der Fulda-Kanalisirung der Eisstoß auf einen Theil dieses Wehres vergrößert worden sein soll.

Von allgemeiner Bedeutung erscheint lediglich die Antwort, welche auf die Eingabe aus Dppeln vom Minister der öffentlichen Arbeiten ertheilt worden ist, da die Ausführungen auch für die übrigen Theile der Oder und die regulirten Ströme im Allgemeinen zutreffen. Auf den Einwand, durch die Regulirungswerke würde der Eisabgang behindert, erfolgte die Erwiderung, daß der regelmäßige Ausbau des Stromes seine Tiefe vermehrt, also die Geschwindigkeit erhöht und gleichmäßiger über den Querschnitt vertheilt habe, wodurch die Sandbänke aus dem Stromschlauche weggetrieben und Eisverfetzungen thunlichst verhindert würden; ferner wäre die Entstehung der Eisdecke durch die starke Strömung an den Bühnenköpfen erschwert und ihre Ausdehnung durch die Verlandungen der Bühnenfelder verringert worden; für den Eisgang böten die

Buhnen kein Hinderniß, da die niedrigsten Winter-Hochfluthen noch weit über die Buhnenkrone anzuwachsen pflegten. Die Verminderung der Menge des Eises, die Erschwerung des Eisstandes, die Behinderung des Festfrierens auf Untiefen und die Herbeiführung einer regelmäßigen Bewegung des abschwimmenden Eises sind demnach die unmittelbare Folge der Stromregulirung, welche durch Herstellung eines einheitlichen Stromschlauches, Schließung der Nebenarme und Verbauung der übermäßigen Breiten die größten Hindernisse des glatten Abflusses beseitigt hat. Thatsächlich haben die Gefahren des Eisganges gegen die frühere Zeit bedeutend abgenommen. Die Ursachen, welche auch jetzt noch zuweilen gefährliche Versezungen veranlassen und im ersten Abschnitte des Schlußberichtes erwähnt sind, stehen mit dem planmäßigen Ausbaue der Ströme nicht in Zusammenhang, verhindern jedoch, daß die vortheilhaften Wirkungen der Regulirung im vollen Maße zur Geltung kommen.

Im höchsten Maße gefährdet sind aus den im ersten Abschnitte bezeichneten Gründen die unteren Strecken der Weichsel und Elbe, wenn der Eisstand nicht rechtzeitig vor dem Eintreffen des von oben herabkommenden Eisganges gelöst wird. Für die Abwendung dieser Gefahr sind nur Gewaltmittel möglich, welche den Eisstand künstlich aufheben. Neuerdings haben zu diesem Zwecke mit großem Erfolge die Eisbrechdampfer Verwendung gefunden, die ein wichtiges Hülfsmittel zur Offenhaltung einer freien Rinne und zur Sicherung der Niederungen bilden. Die Voraussetzung ihrer guten Wirksamkeit beruht aber in der Herstellung und Erhaltung eines regelmäßigen Stromschlauches mit ausreichender Tiefe. Ohne genügende Wassertiefe können die Eisbrechdampfer nicht arbeiten, und die regelmäßige Gestalt des Stromschlauches ist erforderlich, damit die gebrochenen Eismassen abschwimmen können und sich nicht unterhalb zu einer neuen Versezung zusammenschieben. Bei den Bereisungen der Elbe und Weichsel hatte der Ausschuß Gelegenheit sich zu überzeugen, wie dankbar von den Niederungsbewohnern die segensreiche Wirksamkeit der Eisbrechdampfer anerkannt wird, deren Verwendbarkeit lediglich eine Folge der Stromregulirung ist.

#### 4. Einwirkung auf die Stromufer. (Verlandungen.)

Bevor an der Weichsel, Oder und Elbe eine einheitliche Strombauverwaltung eingesetzt war, ist wohl der Fall vorgekommen, daß durch strombauliche Maßnahmen verschiedener Regierungsbehörden, die nicht mit einander in Einklang standen, Schädigungen von Uferbesitzern erfolgt sind. Es wurde diesen jedoch sofort abgeholfen, sobald sie zur Kenntniß der Centralbehörde kamen. An der Weser, deren Regulirung bisher einer derart einheitlichen Behandlung noch entbehrt hat, zeigten sich bei der Bereisung des Ausschusses größere Verschiedenheiten in der Ausführung der Regulirungswerke, als solche durch die natürlichen Verhältnisse bedingt werden. Nachdem die Errichtung einer einheitlichen Strombauverwaltung für den preussischen Theil der Weser bewirkt worden ist, wird nunmehr auch für diesen Strom eine nach gleichen Grundsätzen, thunlichst unter Berücksichtigung nicht allein der Interessen der Schifffahrt, sondern auch der Vorfluth, der Hochwasserabführung und des Uferschutzes erfolgende Ausführung der Regulirungswerke zu erwarten sein. Die zum Theil recht bedeutenden Uferabbrüche an der unteren Weser, welche vorwiegend durch mangelhafte Zustandhaltung der Ufer seitens der Stromanlieger entstanden sind, machen nach der Ansicht des Ausschusses eine anderweite grundsätzliche Regelung der Uferbaulast nothwendig. Bis zu dieser Regelung wird die Strombauverwaltung den unterhaltungspflichtigen Anliegern jede ihr mögliche Unterstützung mit Rath und, soweit die Sicherung

der abbrüchigen Stellen zur Verhütung drohender Verwilderungen des Stromschlauches geboten ist, auch mit der That gewähren.

Bei der Besichtigung der bezeichneten Weserstraße kam die Frage zur Erörterung, ob die Staatsverwaltung für die Beschädigungen haftbar zu machen sei, welche von dem in Folge der Stromregulirung vermehrten Dampfschiffsverkehr an den Ufern verursacht werden. Da auch von anderen Strömen, besonders von der Oder, Klagen über Vermehrung der Uferabbrüche durch den Wellenschlag der Dampfschiffe bereits früher bekannt geworden waren, hatte diese Frage schon in den Verhandlungen des Ausschusses Beachtung gefunden. Dabei ist festgestellt worden, daß in den regulirten Strecken die Ufer durch die Buhnen und Verlandungen im Allgemeinen derart geschützt werden, daß die von den Dampferwellen herrührenden Beschädigungen verschwindend gering sind im Vergleich mit den Abbrüchen, welche am unregulirten Strome ohne Einwirkung des Dampfschiffsverkehrs stattfinden. Die Staatsverwaltung kann daher nicht für verpflichtet erachtet werden, Entschädigungen für nebensächliche Nachtheile zu gewähren, welche durch die verbesserte Nutzbarkeit des Stromes erwachsen und geringer sind als der Schutz, den die Regulirungsbauten gegenüber dem Zustande des unregulirten Stromes bieten. Dagegen läßt sie sich stets bereit finden, solchen Anliegern zu Hülfe zu kommen, welche zum Schutze ihrer Ufer Bauten ausführen wollen, und gegebenen Falles diese Bauten unter angemessener Mitwirkung der Betheiligten selbst auszuführen, falls durch dieselben zugleich auch eine Verbesserung des Stromschlauches bewirkt wird.

Abgesehen von den bereits erwähnten Beschwerden an der Weser, wurden Klagen über nachtheilige Einwirkung der Regulirungswerke auf die Stromufer nur noch während der Bereisung der Weichsel erhoben. Bei Schilno beschränken sich die Abbrüche auf das rechte Hochufer, während das Ufer in Mittelwasserhöhe festliegt; die jenseitigen Regulirungswerke sind dort ohne Einfluß auf die Führung des Hochwasserstromes, also auch auf die Abbrüche. Bei Weichselhof war gleichfalls keine Einwirkung der rechtsseitigen Werke auf den Abbruch des linken Ufers nachzuweisen, dessen Ursache vielmehr auf einer Abrutschung unter der Einwirkung von oberhalb eindringendem Sickerwasser beruht. Indessen hat sich die Strombauverwaltung bereit erklärt, ein auch für die Erhaltung des Stromschlauches nützlich Deckwerk anzulegen, falls der Anlieger sein Interesse an der Bauausführung durch Beitragsleistung auf eine oder die andere Art bethätigt und Vorsorge trifft, daß nicht etwa auch das Deckwerk durch die Abrutschung in Gefahr geräth.

Bei den Bereisungen der Memel, Oder und Elbe wurden keinerlei Beschwerden in dieser Beziehung erhoben, vielmehr auf wiederholtes Befragen von den Stromanliegern Erklärungen abgegeben, daß durch die Regulirungswerke eine gute Sicherung der Stromufer bewirkt würde. Insbesondere bot die Besichtigung der unregulirten Strecke der Oder oberhalb Ratibor im Vergleiche mit den besichtigten regulirten Strecken Gelegenheit, dem Ausschusse die Ueberzeugung zu verschaffen, daß die Regulirung durch die Sicherung des Bestandes, durch den Uferschutz und die Verminderung der Sinkstoffe in sehr hohem Maße auch den Anliegern zu Gute kommt. In ähnlicher Weise zeigte bei der Weichsel-Bereisung der Anblick des innerhalb Rußlands gelegenen verwilderten Strombettes, wohin es führt, wenn der Strom sich selbst überlassen bleibt.

Abtreibungen der Ufer kommen bei dem gegenwärtigen Stande der Stromregulirungen selten vor, wo aber solche ausnahmsweise in Folge von Maßnahmen der Strombauverwaltung eintreten, werden die Uferbesitzer ebenso angemessen entschädigt wie bei der Herstellung von Durchstichen. Falls durch Maßnahmen der Strombauverwaltung die hohen Uferreihen niedrig gelegener

Wiesen beseitigt werden, so hat sie für den hierdurch erwachsenden Schaden aufzukommen, wie gelegentlich einer Beschwerde des Zantocher Gemeinde-Vorstehers über die Regulirungsbauten an der Neße festgestellt wurde. Tritt dagegen der Abbruch solcher Rehen ohne Zuthun der Strombauverwaltung ein, so ist der Schutz des Ufers Sache des Besitzers. Indessen ist auch in derartigen Fällen unter den obengenannten Bedingungen, d. h. bei angemessener Mitwirkung der Uferanlieger und wenn der Uferschutz für die Erhaltung des Stromschlauches dienlich werden kann, die Staatsverwaltung zur Beihülfe bereit und hat dies in einem während der Vereisung der unteren Warthe zur Sprache gebrachten Falle bethätigt.

In den ausgebauten Stromstrecken treten Abbrüche fast nur noch ein, wo das Hochwasser gelegentlich eine andere Richtung als die des Mittelwasserbettes einschlägt, sowie zwischen kurzen, weit auseinander liegenden Bühnen, welche das Ufer nicht genügend zu schützen vermögen. Sie werden hier aber nicht durch die Regulirungswerke erzeugt, sondern in ihrer Ausdehnung zum Vortheile der Uferbesitzer eingeschränkt. Wo die Erhaltung des Stromschlauches dies wünschenswerth machte, sind die Köpfe solcher kurzen Bühnen durch ein das Ufer der Stromgrube bedeckendes Parallelwerk verbunden worden. Die durch Seitenströmungen des Hochwassers entstehenden Einrisse der Ufer, welche bei der Weichsel-Vereisung zur Befichtigung gelangten, lassen nach Ansicht des Ausschusses eine gemeinsame Erwägung der Strombau- und landwirthschaftlichen Verwaltung erwünscht erscheinen, wie den bedrängten Anliegern, vielleicht unter Zuhilfenahme staatlicher Mittel, geholfen werden könne.

Wie im ersten Abschnitte dieses Schlußberichtes bereits erwähnt wurde, können die nicht über Mittelwasserhöhe reichenden Regulirungswerke die Ausbildung von Seitenströmungen des Hochwassers nicht unmittelbar verhindern. Mittelbar wirken sie auf ihre Abschwächung dadurch günstig ein, daß in dem regulirten Strombett das Hochwasser bessere Vorfluth findet und weniger leicht zur seitlichen Abströmung neigt. Bei der Weichsel-Vereisung wurde demgemäß eine vom Gemeinde-Vorsteher zu Schilno erhobene Beschwerde, wonach die **Verjandungen** der dortigen Uferländereien von den Regulirungswerken des gegenüber liegenden Ufers hervorgerufen seien, vom Ausschusse nicht als begründet erachtet. Dabei kam zur Sprache, daß der Strom von der verwilderten russischen Strecke her, besonders bei Hochwasser, große Sandmassen mit sich führt, die durch Seitenströmungen auf fruchtbare Niederungsgrundstücke getragen werden und diese entwerthen. Ein bedauerliches Beispiel hierfür lieferte die Befichtigung der Münsterwalder Niederung, welche jetzt durch Bedeichung geschützt wird. Auch an den anderen Strömen bilden die noch verwilderten oberen Strecken und die nicht-regulirten Nebenflüsse in ähnlicher Weise die wichtigste Quelle der wandernden Sände. Die dort bei Uferabbrüchen und Bettverlegungen ins Treiben gebrachten Sandmassen und die bei Regengüssen abgospülten, von den Seitengewässern in die Ströme getragenen Sinkstoffe übertreffen bei Weitem die Mengen des Sandes, welche bei der Stromregulirung selbst in Folge der Vertiefung des Stromschlauches in Bewegung gebracht werden.

Zweifellos werden durch die Spülwirkung der Regulirungswerke die im engeren Stromschlauche liegenden Sandmassen in erhöhtem Maße zum Wandern gezwungen. Indessen wirken die Strombauten gleichzeitig darauf hin, daß die losgospülten und die von den Nebenflüssen hinzugebrachten Mengen da zur Ablagerung gelangen, wo sie für die Regulirung willkommen sind, nämlich in den Bühnenfeldern und in den Strecken mit allzu großer Tiefe. Indem das früher vielfach übermäßig breite und ungleich tiefe Bett durch die Regulirung allmählich gleichmäßigere Breite und Tiefe erhält, werden nicht nur die bei dem

Ausbaue des Stromes in Bewegung gesetzt, sondern weit größere Sandmassen festgelegt. Außerdem vermindert der von den Regulierungswerken bewirkte Uferschuß die weitere Zufuhr von Sinkstoffen in hohem Maße. Freilich kann die Wanderung der Sände, die aus den nicht-regulirten Flüssen und Flußstrecken stammen, nicht vollständig abgeschnitten werden; sie setzt sich vielmehr im regulirten Strome, wenn auch in abgeschwächtem Maße, nach der Mündung hin fort.

Diese Naturerscheinung, welche von der Regulirung nur eingeschränkt, aber nicht verhindert werden kann, hat an der unteren Oder zu lebhaften Klagen Veranlassung gegeben, die in den Verhandlungen beider Häuser des Landtages mehrfach Ausdruck gefunden haben und auch vom Ausschusse untersucht worden sind. Bei der Bereisung wurde festgestellt, daß die Sinkstoffführung der Oder sich seit der Regulirung vermindert hat, da sich früher das Wasser des Hauptstromes bis Neu-Gließen hin durch seine gelbe Farbe deutlich von dem klaren Warthewasser abzeichnete, was jetzt nicht mehr der Fall ist. Die in den Beschwerden vorgebrachte Behauptung, daß die Stromsohle unterhalb Küstrin durch die Regulirung erhöht worden sei, wurde durch die Thatsache widerlegt, daß bei der Bereisung ein 1,2 m tief gehender Schraubendampfer trotz des sehr niedrigen Pegelstandes, der vor dem Ausbaue den Schiffsverkehr überhaupt nicht gestattet haben würde, die untere Oder ohne Schwierigkeit durchfahren konnte.

Aus dem Vergleiche der regulirten, hochwasserfrei eingedeichten Stromstrecke von Küstrin bis Raduhn mit der unterhalb gelegenen Strecke, die wegen ihres geringen Gefälles anders behandelt werden muß, ergab sich, daß die neuerdings viel beklagten Versandungen bei Raduhn nicht eine Folge der Regulirung des oberen Stromlaufes, sondern derjenigen einschneidenden Aenderungen sind, welche zur Verbesserung der Vorfluth des großen Oderbruchs in neuerer Zeit vorgenommen wurden. An der unteren Oder bei Schwedt kann man wegen des geringen Gefälles eine Regulirung in gleicher Weise wie oberhalb nicht durchführen; dagegen kann durch Errichtung niedriger Verwallungen und Absperrung der Nebenläufe, womit bereits begonnen ist, der Strom dort in einheitlichem Laufe zusammengehalten und seine sommerliche Ausuferung verhütet werden, ohne daß die allmähliche Erhöhung der Niederungen mittels des Winter-Hochwassers beeinträchtigt wird. Indem so die Erträge der tiefliegenden Wiesen in den mit Schöpfwerken zur rechtzeitigen Entfernung des Winter-Hochwassers ausgerüsteten Sommerpoldern gehoben und möglichst sicher gestellt werden, gehen die wohlverstandenen Anforderungen der Schifffahrt und der Landwirthschaft auch bei diesem Regulierungsverfahren Hand in Hand.

## 5. Einwirkung auf die Wasserstände. (Vorfluth.)

Mit den erwähnten Klagen über Versandungen an der unteren Oder war die Behauptung verbunden, der Wasserspiegel des Stromes sei durch die Folgen der Regulirung um ein bedeutendes Maß gehoben worden. Bei den Verhandlungen des Landtages wollte man sogar den Umstand, daß zuweilen ein Rückstau des Oder-Hochwassers in das Mündungsbecken der Warthe stattfindet, auf die Einwirkung der, angeblich durch die Oder-Regulirung verursachten Versandungen bei Raduhn zurückführen. Der Ausschuß hat die Ueberzeugung gewonnen, daß nach den thatsächlichen Verhältnissen eine solche Stauwirkung unmöglich und hierdurch eine Aenderung des Wasserspiegels bei mittleren und niedrigen Wasserständen nicht eingetreten ist. Allerdings hat eine Hebung des Hochwasserstandes zwischen den Oderdeichen unterhalb des Neu-Gliegener Durchstichs bis Krieort stattgefunden, woselbst der Hochfluthquerschnitt zum Schutze einer möglichst großen bedeckten Fläche auf etwa  $\frac{1}{10}$  der früheren Breite eingeschränkt worden ist.

Wie bereits oben erwähnt, haben diese, lediglich im Interesse der werthvollen Niederungen ausgeführten Bedeichungen und zugehörigen Aenderungen der Vorfluthverhältnisse den natürlichen Vorgang der allmählich erfolgenden Vorschlebung der Wandersände nach der Mündung hin künstlich beschleunigt und die Versandungen bei Raduhn veranlaßt. Die Hebung des Hochwasserstandes und die Versandungen sind also zwei verschiedene Wirkungen einer gemeinsamen Ursache, nämlich der landwirthschaftlichen Verbesserung des großen Oberbruchs. Soweit das Stromgefälle stark genug zur wirksamen Verwendbarkeit der gewöhnlichen Regulirungswerke ist, hat die Strombauverwaltung die hierdurch erwachsenen Mißstände mittels Weiterführung der Regulirung und Vertiefung des Stromschlauches thunlichst ausgeglichen. Unterhalb Raduhn, wo das schwache und zuweilen durch Stauwirkung der nördlichen Winde völlig aufgehobene Gefälle eine Weiterführung des üblichen Verfahrens nicht zuläßt, erfolgt der Ausgleich in der auf S. 32 bezeichneten Weise. Die beklagten Mißstände sind demnach nicht ein Folge der Oder-Regulirung, sondern in bedeutendem Maße durch diese abgeschwächt worden.

Ähnliche Klagen, die sich auf eine vermeintliche Hebung der niedrigen und mittleren Wasserstände durch die Regulirungswerke beziehen, wurden auch von anderen Stellen der Oder erhoben. Eine Eingabe vom 4. August 1883 an den Minister der öffentlichen Arbeiten wegen Verschlechterung der **Vorfluth** der Uferländereien an der oberen Oder fand eine Beantwortung dahin, daß durch Einschränkung des Mittel- und Niedrigwasserquerschnittes die Stromrinne vertieft und die Vorfluth verbessert wird, weil das schmalere, aber tiefere neue Bett mehr Wasser abzuführen vermag als das früher vorhandene, das bei gleicher Querschnittsgröße breiter, aber flacher war; ebenso trägt die Räummung des Stromschlauches von Baumstämmen, Hölzern, Steinen und Steinriffen zur Verbesserung der Vorfluth bei. Eine Hebung der Wasserstände durch die Regulirungswerke würde nur eintreten können, wenn die Einschränkung so weit vorgetrieben wäre, daß die Spülkraft des Stromes nicht ausreicht, den Verlust an Breite des Querschnittes durch Austiefung genügend zu ersetzen. Die Strombauverwaltungen sind jedoch bei den Regulirungen mit solcher Vorsicht vorgegangen, daß die jetzt vorhandenen Querschnitte nicht zu klein, sondern im Allgemeinen noch zu groß sind und einer weiteren Einschränkung bei der sogenannten „Nachregulirung“ bedürfen.

Freilich tritt bis zu einem gewissen, aber stets geringen Grade eine Aenderung der Wasserstände durch die Regulirung ein, da sie sich nicht nur auf die Herstellung der für die regelmäßige Abführung des Niedrig- und Mittelwassers geeigneten Querschnitte erstreckt, sondern auch das Längengefälle stetiger gestaltet. Das örtliche Gefälle des Wasserspiegels wechselt mit dem Wasserstande und läßt die Unebenheiten der Sohle um so deutlicher erkennen, je niedriger der Wasserstand ist. Wandernde Sandbänke bringen bei Niedrigwasser Gefällewechsel zur Erscheinung, die nur zeitweise bestehen und mit dem Fortschreiten der Sände einer allmählichen Wandlung unterliegen. Je wirksamer die Regulirung ist, um so mehr verschwinden derartige Unregelmäßigkeiten der Sohle und des Spiegelgefälles innerhalb der einzelnen Strecken. Nur in diesem Sinne übt die Regulirung eine Einwirkung auf örtliche Hebungen und Senkungen des Wasserspiegels aus. Gerade diese Wirkung, die thunliche Ausgleichung des Längengefälles, bewirkt aber eine Verbesserung der Vorfluth. Während im verwilderten Strombette, dessen Gestalt einer unausgesetzten Aenderung unterworfen war, an jeder Stelle früher oder später der Wasserspiegel durch Sandbänke übermäßig angehoben wurde, sind durch die Regulirung diese Hebungen auf viel engere Grenzen beschränkt und die Wasserstände gleichmäßiger gemacht worden.

Bei Betrachtung der Wasserstände vor und nach der Regulirung sind die Beschwerdeführenden gewöhnlich in den Irrthum verfallen, die Wasserstände einer Reihe von regenarmen Jahren aus früherer Zeit mit denjenigen der neueren, viele regenreiche Jahre aufweisenden Zeit zu vergleichen. Wenn beispielsweise das Jahr 1873 als Beginn der mit großen Mitteln durchgeführten Oder-Regulirung angenommen wird, so zeigt ein Vergleich der nachfolgenden 18 Jahre bis 1891 mit den vorhergehenden 18 Jahren allerdings eine Hebung des Mittelwassers an den Pegeln der regulirten Strecken. Dieselbe Erscheinung tritt jedoch auch an den Pegeln der nicht-regulirten Flüsse auf, und die mittlere Niederschlagshöhe der seit längerer Zeit beobachteten Regenstationen des Odergebiets zeigt unverkennbar, daß jene vorhergehenden 18 Jahre ärmer an Niederschlägen gewesen sind, als der gleich große nachfolgende Zeitraum. Ebenso wie das Auftreten der Hochfluthen, unterliegen auch die mittleren und niedrigen Wasserstände einem ähnlichen Wechsel wie die Niederschläge und ändern sich gegen den langjährigen Durchschnitt durch Senkung in einer Periode trockener Jahre, oder durch Hebung in den nassen Jahren.

Der zufällige Umstand, daß an der Oder die durchgreifende Regulirung in einer sehr wasserreichen Zeit stattgefunden hat, brachte die Bewohner der gegen Hebung des Wasserstandes besonders empfindlichen Niederungen ober- und unterhalb Küstrin zu der irrthümlichen Annahme, diese Hebung sei eine Folge der Regulirungsbauten, welche das Niedrigwasser derart gehoben hätten, daß die früheren niedrigen Wasserstände überhaupt nicht wiederkehren würden. Inzwischen haben die seit 1892 eingetretenen trockenen Jahre das Gegentheil genügend dargethan, und es steht zweifellos fest, daß eine nachtheilige Hebung der in Rede stehenden niedrigen und mittleren Wasserstände durch die Oder-Regulirung nicht verursacht worden ist.

Wenn thatsächlich die Buhnen eine solche stauende Wirkung ausübten, wie die Niederungsbewohner der Oder annahmen, so würden gleiche Erscheinungen doch auch an den anderen, nach gleichen Grundsätzen regulirten Strömen aufgetreten sein müssen. Dies ist aber nicht der Fall. An der Memel sind überhaupt keine Klagen über Aenderung der Wasserstände erhoben worden, ebenso wenig an der Weichsel. Die einzige, bei der Vereisung letzteren Stromes zur Sprache gebrachte Beschwerde über Behinderung der Vorfluth an der Reptomka bezog sich auf die Wirkung der Verlandungen. An der Elbe sind nur an einer Stelle Klagen über Hebung der Wasserstände laut geworden, dagegen von mehreren Seiten Befürchtungen, daß mit der geplanten Vertiefung ober- und unterhalb der Havelmündung eine Senkung des Grundwasserstandes verbunden sein werde; in der Wische-Niederung sollen nach Meinung der Interessenten die Regulirungsbauten eine derartige Senkung bereits bewirkt haben, worauf noch zurückgekommen wird. An der Weser haben gleichfalls die Anlieger keine Hebung der Wasserstände bemerkt, sondern eine Senkung, welche den zur Korrektion der Unterweser ausgeführten Strombauten zugeschrieben wird. Keinesfalls kann daher dem, überall in ähnlicher Weise angewandten Systeme der Regulirungen der Vorwurf gemacht werden, eine Hebung der Wasserstände wäre die nothwendige Folge seiner Verwendung.

An der Elbe ist der Ausbau des Querschnittes bei der Nachregulirung derart geplant, daß keine Aenderung der Wasserstände zum Nachtheile der Landwirtschaft eintreten wird. Im Bereiche der für die Vertiefung in Frage kommenden Strecke von Magdeburg abwärts läßt sich aus den bisherigen Untersuchungen eine merkbare Senkung des Niedrigwassers nicht nachweisen, ebenso wenig von Magdeburg aufwärts bis Wittenberg. Nur im obersten preussischen Stromlaufe haben bei der Ausgleichung des Gefälles Senkungen des Niedrigwassers stattgefunden, besonders bei und oberhalb Torgau, wo dies auch im

Interesse der Vorfluth beabsichtigt war. Bei der Bereisung des Ausschusses wurde eingehende Auskunft über die bei der Nachregulirung der Elbe abwärts von der Havelmündung zur Verbesserung des Niedrigwasserquerschnittes angewandten Grundschwellerbauten ertheilt, durch welche nach den am ganzen Stromlaufe damit gemachten guten Erfahrungen neben der Förderung der Schiffahrtsinteressen durch Begradigung der Stromrinne auch die Abführung des Eises günstiger gestaltet werden soll. Die von den Vertretern des Altmärkischen Wische-Deichverbandes beklagte Senkung des Grundwasserstandes in den dortigen Wiesen ist nicht etwa einer Senkung der kleinen Wasserstände in der Elbe zuzuschreiben, wie die eingehende Untersuchung dargethan hat, sondern wohl auf die Regulirung der, die Binnenentwässerung der Niederung bewirkenden Wasserläufe zurückzuführen. Die einzige Stelle der Elbe, an der nach Meinung einiger Anlieger in Folge der Regulirungsbauten eine Hebung der Wasserstände eingetreten sein soll, befindet sich an der Elstermündung; von den Anliegern des linken Stromufers wurde jedoch dort die entgegengesetzte Ansicht geäußert, daß nach Ausführung der Regulirung ihre Wiesen trockener geworden seien; thatsächlich ist eine nennenswerthe Aenderung der Wasserstände weder in dem einen, noch in dem anderen Sinne nachweisbar.

