

1. Abtheilung. 6. Kapitel.

Abflußvorgang.

I. Vorbemerkungen.

Als Grundlage der Untersuchungen über den Abflußvorgang unserer Ströme dienen vor Allem die Wasserstandsbeobachtungen, da die Kenntniß der Wassermengen zu lückenhaft und ungleichmäßig ist, um einer umfassenden Betrachtung zu Grunde gelegt werden zu können. Freilich versagen auch in Bezug auf die Kenntniß der Wasserstände die verfügbaren Quellen mehrfach, besonders für die in Rußland gelegenen Strecken der Ströme und ihrer Nebenflüsse. Ausreichende Beobachtungen stehen für die österreichischen Strecken mindestens seit neuerer Zeit zur Verfügung. Ueber den Bedarf unserer Darstellung zahlreich sind die langjährigen Beobachtungsreihen an den preußischen Strecken, da in Preußen das Pegelwesen schon mit dem zweiten Jahrzehnte des neunzehnten Jahrhunderts nach großen Gesichtspunkten eingerichtet wurde (vergl. Oderwerk, Bd. I S. 175 und 239).

1. Wasserstandsbeobachtungen.

Die einzige russische Pegelstelle mit langer Beobachtungsreihe ist Warschau. Dort haben die Ableesungen an dem während der preußischen Besitzergreifung gesetzten Pegel bereits 1799 begonnen und sind von Kolberg in dem veröffentlichten zweiten Bande seines Werkes „Die Weichsel, ihr Lauf, ihre Eigenschaften und ihre Schiffbarkeit“ (Warschau 1861, in polnischer Sprache) bis 1860 mitgetheilt. Aus den bei der Flußbeschreibung erwähnten Gründen (vergl. Bd. III S. 299) haben wir die Bildung der Mittelwerthe erst mit dem Jahre 1831 begonnen. Für 1860/79 liegen die täglichen Aufzeichnungen der Wasserstandshöhe am Warschauer Pegel in einer Veröffentlichung Slowikowski's vor (Pamiętnik Fizyograficzny, Jahrg. 1881). Da die weiteren amtlichen Angaben erst wiederum von 1887 ab erhältlich waren, würde eine bedauerliche Lücke geblieben sein, die glücklicherweise durch die täglichen Aufzeichnungen an der Pegelstelle bei Czerniaków oberhalb Warschau, wo das Wasser für die städtische Wasserversorgung aus der Weichsel entnommen wird, ausgefüllt werden konnte. Freilich zeigen sie nicht völlig gleiche Höhen wie der amtliche Pegel, der anderen Querschnittsverhältnissen entspricht, aber die Unterschiede sind im großen Ganzen nicht erheblich.

Eine zweite ältere Pegelstelle liegt bei Zawichost, wo die Mittlere Weichsel nach Rußland eintritt. Ihre von Kolberg für die Jahre 1841/60 mitgetheilten Beobachtungen beziehen sich aber wahrscheinlich auf einen anderen Nullpunkt wie die Angaben für 1876/80 in der amtlichen Veröffentlichung „Wasserstände der Flüsse und Seen des europäischen Rußlands“ (St. Petersburg 1881, in russischer Sprache). Dieses Werk enthält die Tagesbeobachtungen an den Pegelstellen Zawichost, Warschau, Plock (Weichsel), Malkin (Bug), Goniondz (Bjebrza), Pionnica, Zegrze (Narew), Slonim (Szcara), Stolpcy, Grodno, Rowno (Njemen) für die Jahre 1876 oder 1877 bis 1880 in bildlicher Darstellung, ferner die Zahlenangaben für den niedrigsten, mittleren und höchsten Jahreswasserstand, für den niedrigsten und den am häufigsten eingetretenen Wasserstand während der Schifffahrtzeit, sowie über den Beginn und das Ende der Eisbedeckung des Stromes. Letztere Angaben konnten für dieselben und für eine größere Zahl anderer Beobachtungsstellen an der Weichsel, am Bug und Narew, an der Bjebrza und Szcara, an der Wilja und am Njemen aus den jährlichen Veröffentlichungen des russischen Ministeriums der Wegeverbindungen betr. „Statistik über die Eisverhältnisse der russischen Wasserstraßen“ für die Jahre 1881/94 vervollständigt werden. Leider gelang es nicht, von den Wasserstandsbeobachtungen der oben genannten Pegelstellen noch mehr zu erlangen als die Mittelwerthe der einzelnen Monate, auf den Julianischen Kalender bezogen, für denselben Zeitraum 1881/94.