An der unteren Weser wurden von den Niederungsbewohnern aus den Kreisen Hoya, Syke, Achim und dem Herzoglich Braunschweigischen Amte Thedinghausen Beschwerden erhoben über die angeblich von den Korrektionsbauten an der Unterweser verursachten Senkungen der Wasserstände im Strome und den angrenzenden Marschen. Von den Vertretern der Stadt Bremen wurde zugegeben, daß eine geringe Senkung der Wasserstände bis nach Dreye hin allerdings bereits erfolgt sei, und daß nach Durchführung der Korrektion innerhalb der Stadt Bremen diese Wirkung sich vielleicht noch weiter aufwärts bemerklich machen werde; indessen sei das Maß dieser Einwirkung von den Stromanliegern weit überschätzt worden, und es gäbe technische Mittel, Nachtheile dieser Art auszugleichen. Da vom Minister der öffentlichen Arbeiten bereits Auftrag ertheilt war, für den Regierungsbezirk Stade die erforderlichen Unterlagen zur Prüfung der Frage über das Maß und die Ursachen der Senkungen zu beschaffen, wurde seitens des Ausschusses von einer Beschlußfassung abgesehen und nur dem Wunsche Ausdruck gegeben, daß die Ermittlungen auf den Regierungsbezirk Hannover ausgedehnt und auf breitester Grundlage angestellt werden möchten.

Ein Nachweis dafür, daß durch das bei den Regulirungen der preußischen Ströme befolgte System nachtheilige Aenderungen der Wasserstände in der von einigen Beschwerdeführern behaupteten Weise eingetreten seien, ist nirgends erbracht worden. Wenn auch von den Klagen an der unteren Weser abgesehen wird, welche die angeblich stattgehabten Senkungen nicht den Regulirungsbauten, sondern den bei der Korrektion der Unterweser von Bremen abwärts vorgenommenen Baggerungen zur Last legen, so zeigen doch die Einwände und Befürchtungen an der Elbe, daß den Regulirungswerken dort gerade die entgegengesetzte Wirkung zugeschrieben wird, wie von den Beschwerdeführern an der Oder. Dies mag damit zusammenhängen, daß sich die in den regenreichen Jahren häufiger und nachhaltiger eingetretenen sommerlichen Anschwellungen der Oder den Bewohnern der sehr tief liegenden Niederungen nachtheiliger bemerkbar gemacht haben, als dies an der Elbe der Fall war, deren Niederungen im Allgemeinen höher liegen, und deren Sommer-Anschwellungen verhältnißmäßig weniger bedeutend sind. Das zeitliche Zusammentreffen der Regulirungsbauten mit einer wasserreichen Reihe von Jahren führte zu dem Irrthum, die scheinbar dauernde Hebung der Wasserstände als eine Folge dieser Bauten anzusehen. Thatsächlich haben sie eine derartige Aenderung nicht bewirkt.

## 6. Vorschläge zu Aenderungen des Systems.

Die dem Ausschusse bekannt gewordenen Vorschläge zu Aenderungen des Systems der preussischen Stromregulirungen gehen meistens von der unzutreffenden Voraussetzung aus, daß das bisherige Verfahren zu Mißerfolgen geführt hätte. Nach den vorstehenden Darlegungen trifft diese Voraussetzung nicht zu; es ist vielmehr als festgestellt anzusehen, daß die bei uns ausgeführten Stromregulirungen und Kanalisirungen der Schiffahrt die vortrefflichsten Dienste geleistet und zugleich im Allgemeinen die Landeskultur-Interessen gefördert haben. Daß den Uferbesitzern zu Folge der Stromregulirungen auch einzelne Schäden zugefügt sind, läßt sich nicht in Abrede stellen; dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die Strombauverwaltungen nach ihrer bisherigen Stellung zur ausdrücklichen Beförderung der landwirthschaftlichen Interessen nicht berufen und ihre Fonds nicht dazu bestimmt waren, Schäden, welche für den Fluß als Schiffahrtsstraße ohne Bedeutung blieben, auszugleichen und zu beseitigen. Auch ist zuzugeben, daß bei der früheren Anwendung des Stromregulirungs- und Kanalisirungs-Systems Fehler und Mißgriffe in einzelnen Fällen vorgekommen sind. Als hauptsächliche Ursachen hiervon sind zu bezeichnen: einmal die bis zu den siebziger Jahren dieses Jahrhunderts stattgehabte, eine systematische Verbesserung der Ströme arg beeinträchtigende Unregelmäßigkeit der finanziellen Bewilligungen, sodann der Mangel an wissenschaftlichen Unterlagen und endlich die Zerplitterung der Zuständigkeiten in Wasserbaufachen. Seit den siebziger Jahren haben auf Grund der für die Regulirung der Ströme aufgestellten festen Ziele auch regelmäßige Bewilligungen der erforderlichen Geldmittel stattgefunden. Dem Mangel an ausreichenden wissenschaftlichen Unterlagen soll und wird durch die in der Ausführung begriffene Bearbeitung übersichtlicher hydrographischer und wasserwirthschaftlicher Darstellungen der einzelnen Ströme und ihrer Nebenflüsse abgeholfen werden. Auf dem Wege der Beseitigung der Zerplitterung der Zuständigkeiten in Wasserbaufachen ist bereits ein bedeutungsvoller und überaus segensreicher Schritt mit der durch die allgemeine Verordnung vom 22. Januar 1889 erfolgten Uebertragung der Leitung des Eiswachtienstes und der übrigen Maßregeln zur Bekämpfung der Hochwasser- und Eisgefahren an die Strombauverwaltungen geschehen; es bleibt in dieser Beziehung aber, wie dies von dem Ausschusse in seinem Gutachten über die Frage wegen Einsetzung und Einrichtung von Behörden für die Bearbeitung der wasserwirthschaftlichen Angelegenheiten in der Bezirksinstanz ausgesprochen ist, noch Vieles zu wünschen und nachzuholen. Mit diesen bei der Anwendung und Ausführung des Systems der Stromregulirungen und Kanalisirungen im Einzelnen hervorgetretenen Mängeln und Fehlern hat aber die Frage seiner allgemeinen Richtigkeit und Bewährung nichts zu thun, und es würde nur dann Veranlassung vorliegen, dieses im Allgemeinen und an sich gut bewährte und erprobte bisherige Verfahren abzuändern, falls die gemachten Vorschläge unzweifelhaft den Nachweis liefern, daß weitergehende Verbesserungen mit Sicherheit von ihnen zu erwarten seien.

Wie sich in der beiliegenden „Darstellung des Systems, welches bei der Regulirung und Kanalisirung der preussischen Flüsse bisher befolgt ist,“ näher ausgeführt findet, hat die auf den Ausbau der Ströme angewandte Hydrotechnik sich mit den Stromregulirungen selbst allmählich entwickelt. Man fand in den verwilderten Strömen ein gewöhnlich viel zu breites Bett mit zahlreichen Sandbänken und Nebenläufen vor. Es galt also zunächst ein einheitliches Bett herzustellen, dessen Breite so bemessen wurde, daß bei Mittelwasser eine für die Wasserstraße ausreichende Tiefe dauernd zu erhalten war. Dabei ging man mit großer

Vorsicht an die Einschränkung der Strombreiten, um dem Strome keine zu engen Fesseln anzulegen, sodaß in vielen Fällen nachträglich eine weitere Verminderung der Breite sich als erforderlich erwiesen hat. Ein wesentlicher Vortheil des in Preußen vorherrschenden Bühnensystems besteht darin, daß derartige weitergehende Einschränkungen und Aenderungen der Uferlinie sich ohne Schwierigkeit ausführen lassen, was bei der Verwendung von Parallelwerken nicht der Fall ist.

Besonders zeigte sich bei manchen Strömen das Bedürfniß, auch für die niedrigen Wasserstände eine stetigere Stromrinne herzustellen, da sie innerhalb des zu breiten Mittelwasserbettes einen schlängelnden Lauf annahm, der fortwährenden Veränderungen ausgesetzt war. An der Oder und Elbe wurden daher, wo dies Bedürfniß am dringlichsten erschien, vor den Bühnen niedrigere Vorlagen (Kopf-, Strom-, Grundschwellen) hergestellt, die eine solche Einschränkung des Niedrigwasserbettes zum Zwecke hatten, ohne die Breite des Mittelwasserbettes zu vermindern. Die Vorlage bildet hierbei den veränderlichen Theil des Strombauwerks, welcher ermöglicht, dessen Wirksamkeit den besonderen örtlichen Verhältnissen anzupassen. Wo beispielsweise durch vorzeitige Ausuferungen die Spülkraft des Stromes zu schwach für die genügende Räumung der Stromrinne ist, giebt man den Vorlagen größere Höhe und Länge, wie auch umgekehrt die Länge vermindert wird, wenn die besonderen Umstände eine ausreichende Spülung verbürgen. Thatsächlich bilden die Vorlagen der Bühnen häufig eine sehr flache Vorderböschung des Bühnenkopfes, sodaß die Strombauwerke an solchen Stellen sich mit sanfter Steigung von der Sohle des Bettes aus bis ans Ufer heraufziehen.

Nach anderer Richtung hin fand eine Ausgestaltung des Regulierungsverfahrens bei einigen schiffbaren Nebenflüssen statt, auch an mehreren (hierzu seltener geeigneten) Stellen der Hauptströme. Die Erfahrung, daß kurze Bühnen in den Stromgruben weder Verlandungen aufkommen lassen, noch das Ufer gehörig schützen, gab Veranlassung dazu, sie durch Parallelwerke mit einander zu verbinden oder durch Deckwerke zu ersetzen, während für das gegenüberliegende vorspringende Ufer die Bauweise der Bühnen mit geringer Höhenlage beibehalten wurde. Der Ausschuß hatte Gelegenheit, bei Befahrung der unteren Saale die guten Ergebnisse dieses, dort seit einer längeren Reihe von Jahren angewandten Bauverfahrens festzustellen. Für die großen Ströme, bei denen es sich um die Einschränkung bedeutender Ueberbreiten handelte, kommt die Verwendung des bezeichneten Verfahrens seltener in Betracht.

Nach Vorausschickung dieser geschichtlichen Bemerkungen genügt es, die Vorschläge zur Verbesserung des üblichen Regulierungssystems kurz zu erwähnen, da sie sich meistens auf Maßnahmen beziehen, die unter geeigneten Verhältnissen in der Praxis der Stromregulirungen bereits Anwendung finden und sich aus ihr heraus entwickelt haben. Der Unterschied jener Vorschläge gegen die praktische Handhabung besteht darin, daß als allgemeine Regel und Richtschnur hingestellt wird, was in bestimmten Fällen als zweckmäßig erprobt ist, in vielen anderen Fällen aber durchaus unzweckmäßig sein würde.

Hierhin gehört vor Allem das sogenannte „kombinirte Regulirungs-System“, wonach ganz allgemein „das konkave Ufer mit Deck- und Parallelwerken, das konvexe dagegen mit Bühnen auszubauen“ wäre<sup>1)</sup>. In Wirklichkeit ist dies nichts anders, als eine Verallgemeinerung des beispielsweise an der Saale längst angewandten und auch an der oberen Elbe vielfach durchgeführten Bauverfahrens, dessen durchgehende Uebertragung auf die Hauptströme jedoch nicht thunlich ist. — Ferner gehört hierhin der Vorschlag, die Höhenlage der Bühnen geringer zu machen und statt der auf Mittelwasserhöhe liegenden Werke „Unterwasserbühnen“ anzu-

<sup>1)</sup> S. Schlichting „Das kombinirte Flußregulirungs-System“ (Zeitschrift für Bauwesen, 1878 S. 171).

wenden, deren Höhe den mittleren Niedrigwasserstand nur beim Anschlusse an die Ufer überschreiten soll<sup>3)</sup>. Wenn richtig beachtet wird, daß die in Mittelwasserhöhe liegenden Köpfe der Buhnen thatsächlich den Stromschlauch des fließenden Wassers begrenzen, also das Gerippe des meist noch nicht durch Verlandung bis zu diesen Ufer-Festpunkten vorgeschrittenen Stromufers bilden, so deckt sich der Vorschlag in der Hauptsache mit der oben beschriebenen Bauweise der Vorlagen. Der in langen Jahren mit großen Kosten vollzogene erste Schritt zur Herstellung eines regelmäßigen Strombettes, durch welchen der Strom bei Mittelwasser eine feste Begrenzung erhalten hat, müßte zurückgethan und das mühsam Errungene neuer Verwilderung preisgegeben werden, wenn jene mißverständene Verallgemeinerung einer, in ihrem Wirkungsbereiche vortrefflichen Bauweise zur Durchführung kommen sollte. — Auch der Vorschlag, die Regulirungswerke nur nach und nach mit dem Fortschritte der Verlandungen zu erhöhen, verallgemeinert das bei den preussischen Stromregulirungen jetzt bereits, soweit als thunlich, angewandte Verfahren in undurchführbarer Weise.

Von anderer Seite war früher bereits der Vorschlag gemacht worden, den Stromquerschnitten eine parabelähnliche Gestalt zu geben<sup>4)</sup>. Derselbe schreibt sich aus der Zeit her, als aus Rücksicht auf die für Stromregulirungen damals nur in geringem Maße verfügbaren Geldbeträge die Buhnen vollständig in Packwerk ohne befestigte Köpfe ausgeführt werden mußten, also große Höhenlage und steile Böschungen auch an den Kopfenden erhielten<sup>4)</sup>. Diese wenig widerstandsfähigen und unvollkommenen Bauwerke haben dennoch in segensreicher Weise gewirkt und in der Hauptsache den Erfolg erzielt, das ehemals völlig verwilderte Strombett einheitlich zu gestalten. Inzwischen ist man längst dazu übergegangen, den auf fester Grundlage sorgfältig befestigten Buhnenköpfen flache Vorderböschung zu geben, und der weitere Schritt, nämlich die Ausbildung des Querschnittes mittels Vorlagen vor den Buhnenköpfen, nähert die Querschnittsform der in jenem Vorschlage gewünschten Gestalt. Unthunlich würde es aber sein, diese allmähliche Entwicklung mit einem Male gewaltsam zu vollziehen und dem Strome eine allseitig ausgebaute Querschnittsform durch sogenannte „Lehren“ zu geben, was gleichfalls vorgeschlagen ist<sup>5)</sup>. Dies erscheint schon deshalb unmöglich, weil unsere Kenntnisse von den Gesetzen der Bewegung des fließenden Wassers und selbst von den Abflußmengen keineswegs ausreichen, die Gestalt und Abmessungen derartiger „Lehren“ richtig zu berechnen. Die weitere Folgerung jenes Vorschlags, durch die Höhenlage der „Lehren“ auch das Längengefälle des Stromes in die Form einer Parabel zu zwingen, bedarf keiner ernstlichen Erwägung, da dies Bestreben nicht nur undurchführbar ist, sondern auch dem wichtigen Grundsätze unserer Regulirungsweise widerspricht, die Wasserstandsverhältnisse im großen Ganzen unverändert zu lassen.

Wieder von anderer Seite ist dem Regulirungssysteme zum Vorwurfe gemacht, daß die Auflandungen zwischen den Buhnen absichtlich zu hoch gehalten würden, um das Hochwasser aufzustauen und stärkere Strömungen für die bessere Spülung der Stromrinne zu erzielen, ferner daß unnöthigerweise Durchstiche hergestellt würden, wobei zur Ersparung von Kosten die Beseitigung des Bodens fast ganz

<sup>3)</sup> V. Schlichting „Anlagen der Landwirthe über Flußregulirungen“ (Deutsches Wochenblatt, 1893, 12. Januar). Weitere Abhandlungen über diese und die folgende, in demselben Aufsätze behandelte Frage finden sich im Centralblatt der Bauverwaltung, 1893 Nr. 8, 10 A, 11, 13, 22, 33 A, 36 A, 38 A, 41 A, 51 A.

<sup>4)</sup> Sasse „Ueber das Profil, Wassermengen- und Geschwindigkeitsgesetz in der Ober“ (Civilingenieur, 1867 S. 278), „Die Parabeltheorie in ihrer Anwendung auf die Bewegung des Wassers in der Saale und Anstrut“ (Hannoversche Bauzeitung, 1870 S. 193) und spätere Veröffentlichungen ähnlichen Inhalts.

<sup>5)</sup> Becker „Zur Kenntniß der Ober“ (Berlin, 1868).

<sup>6)</sup> Dpel „Studie, die sachgemäße Behandlung der Flußbetten betreffend“ (Berlin, 1893). Andere Veröffentlichungen über den gleichen Gegenstand finden sich in der Deutschen Bauzeitung, 1886 und 1888, ferner in Masers Annalen, 1892.

dem Hochwasser überlassen bliebe, und dieses weiter unterhalb mit den ausgebrochenen Sandmassen die Niederungsländereien versandete.<sup>6)</sup> — Thatsächlich wird zu dem kostspieligen Mittel der Abführung des Stromlaufes mittels eines Durchstichs nur im Nothfalle gegriffen, wenn der geordnete Zustand und seine dauernde Erhaltung anders nicht zu ermöglichen ist, besonders wo das Hochwasser in gestreckter Richtung den vielgewundenen Lauf des eigentlichen Stromschlauches fortwährend gekreuzt hat, wie z. B. an der Neze. Um die planmäßige Gestalt des Durchstichs zu sichern, werden stets die befestigten Ufer in ausgeschachteten Rinnen hergestellt, bevor man die Wegspülung des Kernes dem Strome überläßt, der die abgetriebenen Bodenmassen in den Alt-Armen und Bühnensfeldern ablagert. — Ebenso unbegründet erscheint der erste Vorwurf, wenn auch nicht zu verkennen ist, daß an manchen Stellen die Verlandungen höher angewachsen sind, als für den geregelten Abfluß des Hochwassers erwünscht wäre. Soweit die Strombauverwaltungen ein Verfügungsrecht darüber besitzen, sind die versehentlich zu hoch angewachsenen Verlandungen bereits abgetragen oder werden doch nach Maßgabe der verwendbaren Geldmittel allmählich auf das für die Hochwasser-Vorfluth erforderliche Höhenmaß zurückgeführt.

Schließlich sei noch des Vorschlages gedacht, das Niedrigwasserbett mit tief liegenden Leitdämmen zu begrenzen, deren Oberkante höchstens bis zur Höhe des Niedrigwassers reichen soll.<sup>7)</sup> Empfohlen wird das Vorgehen mit Probestrecken und in diesen zunächst die einseitige Anlegung der Leitdämme, wenn es nicht thunlich erscheint, den zweckmäßigen Abstand voranzubestimmen, der an den verschiedenen Stellen des Stromlaufes den beiderseitigen Leitdämmen gegeben werden müßte. Eine Versuchsstrecke in der Weser auf bremischem Gebiete hat sich seit zwei Jahren gut bewährt. In der preussischen Elbe ist eine ähnliche Bauweise bei der Brücke zu Wittenberge bereits früher zur Ausführung gelangt und neuerdings eine kurze Probestrecke unterhalb Tangermünde mit einem einseitigen Leitdamme ausgebaut worden. Die gegen das System der beiderseitigen Leitdämme im Gegensatz zum Systeme der Bühnen-Vorlagen erhobenen Bedenken beziehen sich hauptsächlich darauf, daß eine gewisse Beweglichkeit für die Regulierungsweise erforderlich sei, da sie nicht mit unbedingt sicheren Voraussetzungen arbeiten kann, wie denn auch das Bühnensystem sich durch die Erprobung dem Systeme der Parallelwerke überlegen gezeigt hat, weil es leichter gestattet, den Fingerzeigen zu folgen, die der Strom selbst giebt. Inwieweit es sich empfiehlt, das Bauverfahren in größerem Maßstabe anzuwenden und auf andere Ströme zu übertragen, läßt sich einstweilen noch nicht übersehen.

## 7. Einwände gegen das System im Allgemeinen.

Der vor zwanzig Jahren entbraunte Streit über Bühnen- und Parallelwerks-System hatte zur Voraussetzung, daß die am Oberrheine ausgeführten Parallelwerke die Schiffbarkeit weit mehr verbessert hätten, als dies den Bühnen an den preussischen Strömen gelungen sei.<sup>8)</sup> Dabei wurde die Wirksamkeit der Parallelwerke des Oberrheins überschätzt, welche ausschließlich den Zweck der Herbeiführung einer einheitlichen Stromrinne bei höheren Wasserständen hatten

<sup>6)</sup> Albrecht „Stromregulirung und Landwirtschaft“ (Die Post, 1893, 7. November).

<sup>7)</sup> V. Franzius „Zukünftige Regulirung der Flüsse für das Niedrigwasser“ (Centralblatt der Bauverwaltung 1893 S. 1). Entgegnung hierauf von V. Schlichting auf S. 57.

<sup>8)</sup> Crebenau „Die Flußverhältnisse des Oberrheins von Straßburg bis Maxau“ (Deutsche Bauzeitung, 1873 S. 284). Eine spätere Abhandlung über denselben Gegenstand enthält die 1888 verfaßte Schrift von Willgerodt „Die Schiffahrtsverhältnisse des Rheins zwischen Straßburg und Lauterburg“.

und diesen Zweck auch gut erfüllen. Inzwischen hat die Erfahrung gezeigt, daß jene Parallelwerke nur als künstliche Uferlinien aufzufassen sind, zwischen denen eine als Wasserstraße benutzbare Stromrinne in ähnlicher Weise herzustellen sein würde, wie dies „am Mittel- und Unter-Rhein zur Verbesserung der Wasserstraße innerhalb des natürlichen Strombettes seit vielen Jahrzehnten geschehen ist und zur Zeit noch geschieht.“<sup>9)</sup> Die vom Vorkämpfer des Parallelwerksystems geäußerte Meinung, daß das Bühnensystem an den preussischen Flüssen „namentlich für die Schifffahrt, trotz vieljähriger Bemühungen, nur unerfreuliche Resultate zum Vorschein gebracht“ habe, erscheint jetzt in eigenthümlichem Lichte, da sein Wunsch, „daß das schifffahrttreibende Publikum zu den Stromverhältnissen des Oberrheins bis Straßburg Vertrauen gewinnen möge“<sup>10)</sup>, bis heute noch nicht in Erfüllung gegangen ist, während die so abfällig beurtheilten preussischen Flüsse zu den verkehrsreichsten Wasserstraßen der Welt zählen.

Eine andere Behauptung aus derselben Zeit lautete: „Die Elbe ist durch Regulirung nicht schiffbar zu machen.“<sup>11)</sup> Der Urheber dieses Ausspruches, von dem auch die Erfindung der Bezeichnung „Verregulirung unserer Flüsse“ herrührt, suchte das einzige Heil in der Kanalisierung nach französischem Muster, während gleichzeitig ein französischer Wasserbautechniker die preussischen Ströme bereifte, um die hier angewandte Bauweise kennen zu lernen und sie mit bestem Erfolge auf den Ausbau der Rhone unterhalb Lyon zu übertragen.<sup>12)</sup> — Der von besser berufener Seite ausgegangene Vorschlag<sup>13)</sup>, die Oder von Oderberg bis Küstrin mit beweglichen Wehren zu kanalisieren, ist auf der Strecke von Rosel bis zur Mündung der Glaser Reiffe seitdem durchgeführt worden; weiter stromabwärts hat die Regulirungsweise mit Vorlagen vor den Bühnen die Schiffbarkeit mehr verbessert, als die Ausführung der damals vorgeschlagenen Kanalisierung dies gethan haben würde, ohne daß die Vorfluthverhältnisse der mittleren Oder benachtheiligt sind, was bei Verwirklichung des Planes in hohem Maße hätte eintreten müssen.

Der Vorschlag, das Oderbett auf die ganze Länge von Rosel bis Küstrin der Breite nach mittels eines „Spaltungsdammes“ in eine „Fahrt“ und eine „Fluthrinne“ zu trennen<sup>14)</sup>, bedarf keiner Erörterung, ebenso wenig der Vorschlag, „die Ströme mit selbstregulirenden Schwimmschützen terrassenförmig abzutauen“<sup>15)</sup>, und noch weniger der sonderbare Gedanke, mit Baggerungen für jeden Strom ein Bett von solcher Tiefe auszugraben, daß „er völlig Platz darin hat.“<sup>16)</sup>

<sup>9)</sup> M. Honsell „Die Wasserstraße Mannheim—Ludwigshafen und Rhei—Straßburg. Kanal oder freier Rhein“ (Centralblatt der Bauverwaltung, 1890 S. 105, 113, 128, 133, 140).

<sup>10)</sup> Grebenau a. a. O.

<sup>11)</sup> A. Dieck „Eindeichungen und Flußregulirungen in seitlicher Weise sind für das Gemeinwohl schädlich“ (Wiesbaden, 1879). Von demselben Verfasser rühren die Schriften her „Regulirung und Kanalisierung der deutschen Flüsse“ (Wiesbaden, 1876) und „Die naturwidrige Wasserwirtschaft der Neuzeit“ (Wiesbaden, 1879). Entgegnungen hierauf von M. Honsell und J. Schlichting.

<sup>12)</sup> Auszug aus dem Reisebericht des Oberingenieurs Jacquet im Centralblatt der Bauverwaltung, 1881 S. 371. Weitere Mittheilungen hierüber in den Nouvelles Annales de la construction, 1890, S. 10, 1891, S. 66.

<sup>13)</sup> E. Fessel „Die Schiffbarmachung der Oder“ (Duppeln, 1872). Entgegnung hierauf von Graebe „Die Oder als Schifffahrtsstraße“ (Deutsche Bauzeitung, 1872 S. 276). Weitere Abhandlungen über diese Frage finden sich in der Deutschen Bauzeitung 1872 S. 134, 170, 299, 411 und 1873 S. 28, 62.

<sup>14)</sup> Albrecht, in der Deutschen Bauzeitung, 1872 S. 299, 1873 S. 61.

<sup>15)</sup> E. W. Haase „Die Veranlassung zu den Eisverfekungen und Ueberschwemmungen“. Auszug in der Elbinger Zeitung, 1888, 8. September.

<sup>16)</sup> Nohrbach „Zur Tagesfrage der Hochwasser: eine Lebensfrage“ (Gotha, 1888).

## Resolutionen.

Auf Grund der vorgetragenen Erwägungen glaubt der Ausschuß die Allerhöchst gestellte Frage, welches die Ursachen der in neuerer Zeit vorgekommenen Ueberschwemmungen seien, ob das bei den Regulirungen und Kanalisirungen der preußischen Flüsse befolgte System zur Steigerung der Hochwassergefahren beigetragen habe, und welche Aenderungen des Systems zu empfehlen seien, durch folgende Resolutionen beantworten zu sollen:

- 1) Die Hochwassererscheinungen stehen naturgemäß in engem Zusammenhange mit atmosphärischen Vorgängen, und zwar kommen bei den norddeutschen Flüssen im Wesentlichen zweierlei Ursachen in Betracht, durch welche Hochfluthen hervorgerufen werden:

Im Sommer und im Herbst, bei den westlichen Flüssen gelegentlich auch im Winter, sind es ungewöhnlich starke, lange andauernde Niederschläge, welche Hochfluthen zur unmittelbaren Folge haben. Da auf eine Reihe nasser Jahre im Allgemeinen trockene zu folgen pflegen, so unterliegt auch das Auftreten dieser Hochfluthen einem solchen Wechsel.

Im Winter und Frühjahr sind es dagegen das rasche Abschmelzen größerer Schneemassen, besonders bei noch fest gefrorenem Boden, das stellenweise plötzliche Aufgehen der Flüsse sowie die Eisverfahrungen begünstigende Umstände, welche zu Ueberschwemmungen Anlaß geben.

Die in neuerer Zeit vorgekommenen Ueberschwemmungen sind in der Hauptsache auf die vorerwähnten Umstände zurückzuführen, welche dabei in außergewöhnlichem Maße wirksam geworden sind.

Zur Aufstellung bestimmter Gesetze über den Zusammenhang der meteorologischen Bedingungen mit den Hochwassererscheinungen reichen die zur Zeit vorhandenen meteorologischen Aufzeichnungen und Messungen der Abflussmengen der Flüsse bei verschiedenen Wasserständen noch nicht hin.

- 2) Die Ueberschwemmungsschäden sind durch manche Fehler und Unterlassungen gesteigert worden und könnten durch manche Maßregeln gemildert werden, soweit es in menschlicher Macht liegt, derartige Naturereignisse zu beeinflussen.

a) Als solche Fehler und Unterlassungen sind, der Hauptsache nach, zu bezeichnen:

die früher vorgekommene Vernachlässigung der Regel, daß mit Regulirungen im oberen Laufe eines Flusses die Schaffung genügender Vorfluth in den unterhalb gelegenen Theilen und an seiner Mündung Hand in Hand zu gehen hat;

die frühere Systemlosigkeit der Eindeichungen bei den Haupt-

und Nebenflüssen, wodurch nicht selten das Hochwasserbett in schädlicher Weise unregelmäßig gestaltet wurde;

die ungenügende Fürsorge für Freilegung und Freihaltung des Hochwasserbettes, die Unterlassung des Umbaues der ungünstig wirkenden festen Wehre und engen Brücken;

die unzureichende Regelung der Verpflichtungen zum systematischen Ausbau und zur Unterhaltung der nicht-schiffbaren Nebenflüsse und Flußstrecken;

ferner in manchen Fällen der Mangel an Vorkehrungen zur Zurückhaltung der Geschiebe an ihrem Ursprungsorte und zur Vorbeugung des allzurassen Zusammenströmens des Niederschlagswassers.

b) Mit welchen Maßregeln und wo durch Einwirkung auf die bezeichneten Verhältnisse eine Besserung des jetzigen Zustandes herbeizuführen wäre, soll für jedes Stromgebiet im Einzelnen untersucht werden, sobald durch Fertigstellung der betreffenden hydrographisch-wasserwirtschaftlichen Darstellung der jetzige Zustand klargelegt ist.

3) Das zur Zeit bei der Regulirung und Kanalisirung der preussischen Ströme befolgte System hat zur Steigerung der Hochwassergefahren und Ueberschwemmungsschäden nicht beigetragen, vielmehr auf eine Verminderung derselben hingewirkt.

4) Die Einwände, welche betreffs der angeblich ungünstigen Einwirkungen der Stromregulirungen auf Erhöhung der Eisgefahren, Vermehrung der Uferabbrüche und nachtheilige Aenderungen der Wasserstände vorgebracht worden sind, können im Allgemeinen nicht als zutreffend erachtet werden.

Wo in einzelnen Fällen Mängel hervorgetreten sind, ist die Ursache auch darin zu suchen, daß die Strombauberwaltungen nicht in der Lage waren, gleichzeitig den landwirthschaftlichen Interessen voll gerecht zu werden.

5) Die Vorschläge, welche zu Aenderungen des zur Zeit befolgten Systems gemacht worden sind, und die Einwände gegen das System im Allgemeinen geben keine Veranlassung, grundsätzliche Aenderungen bei der Anordnung und Ausführung der Regulirungsbauten zu empfehlen.

6) Unter Beibehaltung der allgemeinen Grundsätze des gegenwärtig zur Anwendung gelangenden Systems ist bei den Stromregulirungen im Besonderen Folgendes zu beachten:

Die Querschnittsform des Strombettes ist derart zu gestalten, daß beim mittleren Niedrigwasser eine der zugehörigen Abflußmenge entsprechende Tiefe und Breite gesichert wird, welche die Nutzbarkeit der Wasserstraße für Schiffsgesäße von angemessener Größe ermöglicht, während bei steigendem Wasser die Querschnittsfläche im richtigen Verhältnisse mit der zunehmenden Abflußmenge anwachsen soll. Hierbei ist stets darauf hinzuwirken, daß durch die Einschränkung übermäßiger Breiten und durch die Vertiefung des Strombettes keine nachtheiligen Aenderungen für die Uferländereien eintreten.

Die Längsentwicklung der Stromrinne ist derart zu gestalten, daß sie eine gestreckte Lage, thunlichst in der Richtung der Hochwasser-

strömung erhält. Bei der Begradigung ist ebenfalls darauf hinzuwirken, daß nachtheilige Aenderungen für die Uferländereien nicht eintreten.

Die Höhenlage der über dem gewöhnlichen Wasserspiegel befindlichen Theile der Regulirungswerke und Anlandungen ist so niedrig zu halten, daß der Abfluß des Hochwassers nicht beeinträchtigt wird.

Soweit an einzelnen Stellen die vorhandenen Regulirungswerke und fiskalischen Anlandungen diesen Grundsätzen nicht entsprechen, sind sie möglichst bald demgemäß umzugestalten.

- 7) Die Herstellung und Erhaltung eines einheitlichen, bei kleineren Wasserständen genügend tiefen Stromschlauches bildet die Voraussetzung und Grundlage für die Herstellung eines einheitlichen, zur regelmäßigen Abführung der Hochfluthen geeigneten Hochwasserbettes.

Die allmähliche Ausbildung eines solchen Hochwasserbettes und eine Milderung der Ueberschwemmungsschäden ist nur dadurch zu ermöglichen, daß zukünftig alle dahin zielenden Maßregeln nach einheitlichen Grundsätzen Hand in Hand mit den Regulirungen für ein ganzes Stromgebiet geplant und ausgeführt werden und dabei insbesondere auch ein planmäßiges Zusammenwirken aller beteiligten Behörden und Ressorts sichergestellt wird.

**Dr. v. Levezow**, Ehrenvorsitzender. **Schulz**, Vorsitzender.  
**Wiebe**, stellvertretender Vorsitzender. **Mücker**. **v. Arnim**.  
**Baensch**. **v. Baumbach**. **Bellingrath**. **Dr. v. Bezold**.  
**Bönchendorf**. **v. Dieke**. **Dombois**. **Graf v. Frankenberg-Ludwigsdorf**. **Franzins**. **von der Hagen**. **Dr. Hauchecorne**. **Freiherr v. Huene**. **Holle**. **Inze**. **Keller**.  
**v. Klitzing**. **Kozlowski**. **Dr. Kruse**. **Kunisch**. **Meyer**.  
**v. Münstermann**. **Nehls**. **v. Roeder** (Ober-Elguth).  
**Schulz**. **Stephann**. **Graf v. Wilamowitz-Möllendorff**.  
**Freiherr v. Zedlitz-Neukirch**.

Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem Verfasser im Jahre 1881 veröffentlichten Arbeit über die  
 Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der vorliegenden Arbeit wird die Geschichte der deutschen  
 Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt. Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem Verfasser im Jahre 1881  
 veröffentlichten Arbeit über die Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der vorliegenden Arbeit wird die  
 Geschichte der deutschen Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt. Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem  
 Verfasser im Jahre 1881 veröffentlichten Arbeit über die Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der  
 vorliegenden Arbeit wird die Geschichte der deutschen Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt.

Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem Verfasser im Jahre 1881 veröffentlichten Arbeit über die  
 Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der vorliegenden Arbeit wird die Geschichte der deutschen  
 Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt. Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem Verfasser im Jahre 1881  
 veröffentlichten Arbeit über die Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der vorliegenden Arbeit wird die  
 Geschichte der deutschen Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt. Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem  
 Verfasser im Jahre 1881 veröffentlichten Arbeit über die Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der  
 vorliegenden Arbeit wird die Geschichte der deutschen Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt.

Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem Verfasser im Jahre 1881 veröffentlichten Arbeit über die  
 Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der vorliegenden Arbeit wird die Geschichte der deutschen  
 Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt. Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem Verfasser im Jahre 1881  
 veröffentlichten Arbeit über die Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der vorliegenden Arbeit wird die  
 Geschichte der deutschen Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt. Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der von dem  
 Verfasser im Jahre 1881 veröffentlichten Arbeit über die Geschichte der deutschen Literatur des 17. Jahrhunderts. In der  
 vorliegenden Arbeit wird die Geschichte der deutschen Literatur des 18. Jahrhunderts behandelt.

Ausschuß zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmungsgefahr  
besonders ausgesetzten Flußgebieten.

Darstellung des Systems,

welches bei der

# Regulirung und Kanalisirung der preussischen Flüsse

bisher befolgt ist,

unter vergleichender Bezugnahme auf die zu demselben  
Zwecke in anderen Staaten angewandten Maßregeln.



Durch Beschluß des Ausschusses vom 9. Februar 1893 festgestellt.

# Inhalt.

<b>I. Die allgemeinen Eigenschaften der Flüsse.</b>	
A. Das Wasser.	Seite
Allgemeines . . . . .	3
Speisung der Flüsse . . . . .	5
Verschiedene Wasserstände . . . . .	6
Hochwässer . . . . .	7
Ungleichförmige Bewegung . . . . .	8
B. Das Flußbett . . . . .	8
C. Das Flußthal . . . . .	9
<b>II. Die Regulirung der preussischen Flüsse.</b>	
A. Der unregulirte Strom . . . . .	11
B. Die Entwicklung des Regulirungswesens . . . . .	14
C. Die technischen Hilfsmittel zur Regulirung . . . . .	16
D. Die allgemeine Anordnung der Regulirungen . . . . .	20
E. Die Regulirungswerke . . . . .	23
F. Durchstiche, künstliche Vertiefungen . . . . .	26
G. Das Hochwasserprofil . . . . .	27
<b>III. Die Kanalisirung der preussischen Flüsse.</b>	
A. Ueltere Stauanlagen . . . . .	29
B. Die allgemeine Anordnung der Kanalisirungen . . . . .	30
C. Die Wehre und Schleusen . . . . .	31
<b>IV. Die Regulirung und Kanalisirung der außerpreussischen Flüsse.</b>	
A. Allgemeines . . . . .	34
B. Europäische Staaten . . . . .	35
C. Nordamerika . . . . .	38

## I. Die allgemeinen Eigenschaften der Flüsse.

### A. Das Wasser.

#### Allgemeines.

Wasser, das sich in einem begrenzten Bette befindet, wie solches durch ein Gerinne, einen Bach, einen Fluß oder einen Strom, überhaupt durch einen Wasserlauf gebildet wird, vermag die unter der Bezeichnung des „Fließens“ bekannte Bewegung nicht anzunehmen, so lange seine Oberfläche horizontal steht. Das Fließen des Wassers wird vielmehr durch eine gewisse natürliche oder künstlich hergestellte Neigung seiner Oberfläche bedingt, welche man Gefälle nennt.

Das Gefälle gelangt in zwei Formen zum Ausdruck, als absolutes und als relatives. Das absolute Gefälle ist der Höhenunterschied im Wasserspiegel zwischen zwei, demselben Wasserlaufe angehörenden Punkten, das relative Gefälle dagegen die Verhältnißzahl zwischen dem absoluten Gefälle und der Länge der in Betracht kommenden Strecke, durch welche Zahl die größere oder geringere Neigung des Wasserspiegels unmittelbar ausgedrückt wird. Die Oder z. B. hat zwischen Frankfurt und Cüstrin ein absolutes Gefälle von rund 8 m, die Entfernung zwischen beiden Orten beträgt rund 30 km, mithin das relative Gefälle  $8 : 30\,000$  oder  $1 : 3750$ .

Die Gefälle vorhandener Wasserläufe werden durch Höhenmessungen, Nivellements, ermittelt und zeichnerisch durch Höhenpläne, Längenprofile, in der Weise dargestellt, daß man für die Höhen einen wesentlich größeren Maßstab anwendet, als für die Längen, weil sonst die verhältnißmäßig kleinen Höhenmaße nicht ausreichend zur Anschauung gelangen würden. In die Längenprofile pflegt man auch die Tiefelage der Sohle, nach dem Stromstrich (siehe unten) gemessen, und die Höhenlage der Ufer und Deiche einzutragen.

Denkt man durch einen Wasserlauf senkrecht zum Wasserspiegel und thunlichst rechtwinklig zu den seitlichen Begrenzungen eine Ebene gelegt, so erhält man ein Querprofil des Gewässers. Die Ermittlung der Querprofile erfolgt durch Tiefenmessungen, Peilungen, welche in regelmäßigen Abständen über die Breite des Gewässers vertheilt und deren Ergebnisse durch Zeichnung dargestellt werden, in der Regel nach einem größeren Höhen- als Längenmaßstabe, ähnlich den Längenprofilen. Ihrer Gestaltung nach giebt es regelmäßige und unregelmäßige, tiefe und flache u. s. w. Querprofile. Die Größe derselben wird durch den Flächeninhalt der vom Wasserspiegel und dem Bette umgrenzten Figur in Quadratmetern ausgedrückt. In ein und demselben Querprofil kommen aber, je nach der wechselnden Höhe des Wasserspiegels, verschieden große Flächen in

Frage, weshalb bei der Angabe einer Profilfläche die Höhe des Wasserspiegels wenigstens andeutungsweise — (Hochwasser-, Mittelwasser-, Niedrigwasser-Profil) — mit angegeben werden muß.

Das Maß, welches man erhält, wenn man die Fläche des Querprofils durch die Länge des benetzten Umfanges dividirt, nennt man die mittlere Tiefe des Profils, auch den Profilradius. Bei verhältnißmäßig flachen und breiten Profilen kann man die Breite des Wasserspiegels dem benetzten Umfange gleich setzen. Die mittlere Tiefe ist annähernd die Höhe eines Rechteckes, welches mit dem Profil gleichen Inhalt und den Wasserspiegel zur Breite hat.

Die Länge des Weges, welchen fließendes Wasser oder ein einzelner Theil desselben in einer Zeitekunde zurücklegt, wird dessen Geschwindigkeit genannt, die in der Regel nach Metern, auch wohl nach Theilen desselben, mit oder ohne den selbstverständlichen Zusatz „in der Sekunde“ ausgedrückt wird.

Die Geschwindigkeit des fließenden Wassers ist abhängig von dem Gefälle und dem Querprofil der in Betracht kommenden Strecke des Gewässers. Während im Allgemeinen einem größeren Gefälle eine größere Geschwindigkeit entspricht, erleidet die Fortbewegung des Wassers an der von ihm berührten Umgrenzung des Querprofils gewisse Widerstände durch die Adhäsion und die Reibung, welche um so größer werden, je rauher und unebener das Bett ist, also je mehr Berührungspunkte vorhanden sind. In Folge dessen ist die Geschwindigkeit des fließenden Wassers an seiner Oberfläche größer, als am Grunde und auch in verschiedenen Tiefen verschieden. Innerhalb ein und desselben Profils ist sie am geringsten an den flachen Rändern, am größten in der Regel da, wo sich die größte Tiefe findet, bei regelmäßigen Profilen also in der Mitte. Die Längslinie, nach welcher in einer Stromstrecke die größte Geschwindigkeit bemerkbar wird, nennt man den Stromstrich, welcher der tiefsten Rinne, der Strom- oder Fahrrinne, zu folgen pflegt.

Multipliziert man mit dem in Quadratmetern ausgedrückten Flächeninhalt eines Querprofils die Geschwindigkeit, mit der sich das Wasser in dem Profil bewegt, so erhält man in Kubikmetern die Wassermenge, welche das Profil in einer Zeitekunde durchfließt. Bei größeren Profilen mit wechselnden Tiefen, innerhalb deren sehr verschiedene Geschwindigkeiten vorkommen, muß man die Rechnung für die einzelnen Profilabschnitte durchführen, wonächst man durch Aufsummierung der Ergebnisse die Gesamtwassermenge erhält. Dividirt man diese durch den Flächeninhalt des Profils, so ergibt sich dessen mittlere Geschwindigkeit, d. h. diejenige Geschwindigkeit, mit welcher sich jene Wassermenge in dem Profil bewegen würde, wenn die Geschwindigkeit überall gleich groß wäre. Die mittlere Geschwindigkeit steht in bestimmten Beziehungen zur mittleren Tiefe und zum Gefälle.

Die Messung der Geschwindigkeit des fließenden Wassers geschieht in einfachster Weise durch Schwimmer, die man eine gewisse Zahl von Metern durchlaufen läßt, um aus der gebrauchten Zeit durch Division die Geschwindigkeit je Sekunde herzuleiten. Schwimmer geben aber die Geschwindigkeit nur ungenau, meist etwas zu groß an; dergleichen Messungen reichen daher für größere Profile und eingehende Ermittlungen nicht aus. Bei wichtigen Fällen benutzt man Instrumente, durch welche man die Geschwindigkeit an jeder Stelle des Profils und in jeder Tiefe bestimmen kann, und unter denen der „Woltmannsche Flügel“ und einige in neuerer Zeit entstandene vollkommenere Vorrichtungen am meisten in Gebrauch stehen. Außerdem hat man über die Beziehungen zwischen der mittleren Geschwindigkeit, dem Gefälle und der mittleren Tiefe mathematische Formeln, Geschwindigkeits-Formeln, aufgestellt, in welcher die aus der Beschaffenheit des Bettes hervorgehenden Bewegungshindernisse durch Erfahrungs-

zahlen mit zum Ausdruck gelangen. Auf diese Formeln, welche in der Regel den Namen der Forscher tragen, aus deren oft jahrelangen Bemühungen sie hervorgegangen sind, ist man in solchen Fällen angewiesen, in denen man unmittelbare Messungen nicht vornehmen kann, wie es beispielsweise bei großen Hochwässern vorkommt, jedesmal aber bei Entwurfsarbeiten, bei welchen die zu erwartenden Geschwindigkeiten oder die erforderlichen Profilweiten oder die anzuwendenden Gefälle vor der Bauausführung durch Rechnung bestimmt werden müssen.

### **Speisung der Flüsse.**

Alle natürlichen Gewässer werden durch die atmosphärischen Niederschläge gespeist, welche, soweit sie nicht verdunsten, entweder unmittelbar von der Erdoberfläche abfließen, oder in den Erdboden eindringen. Von dem in den Erdboden dringenden Wasser wird ein Theil in den natürlichen Höhlungen des Gesteins oder der Gerölle- und Kiesel-schichten gesammelt, um, wenn die Vertikalität hierzu geeignet ist, als Quelle zu Tage zu treten, ein anderer Theil findet dergleichen Verhältnisse nicht vor, wird deshalb von dem Untergrunde aufgesogen und längere Zeit als Grundwasser festgehalten. Das Grundwasser wird zum Theil zur Ernährung und Bildung der Pflanzenkörper verbraucht, gelangt aber schließlich, wenn es nicht in beckenartigen Vertiefungen undurchlässiger Bodenschichten zurückgehalten wird, in mehr oder minder langsamer Abwärtsbewegung unterirdisch ebenfalls in die Wasserläufe und Flüsse, die Sammler, um deren Speisung manchmal gerade dann zu übernehmen, wenn anhaltende Dürre die oberirdischen Zuflüsse verstegen läßt.

Hiernach ist die Wassermenge, welche die Flüsse führen, abhängig: einerseits von der Größe und Beschaffenheit der Flächen, von denen die atmosphärischen Niederschläge aufgenommen werden, andererseits von der Menge der letzteren.

Die Fläche, von welcher ein Gewässer seine Zuflüsse oberirdisch empfängt, sein Wasser- oder Niederschlagsgebiet, auch Zufluß- oder Einzugsgebiet genannt, wird durch Wasserscheiden umgrenzt, d. h. mehr oder minder scharf ausgesprochene Höhenzüge, von denen die Niederschläge zwei- oder mehrseitig nach verschiedenen Sammlern hin abfließen. Die Hauptwasserscheiden trennen die Gebiete der großen Ströme, somit vielfach auch der Meere, von einander. Innerhalb dieser Hauptwasserscheiden haben die Gebiete der Nebenflüsse, selbst die kleinen Bäche und Wassergänge, ihre Wasserscheiden zweiter und niederer Ordnung.

Von einem Wassergebiet, welches, wie soches meist im Gebirge der Fall ist, starke Neigungen und Gehänge aufweist, eine undurchlässige Bodenbeschaffenheit hat und nicht mit Pflanzenwuchs bedeckt ist, fließen die Niederschläge selbstverständlich schneller und vollkommener ab, als von einem mehr ebenen, begrüntem Gebiet mit durchlässigem Boden, zumal wenn sich darin Seen und Sümpfe befinden. Auch vorübergehende Zustände des Gebietes, namentlich die durch Austrocknung erhöhte, andererseits durch andauernde Durchnässung oder durch Gefrieren verminderte Aufnahmefähigkeit des Geländes für das Regenwasser sind von Einfluß auf die Schnelligkeit und die Menge des oberirdischen Wasserabflusses. Derjenige Theil des Niederschlagwassers, welcher dem Wassergebiete durch die Verdunstung wieder entzogen wird, ist sehr erheblich, und seine Größe ist sowohl von den Temperaturverhältnissen und dem Feuchtigkeitsgrad der Luft, als auch von der Beschaffenheit des Geländes abhängig. In erster Linie freilich wird der Wasserabfluß durch die Menge der atmosphärischen Niederschläge bedingt, welche je nach der Jahreszeit und der geo-

graphischen Lage des Wassergebietes sehr verschieden ist. Auch macht sich ein periodischer Wechsel der Niederschlagsmengen dahin bemerkbar, daß auf eine Reihe sehr nasser Jahre eine Reihe trockener zu folgen pflegt. Ein Theil der Niederschläge gelangt als Schnee zur Erde, dessen Abschmelzen, namentlich wenn es mit warmem Regen erfolgt, die in die Sammler gelangenden Wassermassen nicht selten plötzlich und sehr erheblich vermehrt.

Um die in den verschiedenen Wassergebieten niedergehenden Regenmengen kennen zu lernen, hat man in größerer oder geringerer Dichtigkeit Regenstationen eingerichtet, zum Theil in Verbindung mit größeren meteorologischen Stationen. Die Messung der Niederschläge erfolgt hier durch Regennmesser oder Ombrometer, und zwar in Centimetern oder Metern der Niederschlagshöhe, d. h. nach derjenigen Höhe, in der eine horizontale undurchlässige Fläche ohne Abfluß von dem herabkommenden Wasser bedeckt wird. Aus der getroffenen Fläche des Wassergebiets und der Niederschlagshöhe läßt sich zwar die Wassermenge, welche ein bestimmter Regen gebracht hat, leicht berechnen, aber welcher Theil davon in den Gewässern zum Abfluß gelangt und innerhalb welcher Zeit dies geschieht, läßt sich aus den soeben entwickelten Gründen theils gar nicht, theils nur annähernd bestimmen, man ist indessen bemüht, auch hierüber zu bestimmten Ergebnissen zu gelangen.

### Verschiedene Wasserstände.

Vermehren sich die Zuflüsse eines Gewässers, so steigt oder wächst das Wasser, vermindern sie sich, so fällt es. Diesen Erscheinungen hat man bei ihrer großen Wichtigkeit für die Vorfluth und Schiffahrt von jeher eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet. An allen öffentlichen und den wichtigeren nicht öffentlichen Gewässern sind in größeren oder geringeren Abständen je nach dem Bedürfniß Pegel aufgestellt, an denen die jeweilige Höhe des Wasserstandes ein- oder unter besonderen Umständen mehrmals am Tage abgelesen wird, um in die fortlaufend geführten Wasserstandstabellen eingetragen zu werden. Da durch etwaige Aenderungen in der Höhenlage der Pegel nachtheilige Irrungen entstehen würden, so ist dafür gesorgt, daß die Pegel-Nullpunkte dauernd in ihrer Höhe erhalten bleiben. Auch ist deren Höhenlage über einer gemeinschaftlichen Horizontalebene — Normal-Null oder N. N. — so bestimmt, daß aus zwei gleichzeitigen Ablesungen an verschiedenen Pegeln das alsdann vorhanden gewesene absolute Gefälle der betreffenden Stromstrecke ohne Weiteres hergeleitet werden kann. Die Wasserstandstabellen werden bei den Behörden gesammelt und bilden eine Hauptgrundlage für alle an den Flüssen vorkommenden Wasserbauten.

Die aus den täglichen Beobachtungen gezogenen Durchschnittszahlen ergeben die mittleren Monats- und Jahreswasserstände und weiter die Durchschnitte aus einer Reihe von Jahren, auf welche Zahlen häufig zurückgegriffen werden muß. Dasselbe gilt von den aus den Tabellen ebenfalls ersichtlichen höchsten und niedrigsten Wasserständen und deren Durchschnitten. Den gewöhnlichen Wasserstand gewisser Zeitabschnitte, etwa der Sommermonate, nennt man denjenigen, welcher nach den täglichen Beobachtungen eben so oft über- wie unterschritten wird. Auch sein Maaß ist auf manche Feststellungen von Einfluß. Ein Fluß befindet sich im Beharrungszustande, wenn einige Zeit hindurch weder ein Steigen noch ein Fallen des Wassers bemerkbar geworden ist. Er ist bordvoll, wenn das Wasser so hoch gestiegen ist, daß es bei weiterem Steigen die Ufer überfluthen würde. Geschieht dies, so ist Hochwasser eingetreten.