Die einzige, seit langer Zeit beobachtete österreichische Pegelstelle ist Krafau. Die 1824 begonnenen dortigen Aufzeichnungen waren in den zwanziger Jahren noch unvollständig und konnten erst von 1831 ab nach Kolberg's Mittheilungen, die bis Ende 1860 reichen, benutzt werden. Eine für die Jahre 1861/66 verbliebene Lücke wurde durch amtliche Angaben in dankenswerther Weise ergänzt. Von 1867 ab liegen für Krafau und 17 andere galizische Pegelstellen ziemlich vollständige Reihen der täglichen Beobachtungen vor in den von der Krafauer Akademie veröffentlichten *Sprawozdanie komisji fizyograficznej*, die seit 1887 nur noch die monatlichen Hauptzahlen (d. h. den tiefsten, mittleren und höchsten Wasserstand eines jeden Monats) und werthvolle Angaben über die Eisverhältnisse enthalten. Dagegen finden sich die täglichen Beobachtungen der galizischen Pegel seit 1887 in den zunächst in Krafau, sodann in Lemberg herausgegebenen Heften der *Stan wody na rzekach galicyjskich* und seit 1893 in den Jahrbüchern des k. k. hydrographischen Centralbureaus in Wien. Inzwischen hat sich die Zahl der Pegelstellen bedeutend vermehrt. Da aber die Reihen dieser neueren Pegel meist kurz sind, wurden sie bei den Flußbeschreibungen nur aushülfswise benutzt, besonders bei der Darstellung des Abflußvorganges der Raba, für welchen Fluß keine lange Beobachtungsreihe vorhanden ist. Auch für die Gebirgstrecke der Kleinen Weichsel standen nur kurze, 1880 beginnende Reihen an den vom österreichisch-schlesischen Landesauschuß errichteten Pegeln bei Skotschau und Drahomischl zur Verfügung. Die Flachlandstrecke der Kleinen Weichsel und die Grenzstrecke der Przemsza sind durch langjährige Reihen der beiden preußischen Pegelstellen bei N.-Berun (früher Zabrze, seit 1833) und bei Kl.-Chelm (errichtet Ende 1824, regelmäßig beobachtet seit 1834) gut vertreten.

Die älteste preußische Pegelstelle an der Montauer Spitze, seit 1799 beobachtet, scheidet für die Untersuchung der natürlichen Wasserstandsbewegung aus, weil bei ihr zu bedeutende künstliche Aenderungen der Stromverhältnisse vorgenommen worden sind. Aber schon in den Jahren 1809/11 wurden an der Weichsel, am Pregel- und Memelstrom und an den mit ihnen verbundenen Wasserstraßen 20 noch jetzt vorhandene und ohne Unterbrechung beobachtete Pegelstellen errichtet. In den folgenden Jahrzehnten vermehrte sich ihre Zahl noch beträchtlich an allen schiffbaren Flüssen, Flußarmen, Kanälen und Seen (große Masurische Seen, Oberländische Seen, Drausensee). Nur für die nicht-schiffbaren Flüsse reichen die Pegelbeobachtungen selten über die achtziger Jahre zurück. So werthvoll jene zahlreichen langen Beobachtungsreihen auch für viele mit dem Ausbau der Ströme verbundene wasserwirthschaftliche Fragen sind, so wäre es doch nicht zweckmäßig, den gesammten vorliegenden Stoff für die Betrachtung des Abflußvorganges gleichmäßig auszubeuten. Sowohl die Weichsel als auch der Memelstrom betreten als fertige Ströme das Gebiet des Deutschen Reiches und erfahren innerhalb desselben nur noch die mit der Ausmündung in die See verknüpften Aenderungen ihres Abflußvorganges. Einige wenige Pegelstellen, die eingehend untersucht werden, liefern daher ein genügend klares Bild über das Verhalten unserer preußischen Stromstrecken. Die übrigen können nur Wiederholungen bieten, die je nach den örtlichen Bedingungen in Nebensachen von den Hauptzügen jenes Bildes etwas abweichen. Wegen der Fülle des Stoffes war es um so mehr angezeigt, eine sorgfältige Auswahl zu treffen und schärfer, als dies bei den ausländischen Pegeln möglich war, auf die innere Uebereinstimmung der Beobachtungen zu achten. Hierdurch ergab sich außer der räumlichen auch eine zeitliche Beschränkung für die näher untersuchten Beobachtungsreihen (vergl. Bd. II S. 160, 364, 389, 419, 478, Bd. IV S. 202, 344, 381, 474).