Der Wechsel der Wasserstände an einem bestimmten Pegel kann durch Wasserstands-Kurven (Pegel=Skalen) unmittelbar zur Anschauung gebracht werden, wenn man auf einer horizontalen Linie die einzelnen Tage durch Punkte in gleichen Abständen bezeichnet, und auf Senkrechten, die in diesen Punkten errichtet werden, die zugehörigen Wasserstandshöhen nach einheitlichem Maaßstabe aufträgt, woraus sich eine, dem Steigen und Fallen des Wassers entsprechend auf- und niedergehende Linie ergibt. Eine, meist stärker ausgezogene horizontale Linie bezeichnet dann den mittleren Wasserstand des in Betracht kommenden Zeitabschnittes. Dergleichen Wasserstands-Kurven werden auch durch selbstregistrirende Pegel, wie solche neuerdings mehr und mehr zur Anwendung gelangen, unmittelbar dargestellt, indem ein mit einem Schwimmer zweckentsprechend verbundener Stift, welcher sich mit dem Wasserstande hebt und senkt, gegen einen Papierstreifen gedrückt wird, der über eine, durch ein Uhrwerk in Drehung versetzte Trommel gelegt ist. Diese in jüngster Zeit noch weiter vervollkommnete Vorrichtung arbeitet durchaus zuverlässig und ist namentlich an entlegenen und unzugänglichen Orten von Nutzen.

### Hochwasser.

Betrachtet man das Längenprofil eines unserer deutschen Ströme im Zusammenhange vom Quellgebiet bis zur Einmündung in das Meer, zunächst nach seinem mittleren Wasserstande, so erkennt man, daß das relative Gefälle in den oberen, meist im Gebirge liegenden Stromstrecken am größten ist, daß es im Mittellauf allmählig abnimmt und daß es in den untersten Strecken ganz gering wird. Die Mittelwasserlinie bildet daher im Großen und Ganzen eine mehr oder weniger stetige Kurve, welche oben steil abfällt, sich weiterhin verflacht und am unteren Ende in eine nahezu horizontale Linie übergeht, insoweit sich nicht hier die wechselnden Wasserstände des Meeres, namentlich Ebbe und Fluth, bemerkbar machen. Wenn nun im Quellengebiet und den oberen Stromstrecken erhebliche Niederschläge fallen oder ein umfangreiches Abschmelzen des Schnees eintritt, so beginnt hier das Wasser zu steigen und pflügt Hochwasser einzutreten. Wie man durch Eintragung der Pegelstände in das Längenprofil des Mittelwassers deutlich erkennen kann, pflanzt sich die entstehende Hochwasser- oder Fluthwelle — wenn sie nicht etwa in den unteren und mittleren Stromgegenden durch größere Nebenflüsse beeinflusst wird — mehr oder minder schnell, je nach den Gefällverhältnissen, nach unten hin fort, worauf für meist nur kurze Zeit ein Beharrungszustand eintritt und dann das Fallen des Wassers folgt. Sind die Niederschläge von kurzer Dauer, wie bei heftigen Gewittergüssen, so kann es vorkommen, daß in den unteren Stromgegenden das Wasser noch steigt, während es oben schon fällt, wobei die Fluthwelle sich nach unten hin verflacht, dafür aber eine größere Länge annimmt. Während des Steigens des Wassers ist das Gefälle im Strom und damit die Geschwindigkeit größer, als im Beharrungszustande; während des Fallens sind beide kleiner, weshalb Gefälleermittelungen und Geschwindigkeitsmessungen mit Sicherheit nur während eines Beharrungszustandes vorgenommen werden können.

Alle diese Vorgänge gestalten sich wesentlich verwickelter, wenn ein Strom im Mittel- oder Untergebiet größere Nebenflüsse aufnimmt. Diese führen ihre Hochwässer in der Regel nicht gleichzeitig mit dem Hauptstrom und unter einander, woher denn auch nicht selten unten Hochwässer eintreten, von denen die oberen Stromgegenden unberührt bleiben. Die größten Anschwellungen pflegen dann vorzukommen, wenn der Hauptstrom und die Nebenflüsse gleichzeitig Hochwasser haben. Dergleichen Verhältnisse erschweren ungemein die Vorausbe-

stimmung der Hochwässer nach dem Zeitpunkt ihres Eintritts und der zu erwartenden Höhe, ein Gegenstand, dem man in jüngster Zeit eine ganz besondere Aufmerksamkeit zuwendet.

Von großem und unberechenbarem Einflusse auf die Hochwasserstände sind die Eiszgänge mit den dabei vorkommenden Eisversetzungen oder Eisstopfungen, die in den norddeutschen Strömen, weil diese vornehmlich von Süden nach Norden fließen und das Eis in den oberen Stromgegenden früher als in den unteren aufzuthauen pflegt, häufiger und gefahrbringender auftreten als in Strömen umgekehrter Richtung. Die Aufstauungen des Wassers, welche entstehen, wenn der Abfluß durch Eisversetzungen gehemmt wird, und die selbst dann auftreten können, wenn der Strom sonst kein Hochwasser führt, erreichen nicht selten eine weit größere Höhe, als sie der Strom bei frei abfließendem Hochwasser einnimmt.

### Ungleichförmige Bewegung.

Natürliche Strom- oder Flußstrecken, welche in größerer Ausdehnung ihr Gefälle nicht ändern und nahezu gleichbleibende Querprofile aufweisen, nennt man normal und die Bewegung des Wassers in ihnen gleichförmig. Die Bewegung wird ungleichförmig dann, wenn größere Profilveränderungen eintreten. Wird beispielsweise das bisher gleichmäßige Profil verengt, sei es auf natürlichem oder künstlichem Wege, so muß dieselbe Wassermenge, welche sich bisher in dem weiteren Profil bewegte, von dem engeren Profil abgeführt werden, was nur durch die Vermehrung der Geschwindigkeit geschehen kann. Da aber der vergrößerten Geschwindigkeit ein größeres relatives Gefälle entsprechen muß, so ist die Folge jeder Profilbeschränkung eine Hebung des Wasserpiegels oberhalb derselben. Dadurch entsteht hier eine Vergrößerung des Profils und damit eine Verminderung des Gefälles und der Geschwindigkeit, die sich um so weiter aufwärts erstreckt, je größer verhältnißmäßig die Einschränkung und je geringer das bisher gleichmäßige Gefälle war.

Vergleichen Unregelmäßigkeiten werden, wenn sie nicht absichtlich durch Bauanlagen, u. A. durch Wehre herbeigeführt werden, namentlich durch natürliche Verflachungen, wie Felsenriffe und Bänke von Gerölle, Kies und festgelagertem Sande erzeugt. Sie bedingen, wenn sie nur kurz und verhältnißmäßig hoch sind, einen Uebersturz des Wassers, bei größerer Länge dagegen Stromschnellen, in denen die eilige, rauschende Bewegung des Wassers deutlich wahrnehmbar wird und der flache Strom meist eine übergroße Breite annimmt. Stromschnellen können aber auch durch Einschränkungen des Profils nach der Breite entstehen, wenn die Seitenwände und die Flußsohle aus Felsen oder sehr festen Bodenarten gebildet werden, oder, wie es wohl bei Eindeichungen oder Brücken u. s. w. vorkommt, die Breite künstlich verringert wird. Das Längsprofil eines Stromes, welcher zahlreiche Unregelmäßigkeiten in der Profilgestaltung aufweist, erscheint in der zeichnerischen Darstellung mehr treppenförmig als stetig.

## B. Das Flußbett.

Fließendes Wasser hat in Folge der Adhäsion, der Reibung und seiner inneren Bewegungen (Wirbelbildungen) das Bestreben, die Sohle und die Wände oder Ufer seines Bettes anzugreifen und die davon losgerissenen und in Bewegung gebrachten Stoffe (Sinkstoffe oder Sedimente) weiter fortzuführen. Ob und in welchem Umfange solches geschieht, ist abhängig von der Geschwindig-

keit des Wassers, von der Beschaffenheit des Bettes und von der Art des Angriffs.

In den gebirgigen Quellengebieten der Ströme, wo die Gefälle und damit die Geschwindigkeiten sehr groß sind, vermag die Strömung große und kleinere Steine (Geschiebe, Gerölle) fortzuführen, in den mittleren Stromgegenden entsprechend der abnehmenden Geschwindigkeit nur Kies in verschiedenen Größen, in den unteren Strecken noch groben, weiterhin nur noch feinen Sand. Außerdem führen die Flüsse namentlich bei Hochwasser Stoffe mit sich, welche im Wasser schweben (suspendirt sind).

Die Weiterführung jener festen Stoffe erfolgt hauptsächlich auf der Flußsohle, bei größeren Stücken durch eine springende oder hüpfende, bei kleineren durch eine rollende Bewegung, während die Sände mehr gleichmäßig fortgeschoben werden. Hierbei bildet sich durch die Reibung der einzelne Stücke gegeneinander deren rundliche Form aus, während die abgestoßenen Theile die Menge der feineren Stoffe vermehren. Vermindert sich die Geschwindigkeit des Wassers aus irgend einer Ursache in dem Maße, daß es nicht im Stande ist, die in Bewegung befindlichen Stoffe weiter fortzuführen, weil sie hierzu zu schwer sind, so bleiben diese da zurück, wo sie sich eben befinden, sie werden abgelagert, die schwebenden Stoffe dagegen gelangen als mehr oder minder feste Niederschläge, Schlack oder Schlamm, nur da zur Ruhe, wo die Geschwindigkeit des Wassers ganz oder doch beinahe ganz aufhört.

Die Stärke des Stromangriffs auf die Ufer ist, außer von der Geschwindigkeit, auch abhängig von dem Winkel, in dem die Strömung auf das Ufer trifft, insofern der Angriff mit der Größe des Anfallwinkels wächst und geringer wird, auch wohl ganz aufhört, wo der Stromstrich parallel zum Ufer geht. Dagegen ist die Wirkung des Angriffs verschieden nach der natürlichen Beschaffenheit des Ufers. Es giebt, abgesehen von Felsen, Bodenarten, welche — wie fester Thon, namentlich, wenn er mit Steinen durchsetzt ist — ungemein widerstandsfähig sind, andererseits solche, deren Widerstand nur gering ist, wenn sie auch fest zu sein scheinen. Der aus dem Stromangriff hervorgehende Uferabbruch vollzieht sich häufig so, daß die Strömung den Fuß der Böschung fortspült, sie unterwäscht, und dann die oberen Theile, selbst wenn sie aus sonst widerstandsfähigen Schichten bestehen, nachstürzen. Ähnliche Wirkungen hat der Wellenschlag, sowohl derjenige, welcher durch den Wind erzeugt wird, wenn dieser auf größeren Wasserflächen gegen das Ufer gerichtet ist, als auch der Wellenschlag, welchen schnellfahrende Dampfschiffe hervorbringen.

Da innerhalb ein und desselben Querprofils sehr verschiedene Geschwindigkeiten stattfinden können, so treten häufig gewaltsame Vertiefungen auf der einen und Anlandungen auf der anderen Seite ein. Dergleichen Vertiefungen, wenn sie vereinzelt und in geringerer Länge vorkommen, nennt man Kolke, die Anlandungen dagegen Bänke, Häger, Flächen, Furthe u. s. w. Wenn Häger zu solcher Höhe anwachsen, daß sie über den gewöhnlichen Wasserstand hinausgehen, pflegt sich Pflanzenwuchs auf ihnen zu bilden, der die weitere Aufhöhung und damit die Unregelmäßigkeiten des Strombettes zu befördern geeignet ist.

### C. Das Flußthal.

Mit Ausnahme weniger, verhältnißmäßig kurzer Strecken fließen die norddeutschen Ströme in ihren unteren und mittleren Theilen in Flußthälern, welche, je nachdem die sie begrenzenden Hochufer sich mehr oder weniger einander nähern, eine geringere oder größere Breite aufweisen. Die Flußthäler haben in

der Hauptsache das gleiche Längengefälle wie der Strom: und werden vom Hochwasser, soweit sie nicht eingedeicht sind, regelmäßig überfluthet. Da das Hochwasser hierbei einen Theil seiner Geschwindigkeit verliert, so setzt es auch einen Theil der Sinkstoffe, die es mit sich führt, auf den überschwemmten Ländereien ab, wodurch diese eine allmälige Aufhöhung erfahren. Die meisten und schwersten dieser Sinkstoffe läßt der Strom sofort bei der Ausuferung fallen, in Folge dessen die Flußthäler an den Flußrändern höher zu liegen pflegen, als an den Höhenrändern, mithin sich ein Quergefälle vom Flusse nach den letzteren hin herausstellt. Bei kleineren Flüssen, die, aus bergigen Gegenden herabkommend, in die Niederungen eintreten, ist diese Erscheinung bisweilen sehr stark und deutlich erkennbar ausgesprochen.

Die Bodenmassen, welche sich in den Strömen, namentlich während des Hochwassers in Bewegung befinden, sind sehr groß. Ein erheblicher Theil derselben wird schon im Quellgebiet von den Gehängen durch Regen und schmelzenden Schnee abgespült, namentlich da, wo der Grund und Boden durch Entwaldungen bloßgelegt und dem Wasserangriff unmittelbar ausgesetzt ist, ein anderer Theil erfolgt aus den Uferabbrüchen, die da, wo die Ufer hoch sind oder gar, wie es bisweilen vorkommt, Höhenränder dem Stromanfall ausgesetzt sind, gewaltige Erdmassen in den Strom gelangen lassen. In der Regel ist die Menge der hiernach dem Strome von außen her zukommenden Sinkstoffe größer, als er in eigenem Bette und durch die allmälige fortschreitende Erhöhung seiner Uferländer und Niederungen ablagert. Daher gelangt ein mehr oder weniger erheblicher Theil derselben in die unteren Stromgegenden und bis ins Meer oder das davor liegende Haff, um erst hier abgelagert zu werden und zuerst Untiefen, dann Bänke und Inseln zu bilden, welche allmälige so hoch aufwachsen, daß sich Pflanzenwuchs darauf einstellt. Dergleichen Neubildungen, Deltas, sind schon in frühesten Zeiten an fast allen Strommündungen und bisweilen in so erheblicher Ausdehnung entstanden, daß sie sich zu großen und fruchtbaren, jetzt meistentheils eingedeichten Niederungen ausgebildet haben. Sie nehmen noch heute ihren unaufhaltsamen Fortgang und bewirken, daß in den Mündungstrecken, in Folge der Verlängerung des Stromschlauches see- oder haffwärts, die relativen Gefälle allmälige geringer werden, mithin die Neigung der Sinkstoffe, hier liegen zu bleiben und die Flußsohle zu erhöhen, stetig zunimmt.

## II. Die Regulirung der preussischen Flüsse.

### A. Der unregulirte Strom.

Wildbäche, wie sie den Alpen und anderen Hochgebirgen eigenthümlich sind, giebt es in Preußen nur im oberen Quellgebiet der Oder. Während hier die Verbauung nach Art der Hochgebirgs-Wildbäche wohl angebracht wäre, sind bei den Gebirgsflüssen in unseren Mittelgebirgen systematische Regulirungen mehrfach und mit gutem Erfolge zur Ausführung gekommen. Namentlich ist es durch umfangreiche, eine Reihe von Jahren umfassende Arbeiten gelungen, der Lahn oberhalb Marburg und der Ahr einheitliche, in Ufern und Sohle gefestigte Betten zuzuweisen und den früher häufig eintretenden Verlegungen des Laufs Einhalt zu thun. Ferner sind Theilregulirungen von Gebirgsflüssen und Bächen in den Mittelgebirgen der Rheinprovinz, von Hessen-Kassau und von Schlesien zur Ausführung gelangt. Jedoch liegen dergleichen Regulirungen der Flüsse in ihren Quellgebieten ebenso außerhalb des Rahmens dieser Schrift, wie diejenigen, welche in den Fluthgebieten der großen Ströme ausschließlich zur Förderung der Seeschifffahrt ausgeführt werden. In den nachstehenden Erörterungen handelt es sich vielmehr nur um solche Regulirungen, welche in den mittleren und unteren Stromgebieten ausgeführt und allmählig zu einem bestimmten System entwickelt worden sind.

Die preussischen Flüsse und Ströme sind in ihren der Binnenschifffahrt dienenden Strecken, in denen sie als öffentliche gelten, insoweit regulirt, daß keiner von ihnen jetzt noch das Bild eines unregulirten Stromes gewährt. Selbst die nicht regulirte obere Oder von der österreichischen Grenze bis Ratibor stellt jenes Bild nur unvollständig dar, theils weil hier bereits mehrfache Geradlegungen und Uferbauten zum Schutze der Gelände gegen Abbruch stattgefunden haben, theils weil dieser Stromabschnitt seiner Natur nach mehr dem oberen als dem mittleren Stromgebiete angehört, mithin gewisse Erscheinungen, welche diesem und dem unteren Gebiete eigenthümlich sind, hier nicht zur Wahrnehmung gelangen. Die nachfolgende Darstellung der Zustände, wie sie bei einem unregulirten Strome stattfinden, stützt sich daher einerseits auf das Bild der Verwilderung, welches gegenwärtig noch verschiedene kleine nicht schiffbare Flüsse auf längeren Strecken bieten, andererseits auf vorhandene alte Karten und sonstige Urkunden, in denen die Ströme im Zustande der Verwilderung vor dem Beginn der Regulirung dargestellt sind, und nicht zum mindesten auf die bei den Strömen des Auslandes noch herrschenden thatsächlichen Zustände.

Eine der hauptsächlichsten Eigenthümlichkeiten eines sich selbst überlassenen Stromes ist die Unstetigkeit und Wandelbarkeit der Ufer und des Bettes. Der Fluß pflegt sich in seinem Thal in größeren und kleineren Krümmungen (Kurven) zu bewegen, innerhalb deren der Stromstrich jedesmal auf der ein-

buchtenden (konkaven) Seite liegt, während auf der ausbuchtenden (konvergen) Seite eine entsprechend geringere Geschwindigkeit stattfindet. Die Hauptströmung wechselt daher stets von einem Ufer nach dem anderen und übt, je nach der Stärke und Richtung des Stromanfalls und je nach der Beschaffenheit des Erdreichs, einen mehr oder minder wirksamen Angriff auf das einbuchtende Ufer aus. Dem hier entstehenden Uferabbruch entspricht ein Uferzuwachs auf der ausbuchtenden Seite, an welcher der geringeren Geschwindigkeit wegen die Sinkstoffe zur Ruhe gelangen. Die Folge dieser Erscheinung, welche man das Serpentiniren der Flüsse nennt, ist, daß die Krümmungen und die darauf folgenden Gegenkrümmungen immer schärfer werden, immer weiter landeinwärts dringen, und sich schließlich so weit einander nähern, daß zwischen beiden nur noch ein schmaler, dammartiger Erdbörper vorhanden ist, den das Hochwasser gelegentlich durchbricht. Dann nimmt der Fluß wieder eine mehr gerade Richtung an, indem er sein bisheriges Bett verläßt und allmählig zur Verlandung bringt. Diese vollzieht sich jedoch meistens nicht vollständig, vielmehr bleibt der vom Flusse entferntere Theil des alten Bettes als Teich oder See in Halbmond- oder Sichel- form bestehen. Dergleichen halbmondförmige Teiche finden sich in den Flußthälern vielfach vor, ohne Unterschied der Größe des Flusses und oft weit entfernt von dessen jetzigem Laufe, als unumstößliche Beweise der gewaltsamen und umfangreichen Veränderungen, denen die unregulirten Flüsse zum großen Nachtheile des Grundbesitzes unterliegen. Die Besitzstands- und Ortsgrenzen folgen noch heute vielfach den längst nicht mehr vorhandenen Flußkrümmungen.

Uferabbrüche entstehen aber auch in mehr geraden Flußstrecken, bisweilen in Folge zufälliger Einwirkungen von Steinen oder Baumstämmen, die im Bette lagern, oder auch in Folge von Eisversehungen. Dann bilden sich übergroße Breiten des Flußbettes mit geringer Wassertiefe und in ihnen Kies und Sandfelder, zwischen denen sich bei kleinen Wasserständen der Fluß in einzelnen schwachen Rinnsalen hindurchwindet, die aber, wenn sie festgelagert sind, für die höheren Wasserstände Wehre darstellen. Auf solchen Flächen finden dann Stromschnellen statt, oberhalb derselben seeartige Anstauungen, die wiederum Veranlassung zu unregelmäßigen Ablagerungen, auch zu Eisversehungen geben. Weiter entstehen, wenn sich die zwischen den Rinnsalen liegenden Anlandungen erhöhen, Inseln, die Flußarme dringen tiefer in die Ufer ein, die Inseln vergrößern sich, werden aufgehöhht und erreichen schließlich, indem sie sich mit Pflanzenwuchs bedecken, die Höhe des übrigen Flußthals. In den sich hieraus entwickelnden Stromspaltungen, die sich nicht selten vielarmig, weit in die Niederungen hinein, verzweigen, ist das Fortschreiten der Verwilderungen oft noch größer und nachtheiliger, als im einheitlichen Laufe des Flusses, weil das Eis sich bald in dem einen, bald in dem anderen Arme festzusetzen und diesen für den Wasserdurchfluß abzuschließen pflegt. Der ganze Strom geht dann durch einen der offen bleibenden Arme und erweitert ihn durch Uferabbruch zu einem Hauptlauf, der bei einem der nächsten Eisgänge vielleicht wieder zugelandet wird.

In der Regel bleiben weder die Inseln, noch diejenigen Sandablagerungen, welche sich nicht zu Inseln ausbilden, auf ihrer Stelle liegen, sie schieben sich vielmehr allmählig weiter stromabwärts, indem der Strom an ihrem oberen Ende Stoffe abbricht und diese am unteren Ende niederlegt. Man nennt dies das Wandern der Inseln und Sandbänke, welches sich nicht selten in der Weise vollzieht, daß da, wo bisher ein Kolk war, nach einer gewissen Zeit eine Sandbank liegt und umgekehrt. Hierbei kommt es vor, daß in der Stromrinne plötzlich große Steine, alte Baumstämme, festgelagerte Kiesbänke und dergleichen zum Vorschein kommen, die zu neuen Verwilderungen der Flußstrecke Veranlassung geben.

Besonders groß sind in den Thälern der nicht regulirten Flüsse die Verwüstungen durch das Hochwasser. Der alsdann verstärkte Angriff des Stromes auf die Ufer hat vermehrte Uferabbrüche und Durchbrüche der Serpentinien zur Folge, bei denen, wie das nicht selten vorkommende Abtreiben entwurzelter Bäume mit vollem Astwerk beweist, große Flächen fruchtbaren Landes der Zerstörung anheimfallen. Beim Ausuferen durchbricht das Hochwasser die hohen Uferränder, es verläßt das engere Bette und ergießt sich in unregelmäßigem Ströme über die Niederungen, soweit diese nicht etwa schon eingedeicht sind, auf seinem Wege bald Auskolkungen, bald Versandungen der Aecker und Wiesen zurücklassend. Bisweilen gestaltet sich der Weg, den das Hochwasser nimmt, zu einem neuen Bette, das der Strom beim Fallen des Wassers beibehält, indem er das bisherige engere Bette verläßt und ganz oder theilweise zur Verlandung bringt, sofern sich nicht etwa eine dauernde Stromspaltung herausbildet. Wo das engere Bette vermöge seiner Krümmungen quer zum Hochwasserströme liegt, mithin von diesem gekreuzt wird, wirft derselbe die hohen Uferränder und andere Ablagerungen in den Flußlauf hinein. Dann findet der Strom bei fallendem Wasser sein Bette verlegt, zu dessen rechtzeitiger Räumung es ihm nunmehr an Kraft gebricht, und neue Verwilderungen sind die unausbleibliche Folge. Auch erzeugt das Hochwasser Unregelmäßigkeiten an den Einmündungen der Nebenflüsse, namentlich, wenn es im Hauptströme und dem Nebenflusse zu verschiedenen Zeiten eintritt, weil dann die Sinkstoffe, welche der eine Fluß führt, in dem anderen zur Ablagerung gelangen. Im Hauptströme finden die Ablagerungen vornehmlich unterhalb jener Einmündungen statt, sie drängen diese allmählig stromaufwärts und bewirken die oft vorkommende Erscheinung, daß die Nebenflüsse kurz vor ihrem Eintritt in den Hauptstrom eine kurze Wendung stromaufwärts machen, während naturgemäß die Vereinigung in einem nach unten gefehrten spitzen Winkel erfolgen sollte. Hieraus entstehen Erschwerungen für die Schifffahrt, Eisverfahrungen und Störungen der Vorfluth.

Die Ueberfluthungen der Flußthäler durch das Hochwasser haben früh dazu geführt, zum Schutze der Niederungen Deiche zu errichten, theils Sommerdeiche, welche nur die gewöhnlichen Sommerhochwasser abzuhalten bestimmt waren, theils Winterdeiche, welche, um auch die Frühjahrshochwässer zu kehren, höher und stärker sein mußten, als jene. Die meisten der älteren Deiche sind planlos angelegt und wohl so entstanden, daß zuerst Sommerdeiche den Grundstücksgrenzen entlang oder einzelnen natürlichen Erhöhungen folgend, geschüttet und diese allmählig in Zusammenhang gebracht, auch gegebenen Falles zu Winterdeichen ausgebaut wurden. Wenn nun auch bei uns die neueren Deichanlagen stets nach geordneten Plänen unter Berücksichtigung der Hochwasserhältnisse ausgeführt und dabei vielfach Regulirungen bestehender Deiche vorgenommen werden, so befinden sich doch selbst in den Niederungen der systematisch regulirten Ströme noch zahlreiche alte, fehlerhafte Deichanlagen, bei denen unzulässige Beschränkungen des Hochwasserprofils mit beträchtlichen Deichweiten wechseln. In den Deichengen bilden sich beim Abgange des Hochwassers Stromschnellen, während das oberhalb derselben langsam fließende Wasser seine Stinkstoffe an wenig dazu geeigneten Stellen fallen läßt. Auch die Bildung von Eisverfahrungen wird durch dergleichen unregelmäßige Deichzüge in nachtheiliger und oft gefährlicher Weise begünstigt.

Außer durch die Deichengen wird der Abfluß des Hochwassers auch jetzt noch vielfach durch andere Hindernisse, natürliche und künstliche, beschränkt. Dahin gehören unregelmäßige Uferaufhöhungen und sonstige Anhöhen, Gebäude, Einzäunungen, Hecken, erhöhte Wege, kleinere Deichanlagen und dergleichen, vor Allem aber Waldungen und Gebüsche, durch welche nicht selten dem zur

regelmäßigen Abführung des Hochwassers nothwendigen Profil große Flächen entzogen werden. Endlich ist zu bemerken, daß an der durch die Ablagerungen herbeigeführten allgemeinen Aufhöhung des Flußthals die hochwasserfrei eingedeichten Niederungen nicht theilnehmen können, daß mithin das Anwachsen der Vorländer zwischen den Deichen nicht bloß den Hochwasser- und Eisabgang, sondern auch die Vorfluth in den Boldern benachtheiligt, letztere namentlich da, wo die Eindeichung zu früh, vor der vollständigen Reife der Ländereien, vorgenommen worden ist.

## B. Die Entwicklung des Regulirungswesens.

Vielleicht noch zeitiger, als mit der Eindeichung ihrer Ländereien, haben die Bewohner unserer Niederungen angefangen, ihre auch bei kleineren Wasserständen dem unmittelbaren Stromangriff ausgesetzten Ufer gegen diesen zu schützen, so gut sie es vermochten und so weit ihre Kräfte dazu ausreichten. Vor allem suchte man die abbrechenden Ufer durch Deckungen aus Strauchwerk oder Steinen vor weiterem Abbruch zu bewahren, indessen wohl selten mit nachhaltigen Erfolgen. Man versuchte deshalb angriffsweise gegen den Strom vorzugehen und ihn zunächst durch vereinzelte, dann auch wohl in Gruppen ausgeführte Einbauten, die vom Ufer aus meist stromabwärts gerichtet in das Bette hineingeführt wurden, so zurückzuweisen, daß das dahinter liegende Ufer in Schutz kam. Hierbei mußte, namentlich wo die Einbauten auf flachen und breiten Strecken von beiden Ufern aus gleichzeitig vorgenommen wurden, sehr bald die Erscheinung zu Tage treten, daß der eingeschränkte Strom das, was er an seiner Breite verlor, durch Vergrößerung seiner Tiefe zu ersetzen suchte. Damit wurden zugleich der Schifffahrt wesentliche Dienste geleistet, und man begann, um diese zu fördern, größere Bauausführungen ähnlicher Art, die durch den gleichzeitig gewährten Uferschutz wiederum der Landwirthschaft zu gute kamen. Allmählig mehrten sich, da der Staat seinen Verpflichtungen in Bezug auf die Schiffbarmachung der Ströme mehr und mehr zu genügen bemüht war, die mit Regulirungswerken ausgebauten Stromstrecken, man führte da, wo starke Krümmungen die Vorfluth und die Schifffahrt benachtheiligten — allerdings nicht immer zum Vortheil beider oder einer von beiden —, Grabelegungen (Durchstiche) aus, auch suchte man durch die Beseitigung von Stromspaltungen dem Strom einen mehr einheitlichen Lauf zu geben und dem Hochwasser mehr geregelte Wege anzuweisen.

Erst als sich der Hebung des öffentlichen Verkehrs auf der einen, der Förderung der Landeskultur auf der anderen Seite die Fürsorge des Staates in erhöhtem Maße zuwandte, um die Mitte dieses Jahrhunderts, wurde zu systematischen Regulirungen der Ströme übergegangen. Dieser Uebergang hat sich indessen nicht mit einem Schlage, vielmehr in allmählichem Fortschritt vom Guten zum Besseren, von innen heraus, entwickelt, das System ist also nicht etwa zu Gunsten der Schifffahrt — durch einen Einzelwillen — gemacht: es ist aus den Bedürfnissen der Landwirthschaft und der Schifffahrt entstanden, aufgebaut im Laufe der Zeit auf der zunehmenden Erkenntniß der Natur der Ströme und auf langjähriger Erfahrung. Anders im Auslande, wo man die Regulirung der Ströme, zu deren Ausbau bis dahin wenig oder nichts geschehen war, in neuerer Zeit mehrfach nach einem, größere Strecken umfassenden Gesamtplane in Angriff genommen hat, angeregt durch die preussischen Erfolge und in Anlehnung an die hier gewonnenen Erfahrungen. Bei der Kanalisierung der Ströme ist umgekehrt Preußen beim Auslande in die Lehre gegangen.

Wie schon oben bemerkt wurde, sind größere öffentliche Ströme, die noch gar nicht regulirt wären, bei uns nicht mehr vorhanden, wenn schon einzelne, verhältnißmäßig kurze Strecken, deren natürliche Beschaffenheit solches gestattete, theils ganz zurückgeblieben, theils noch nicht vollständig regulirt sind. Auf manchen Strecken, wie bei der Oder oberhalb Ratibor, sind Schifffahrtsinteressen bisher gar nicht in Frage gekommen und deshalb, wie gleichfalls bereits erwähnt wurde, hier nur im Interesse der Landeskultur einzelne, dringend gebotene, Theilregulirungen, bisweilen mit erheblichem Kostenaufwande, zur Ausführung gebracht worden, um besonders bedrohten Ortschaften und Uferfeldmarken Schutz zu gewähren. Andererseits giebt es Stromstrecken, welche zwar für die bisherigen Bedürfnisse als ausreichend regulirt gelten durften, die aber jetzt, der neueren Entwicklung der Großschifffahrt und den stets wachsenden Ansprüchen derselben, namentlich in Bezug auf die Tiefe des Fahrwassers, nicht mehr genügen. Denn die bisherigen, im Großen und Ganzen beendeten Regulirungen erstreckten sich in der Hauptsache auf das Mittelwasser der Flüsse, im Anschluß an diese erübrigt nun noch die Regulirung des Fahrwassers für die niedrigen Wasserstände. Inwieweit hierzu das bisher gebräuchliche Verfahren genügen werde, bildet noch den Gegenstand besonderer technischer Erwägungen. Für die noch ausstehenden, vorzugsweise im Interesse der Landeskultur auszuführenden Hochwasserregulirungen dagegen wird es der Heranziehung der Gesetzgebung und der allgemeinen Landesverwaltung bedürfen. Im Allgemeinen sind die Regulirungen, welche zur Zeit in Preußen ausgeführt oder für die nähere Zukunft in Aussicht genommen werden, nur noch Vervollständigungen und Verbesserungen dessen, was bisher schon geschehen ist.

Als Endziele der Bauausführungen an unseren Flüssen und Strömen, Wasserbauten im engeren Sinne, kann man, wie aus den vorstehenden Erörterungen erhellt, die folgenden bezeichnen:

1. Den Schutz fruchtbarer Ländereien gegen Zerstörung durch den Stromangriff und durch Ueberschüttung mit unfruchtbaren Bodenmassen.
2. Die Erhaltung und Verbesserung der Vorfluth in den Niederungen, die unschädliche Abführung der Hochwässer und die Minderung der Eisgangsgefahren.
3. Die Erhaltung und Verbesserung der Schiffbarkeit der Gewässer in Bezug sowohl auf die Lage und Richtung, als auch, und dies in erster Linie, auf die Tiefe des Fahrwassers.

Die Erfüllung der zuletzt genannten Aufgabe war bisher und ist noch ausschließlich Sache des Staates, die der ersten beiden Aufgaben Sache der beteiligten Grundbesitzer, unter Aufsicht, Anleitung und vielfach mit Hülfe des Staates. Schon hieraus geht hervor, daß der letztere bei der Förderung der Schifffahrt stets darauf Bedacht zu nehmen hatte und noch nimmt, die berechtigten Ansprüche der Landeskultur wenigstens so weit zu wahren, wie es nöthig ist, um den Anliegern nicht Schaden zuzufügen.

Zur Erreichung der soeben angegebenen Zwecke ist man selbstverständlich vor Allem bemüht, die Ursachen der obwaltenden Mißstände zu bekämpfen. Da aber diese Ursachen den Uebeln, deren Beseitigung man anstrebt, mehr oder weniger gemeinsam sind, so folgt, daß die Strombauten sehr häufig mehreren Zwecken gleichzeitig förderlich sind, und schon aus diesem Grunde der Fall, daß das, was dem einen Zwecke nützt, dem anderen zum Nachtheil gereicht, nicht wohl vorkommen kann.

Bei allen Stromregulirungen richtet man ein Hauptaugenmerk darauf, die natürlichen Eigenschaften des fließenden Wassers, insbesondere in Bezug auf die Beführung und Niederlegung der Sinkstoffe, für die zu erreichenden

Zwecke nutzbar zu machen, indem man den Strom nöthigt, die Sinkstoffe da in Bewegung zu setzen und fortzutragen, wo sie sich als nachtheilig erweisen und sie da niederzulegen, wo sie entweder unschädlich oder zweckdienlich sind. Indem man hierdurch dem engeren Stromlauf ein einheitliches, geschlossenes Bett und eine gleichmäßige Tiefe zu geben sucht, ist man ferner bemüht, dem Hochwasserstrom, wenigstens in der Hauptsache, den gleichen Weg anzuweisen, welchen der engere Strom im Flußthal nimmt. Hand in Hand hiermit gehen weitere Maßnahmen zur Abwehr der Verwilderungen, zur Freilegung der Hochwasserprofile u. s. w. Dagegen entschließt man sich zu unmittelbaren und gewaltsamen Eingriffen in die Gestaltung des Stromlaufs nach seiner Lage, Tiefe und Wasserspiegelhöhe nur da, wo minder kostspielige Mittel unzureichend sein würden.

Ist hiermit das System der Stromregulirungen in seinen allgemeinsten Umrissen angedeutet, so dürfte vor dem näheren Eingehen auf die für die verschiedenen Zwecke und Einzelfälle zu treffenden Anordnungen eine Uebersicht über die hierfür zu Gebote stehenden technischen Hülfsmittel am Platze sein, wobei es sich zunächst um die eigentlichen Strombauwerke, dann um die Deckungen und Pflanzungen aus Weidenstrauch, endlich um die zu unmittelbaren Eingriffen in die Gestaltung des Stromlaufes dienenden Ausführungen und Geräthe zu handeln haben wird.

### C. Die technischen Hülfsmittel zur Regulirung.

Die üblichen Strombauwerke sind theils Uferschutzwerke, theils Einbauten oder Einschränkungswerke. Der Begriff der ersteren ist ohne Weiteres klar, unter den letzteren dagegen versteht man dammartige Baukörper (Buhnen oder Krippen, Koupirungen, Parallelwerke u. s. w.), welche, vom Ufer ausgehend und auf der Stromsohle lagernd, so in das Profil hineingeführt werden, daß sie, der jedesmaligen Absicht gemäß, Aenderungen in der Stromrichtung oder in der Stromgeschwindigkeit oder in beiden zugleich herbeiführen, namentlich die Geschwindigkeit theils vergrößern, theils abmindern. Die Höhenlage dieser Körper, ihre Kronenhöhe, wird stets so bemessen, daß sie den mittleren Wasserstand entweder gar nicht oder nur wenig überragen, vielfach bleiben sie tiefer als der niedrigste Wasserstand, sie bezwecken und bewirken daher in der Hauptsache nur Veränderungen im Mittel- und Niedrigwasser-Profil der Ströme.

Sowohl die Uferschutzwerke als auch die Einbauten werden da, wo Steinmaterial in großen Mengen in geeigneter Beschaffenheit und zu mäßigen Preisen zu haben ist, nur aus Stein hergestellt, bisweilen durch Pfahlwerk unterstützt und befestigt. Im Innern der Baukörper finden meist kleinere Steine und grober Kies Verwendung; die äußere Bekleidung wird durch größere, schwere Steine gebildet, welche über dem niedrigsten Wasserstande mit eng schließenden Fugen so verlegt werden, daß sie eine thunlichst ebene Fläche bilden.

In allen unteren Stromgegenden und bei den Strömen öftlich von der Weser finden die Voraussetzungen für den Steinbau nur ausnahmsweise statt, man ist daher meistentheils genöthigt, die Strombauwerke hier in einem vergänglichen Material als Faschinenbauten zur Ausführung zu bringen, bei welchen die Hauptmasse des Bauwerks durch Lagen von Strauchbündeln, Faschinen oder Busch gebildet wird. Ihre Verbindung unter einander erfolgt durch Würste, das sind aus Strauch gebildete starke Laue, oder Flechtbänder aus Weidenstrauch, zu deren Befestigung auf den Faschinenlagen kurze Pfähle, Buhnen- oder Spießpfähle verwendet werden.

Die am meisten im Gebrauch stehende Form des Faschinenbaues ist das Packwerk. Zu seiner Herstellung werden die Faschinen, indem man am Ufer beginnt, auf dem Wasser schwimmend in Lagen, deren Stärke je nach dem Bedürfnis bemessen wird, mit den Stammenden nach innen ausgeworfen, mit Würsten belegt, durch diese unter einander verbunden, und dann durch Belastung mit Kies oder Erde zum Sinken gebracht. Der fertige Packwerkskörper besteht hiernach in einer elastischen Verbindung von Faschinen- und Erdmaterial, die sich gegenseitig stützen. Er schließt sich dem Untergrunde an und sinkt von selber nach, wenn etwa Unterspülungen stattfinden. Die Krone des Packwerks wird, wenn es sich nach seiner Vollendung gehörig gesetzt hat, entweder mit Steinen belegt oder mit einer Strauchdecke versehen, welche zum Auswachsen gebracht wird.

Bei großen Tiefen und heftigem Stromanfall sind Packwerksbauten nicht ausführbar. An ihre Stelle, häufig auch als Unterlage für Packwerkskörper, treten dann Sinkstücke, größere, meist rechteckig gestaltete Körper, welche in der Dicke von 1 m und darüber aus sich überkreuzenden Faschinenlagen gebildet und bis auf den Grund versenkt werden. Die Verbindung der Lagen zu einem einheitlichen Ganzen erfolgt durch Würste, welche rostartig die Unter- und Oberfläche überziehen und an ihren Kreuzungspunkten durch Leinen oder Drähte so mit einander verschnürt sind, daß diese das Sinkstück senkrecht durchziehen. Die Sinkstücke, deren Bau entweder schwimmend oder auf dem Lande mit Hülfe eines schräg liegenden Gerüstes erfolgt, werden schwimmend nach dem Ort der Verwendung und durch darauf geworfene Steine zum Sinken gebracht. Man verwendet sie nicht selten in mehreren Schichten über einander, deren Breite von unten nach oben so abnimmt, daß das fertige Bauwerk eine treppenförmig gestaltete Böschung erhält.

Ähnlich den Sinkstücken werden Senklagen hergestellt, jedoch länger und leichter als diese, und in der Weise, daß man mit dem Versenken auf dem einen Ende beginnt, während auf dem anderen schwimmenden Ende noch gebaut wird. In stärkerer Strömung nicht verwendbar, dienen sie meist zur Deckung des Untergrundes in größerer Ausdehnung.

Wenn es darauf ankommt, Uferschutzwerke oder Einbauten aus einzelnen, festen und schweren, jedoch nicht zu großen Bestandtheilen zu bilden und ausreichend große Steine nicht zu haben sind, wendet man Senkfaschinen an, cylindrisch gestaltete Körper, welche aus einer Umhüllung von Strauch gebildet, mit kleinen Steinen, Kies oder schwerem Thonboden gefüllt und mit Ringen aus Weidenruthen oder Draht fest umschnürt werden. Sie lassen sich in Längen bis zu 10 m und bis zu 1 m im Durchmesser herstellen und werden in das Wasser entweder vom Ufer abgerollt oder von Schiffsgesäßen aus an der Verwendungsstelle niedergelassen.

Strombauwerke, welche eine besonders große Widerstandsfähigkeit besitzen müssen, wie solche namentlich im gebirgigen Quellgebiet erforderlich ist, führt man aus Steinen mit Hülfe von Balken und starken Pfahlhölzern aus. Dahin gehören die Steinkisten, behufs deren Herstellung Bauhölzer der Länge und Quere nach zu Umfassungswänden aufgeschichtet und im Innenraum mit Steinen gefüllt werden. Auch schlägt man doppelte Pfahlreihen, zwischen denen Packwerk oder Senkfaschinen eingebracht werden.

Andererseits bildet man in seichtem und wenig bewegtem Wasser für mehr vorübergehende Zwecke, namentlich zum Auffangen von Sand und Schluff, leichte Einbauten aus Flechtzäunen, wobei das Flechtwerk an den eingeschlagenen Pfählen von der Oberfläche bis auf den Grund niedergeschoben und zuweilen, bei paarweiser Anwendung, der Zwischenraum mit Sand oder Erde gefüllt wird. Ganz leichte Werke endlich bestehen aus Stangen, die horizontal gegen einzelne

Pfähle gebunden und gegen welche aufrecht dicht neben einander gestelltes Strauch gelehnt wird. Selbst Strauch, das etwas stromabwärts geneigt reihenweis in gegrabene oder gebaggerte Furchen gesetzt wird (Kauschen) leistet bisweilen gute Dienste.

Von besonderer Wichtigkeit für den Strombau sind Deckungen und Pflanzungen aus frischem Weidenstrauch, welches, indem es Wurzeln treibt und begrünt, das Erdreich wirksam schützt und befestigt und die treibenden Sinkstoffe auffängt. Das Weidenstrauch muß, wenn es sich nicht zu stärkeren Stämmen entwickeln und damit für die Zwecke der Deckungen unwirksam werden soll, in je zwei bis höchstens vier Jahren gehauen (abgetrieben) werden und gewährt dann ein werthvolles Material für alle Zwecke des Strombaues.

Strauchdeckungen werden sowohl an geböschten Ufern, die befestigt werden sollen, als auch auf den Kronen der Packwerke entweder, wenn sie dem Stromaufgriff und dem Wellenschlage sehr ausgesetzt sind, als Rauwehre, oder in leichterer Ausführung als Spreutlagen angewendet. Zur Herstellung der ersteren werden reihenweise in etwa 1 m Abstand flache Gräben gezogen und in diese das frische Weidenstrauch mit den Stammenden so gelegt, daß es, gleichmäßig vertheilt, eine Decke bildet, die durch Bewürsten in sich und gegen den Erdboden befestigt wird. Die aus jedem Graben gehobene Erde wird zur Ueberdeckung der vorher gelegten Strauchschicht verwendet. Die Spreutlagen dagegen werden nur aus flach ausgebreitetem, mit den Stammenden in die Erde gestecktem Weidenstrauch gebildet, leicht bewürstet und mit einer dünnen Decke von Erde, Sand oder weitläufig gelegten flachen Steinen versehen.

Pflanzungen endlich werden angewendet, wenn es darauf ankommt, die durch den Strom gebildeten Anlandungen zu erhalten und weiter aufzuhöhen. Sie werden aus frischen Weidenstecklingen im Frühjahr und Herbst ausgeführt, wobei man entweder Reihen bildet, die sich regelmäßig durchkreuzen, oder einzelne kleine Gruppen (Nester) anlegt, die auf der zu bepflanzenen Fläche ebenfalls gleichmäßig vertheilt werden. Eine Anlandung ist zur Bepflanzung reif, wenn sie die Höhe des gewöhnlichen Sommerwasserstandes ganz oder nahezu erreicht hat. Mit der fortschreitenden Erhöhung des Geländes wächst auch die Pflanzung weiter in die Höhe oder es bildet sich neuer Anwuchs, derselbe geht aber meist ein, wenn die Aufhöhung über den mittleren Wasserstand erheblich hinauszugehen anfängt, wonächst sich von selbst eine Rasendecke bildet. Wenn zur gegebenen Zeit der Pflanzenwuchs nicht von selbst eingeht, wird derselbe, um noch weiteren, der Vorfluth nachtheiligen Aufhöhungen zu begegnen, künstlich unterdrückt.

Theils als selbstständige Bauausführungen, theils zur Unterstützung der Wirkungen der Strombauwerke erweisen sich bisweilen, trotz ihrer verhältnißmäßig höheren Kosten, unmittelbare Eingriffe in die Gestaltung der Fluß- oder Stromläufe als nothwendig, welche entweder die Richtung des Stromlaufs oder die Höhenlage der Flußsohle oder die Höhenlage des Wasserspiegels betreffen.

Durchgreifende Aenderungen in der Richtung des Stromlaufs müssen vorgenommen werden, wenn dessen natürliche Krümmungen so beträchtlich sind, daß sie die Vorfluth oder die Schifffahrt oder beide zugleich wesentlich benachtheiligen und die Möglichkeit, sie durch gewöhnliche Regulirungsbauten zu beseitigen oder doch ausreichend zu ermäßigen, nicht vorliegt. Die alsdann auszuführenden Durchstiche sind einfache, wenn durch sie eine einzelne Krümmung beseitigt wird, Doppeldurchstiche, wenn es sich, was häufig vorkommt, um Fortschaffung zweier unmittelbar auf einander folgender, in entgegengesetzter Richtung liegender Schleifen handelt. Da die bei der Ausführung von Durchstichen zu bewegenden Erdmassen in der Regel sehr bedeutend sind, so sucht man wohl dann, wenn die Stromgeschwindigkeit groß ist und leicht beweglicher Boden

ansteht, die Erdarbeiten dadurch zu ermäßigen, daß man den Durchstich nicht in der erforderlichen Breite anlegt und der Strömung die Erweiterung überläßt. Bisweilen führt man hierbei zwei Rinnen an den beiderseitigen, zugleich gehörig zu befestigenden zukünftigen Ufern aus, wonächst man den dazwischen liegenden Erdkörper durch den Strom angreifen und abtreiben läßt.

Die in der Höhenlage der Flußsohle durch unmittelbare Eingriffe zu bewirkenden Aenderungen bestehen fast ausschließlich in künstlichen Vertiefungen, die da nothwendig werden, wo die durch eine Regulirung wirksam gemachte Kraft des Stromes zur Beseitigung nachtheiliger Ablagerungen oder sonstiger Erhöhungen wegen deren zu fester Lagerung nicht ausreicht oder diese Kraft überhaupt nicht wirksam gemacht werden kann. Künstliche Erhöhungen der Sohle, wie solche bisweilen vorkommen, pflegen durch tief liegende Einbauten, Grundschwellen, herbeigeführt zu werden.

Zur Förderung von Schlamm, Sand, Thon, feinem und grobem Kies und ähnlichen Bodenarten, wenn sie unter Wasser liegen, dienen Baggermaschinen, deren gebräuchlichste Form die des Eimerbaggers ist. Die zur Aufnahme des Bodens dienenden, aus Stahl- und Eisenblech gefertigten Eimer bewegen sich, zu einer Kette aneinander gehängt, auf einem schräge liegenden Rahmen, der Eimerleiter, welche oben um eine Achse drehbar, mit ihrem unteren Ende je nach der herzustellenen Tiefe mehr oder minder tief gesenkt werden kann. Der Apparat ruht auf einem Schiffsgesäß und wird durch Dampfkraft, in seltenen Fällen noch durch Menschenkraft, so in Bewegung gesetzt, daß, vermöge des Rundganges einer am oberen Ende der Leiter befindlichen, vier- oder mehrkantigen Welle, die sich unten füllenden Eimer nach oben steigen und hier ihren Inhalt ausschütten. Die Baggermasse fällt in Prahme, in denen sie nach geeigneten Ablagerungsstellen oder zur Verwendung bei den Fashinenbauten abgefahren wird. Neuerdings hat man Eimerbagger für leichtere Bodenarten so eingerichtet, daß das Baggergut durch eine kräftige Kreiselpumpe mit Wasser gemischt und in Röhren auf das Ufer getrieben wird, wo das beigemengte Wasser abläuft und die festen Theile liegen bleiben. Ähnlich ist die Fortbewegung der Baggermassen bei den, übrigens nur in Sandboden verwendbaren Saugbaggern eingerichtet, bei denen das Gut nicht erst in Eimern gehoben, vielmehr durch eine Kreiselpumpe auf der Flußsohle gelockert, angesogen, mit Wasser gemischt und sofort in die Röhren getrieben wird.

Eine fernere, neuere Art der Bagger sind die Greifbagger (Exkavatoren), welche in schwerem Gerölle, festem, von den Eimern schwer angreifbarem Thonboden und zur Beseitigung alter Fashinenbauten oder Pfahlwerken vortreffliche Dienste leisten. Zwei nach der Form je eines Viertelsylinders gestaltete Gefäße aus Stahlblech oder Stahlstäben sind nach Art der bekannten Doppelmuscheln so durch ein Gelenk mit einander verbunden, daß sie, wenn die Muschel sich schließt, den zu fördernden Gegenstand erfassen, wenn sie sich öffnet, ihn fallen lassen. Sowohl diese Bewegung, als auch das Niederlassen und Aufziehen des Apparats wird mittelst Ketten, die über Rollen geführt sind, durch Dampfkraft bewirkt. Der Greifbagger kann auf einem festen Gerüst oder einem Schiffsgesäß aufgestellt werden.

Zur Hebung von großen Steinen, Baumstämmen, gesunkenen Schiffen und ähnlichen Stücken reichen die gebräuchlichen Baggermaschinen nicht immer aus. Dergleichen Gegenstände werden dann mit starken eisernen Zangen gefaßt oder mit Ketten umschlungen, zu deren Anlegung man sich wohl eines Tauchers in geeignetem Anzuge bedient, und mit starken, auf Prahmen stehenden Hebezeugen (Winden, Hebeln, Schrauben u. s. w.) nach oben befördert. Sehr große Steinblöcke, vor Allem Felsbänke, müssen, um beseitigt werden zu können, bei

weicherem Gefüge durch besonders hierzu eingerichtete Schlagwerke (Kammmaschinen), bei größerer Härte durch Sprengarbeiten zerkleinert werden. Die zur Aufnahme des Sprengmittels (Pulver, Dynamit, Schießbaumwolle u. s. w.) erforderlichen Bohrlöcher werden bei wenig umfangreichen Arbeiten in gewöhnlicher Weise mit der Hand, bei größeren Arbeiten mit Hilfe von Bohrmaschinen, die auf Schiffsgefäßen stehen, gebohrt. Eine neuerdings zur Anwendung gebrachte wesentliche Vervollkommnung des Bohrverfahrens besteht darin, daß sich die Bohrmaschinen in einer großen Taucherglocke, dem Bohrschacht, befinden, welcher durch Einpumpen von Luft wasserfrei gehalten wird und die unmittelbare Untersuchung des zu beseitigenden Gegenstandes, mithin auch die Anbringung der Bohrlöcher an den geeignetsten Stellen ermöglicht. Die in sehr schnellen Schlägen stattfindende Bewegung des Bohrmeißels erfolgt hierbei durch Preßluft.

Wo sich die für die Schifffahrt erforderliche Wassertiefe durch Regulirungen, also durch den Bau von Einschränkungswerken oder durch unmittelbare Tieferlegung der Flußsohle nicht erreichen lassen würde, ist man genöthigt, zur Hebung des Wasserpiegels durch Stauanlagen überzugehen. Man versteht darunter Bauwerke aus Stein oder Holz, welche quer durch den Strom von Ufer zu Ufer gelegt werden und das Profil der Höhe nach derartig beschränken, daß oberhalb das Wasser ansteigt, so lange, bis die dadurch vermehrte Geschwindigkeit ausreicht, um das zufließende Wasser auch in dem verengten Profil abzuführen. Die Stauanlagen, meist Wehre genannt, sind feste, wenn ihre Höhe unveränderlich ist, und bewegliche, wenn sie beim Eintritt höherer Wasserstände ganz oder theilweise beseitigt und nach dessen Ablauf wieder in Wirksamkeit gesetzt werden können. Die durch eine Stauanlage gebildete Stufe zwischen dem Unter- und Oberwasser wird von den Schiffen mittelst einer daneben zu erbauenden Schiffschleuse überwunden. Werden mehrere dergleichen Staufstufen hinter einander angelegt, so wird der Fluß kanalisirt. Von den Bedingungen, unter welchen die Kanalisierung eines Flusses der Regulirung vorzuziehen ist, ebenso von der Einrichtung und Bauweise der Staufstufen wird in einem besonderen Abschnitte dieser Schrift die Rede sein.