Die langwierigen Vorermittlungen bezüglich der inneren Uebereinstimmung der Beobachtungen sind für die preußischen Pegel an der Weichsel undogat von der Weichselfstrombauverwaltung bereits vorgenommen und in einer Schrift „Pegel an der Weichsel innerhalb Preußens und an der ogat“ (Danzig 1896, nicht im Buchhandel) mitgetheilt worden. Für die übrigen Pegel fielen die entsprechenden Ermittlungen dem Bureau des Wasserausschusses zu, ebenso die umfangreichen Auszüge aus den amtlichen Pegelverzeichnissen und die zeitraubende Berechnung der Mittelwerthe für sämtliche Pegelstellen des In- und Auslandes. Die Litteratur bot besonders für die langjährige Reihe 1812/76 des Pegels bei Kurzebrack eine beachtenswerthe Zusammenstellung der Mittelwerthe (von Rodde in der Ztschr. d. Kgl. Preuß. Statist. Bureau, Jahrg. 1877 S. 221/238 veröffentlicht), die außer den Monatsmitteln auch die Durchschnittswerthe für die einzelnen Tage enthält. Wir haben dieser Reihe noch die Jahre 1877/97 angefügt, um wenigstens für diese Pegelstelle ermessen zu können, welchen Vortheil es gewährt, sich von der willkürlichen Zusammenfassung der Tagesbeobachtungen nach Monaten unabhängig zu machen. Andere Angaben der Litteratur, die in den bereits früher erwähnten ausländischen Quellen und in den preußischen amtlichen Zeitschriften zerstreut sind, haben gelegentlich Benutzung gefunden. Ein Verzeichniß der hierher gehörigen Aufsätze der Zeitschrift

für Bauwesen und der in den preußischen Provinzialzeitschriften abgedruckten Mittheilungen enthält die Schrift „Die landeskundliche Litteratur der Provinzen Ost- und Westpreußen“ (Königsberg 1892).

2. Bearbeitung der Wasserstandsbeobachtungen.

Es fragt sich nun, welche Mittel man besitzt, um an der Hand einer hinreichend langen Beobachtungsreihe in möglichst wenigen Zahlen ein Bild des Abflußvorganges zu geben. Zunächst wird man das Gesamtmittel aller Wasserstände hierbei nicht entbehren wollen, und ebenso nahe liegt die Frage, ob das kältere oder das wärmere Halbjahr, ob dieser oder jener Monat durchschnittlich höhere Wasserstände besitzt. Freilich haben die hierauf antwortenden Werthe des Mittelwassers (MW), auf deren Berechnung wir wohl nicht näher einzugehen brauchen, manche Angriffe auf sich gezogen. Nicht mit Unrecht hat man geltend gemacht, daß sie keine unmittelbare Bedeutung in der Natur selbst besäßen, sondern daß bei ihrer Berechnung im Gegentheil oft die verschiedenwerthigsten Einzelzahlen unterschiedslos zusammengerafft würden, was unter Umständen auch da zu gleichen Ergebnissen führe, wo die Natur selbst nicht die Spur einer Gleichheit zeige.

In der That ist auf manche Umstände hinzuweisen, die dem Mittelwasser etwas von seiner Bedeutung rauben. Hierher gehört zunächst die Erscheinung, daß in zwei Zeiträumen, die gleiches Mittelwasser besitzen, der Gesamtabfluß im Allgemeinen nicht gleich groß ist, und man wird zugeben müssen, daß die Abflußmenge für den Abflußvorgang dieselbe Bedeutung besitzt wie der Wasserstand. Für ein tieferes Eindringen in den Gegenstand muß ihr oft sogar der Vorrang gelassen werden. Jene Abweichung rührt daher, daß die Wassermengen sich nicht in demselben Verhältniß ändern wie die Wasserstände, sondern meist schneller wachsen. In solchem Falle ist aber der Gesamtabfluß während eines bestimmten Zeitraumes größer, als wenn der Wasserspiegel sich während desselben immer in der Höhe des zugehörigen Mittelwassers gehalten hätte. Der Unterschied beider Größen (der mittleren Abflußmenge und der Abflußmenge bei MW) ist, wie von Bindemann im Zentralbl. d. Bauverw., Jahrg. 1898 S. 638 näher dargethan ist, um so erheblicher, je ungleichmäßiger sich die einzelnen Wasserstände unter und über das Mittelwasser vertheilen. Ein anderer Zwiespalt zwischen den Werthen des Mittelwassers und den Abflußmengen eröffnet sich dadurch, daß jedes Hemmnis der Vorfluth den Wasserstand anhebt, ohne daß deshalb die Abflußmenge eine andere würde. Weit aus das wichtigste dieser Hemmnisse ist das Eis, dessen Einwirkung später erörtert wird.