#### D. Die allgemeine Anordnung der Regulirungen.

Wenn ein einzelnes Querprofil eines Stromes durch zwei von den Ufern ausgehende, einander gegenüberstehende feste Einbauten irgend welcher Art in seiner Breite eingeschränkt, also verkleinert wird, so muß dennoch, wie bereits im ersten Abschnitt Seite 10 ausgeführt wurde, die von oben herab kommende Wassermenge nach wie vor in dem Profil zum Abfluß gelangen. Dies kann zunächst nur so geschehen, daß der Strom eine größere Geschwindigkeit annimmt, zu deren Erzeugung ein Aufstau des Wassers oberhalb der Einbauten stattfinden muß. Ist dann der Strom im Stande, vermöge seiner größeren Geschwindigkeit die bis dahin in Ruhe befindlichen Stoffe, aus denen die Sohle besteht, anzugreifen und in Bewegung zu setzen, so vertieft er sein Bett so lange, bis die vor der Verengung vorhanden gewesene Querschnittsgröße nahezu wieder erreicht ist, womit die Anstauung ganz oder beinahe ganz aufhört und wieder der bisherige Wasserstand eintritt. Legt man, über eine größere Stromstrecke in gewissen Abständen gleichmäßig vertheilt, eine größere Zahl von dergleichen paarweisen Einbauten an, so vollzieht sich in jedem Paar der gleiche Vorgang und die Folge ist eine durchgängige Vertiefung der ganzen Strecke. Der gleiche Erfolg kann aber auch erreicht werden, wenn man die Einbauten nicht vom Ufer ausgehend quer zur Stromrichtung anlegt, vielmehr die Breite des Stromes durch zwei

Bauwerke beschränkt, welche den Stromlauf gleichlaufend mit einander, in größerem oder geringerem Abstände vom Uferrande, seitlich begleiten und an ihren oberen Enden an die Ufer angeschlossen sind. Denn auch zwischen dergleichen Einbauten muß sich bei ausreichender Beweglichkeit des Untergrundes in Folge der erhöhten Stromgeschwindigkeit die bisherige Profilgröße durch Vertiefung der Sohle annähernd wieder herstellen. Werden Einbauten der einen oder der anderen Art nur einseitig ausgeführt und das gegenüberliegende Ufer nicht durch eine Deckung geschützt, so verfehlt der eingeeugte Strom dieses Ufer in Abbruch, um seine bisherige Breite und damit, bisweilen unter gleichzeitiger Vertiefung des Bettes seinen bisherigen Profilquerschnitt wieder herzustellen. Wenn aber das Bette und die Ufer so fest sind, daß sie vom Strom trotz der vermehrten Geschwindigkeit nicht angegriffen werden können, so bedarf es dazu der Nachhilfe durch unmittelbare Eingriffe in die Gestaltung des Strombettes. Erfolgt diese nicht, so bewirken die Einbauten eine dauernde Erhebung des Wasserspiegels, die bisweilen unter gewissen Voraussetzungen absichtlich herbeigeführt wird.

Diese Vorgänge bilden die Hauptgrundlage des in Preußen angewandten Regulierungssystems. Im ersten der beiden angeführten Fälle erfolgt die Regulierung durch Buhnen, d. h. durch Einbauten, welche vom Ufer ausgehend, quer zur Stromrichtung liegen, im anderen Fall durch Parallelwerke, d. h. Einbauten gleichlaufend mit der Stromrichtung. Beide Arten von Bauwerken verfolgen das gleiche Ziel, nämlich: „die Herstellung einer einheitlichen, vertieften Stromrinne mit unveränderlichen Ufern“, aber ihre Anwendbarkeit für die Lösung bestimmter Aufgaben ist verschieden, bedingt theils durch die Natur des Stromes im Allgemeinen, theils durch besondere örtliche Verhältnisse. Bisweilen empfiehlt es sich, in ein und derselben Stromstrecke beide Bauweisen nebeneinander anzuwenden, bisweilen entscheidet auch über die Wahl nur das Herkommen, nicht selten der Kostenpunkt.

Für jede Stromregulierung, gleichviel ob sie in der einen oder der anderen Art ausgeführt werden soll, sind sorgfältige und gründliche Vorarbeiten die erste Voraussetzung. Sie bestehen in Lageplänen von hinreichender Ausdehnung, in Gefälleermittelungen nebst den dazu gehörigen Höhenplänen, in der Aufnahme der erforderlichen Querprofile und des Stromstrichs, in der Zusammenstellung der in Betracht kommenden verschiedenen Wasserstände aus den Pegeltabellen und in Geschwindigkeitsmessungen behufs Ermittlung der Wassermengen, die der Strom bei seinen verschiedenen Wasserständen führt.

An der Hand dieser Vorarbeiten ist zunächst die Normal- oder Regulierungsbreite, d. h. der Abstand, welchen die beiden auszubauenden Ufer bei einem bestimmten, der Regulierung zu Grunde zu legenden Wasserstande von einander haben sollen, festzusetzen. Wenn schon hierbei solche Strecken, die der Strom selbst normal oder annähernd normal ausgebildet hat, als allgemeiner Anhalt dienen können, so müssen der Feststellung der Normalbreite doch Erwägungen darüber vorausgehen, welche Tiefe die Stromrinne bei jenem Wasserstande erhalten müsse, ein Maß, das, sofern es sich nur um die Verbesserung der Schiffbarkeit handelt, aus den Bedürfnissen der Schifffahrt herzuleiten und zu begründen ist. Eine mit Hülfe der Geschwindigkeitsformeln anzustellende Berechnung ergiebt demnächst die Breite, welche dem Strome zu geben ist, damit er diejenige Tiefe selbst erzeuge, bei der er die während des maßgebenden Wasserstandes ihm zukommende Wassermenge ohne Aufstau abzuführen vermag. Für die älteren Regulierungen pflegte der mittlere Wasserstand bestimmend zu sein, für die neueren ist es der gemittelte niedrigste Wasserstand, woher es kommt, daß mehrfach für Stromstrecken, die bisher als vollständig regulirt galten,

die Fortsetzung der Regulirungsarbeiten theils in Angriff, theils in Aussicht genommen ist. Für diese Arbeiten sind, wie bereits oben angedeutet wurde, Abweichungen von dem bisherigen System in Vorschlag gebracht worden, welche zur Zeit der Prüfung unterliegen.

In der Regel nehmen die Regulirungsbreiten bei einem und demselben Flusse von oben nach der Mündung hin allmählig zu, theils wegen der durch die seitlichen Zuflüsse vermehrten Wassermengen, theils, weil die Gefälle und damit die Geschwindigkeiten nach unten hin abzunehmen pflegen. Es kommen auch Fälle vor, in denen die Regulirungsbreite einer unteren Stromstrecke kleiner ausfällt, als die der oberen, wenn nämlich ausnahmsweise das Gefälle nicht ab-, sondern zunimmt, wogegen sich kleinere Unregelmäßigkeiten im Gefälle bei der Regulirung dadurch ausgleichen, daß die sie erzeugenden Sandbänke durchbrochen und von der Strömung abgetrieben werden. Ueber längeren festgelagerten Untiefen verringert man auch wohl die Regulirungsbreiten, um, wo dies ohne Nachtheil für die Landeskultur geschehen kann, die verlangte Tiefe durch eine dauernde Hebung des Wasserspiegels herbeizuführen. Ergeben die Rechnung und die Erfahrung, daß — wie solches bei starken Gefällen und geringer Wasserführung zur Zeit der mittleren und niedrigen Wasserstände leicht der Fall ist — zur Erzeugung der erforderlichen Tiefe die Breite zu gering ausfallen würde, um den Schiffen ein bequemes und gefahrloses Fahrwasser zu gewähren, so muß von der Regulirung einer solchen Strecke ganz abgesehen und zur Kanalisierung oder zur Anlage eines Seitenkanals übergegangen werden.

Erst wenn die Regulirungsbreiten bestimmt sind, können mit Hülfe der Querprofile die Regulirungs- oder Normaluferlinien entworfen, d. h. in die Lagepläne diejenigen Linien eingetragen werden, welche künftig die Begrenzung des engeren Strombettes bilden sollen. Dabei wird auf die Beschaffenheit der etwa in Abbruch zu versetzenden Ufer, auf die Sicherung der dem Stromangriff besonders auszusetzenden, aber nicht zum Abbruch bestimmten Uferstrecken, überhaupt auf die Interessen der Landeskultur ebenso Rücksicht genommen, wie auf die Verminderung der Ausführungskosten, deren Höhe mit den zu durchbauenden Tiefen erheblich zunimmt. Es kommt wesentlich darauf an, die Uferlinien so zu gestalten, daß das vorhandene Strombett, soweit es bereits nutzbar ausgebildet ist, in seinen Uferändern thunlichst beibehalten und die Durchbauung großer Tiefen ebenso vermieden werde, wie das Abtreiben solcher Sandablagerungen, welche ohne Nachtheil für die Stromgestaltung als Theile des Ufers erhalten bleiben können. Andererseits soll der Strom einen möglichst gestreckten Lauf erhalten, weshalb die vorhandenen Krümmungen, wenn auch nicht ganz fortgeschafft, so doch bis zu einem bestimmten Halbmesser ermäßigt werden müssen, weil solches für die Ausübung der Schifffahrt nothwendig, für die Vorfluth förderlich ist.

Da man sich zur Ausführung von Durchstichen aus Gründen, die später entwickelt werden sollen, nur ungern und nur unter besonderen Verhältnissen entschließt, so sucht man die erforderliche Abflachung der schärferen Krümmungen durch Vorschubung der einbuchtenden und entsprechenden Zurückziehung des ausbuchtenden Ufers zu erreichen, wobei bisweilen recht erhebliche Flächen fremden Grund und Bodens in Anspruch genommen werden. Eine gleiche Inanspruchnahme tritt ein, wenn es sich um die Erweiterung eines zu engen Bettes handelt, was namentlich da vorkommt, wo zur Beseitigung von Stromspaltungen ein bisher vielleicht untergeordneter Arm zum Hauptstrom ausgebildet werden muß. In solchen und ähnlichen Fällen achtet man darauf, möglichst wenig hoch gelegenen oder besonders werthvollen Grund und Boden zum Abtrieb zu bringen, nicht minder sucht man die Zugänglichkeit des Stromes von den bewohnten Ort-

schaften aus und für die Fahren zu wahren. Gerade Strecken von größerer Länge sucht man zu vermeiden, weil in ihnen, namentlich, wenn die Regulirungsbreite etwas reichlich bemessen ist, der Stromstrich unregelmäßig von einem Ufer auf das andere zu wechseln pflegt, auch wohl sich an beiden Ufern Stromrinnen ausbilden, zum Nachtheil der Schifffahrtstiefe in jeder von ihnen.

## E. Die Regulirungswerke.

Nachdem auf Grund dieser verschiedenartigen Erwägungen die Normaluferlinien festgestellt sind, bleiben noch die Regulirungswerke in ihrer Einzelanordnung zu entwerfen, wobei in jedem besonderen Falle darüber zu entscheiden ist, ob zweckmäßig Buhnen oder Parallelwerke zur Anwendung zu bringen sein werden. Beide Arten der Ausführung stellen sich am wenigsten kostspielig, wenn die Werke nur an einem Ufer angelegt werden und das andere Ufer nur durch Deckungen gesichert zu werden braucht, was sich indessen der abzuflachenden Krümmungen wegen im Ganzen selten erreichen läßt.

Buhnen, auch Krippen genannt, bieten vor allem den Vortheil, daß sie den Strom veranlassen, die durch ihre Anlage in Bewegung gesetzten Sinkstoffe in den ruhigen Wasserflächen, die sich zwischen den einzelnen Bauwerken bilden, den Buhnenfeldern, zur Ablagerung zu bringen und diese Flächen allmählig so aufzuhöhen, daß sie mit Weiden bepflanzt werden können. Dadurch werden die Sinkstoffe nicht allein unschädlich gemacht, sondern auch zur Schaffung von Landflächen benutzt, die bisweilen sehr bedeutende Erträge abwerfen, auch unter gewissen Voraussetzungen in das Eigenthum der Anlieger übergehen können. Zugleich bilden sich gleichmäßige Uferlinien aus, und den Werken selbst wird ein wirksamer Schutz gegen die Angriffe des Hochwassers und des Eises verliehen. Allerdings muß dafür gesorgt werden, daß die Verlandungen nicht zu hoch, keinesfalls höher als bis zur Höhe der Buhnen, aufwachsen, weil hieraus, namentlich in engeren Hochwasserprofilen, Nachtheile für den Hochwasserabfluß und den Eisabgang entstehen. Wo solches zu besorgen steht, muß der Weidenwuchs unterdrückt und durch Begasung ersetzt werden.

Die Entfernung der einzelnen Buhnenpaare von einander richtet sich sowohl nach dem Krümmungshalbmesser der Normaluferlinie, als auch nach der Länge der Buhnen, mit welcher ihr Abstand wächst. Bisweilen, in flachen und breiten Stromstrecken, erweist sich die Länge als sehr beträchtlich, in welchem Falle man wohl zunächst nur eine Buhne um die andere ausführt und die Zwischenwerke erst dann einfügt, wenn in den großen Buhnenfeldern ausreichende Verlandung eingetreten ist. Andererseits vermeidet man vereinzelt stehende Buhnen, ebenso die Aufeinanderfolge ganz kurzer Buhnen, weil sie nicht verlanden und das Ufer nur ungenügend gegen Abbruch schützen.

Man legt den Kopf der Buhnen niemals höher, als auf den mittleren Wasserstand und giebt der Krone eine flache Ansteigung nach dem Ufer hin, in das die Wurzel mit besonderer Sorgfalt eingebunden wird. Die Werke werden stets von den höheren Wasserständen überströmt, wobei durch die Ansteigung der Strom zusammengehalten und nach der Mitte hin gewiesen wird. Die Ueberströmung ist auch der Grund, weshalb man den Buhnen in der Regel eine etwas stromaufwärts gerichtete Lage giebt (inclinante Buhnen), um zu verhüten, daß der Uebersturz des Wassers das Ufer treffe und in Abbruch versetze. Nur im Fluthgebiet, woselbst der Strom regelmäßig seine Richtung wechselt, werden die Buhnen senkrecht zur Uferlinie, bei Krümmungen in der Richtung des Kreis- halbmessers angelegt. Stromabwärts geneigte (declinante) Buhnen dagegen,

welche überdies weniger gut verlanden, kommen nur in besonderen Fällen beispielsweise an den Mündungen der Seitengewässer zur Anwendung. Da die Köpfe der Buhnen, ganz besonders in den Einbuchtungen, einem starken Stromanfall ausgesetzt sind, durch den sie leicht unterspült oder sonst beschädigt werden, ist es nothwendig, sie durch Vorlagen von Sinkstücken oder Senkfashinen gegen Unterspülung zu schützen und mit einem schweren dicht schließenden Steinbelage zu versehen, auch erhalten sie eine flache Vorderböschung über und unter Wasser, um die Strömung nach der Mitte hin abzulenken. Dessenungeachtet bilden sich vor den Buhnenköpfen leicht tiefere Auskolkungen, welche die regelmäßige Ausbildung der Stromrinne beeinträchtigen, aber in Rücksicht auf die sonstigen Vorzüge der Buhnen mit in den Kauf genommen und durch die später zu erwähnenden Grundschwelen thunlichst unschädlich gemacht werden. Zu den Vorzügen der Buhnen gehört auch die Möglichkeit, ohne besondere Schwierigkeiten nachträgliche Aenderungen in der Uferlinie, insbesondere, was sich bisweilen als nützlich erweist, weitere Einschränkungen der Normalbreite vorzunehmen, wobei sich jedes einzelne Werk unschwer verlängern läßt.

Parallelwerke haben vor den Buhnen den Vorzug, daß sich vor und zwischen ihnen die Stromrinne schneller und gleichmäßiger vertieft, als bei diesen, auch sind sie für die Schifffahrt bequemer und in den scharf einbuchtenden Strecken weniger gefährlich. Dagegen verlanden die zwischen ihnen und den Ufern verbleibenden Wasserflächen, die vom Strom ganz abgeschnitten sind, bei hochgelegenen Werken entweder gar nicht oder äußerst langsam, nur durch die aus dem trüben Hochwasser sich absetzenden Niederschläge. Die durch Parallelwerke zum Abtrieb gebrachten Sinkstoffe finden daher keine Gelegenheit, in unschädlicher oder nützlicher Weise zur Ruhe zu kommen, selbst dann nicht, wenn die Werke — was bei größerer Länge derselben stets geschieht — durch Querbauten (Traversen) in gewissen Abständen an die Ufer angeschlossen werden. Aus diesem Grunde sind mehrfach ältere zu hoch gelegene Parallelwerke mit gutem Erfolge bis zur Niedrigwasserhöhe abgetragen worden. Da die Krone der Werke in ihrem Längengefälle dem Gefälle des Flusses gleichlaufend hergestellt werden muß, so wird sie bei höheren Wasserständen der ganzen Länge nach überströmt und stets stark angegriffen, weshalb Durchbrüche nicht zu den Seltenheiten gehören. Der Uebersturz ist bei hochgelegenen Werken namentlich deswegen so heftig, weil der Wasserspiegel dahinter, indem er dem Gefälle des Flusses nicht folgen kann, horizontal und damit niedriger, am oberen Ende sogar meist erheblich niedriger liegt, als auf der Stromseite. In Folge dessen greift der Uebersturz nicht selten auch das Ufer an und versetzt es in Abbruch, wogegen selbst Traversen nicht immer schützen.

Dessenungeachtet sind einzelne Ströme unter ausschließlicher oder vorzugsweiser Anwendung von Parallelwerken regulirt worden, bei den preußischen Strömen dagegen haben diese neben den Buhnen von jeher überall da Verwendung gefunden, wo es nach der Vertikalität und den Eigenthümlichkeiten des Stromes angemessen erschien. Daher ist die Behauptung, daß es als eine Erfindung der neueren Zeit ein besonderes „kombinirtes Regulirungs-System“ gebe, ebenso unzutreffend, wie die Beschwerde über Nichtbeachtung dieses Systems seitens der preußischen Wasserbauverwaltung unbegründet ist. Bei dem gegenwärtigen Stande unserer Regulirungen gelangen Parallelwerke allerdings nur noch unter besonderen Verhältnissen, beispielsweise als Uferdeckwerke, zum Ausbau sehr scharfer Einbuchtungen an Stelle kurzer Buhnen, an der Einmündung von Seitengewässern u. s. w. und fast nur dann zur Ausführung, wenn der Raum zwischen dem Werke und dem Ufer sofort mit Erde verfüllt werden kann. Daß der Rhein im Rheingau durch freiliegende Parallelwerke regulirt worden ist, hat

feinen Grund darin, daß hier Verlandungen ausdrücklich vermieden werden sollten.

Ein Gegenstand besonderer Erwägungen bei dem Entwurf zu einer Stromregulirung ist die Beseitigung vorhandener Stromspaltungen, die von verschiedenen Gesichtspunkten aus beurtheilt werden kann. Kleinere im Strombette liegende Inseln pflegt man durch den Bau von Einschränkungswerken einfach zum Abtrieb zu bringen. Bei zwei oder mehreren, bisweilen gleichwerthigen Stromarmen mit größeren Inseln dazwischen ist die Frage zu entscheiden, welcher Arm zum Hauptarm auszubilden sei, ferner, ob dies in allmählichem Uebergange dadurch geschehen könne, daß man den Seitenarm im Laufe der Zeit durch geeignete Maßnahmen zur Verlandung bringt und dem Strom die entsprechende Erweiterung des künftigen Hauptarmes überläßt, oder endlich, ob man den Hauptarm sofort zum vollen Ausbau bringt und gleichzeitig den Seitenarm durch Sperrbuhnen (Koupirungen) so abschließt, daß die Durchströmung aufhört. Selbstverständlich gilt letzteres nur für die kleinen und mittleren Wasserstände, da Fälle, in denen Seitenarme durch hochwasserfreie Koupirungen geschlossen werden, nur selten vorkommen. In der Regel legt man die Kronen der Abschlußwerke unter die Höhe des Mittelwassers, wobei der abgeschlossene Arm mit der Zeit ganz oder fast ganz zulandet. Welche Art der Ausführung zu wählen sei, läßt sich in jedem Einzelfalle nur nach der Vertiklichkeit, wobei auch die Besitzstände in Betracht kommen, und auf Grund der besonderen Eigenschaften des Stromes, vor Allem der Erfahrung beurtheilen. Das Gleiche gilt von der Regulirung der Einmündungen von Nebenflüssen.

Deckungen zum Schutz der Ufer an solchen Stellen, an denen dieser Schutz nicht schon einen Theil der Regulirung an sich bildet, werden in der Regel nur unter Betheiligung der Uferbesitzer ausgeführt. Auf eine solche werththätige Betheiligung ist indessen nur selten zu rechnen, da jene meist geneigt sind, darauf zu warten, daß sich die Strombauverwaltung genöthigt sehe, den Uferschutz zur Verhütung von nachtheiligen Verwilderungen des Stromes ohne ihre Beihülfe zur Ausführung zu bringen. Ausgebaute Leinpfade haben von unseren größeren Strömen nur der Rhein und die Weser, bei denen solche schon in früheren Zeiten angelegt worden sind. Bei den Strömen östlich der Weser ruht zwar auf den Ufergrundstücken die Servitut des Leinpfades, jedoch wird seitens der Schiffer vom Leinzuge nur noch selten Gebrauch gemacht, zumal derselbe durch die langen Buhnen erschwert oder ganz unausführbar wird. Der Ausbau der Leinpfade wird auch nicht verlangt, da sie wenigstens bei den größeren Strömen durch die Entwicklung der Dampfschiffahrt und des Dampfschleppzuges so gut wie ganz entbehrlich geworden sind.

An dieser Stelle hat noch einer besonderen Art der Regulirungswerke Erwähnung zu geschehen, welche namentlich bei Nachregulirungen, d. i. die Bervollständigung des Ausbaues der zuerst in den Hauptunrissen regulirten Strecken, Anwendung finden, nämlich der Grund- oder Stromschwellen. Es sind dieses Einbauten, die, wie die Buhnen, quer zur Stromrichtung, aber mit ihrer Krone so tief liegen, daß die Schifffahrt auch bei den niedrigsten Wasserständen ohne Gefahr über sie hinweggehen kann. Sie werden aus Steinschüttungen, Senkfstücken oder Senkfaschinen hergestellt und zur Durchbauung übergroßer Tiefen, Auskolkungen, angewandt, welche in Einbuchtungen, die mit Parallelwerken oder Deckwerken ausgebaut sind, nicht minder vor Buhnen bei starkem Stromanfall, entstehen und den Bestand der Bauwerke durch Unterspülung gefährden. Die Verbauung solcher Auskolkungen mit Grundschwellen hat überdies den Vortheil, daß die eigentliche Fahrrinne mehr nach der Mitte des Stromes verwiesen wird, und damit die flachen Stellen, Ueberschläge, verschwinden, welche sich da zu

bilden pflegen, wo der Strom von einer Krümmung in die entgegengesetzte, oder in geraden Strecken von einem Ufer zum anderen wechselt. Auch unterhalb der Stromschnellen finden sich nicht selten übergroße Tiefen, durch deren Durchbauung mit Grundschwellen der Wasserspiegel so gehoben werden kann, daß eine Ausgleichung der Gefälle eintritt und die ungleichmäßigen heftigen Strömungen beseitigt werden, mindestens die Regulirung der betreffenden Strecke erleichtert wird. Wenn Grundschwellen nicht in sich zu hoch sind, fangen sie die sich auf der Sohle bewegenden Sinkstoffe auf, so daß diese die Zwischenräume von Schwelle zu Schwelle ausfüllen, weshalb man die Schwellen bei sehr großen Wassertiefen nicht sofort bis zur vollen Höhe, sondern stufenweise auszuführen pflegt.

## F. Durchstiche, künstliche Vertiefungen.

Wenn oben gesagt wurde, daß man zur Ausführung von Durchstichen behufs der Geradelegung stark gekrümmter Stromstrecken im Ganzen nur ungern und nur unter besonderen Umständen übergehe, so hat letzteres seinen Grund zunächst in ihrer verhältnißmäßig großen Kostspieligkeit, die namentlich dann ins Gewicht fällt, wenn ein Durchstich sofort in der vollen Größe des erforderlichen Profils mittels gewöhnlicher Erdarbeit ausgehoben werden muß, und wenn, was in der Regel der Fall ist, nachtheilige Zerstückelungen der in Anspruch zu nehmenden Grundstücke eintreten. In großen Gefällen, in denen man die Kraft des Stromes zur Erweiterung des zuerst in geringeren Abmessungen angelegten Durchstichs verwerthen kann, stellen sich die Ausführungskosten allerdings weniger hoch, aber gerade in dergleichen Strecken sind Durchstiche meistens bedenklich, nicht selten unzulässig. Denn die durch sie herbeigeführte Verkürzung des Stromlaufs bewirkt stets eine Vergrößerung des relativen Gefälles und damit der Stromgeschwindigkeit, wovon sich die Folgen, abgesehen von der Nothwendigkeit, die neuen Ufer, namentlich auf der einbuchtenden Seite gegen Abbruch und Unterspülung zu sichern, besonders in der unmittelbar oberhalb gelegenen Strecke zeigen. Hier treten entweder gewaltsame Vertiefungen mit ihren nachtheiligen Einwirkungen auf die Ufer ein, wobei die in Bewegung gekommenen Bodenmassen sich leicht an Stellen ablagern, die zu ihrer Aufnahme ungeeignet sind, oder, wenn etwa der Untergrund widerstandsfähig genug ist, Versackungen, die neue Regulirungen nothwendig machen können. Auch unterhalb solcher Durchstiche pflegen die Ufer sorgfältiger Befestigungen zu bedürfen. In früheren Jahren sind beispielsweise an der mittleren Oder mehrfach Durchstiche ausgeführt worden, deren nachtheilige Folgen noch heute nicht ganz überwunden sind.

Die angeführten Uebelstände treten nicht ein, entweder wenn der Strom an und für sich ein geringes relatives Gefälle hat, dessen Vermehrung sogar zur Verbesserung der Vorfluth und des Hochwasserabflusses erwünscht sein kann, oder, wenn das Gefälle durch Kanalisirung des Stromlaufs künstlich aufgehoben wird. Unter solchen Verhältnissen werden Durchstiche bisweilen mit großem Nutzen ausgeführt, wie solches neuerdings bei der Regulirung der Spree oberhalb der Stauanlagen von Fürstenwalde geschehen ist und bei der Kanalisirung der oberen Oder zwischen Kosel und der Meißemündung gegenwärtig geschieht. Auch die untere Havel hat neben der Regulirung durch Einschränkungswerke mehrere zum Theil große Durchstiche erhalten. Bei der in der Ausführung begriffenen Regulirung der Neke werden zur Beförderung der Vorfluth und Schiffahrt ebenfalls Durchstiche ausgeführt, zugleich aber wird der aus der Senkung des Hochwasserspiegels zu befürchtenden Entziehung der befruchtenden Ueberfluthungen der Wiesen im Frühjahr durch die Anlage von Stauwerken entgegen gewirkt werden.

Ausschließlich als Baggerungen kommen selbstständige größere Ausführungen fast nur in den unteren Stromgegenden vor, wenn entweder die Gefälle schon so gering sind, daß selbst durch ihre Vergrößerung die Sände nicht mehr in Bewegung gesetzt werden können, oder in Folge der wechselnden Wasserstände des Meeres, namentlich der Ebbe und Fluth, Aus- und Einströmungen stattfinden, bei denen die Sandablagerungen anderen Gesetzen, wie im Strome weiter oberhalb, unterliegen. Im Allgemeinen sucht man die Baggerarbeiten, schon wegen ihrer hohen Kosten und der vielfach nur geringen Dauer ihrer Erfolge, thunlichst einzuschränken und von ihnen nur zur Unterstützung der Regulirungswerke, also da Gebrauch zu machen, wo die Stoffe, aus denen die Flußsohle besteht, zu fest gelagert oder zu schwer sind, um durch die Strömung, selbst nach wesentlicher Erhöhung der bisherigen Geschwindigkeit, angegriffen und fortgeführt zu werden. Auch zur Beseitigung einzelner nachtheiliger Anhäuerungen, welche sich nach dem Ablauf des Hochwassers meist hinter den ausbuchtenden Uferstrecken vorfinden, zur Erweiterung und stellenweiser Vertiefung der Fahrrinne bei außergewöhnlich niedrigen Wasserständen, nicht minder zur Beschaffung von Erd- und Kiesmaterial für die Ausführung von Stau- und Packwerksbauten bedient man sich der Hülfe des Baggers.

Wo Felsbänke oder Felsriffe im Strome vorhanden sind, die durch eine seitliche Verschiebung der Fahrrinne oder durch eine künstliche Hebung des Wasserspiegels nicht unschädlich gemacht werden können, ebenso, wo eine von Felsen begrenzte Fahrrinne der Verbreiterung bedarf, ist man genöthigt, zu der theuersten aller Regulirungsweisen, nämlich zu Felsprengungen oder Zertrümmerungen überzugehen. Bei ihrer Anwendung ist indessen Vorsicht insofern geboten, als, ähnlich wie bei den Durchstichen, die künstliche Vertiefung oder Erweiterung des Strombettes leicht ein Sinken des Wasserspiegels oberhalb der Regulirungsstrecke und damit das Erscheinen neuer, bisher nicht bemerkbar gewesener Schifffahrtshindernisse zur Folge haben können.

### G. Das Hochwasserprofil.

Bei jeder Regulirung muß man bemüht sein, den Hochwasserstrom thunlichst einheitlich und so zu gestalten, daß er in der Hauptsache denselben Weg verfolgt, den der Strom bei mittleren und niedrigen Wasserständen in seinem engeren Bette nimmt. Man sucht darauf hinzuwirken, daß dieses Bette, indem es nach der Regulirung das Flußthal mit einheitlichem Lauf, mit gleichmäßig tiefliegender Sohle, zwischen festen regelmäßigen Ufern, in gerader Richtung oder schlank gestreckten Krümmungen durchzieht, sowohl vor wie nach der Ausuferung des steigenden Wassers erheblich größere Wassermengen abführe, als vorher im Zustande der Verwilderung. Der das engere Bett verfolgende Hochwasserstrom soll vermöge seiner verhältnißmäßig großen Geschwindigkeit der Räumung des Bettes zwischen den Einschränkungswerken und der Ablagerung der Sinkstoffe an den dazu bestimmten Stellen zu Hülfe kommen und die nachtheiligen Kreuzungen dieses Stromes mit dem engeren Bette sollen thunlichst beseitigt werden.

Um die angedeuteten Zwecke zu erreichen, muß, außer der Beseitigung der eigentlichen Stromspaltungen, dafür gesorgt werden, daß die meist in der Nähe der Hochufer oder der Deiche belegenen natürlichen Senkungen im Flußthal, welche geeignet sind, den Hauptstrom des Hochwassers von dem engeren Bette abzulenken, aufzunehmen und seitlich in größerer oder geringerer Entfernung von diesen weiter zu führen, abgeschlossen werden. Dies geschieht durch niedrige,

bisweilen recht lange Querdämme (Traversen), entweder aus Packwerk oder bei leichter Ausführung aus Erdschüttung, welche durch Raubwehren oder Sprentlagen, auch wohl durch eine Steindecke geschützt wird. Um den Hochwasserstrom mehr zusammenzuhalten, giebt man den Querdämmen gern eine Steigung vom Strome nach den Höhenrändern hin, was allerdings bisweilen die sehr kostspielige, daher selten zur Ausführung kommende Abtragung zu hoch aufgelandeter Uferländer bedingt. Solche Abtragungen werden zuweilen auch unabhängig von der Anlegung von Querdämmen nothwendig. Bei vollkommener Durchführung dieser Maßnahmen, welche jedoch nur selten und meist nur bei kleineren Flüssen erreichbar ist, gelangt man zur Ausbildung zweier Profile, in sich von gleichmäßiger Tiefe und Breite, nämlich je eines besonderen Niedrig- und Mittel- und eines Hochwasserprofils, von denen das erstere tiefer und schmaler als das andere und in dieses, am besten in der Mitte, eingefügt ist.

Die Wirkungen von dergleichen Maßnahmen können indessen nicht zu voller Geltung kommen, so lange das Hochwassergebiet eines Stromes noch anderweite Mißstände und Unzuträglichkeiten aufweist, deren Behebung auf einem anderen Gebiete als dem der Stromverwaltung liegt. Dahin gehört die Regulirung fehlerhaft angelegter Deiche, vor Allem die Zurückziehung der in das Hochfluthprofil vorspringenden Deichhecken und alten Flügeldeiche, überhaupt die angemessene Erweiterung nachtheiliger Deichengen, nicht minder die Befreiung des Profils von sonstigen Abflußhindernissen, wie Waldungen, Gebüsch, Sommerdeichen u. s. w. Es ist bedauerlich, daß mit den Stromregulirungen dergleichen nützliche und nothwendige Maßnahmen bisher nur ganz ausnahmsweise haben Hand in Hand gehen können.

Die günstigen Erfolge der Stromregulirungen in Preußen für die Schifffahrt werden durch den mächtigen Aufschwung, den der Schiffsverkehr in den letzten Jahren nach Größe und Zahl der Fahrzeuge genommen hat, bewiesen und vom Handels- und Schifffahrtsgewerbe bereitwillig anerkannt. Bei den meisten Strömen sind die bisher erstrebten Ziele ganz oder beinahe ganz erreicht worden, und wenn das Verkehrsbedürfniß diese Ziele namentlich in Bezug auf die Schifffahrtstiefe neuerdings immer weiter steckt, so wird es in den meisten Fällen möglich sein, den ausgesprochenen Wünschen, soweit sie als berechtigt anzuerkennen sind, auf dem bisherigen oder auch auf einem anderen besseren Wege gerecht zu werden, wenn nur die erforderlichen Geldmittel flüssig gemacht werden können.

### III. Die Kanalisierung der preussischen Flüsse.

#### A. Aeltere Stauanlagen.

Die Kanalisierung eines Flusses erfolgt ausschließlich zum Zweck der Verbesserung der Schiffbarkeit und setzt jedesmal Hebungen des Wasserspiegels durch Stauwerke voraus. Nicht gleichbedeutend mit den für Kanalisierungszwecke errichteten Stauwerken sind diejenigen, welche behufs der Gewinnung von Wasserkräften für den Gewerbebetrieb angelegt und meist aus alten Zeiten zu uns herübergekommen sind. Dergleichen Staustufen, welche von der Schifffahrt durch Schleusen überwunden werden müssen, bilden bisweilen recht unbequeme Verkehrshindernisse und geben, namentlich bei kleinen Wasserständen, leicht die Veranlassung zu Streitigkeiten über die Benutzung des Wassers zu Schifffahrtzwecken auf der einen und für das Triebwerk auf der anderen Seite, während sie der Landeskultur dann schädlich werden, wenn — wie es nicht selten der Fall ist — die Staubefugniß des Besitzers mit den Interessen der Landwirthschaft in Widerspruch steht. Diese Verhältnisse haben wiederholt zum Ankauf von Stauberechtigungen und Wasserkräften von Seiten des Staates geführt, der damit die freie Verfügung über das Wasser und die Höhe der Anstauung innerhalb der dem Vorbesitzer zustehenden Grenzen erhielt. Aber auch dann ist es, wenigstens bei öffentlichen Flüssen, bisher kaum jemals möglich geworden, dergleichen von alten Zeiten her bestehende Staue ganz aufzuheben (zu legen), weil die damit verbundene beträchtliche Senkung des bisherigen Oberwasserspiegels nicht allein die Schiffbarkeit des Flusses aufgehoben und den Bestand der Ufer gefährdet, sondern auch für die am Oberwasser belegenen Ländereien nachtheilige Veränderungen der langjährigen Kulturzustände herbeigeführt haben würde. Dagegen haben bei den neueren Verbesserungen der Schiffbarkeit der preussischen Flüsse die zu dergleichen Stauanlagen gehörigen Schiffschleusen, welche nicht selten in beträchtlicher Entfernung von jenen in besonderen Flußarmen oder Schleusenkanälen belegen sind, vergrößert oder neu gebaut werden müssen. Mehrere solcher Bauten sind auch im Gange oder stehen nahe bevor. Als Beispiele von alten vereinzelt liegenden, zum größten Theil noch dem Gewerbebetriebe dienenden Stauungen mögen angeführt werden: In der Oder: Dppeln, Brieg, Ohlau, Breslau, letzteres mit zwei Staustufen dicht hinter einander; in der Spree: Fürstenwalde, Berlin; in der Havel: Bredereiche, Zehdenick, Dranienburg, Spandau, Brandenburg, Rathenow; in der Weser: Hameln.

In anderen, ebenfalls bedeutenden Flüssen liegen die von früheren Zeiten überkommenen gewerblichen Stauanlagen in größerer Reihenfolge hinter einander. Als man daran ging, diese Flüsse der Schifffahrt zugänglich zu machen, wurden die Staustufen mit den fehlenden Schiffschleusen versehen, auch

wurden sie wohl hin und wieder durch eine dazwischen eingelegte Staustufe vermehrt. Solche Flüsse, wie beispielsweise die Saale mit der Unstrut, die Lahn, die Ruhr, die Lippe, gelten meistens für kanalifirt, ohne es im eigentlichen Sinne des Wortes zu sein.

## B. Die allgemeine Anordnung der Kanalifirungen.

Der Begriff der Kanalifirung ist bereits im ersten Abschnitt Seite 20 dahin erläutert worden, daß ein Fluß kanalifirt wird, wenn man, um seine Schiffbarkeit herbeizuführen oder zu verbessern, den Wasserspiegel durch feste oder bewegliche Wehre unter gleichzeitiger Anlage der dazu gehörigen Schiffschleusen so weit hebt, daß die erforderliche Schiffahrtstiefe ohne Einschränkung der Flußbreite und ohne wesentliche künstliche Vertiefung der Sohle herbeigeführt wird. Ebenso ist auf Seite 22 bemerkt worden, daß die Kanalifirung an die Stelle der Regulirung treten muß, wenn bei verhältnißmäßig großem Gefälle und geringer Wasserführung des Flusses die Regulirungsbreite oder die dadurch zu erzielende Tiefe zu gering ausfallen würde, um den Schiffen ein hinreichend bequemes und sicheres Fahrwasser zu gewähren. Hieraus geht hervor, daß durch Flußkanalifirungen das Landeskulturinteresse nicht unmittelbar gefördert wird, aber doch insoweit in Frage kommt, als dafür Sorge getragen werden muß, daß die aus den Stauungen hervorgehenden Vorfluthbeschränkungen auf ein thunlichst geringes, durch Gewährung von Entschädigungen ausgleichbares Maß zurückgeführt werden.

Der durch ein Stauwerk gehobene Wasserspiegel steht nicht horizontal, hat vielmehr ein gewisses Gefälle, denn sonst könnte das Wasser, welches der Fluß führt, überhaupt nicht fließen, das Gefälle ist aber erheblich geringer, als im ungestauten Zustande. Die Querprofile des Oberwassers sind ihrem Flächeninhalt nach um so größer, je näher sie dem Wehre liegen, und werden nach oben hin allmählig kleiner, woher das Gefälle des Wasserspiegels dicht am Wehre am geringsten ist und nach oben hin allmählig zunimmt, bis es in Gestalt einer flachen Kurve in das natürliche Gefälle des Flusses übergeht. Bis zu dieser Stelle, der Staugrenze, reicht der Rückstau der Anlage. Bei gleich hohen Anstauungen liegt die Staugrenze dem Wehre um so näher, je größer das natürliche Gefälle des Flusses, und um so entfernter, je geringer es ist. Eine in ihrer Höhe und Weite unverändert bleibende Stauanlage ist dann, wenn der Fluß bei kleinem Wasserstande nur wenig Wasser führt, also das Unterwasser besonders niedrig steht, am wirksamsten, d. h. der Stau ist alsdann verhältnißmäßig am höchsten. Bei steigendem Wasser und vermehrtem Zufluß vermindert sich die Stauhöhe, weil die durch das Wehr bewirkte Profileinschränkung im Verhältniß zum ganzen Profil immer geringer wird und der Unterwasserspiegel stärker ansteigt, als das Oberwasser. Damit verschwindet die Wirkung des Wehres mehr und mehr, bei Hochwasser kann es sogar vorkommen, daß sie gar nicht mehr wahrnehmbar wird.

Will man einen Fluß kanalifiren, also in seiner ganzen Länge die Schiffahrtstiefe durch Hebung des Wasserspiegels bis auf ein gewisses Maß vergrößern, so muß jedes Stauwerk unterhalb der Staugrenze des zunächst unterhalb befindlichen liegen. Um wie viel? hängt von der bisherigen natürlichen Tiefe des Flusses und davon ab, ob man dieser Tiefe durch geeignete Baggerungen stellenweis, namentlich im Unterwasser des oberen Wehres, zu Hülfe kommen kann oder nicht. Hieraus ergibt sich zwar die allgemeine Anordnung, die Aufeinanderfolge der Staustufen, nicht aber die Höhe, die jede derselben zu

erhalten hat, denn man kann beispielsweise ein absolutes Gefälle von 12 m ebensowohl in 6 Stufen von je 2 m Höhe, wie in 4 Stufen von je 3 m Höhe zerlegen.

Hohe Staue verlangen entsprechend hohe Uferländer, weil sonst der gestaute Wasserspiegel die anliegenden Ländereien unter Wasser setzen würde. Einigen Schutz hiergegen vermag man diesen zwar durch eine künstliche Erhöhung der Uferländer, also durch Eindeichungen, zu gewähren, dann aber kann die Entwässerung der hinter den Deichen befindlichen Ländereien, die in jedem Fall nach dem Unterwasser hin geführt werden muß, so große Schwierigkeiten verursachen, daß man es vorzieht, die verwässerten Ländereien anzukaufen oder die Besitzer wegen der Werthverminderung zu entschädigen. Andererseits vermehrt eine geringe Höhe der Staustufen die erforderliche Anzahl derselben und damit erheblich die Baukosten der Gesamtanlage, wozu noch kommt, daß jede Staustufe einen längeren Aufenthalt für die Schiffe erheischt, also ein Schiffahrtshinderniß bildet und man die Zahl dieser Hindernisse thunlichst einzuschränken suchen muß. Aus diesen Erwägungen folgt, daß bei der Kanalisierung der Flüsse die Bestimmung der Höhe und damit der Zahl der Staustufen zum Theil eine Geldfrage ist, in welcher die eigentlichen Baukosten und die Entschädigungsforderungen der Grundbesitzer einander gegenüberstehen, bisweilen aber auch das soeben erwähnte Schiffahrtsinteresse den Ausschlag giebt. Bestimmte Grundsätze für die Entscheidung lassen sich nicht aufstellen, diese muß vielmehr in jedem Einzelfalle auf Grund von sorgfältigen Ermittlungen getroffen werden.

Bei Flüssen mit besonders niedrigen Ufern bei starkem Gefälle und geringer Niedrigwassermenge gelangt man auch wohl zu dem Entschlusse, sowohl die Regulirung als auch die Kanalisierung ganz aufzugeben und einen Seitenkanal anzulegen, der aus dem Flusse gespeist wird. Beispiele dieser Art sind: die Seitenkanäle zur oberen Havel, nämlich der Boßkanal von Zehdenick bis Liebenwalde und der Dranienburger Kanal, sowie der einen Theil des Oder-Spreekanal bildende Seitenkanal zur Spree von Gr.-Tränke, unterhalb Fürstenwalde, bis zum Seddin-See, oberhalb Cöpenick. Dagegen sind als eigentliche Flußkanalisirungen in neuerer Zeit zur Ausführung gekommen: die Kanalisierung der Mosel von Meß aufwärts bis Trouard, der Saar von Saargemünd bis Ensdorf oberhalb Saarlouis mit 6 Staustufen, des Main von Frankfurt bis zur Einmündung in den Rhein mit 5 Staustufen und der Unterspree bei Charlottenburg und im Mühlendam zu Berlin. Bemerkenswert zu werden verdient, daß der vom Großen Kurfürsten vor mehr als 200 Jahren angelegte Finow-Kanal in seinem zur Oder absteigenden Arm eigentlich eine systematische Kanalisierung des Finow-Flusses darstellt. In der Ausführung begriffen sind: die Kanalisierung der oberen Oder von Kosel bis zur Neißemündung mit 12 Staustufen, der Fulda von Kassel bis Minden mit 4 Staustufen und der Ems von Meppen bis Papenburg, als Theilstück des Kanals von Dortmund nach den Emshäfen, mit 5 Staustufen.

### C. Die Wehre und Schleusen.

Feste Wehre, d. h. solche, deren Höhenlage in der Krone unveränderlich ist, die also von den höheren Wasserständen überströmt werden, während sie bei kleinen Wasserständen bisweilen trocken liegen, kommen bei den älteren Stauanlagen zwar häufig, bei den neueren höchstens nur noch als untergeordnete Theile einer größeren Gesamtanordnung vor. Gegenwärtig richtet man die Wehre in der Hauptsache beweglich, d. h. so ein, daß diejenigen Bautheile,

welche den Stau erzeugen, je nach Bedürfniß theilweise oder ganz entfernt werden können. Durch diese Einrichtung wird es möglich, den Stau derartig zu regeln, daß das Oberwasser auf einer vorher bestimmten Höhe, dem Normalwasserstande, welcher, wie oben bemerkt wurde, der Höhe der Ufer und der umgebenden Ländereien möglichst anzupassen ist und vielfach mit dem mittleren Wasserstande des Flusses zusammenfällt, thunlichst lange erhalten bleibt. Je mehr die Wasserführung des Flusses nachläßt, um so mehr wird das Wehr geschlossen. Wenn das Wasser wächst und damit die Wasserführung zunimmt, wird das Wehr entsprechend geöffnet, so lange, bis es endlich kein Abflußhinderniß mehr bildet und das Wasser so frei hindurch geht, als wenn die Stauanlage nicht vorhanden wäre. Letzteres ist wichtig für den Abgang des Hochwassers und Eises, welcher durch die Kanalisierung nicht benachtheiligt oder auch nur gestört werden darf. Aus diesem Grunde ist auch die Durchflußweite der Wehre nach der Hochwassermenge mit besonderer Sorgfalt zu berechnen und festzustellen.

Bei uns werden die neueren beweglichen Wehre mit wenigen Ausnahmen als Nadelwehre eingerichtet. Der feste, aus Mauerwerk hergestellte Wehrrücken liegt mit der Sohle des Flusses gleich hoch oder nur wenig darüber. Auf ihm sind schmiedeeiserne, in sich gehörig verstrebtte Rahmen, die Wehrböcke, so befestigt, daß sie, in der Richtung des Stromlaufes stehend, sich seitlich flach niederlegen oder aufrichten lassen, in welcher letzteren Stellung sie durch eine parallel zum Wehrrücken laufende leichte Brücke und durch Eisenstangen, die etwas über dem Normalstande des Oberwassers liegen, mit einander verbunden werden. Der Wehrabschluß wird durch aufrechtstehende vierkantige Holzstäbe, die Nadeln, gebildet, die, dicht an einander schließend, sich in etwas stromabwärts geneigter Lage unten gegen den Wehrrücken, oben gegen jene Eisenstangen lehnen. Je mehr dergleichen Nadeln eingestellt werden, um so vollkommener wird der Wehrabschluß und um so weniger Wasser kann von oben her abfließen; werden sämtliche Nadeln entfernt und die Böcke niedergelegt, so ist der freie Abfluß des Wassers wieder hergestellt. In Flüssen, die keinen oder nur geringen Eisgang haben, wie z. B. in der Spree, wendet man auch Schützenwehre an, bei welchen der Abschluß durch Tafeln aus Holz oder aus Eisenblech gebildet wird, die sich zwischen Ständern, den Griespfosten, auf und nieder bewegen lassen.

Da die Ufer eines kanalisirten Flusses nach wie vor den zerstörenden Wirkungen des Hochwassers ausgesetzt bleiben, ist es nöthig, sie von Staustufe zu Staustufe durch Deckungen oder geeignete Einbauten gegen Ab- und Durchbrüche so zu sichern, daß Verwilderungen, welche die Schiffbarkeit des Flusses benachtheiligen könnten, ausgeschlossen sind. Bei den meisten unserer Flüsse ist dies schon vor der Kanalisierung geschehen. Scharfe, der Schifffahrt hinderliche Krümmungen können im kanalisirten Flusse — wovon oben bereits die Rede gewesen ist — unbedenklich durch Durchstiche beseitigt werden.

Die in den Staustufen anzulegenden Schiffschleusen unterscheiden sich in ihrer Einrichtung nicht von den sonst üblichen, namentlich in den Kanälen vorkommenden. Sie liegen entweder unmittelbar neben dem Wehr, so daß die flußseitige Schleusenmauer zugleich die eine Ufermauer des Wehres bildet, oder, was im Allgemeinen vorzuziehen, in einem besonderen Schleusenkanal, in welchem Fall sich zwischen diesem und dem, das Wehr enthaltenden Stromlauf eine Insel, die Wehrinsel bildet. Der Schleusenkanal, welcher, wenn angänglich, nicht vom Hochwasser durchströmt werden darf, weil er sonst leicht versandet, läßt sich bisweilen zugleich zur Geradelegung größerer Krümmungen benutzen. Auch die Schleusen-Mauern und -Thore legt man gern so hoch, daß sie vom Hochwasser nicht überflüthet werden, jedoch kommen Fälle vor, in denen dies

ohne nachtheilige Beschränkung des Hochwasserprofils nicht thunlich ist, und man die Ueberströmung gestatten muß.

Bei geöffnetem Wehr und niedergelegten Wehrböcken brauchen die Schiffe nicht durch die Schleuse zu gehen, vielmehr können sie dann, indem sie über das Wehr hinwegschwimmen, die Staustufe ohne Aufenthalt durchfahren. Um die Durchfahrt zu erleichtern und sicher zu stellen, pflegt man in dem Theile des Wehres, der in der eigentlichen Stromrinne liegt, den Wehrrücken gegen die übrige Länge des Wehres etwas zu senken und entsprechend höhere Böcke und längere Nadeln anzuwenden und so besondere Schiffsdurchlässe zu bilden. Manche Wehre haben auch, damit die Holzflöße nicht geschleust zu werden brauchen und, ohne selbst Aufenthalt zu erleiden, die Schifffahrt nicht behindern, die Einrichtung, daß sich ein Theil des Wehres schnell niederlegen und gegen die alsdann eintretende starke Strömung wieder aufrichten läßt, welche Bewegung mit Hülfe des aus dem Wehrgefälle hervorgehenden Wasserdrucks bewirkt wird. Die bei uns übliche Form dieser Einrichtung ist die der Trommelwehre, welche seitlich in das Wehr eingebaut zu werden pflegen. Bei den neueren Kanalisirungen sorgt man dafür, daß später, wenn der Verkehr sich in großem Maßstabe entwickeln sollte, Einrichtungen getroffen werden können, welche das Durchschleusen ganzer, ungetheilter Schlepzüge möglich machen. Zu diesem Behuf wird entweder der Raum für je eine zweite längere Schleuse oder die Möglichkeit der Hinzufügung je eines dritten Schleusenhauptes zu den beiden ursprünglichen Hauptern schon bei der ersten Anlage der Staustufen vorgesehen. Dergleichen dritte Schleusenhäupter werden zur Zeit in die Staustufen des kanalisirten Mains unterhalb Frankfurt eingefügt.

Vor einigen Jahren wurde mehrfach in Wort und Schrift die Behauptung aufgestellt, in allen Fällen, in denen es sich um die Verbesserung der Schiffbarkeit der Flüsse und auch der großen Ströme handle, sei die Kanalisirung der Regulirung vorzuziehen. Bei diesem Aufruf an die öffentliche Meinung hatte man übersehen, daß die Kanalisirung der Natur des Stromes auf alle Fälle Gewalt anthut, daß dagegen durch die Regulirung die natürlichen Eigenschaften des Stromes gefördert und ausgenutzt werden, daß daher, verständigerweise, die Kanalisation nur da zur Anwendung gebracht werden darf, wo sich die anzustrebenden Ziele auf dem mehr naturgemäßen Wege der Regulirung nicht erreichen lassen. Die Erfolge unserer Regulirungen für die Schifffahrt haben denn auch jene Stimmen allmählig zum Schweigen gebracht.

## IV. Die Regulirung und Kanalisirung der außerpreussischen Flüsse.

### A. Allgemeines.

Sowohl in der Regulirung der Wildbäche und Gebirgsflüsse als auch der Fluß- und Strommündungen im Fluthgebiet haben, was sich aus der geographischen Lage unseres Landes leicht erklärt, außerpreussische Staaten bedeutendere Leistungen aufzuweisen, als Preußen. Diese Regulirungen bilden jedoch nicht einen Gegenstand der vorliegenden Schrift, daher möge hier nur kurz hingewiesen werden einerseits auf die Verbauungen der Wildbäche und Regulirungen der Gebirgsflüsse der Alpen, welche durch die Schweiz, durch Bayern und ganz besonders durch Oesterreich systematisch und in sehr großem Umfange ausgeführt sind und noch ausgeführt werden, andererseits auf die Regulirungen der von Seeschiffen befahrenen Flußmündungen in England, Frankreich und Nordamerika, nicht zu vergessen der mit glänzendem Erfolge von Bremen unternommenen Regulirung der Unterweser. Die kanalisirten Flüsse bilden im Auslande vielfach Glieder großer Kanalnetze und sind im Zusammenhange mit deren Anlage schon seit geraumer Zeit mit Stauwerken und Schiffschleusen ausgebaut worden. Diese Kanalisirungen, namentlich diejenigen in Frankreich und Belgien, haben den neueren preussischen Ausführungen zum Anhalt und als Muster gedient, in der Regulirung der Mittel- und Unterläufe seiner schiffbaren Flüsse steht dagegen Preußen allen übrigen Staaten weit voran.

Die Verhältnisse, welche die Regulirung oder die Kanalisirung eines Flusses nothwendig oder wünschenswerth machen, sind überall die gleichen. Denn die allgemeinen Eigenschaften des fließenden Wassers, die Abhängigkeit der Wasserstände der Flüsse von der Größe und Beschaffenheit ihres Niederschlagsgebiets und der Höhe und Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge, die Angriffe der Strömung auf die Flußufer, die Bewegung und Ablagerung der Sinkstoffe im Flußbett, die zerstörenden Wirkungen der Hochwässer, überhaupt die Neigung des sich selbst überlassenen Stromes zur Verwilderung, das Alles ist von politischen Grenzen ebensowenig abhängig, wie von der Lage der Länder diesseits oder jenseits der Oeane. Wenn aber die zur systematischen Regulirung oder Kanalisirung eines Flusses anzuwendenden Maßnahmen hergeleitet werden, müssen aus jenen natürlichen Eigenschaften und aus dem Bestreben, die Ursachen der obwaltenden Uebelstände, soweit es überhaupt möglich ist, zu bekämpfen, so folgt daraus, daß eben diese Maßnahmen im Großen und Ganzen überall die gleichen sein müssen und in den verschiedenen Ländern nur in Bezug auf die Einzelheiten der von den örtlichen Verhältnissen abhängigen Anordnungen unter einander verschieden sein können. Ein näheres Eingehen auf die überhaupt in Betracht kommenden Staaten und die in ihnen regulirten und kanalisirten Flüsse wird dies bestätigen.

## B. Europäische Staaten.

Von den preussischen Strömen erreichen nur die Elbe und der Rhein in regulirtem Zustande die diesseitige Grenze. Die Memel (Niemen) und die Weichsel treten aus Rußland zu uns herüber, welches, wenn es auch bedeutendere Kanalbauten ausgeführt hat, doch zur Regulirung dieser Ströme bisher nichts gethan hat, wenigstens ist nicht bekannt geworden, inwieweit der Entwurf zur Regulirung der Weichsel innerhalb der Grenzen des ehemaligen Königreichs Polen\*), welche durch Buhnen und Parallelwerke erfolgen sollte, wirklich zur Ausführung gelangt ist. Ein kleiner Nebenfluß der oberen Weichsel, die Przemsza, welche etwa 60 km oberhalb Krakau, bei Dzwiecin, in diese einmündet und von da bis gegen Myslowitz aufwärts die Grenze zwischen Oesterreich und Preußen bildet, ist vor 15 Jahren von diesen Staaten gemeinschaftlich auf Grund eines Staatsvertrages durch Parallelwerke mit gutem Erfolge regulirt worden. Die Oder, soweit sie schiffbar ist, die Weser und die Ems liegen ganz in preussischem Gebiet. Die Elbe ist in Böhmen von Melnick bis zur sächsischen Grenze und von da bis zu ihrem Eintritt in Preußen bei Loeswig oberhalb Mühlberg seitens der beteiligten Staaten durchweg mit Parallelwerken regulirt worden, welche, aus Steinmaterial hergestellt, besondere, von unseren Werken abweichende Anordnungen nicht zeigen. Dasselbe gilt von der Moldau von Budweis bis zu ihrer Einmündung in die Elbe unterhalb Melnick. In Prag werden zur Zeit umfangreiche Verbesserungen der Schiffbarkeit der Moldau durch Schleusenanlagen vorgenommen und mit ihnen die Einrichtung von Umschlaghäfen verbunden.\*\*)

Der Rhein ist in seinem oberen Theil von Basel über Straßburg bis unterhalb Mannheim am Anfange dieses Jahrhunderts in großem Maßstabe durch eine Reihe von Durchstichen mit seitlichen Deichen regulirt worden\*\*\*), welche, vorzugsweise im Vorfluthinteresse angelegt, für diese von außerordentlichem Vortheil gewesen sind, jedoch in ihren Wirkungen für die Schifffahrt vieles zu wünschen übrig gelassen haben. Namentlich gelangt hier das Wandern der Kiesbänke so bestimmt ausgesprochen und wahrnehmbar, wie bei keinem anderen Strome zur Erscheinung. Die weitere Regulirung des Rheins bis zum Eintritt in Preußen unterhalb Mainz ist durch Buhnen erfolgt.

Von den außerpreussischen europäischen Staaten haben systematische Flußregulirungen und Flußkanalisirungen im Sinne dieser Schrift bisher nicht ausgeführt: Schweden, Norwegen, Dänemark, Rußland, die Balkanstaaten, die Türkei, Spanien und England. Letzteres, ebenso die skandinavischen Staaten, besitzen zwar ausgedehnte Kanalnetze, aber keine oberhalb der Fluthgebiete regulirten oder kanalisirten Flüsse. Aehnliches gilt von Italien. Die zahlreichen Kanäle in Oberitalien†) haben ihren Hauptwerth für landwirthschaftliche, nicht für Handelszwecke, und auch bei den vorkommenden Flußbauten handelt es sich nur um die Abwehr von Ueberschwemmungen durch Deiche und um Uferschutz. Systematische Regulirungen für Schifffahrtszwecke, die mit den unsrigen in Vergleich gestellt werden könnten, kommen in Italien nicht vor.

Ungarn steht im Begriff, zwei sehr bedeutende Regulirungen der Donau auszuführen: im Eisernen Thor und im oberen Lauf von Theben bis D. Radwany unterhalb Komorn.

\*) Attaché-Bericht St. Petersburg, 17. November 1887.

\*\*\*) Attaché-Bericht Wien, 30. August 1891.

\*\*\*\*) G. Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst, Theil II, ss. 26, 40.

†) Attaché-Bericht Rom, 16. September 1890.

Im Eisernen Thor, sowie ober- und unterhalb desselben auf im Ganzen etwa 100 km Länge windet sich die Donau durch ein Felsenthal, in dem Wasserfälle und Stromschnellen mit seeartig breiten und flachen, von Felsbänken durchsetzten Strecken mit einander abwechseln, und die Schifffahrt, solange der Wasserstand ihre Ausübung überhaupt gestattet, mit kaum zu überwindenden Schwierigkeiten verbunden ist. Die zur Beseitigung dieser Schwierigkeiten in Angriff genommene Regulirung\*) ist so besonderer Art, daß auf anderen Strömen Aehnliches nicht vorkommt. Es handelt sich dabei überwiegend um Felsprengungen, durch welche die Fahrinne für die Schiffe theils innerhalb des jetzigen Bettes, theils außerhalb desselben durch Seitenkanäle, jedoch ohne Staustufen und Schleusen hergestellt werden soll. Man hofft eine ziemlich gleichmäßige Vertheilung der Gefälle über die ganze Strecke zu erreichen, zu welchem Behuf in den übermäßig breiten Strecken Einengungen durch Parallelwerke in Steinbau behufs Hebung des Wasserspiegels ausgeführt werden.

In ihrer 144 km langen oberen Strecke von Theben bis D. Radvany zeigt die Donau noch alle Eigenschaften des wilden, ungebändigten Stromes, welche durch die hierher gelangten Karten\*\*) in sehr anschaulicher Weise zur Darstellung gebracht werden. Auf dieser Strecke ist man zur Verbesserung sowohl der Vorfluth als auch der Schifffahrt im Begriff, einen einheitlichen Stromlauf in möglichst gestreckter Richtung auszubilden, dessen Ufer größtentheils aus Koupirungen von Seitenarmen und aus Parallelwerken bestehen werden, auch gelangen einige Durchstiche zur Ausführung. Wahrscheinlich wird es sich bald als nothwendig erweisen, zwischen den jetzigen Normaluferlinien noch Einschränkungswerke anzulegen, um den Strom bei niedrigen Wasserständen mehr zusammenzuhalten.

Die in Frankreich vorhandenen sehr bedeutenden Flüsse und Ströme sind in ihrer natürlichen Beschaffenheit von unseren großen Strömen insofern verschieden, als sie meist in ihrer ganzen Länge im Gebirgs- und Hügellande liegen, mithin starke Gefälle und große, plötzlich eintretende Hochwasser bei geringer Wassermenge zur Zeit der Dürre haben und in ihren Betten Massen von groben und schweren Einkstoffen führen. Es ist daher erklärlich, daß, als es sich darum handelte, diese Flüsse den großen Kanalverbindungen als Schifffahrtsstraßen gleichwerthig herzustellen, man sich dem System der Kanalisierung, nicht der Regulirung, zuwandte. Eine Ausnahme hiervon bildete die Rhöne, deren Regulirung von Lyon bis zum Fluthgebiet durch Bühnen und Parallelwerke, allerdings unter dem Widerspruch namhafter Ingenieure, vom Jahre 1860 ab betrieben worden ist. Nachdem der gewünschte und erwartete Erfolg nicht eingetreten, unternahm der ingénieur en chef Jacquet im Jahre 1880 eine Bereisung des Rheins und der Elbe, nach deren Ergebnis er in seinem dem Wortlaute nach hier bekannt gewordenen Berichte\*\*\*) sich für die Fortsetzung der Rhône-Regulirung unter Anwendung der bei uns an der Elbe und dem Rhein bewährten Grundschwelle aussprach. Seit dem Jahre 1880 ist man auf Grund des preussischen Systems und der hier gewonnenen Erfahrungen in die Regulirungsarbeiten wieder eingetreten, und von dem günstigen Erfolge Ueberzeugung zu gewinnen, gab die im Anschluß an den V. Internationalen Binnenschifffahrts-Kongreß zu Paris in diesem Jahre unternommene Bereisung der Rhône von Lyon abwärts eine erwünschte Gelegenheit. Auch von Seiten der französischen Ingenieure werden †) diese Erfolge bestätigt und anerkannt. Außer der Re-

\*) Attaché-Bericht Wien, 22. Juni 1892.

\*\*) Attaché-Bericht Wien, 26. Mai 1890.

\*\*\*) Centralblatt der Bauverwaltung 1881, Seite 371.

†) Nouvelles Annales de la construction 1890 Seite 10, 1891 Seite 66.

gulirung der Rhône ist auch diejenige einer größeren Strecke der Loire, des längsten Flusses Frankreichs, durch Parallelwerke versucht worden,\*) jedoch, gegenüber den großen und wilden Hochwässern dieses Stromes bei sehr geringer Wassermenge zur Zeit des Niedrigwassers, und gegenüber seiner Geschiebeführung ohne Erfolg. Man hat unter diesen Verhältnissen die Regulirung aufgegeben, auch nicht die Kanalisirung versucht, vielmehr die Loire von Roanne bis Briare mit einem Seitenkanal versehen.

Flußkanalisirungen sind in Frankreich in großem Umfange ausgeführt, die bedeutendsten sind die der Seine mit ihrem Nebenflusse Yonne und der Saône, welche bei Lyon in die Rhône mündet. Die Seine hat in ihrem obersten Theile von Marzilly bis zur Yonnemündung bei Monterau auf 88 km Länge 8 Staustufen, von da bis Paris auf 185 km Länge deren 12, während die Yonne von Laroche bis zur Einmündung in die Seine auf 91 km Länge 17 Staustufen erhalten hat. Von Paris abwärts bis zu ihrem Eintritt in das Fluthgebiet ist die Seine auf 242 km Länge noch mit 8 Staustufen kanalisirt, welche sich sowohl durch die Größe der Schleusenanlagen als auch dadurch auszeichnen, daß sie Schifffahrtstiefen herbeiführen, welche kleineren seetüchtigen Fahrzeugen gestatten, Paris zu erreichen. Die Saône endlich hat auf im Ganzen 281 km Länge oberhalb Chalons 12, von da bis Lyon 5 Staustufen.

Für die Kanalisirung der französischen Flüsse sind die gleichen allgemeinen Gesichtspunkte maßgebend gewesen, welche später für die Kanalisirung in Preußen leitend geworden sind, aber in der Anordnung mancher Stauanlagen finden zwei Unterschiede mit den unsrigen statt, welche in den besonderen Eigenthümlichkeiten der französischen Flüsse ihre Ursache haben. Diese fließen überwiegend zwischen hohen Ufern, die vielfach weit höhere Anstauungen gestatten als die niedrigen Flußthäler unserer Ströme. Bei beweglichen Wehren mit hohem Stau ist das von Poirée erfundene und bei uns üblich gewordene Nadelwehr nicht anwendbar, weil die Nadeln zu lang und zu stark und damit für die Handhabung zu schwer ausfallen. Sie werden daher in solchen Fällen unter Beibehaltung der niederlegbaren Wehrböcke entweder durch Schütztafeln, welche sich zwischen den Böcken auf- und niederschließen lassen oder durch Faloufien ersetzt, die aus horizontalen Stäben biegsam zusammengesetzt, an den Böcken ab- und wieder aufgerollt werden können, wobei hier wie dort die Bewegungen mit Hülfe maschineller Vorrichtungen bewirkt werden. Die zweite Abweichung beruht darin, daß bei Nadel- oder ähnlichen Wehren in Flüssen mit unerwartet eintretendem und schnell anwachsendem Hochwasser, wie solche in Frankreich vorkommen, der Stau nicht schnell genug entfernt werden kann, um das Hochwasserprofil frei zu geben. In dergleichen Flüssen befindet sich neben dem beweglichen noch ein fester, mit der Krone etwas unter der Höhe des Normaloberwasserstandes liegender Wehrtheil, der als Sicherheitsventil dient, oder es wird der bewegliche Wehrabluß aus Klappen mit horizontaler Achse gebildet, die so eingerichtet sind, daß sie sich beim Eintritt eines gewissen Hochwasserstandes selbstthätig oder mit geringer Nachhülfe niederlegen. Dergleichen Klappenwehre, Chanoine'sche Wehre, haben den Nachtheil, daß, wenn schon das Niederlegen schnell und sicher erfolgt, doch das Wiederaufrichten der Klappen mühsam und nicht ungefährlich ist.

In Belgien kommen Flußregulirungen nicht vor, dagegen ist die Maas, soweit sie das Land durchströmt, also von Givet an der französischen bis Wisé an der niederländischen Grenze, durch bewegliche Stauanlagen nebst Schleusen, welche in ihrer Einrichtung wesentliche Abweichungen von den französischen An-

\*) Zeitschrift für Bauwesen 1881, Seite 118.

lagen ähnlicher Art nicht aufweisen, kanalisiert. Umgekehrt kommen in den Niederlanden größere Kanalisirungen nicht vor, wogegen die Rheinmündungen durch Buhnen, Parallelwerke und Uferdeckungen, welche wie bei uns aus Faschinenwerk mit Steinabdeckungen ausgeführt werden, regulirt sind.

## C. Nordamerika.

Von den außereuropäischen Staaten kommen in Bezug auf solche Regulirungen und Kanalisirungen der Flüsse, die mit den unserigen in Vergleich gestellt werden könnten, nur die Vereinigten Staaten von Nordamerika in Betracht, welche, nachdem mit größeren Kanalanlagen und dem Ausbau der Flußmündungen im Fluthgebiet schon längst vorgegangen war, sich der systematischen Regulirung ihrer Flüsse erst in neuerer Zeit zugewandt haben. Das gewaltige Stromgebiet des Mississippi und seiner Nebenflüsse gab hierzu um so mehr Veranlassung und Gelegenheit, als einerseits die zunehmenden Verwüstungen, welche die bisher sich selbst überlassenen Ströme, namentlich bei hohen Anschwellungen an ihren Ufern und in ihren Niederungen herbeiführten, andererseits die wachsenden Bedürfnisse der Schifffahrt zur Verbesserung der bisherigen Zustände drängten. Von der Unhaltbarkeit dieser Zustände geben die hierher gelangten Stromkarten\*) ein anschauliches Bild.

Durch das Gesetz vom 28. Juni 1879 setzte der Kongreß der Vereinigten Staaten einen Ausschuß von namhaften Ingenieuren ein, welcher auf Grund eingehender Vorarbeiten, Vorschläge für eine durchgreifende Regulirung des Mississippi machen sollte. Diese Vorschläge gingen dahin,\*\*) die obere 1040 km lange Strecke des Stromes von St. Paul bis zur Einmündung des Illinois durch Koupirungen der Seitenarme, durch Buhnen in den einbuchtenden Ufern und durch Deckwerke zum Schutz der im Stromangriff liegenden Uferländer zu reguliren, wobei zugleich der anderweitig beigebrachte Vorschlag Sammelbecken zur Zurückhaltung des Hochwassers anzulegen, als unausführbar verworfen wurde. Für den unteren 900 km langen Theil des Mississippi, in welchem durch den Hinzutritt der Nebenflüsse Illinois, Missouri, Ohio und Arkansas der Wasserreichtum außerordentlich groß wird, schlug der Ausschuß die Regulirung durch Parallelwerke mit Sinkstückicherungen vor. In beiden Strecken sollten Durchstiche grundsätzlich ausgeschlossen bleiben und Baggerungen nur nebensächlich in Anwendung kommen. Aus den über diese Vorgänge stattgehabten Verhandlungen geht hervor, daß es ausdrücklich in der Absicht lag,\*\*\*) dasselbe System der Regulirung anzuwenden, „welches die deutschen Ingenieure an der Weichsel, Oder und Elbe eingeführt haben und das den Franzosen für die Regulirung der Rhône zum Vorbilde diente“.

Seitdem ist man mit den Regulirungsarbeiten in mehr oder minder großem Umfange vorgegangen, wobei sich in der Ausführungsweise der Strombauten, jedoch innerhalb des festgestellten Grundgedankens, nach den besonderen Eigenschaften der Ströme und den zur Verfügung stehenden Baustoffen und Arbeitskräften Abweichungen von unserer Bauweise herausgebildet haben. Zunächst gaben die übergroßen Breiten der Ströme und ihre vielfachen Verzweigungen und Arme innerhalb der Niederungen, wie solche bei uns gar nicht mehr vor-

\*) Attaché-Bericht Washington, 7. Mai 1883.

\*\*\*) Centralblatt der Bauverwaltung 1883, Seite 4.

\*\*\*) 47<sup>th</sup> Congress, 1<sup>st</sup> Session. House of Representatives 1882. Mis. Doc. N. 56, Seite 25. 47<sup>th</sup> Congress, 1<sup>st</sup> Session, Senate 1882. Ex Doc. N. 158, Seite 168, 425.

Kommen, Gelegenheit, mit Hilfe ganz leichter Bauwerke, namentlich von Gehängen aus Drahtgeflecht, Flechtzäunen u. s. w. durch angemessene Verminderung der Stromgeschwindigkeiten auf umfangreiche Ablagerungen der Sinkstoffe außerhalb der künftigen Regulierungslinien hinzuwirken und damit die weiteren Ausführungen angemessen vorzubereiten. Ferner führten die Wohlfeilheit des Holzmaterials in jenen Gegenden und das reichliche Vorhandensein von besonders hoch und schlank gewachsenen Weiden dazu, sowohl die Buhnen und Parallelwerke als auch die Uferschutzwerke, soweit sie unter dem niedrigsten Wasser liegen, aus einem eigenthümlichen Flechtwerk oder Gewebe in Korbmacherarbeit, bestehend aus Stangen als Kette und Weidenstrauch als Einschlag herzustellen.\*) Die unter dem Namen „Matrizen“ üblich gewordenen Baukörper erhalten eine Breite bis zu 40 m, auf welche in je 1,5 m Abstand fortlaufende Stangen, also bei 40 m Breite 15 Stück, die an den Enden durch Drahtumwicklung und Nagelung mit einander verbunden sind, vertheilt werden. Das Einflechten der Weiden erfolgt auf Rahmen, von denen aus, indem sie zwischen Richtpfählen langsam vorwärts bewegt werden, das fertige Gewebe schwimmend auf das Wasser gelangt, um hier durch darauf geworfene Steine fortlaufend versenkt zu werden. Bei der Ausführung von Deckungen wird die versenkte Matratze 0,5 m hoch mit Steinen überdeckt, bei der Herstellung von Einbauten dagegen werden Pfahlreihen hindurchgeschlagen und diese, nach gehöriger Verbindung und Verstärkung untereinander, mit Weiden ausgeflochten. Auch werden Buhnen aus „Matten“ hergestellt\*\*), wobei die 6,5 m langen Faschinen zu je 20 Stück zusammengebunden und versenkt werden, auch für die Sicherung des Fußes gegen Unterspülung durch das überstürzende Wasser mittelst eines unterhalb des Werkes eingebrachten Abfallbodens gesorgt wird. Darüber, ob die also hergestellten Werke auf die Dauer dem Stromangriff ausreichenden Widerstand geleistet und die beabsichtigten Erfolge gehabt haben, sind neuere Berichte nicht eingegangen.

Außer der Regulierung des Mississippi ist im Jahre 1877 auch diejenige des Missouri\*\*\*) in Betracht gezogen und später nach ähnlichem Systeme wie bei dem erstgenannten Strome in Angriff genommen worden.

Um größere Kanalisirungen†) in den Vereinigten Staaten handelt es sich bei dem Kanawha-Flusse, welcher zwischen Cincinnati und Wheeling in den Ohio und bei dem Ohio selbst, der bei Cairo in den Mississippi mündet. Für den ersteren sind 12, für den anderen nicht weniger als 68 Staustufen entworfen worden, bei denen die Wehre theilweise fest aus Steinkisten, theilweise beweglich nach dem System der Chanoine'schen Klappenwehre hergestellt werden sollten. Man scheint indessen bisher über den Beginn dieser Arbeiten mit dem Ausbau einiger einzelner Staustufen nicht wesentlich hinausgekommen zu sein, sich vielmehr in der Hauptsache mit der Regulierung einiger Stromstrecken durch Parallelwerke aus Steinkisten begnügt zu haben.

---

Die vorstehenden Ausführungen lassen erkennen, daß die preussischen Stromregulirungen weder in ihrem Umfange noch in ihren Erfolgen von denen anderer

---

\*) Attaché-Bericht Washington, 4. Februar 1884.

\*\*) Attaché-Bericht Washington, 4. Februar 1884.

\*\*\*) Zeitschrift für Bauwesen 1883, Seite 271.

†) Attaché-Bericht Washington, 27. Mai 1883.

Staaten übertroffen werden, und daß das hier angewendete System auch im Auslande Beachtung und Annerkennung findet. Innerhalb der Gebiete nicht regulirter Ströme in den außerpreußischen Staaten Europas und anderen Erdtheilen waren die Verwüstungen, welche die in den letzten Jahren als ungewöhnliche, zum Theil als ganz außerordentliche Ereignisse aufgetretenen Hochwässer angerichtet haben, entschieden noch weit größer, als sie bei uns zu beklagen gewesen sind.

**Dr. v. Levezow**, Ehrenvorsitzender. **Schulz**, Vorsitzender.

**Wiebe**, stellvertretender Vorsitzender und Berichterstatter.

**Aucher. v. Arnim. Baensch. v. Baumbach. Bellingrath.**

**Dr. v. Bezold. Bönchendorf. v. Dieke. Graf v. Frankenberg-**

**Ludwigsdorf. Franzius. Gamp. Dr. Hauchecorne. Freiherr**

**v. Huene. Inke. Keller. v. Klitzing (Breslau). v. Klitzing (Char-**

**lottenhof). Kozlowski. Dr. Kruse. Kunisch. Meyer. v. Münster-**

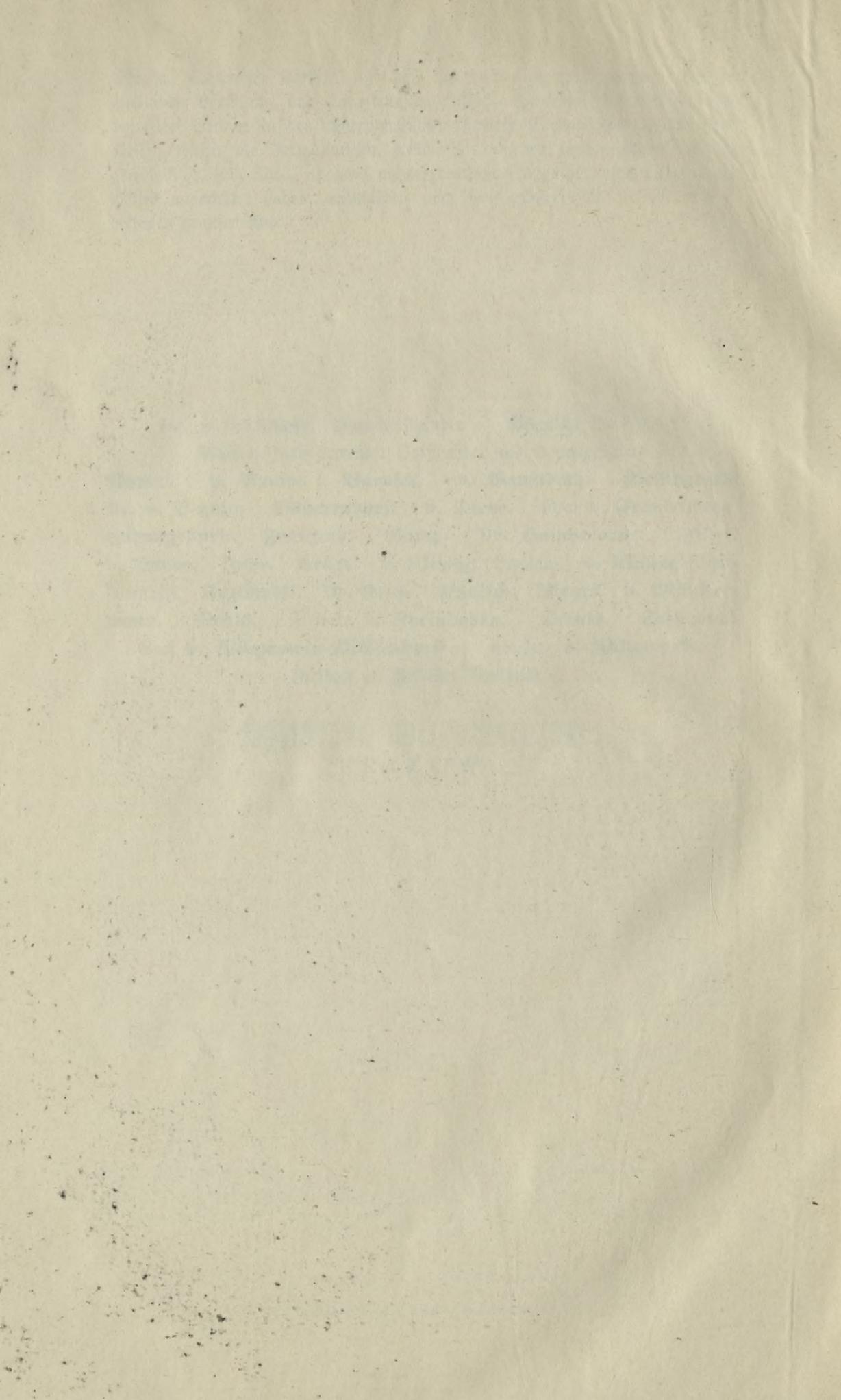
**mann. Nehls. Freiherr v. Rheinbaben. Schulz. Stephann.**

**Graf v. Wilamowitz-Möllendorff. Freiherr v. Wilmowski.**

**Freiherr v. Zedlitz-Neufirch.**

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**





23

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-301003

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300162