Bringen die Wasserstände hiernach den tatsächlichen Wasserabfluß auch nur in eingeschränktem Maße zum Ausdruck, so ist andererseits doch hervorzuheben, daß für die Sicherheit der Uferländereien und alle baulichen Maßnahmen die eintretenden Wasserstände mindestens ebenso wichtig sind wie die Abflußmengen. Freilich müssen sich schon für diese Zwecke dem Mittelwasser noch mehrere Größen zugesellen, die auch das Maß der Wasserstandsschwankung einigermaßen kennzeichnen. Außer den äußersten Wasserständen, die an der be-

treffenden Pegelstelle beobachtet sind, bieten sich hierzu die mittleren Grenzen der Wasserstandsbewegung, das sogenannte mittlere Hochwasser (MHW) und mittlere Niedrigwasser (MNW) dar, deren Bedeutung wir, um die Benutzung des Werkes möglichst zu erleichtern, nochmals kurz darlegen wollen.

Ist z. B. vom mittleren Hochwasser des Monats März für einen bestimmten Zeitraum, etwa für die 80-jährige Reihe 1818/97, die Rede, so ist darunter zu verstehen, daß für jedes dieser 80 Jahre den Pegelverzeichnissen der höchste im März beobachtete Wasserstand entnommen und aus den so gesammelten 80 Werthen schließlich der Durchschnitt gebildet wurde. Entsprechend ist auch das mittlere Niedrigwasser aufzufassen.*)

Trat nun in dem betrachteten Zeitabschnitt der Höchststand des Jahres stets im Monat März ein, so ist das mittlere Hochwasser dieses Monats zugleich das des Winterhalbjahres und auch das des Jahres. Thatsächlich ist dies fast niemals der Fall; denn weder trifft der höchste Wasserstand des Winterhalbjahres stets auf den März, noch der Höchststand des Jahres stets auf den Winter. Das mittlere Hochwasser des März wird also gewöhnlich kleiner ausfallen als das des Winters und dieses wiederum kleiner als dasjenige des Jahres, während umgekehrt das mittlere Niedrigwasser eines bestimmten Monats größer ist als das des Halbjahres, dem der betreffende Monat angehört, der Halbjahreswerth seinerseits aber wieder größer als derjenige für das Jahr. Das mittlere Niedrigwasser (MNW) des Jahres ist also der kleinste, das mittlere Hochwasser (MHW) des Jahres aber der höchste Werth, der in einer durch Mittelbildung hergeleiteten Jahresreihe vorkommt.

Will man derartige Jahresreihen für mehrere Pegelstellen mit einander vergleichen, so muß man vor Allem darauf Rücksicht nehmen, wie weit jene beiden mittleren Grenzwerte aus einander liegen. Denn eine Hebung oder Senkung des Wasserpiegels um ein bestimmtes Maß hat nur dann eine bestimmte Bedeutung, wenn wir die Größe der mittleren Schwankung (MHW—MNW) des betreffenden Pegels kennen. Für eine vergleichende Betrachtung mehrerer Reihen machen wir deshalb zuweilen von einer gedanklichen Pegeltheilung Gebrauch, bei welcher das mittlere Niedrigwasser des Jahres als Nullpunkt dient, das mittlere Hochwasser des Jahres aber dem Werthe 100 entspricht und alle übrigen Wasserstände entsprechend eingeordnet sind (prozentische Skala). Diese Einordnung geschieht also in der Weise, daß man für den Wasserstand x , den man gerade betrachten will, zunächst seinen Abstand vom mittleren Niedrigwasser berechnet und dann diesen Unterschied x —MNW in Prozenten der mittleren Jahreschwankung MHW—MNW ausdrückt. Außerhalb der prozentischen Skala liegen dann nur die Höchststände über und die Tiefststände unter den mittleren Grenzwerten, also am meisten der höchste be-

*) Bei diesem Punkte sei eingeschaltet, daß, so oft es sich um die Betrachtung mittlerer Zustände handelt, das Jahr stets im hydrologischen Sinne, d. h. vom November bis zum Oktober gerechnet ist, wobei das Winterhalbjahr die Monate November bis April, das Sommerhalbjahr also die übrigen sechs Monate umfaßt. Sobald dagegen eine einzelne Zeitbestimmung nach Tag, Monat und Jahr erfolgt (wie etwa bei den Angaben über die tiefsten und höchsten Wasserstände), ist das bürgerliche Jahr gemeint.

kannte Wasserstand (HHW) und der tiefste bekannte Wasserstand (NNW). Den Unterschied dieser beiden äußersten Grenzwerte bezeichnen wir als größte Schwankung (HHW—NNW).

Entspräche jedem Wasserstande, der niedriger als das Mittelwasser ist, ein solcher in gleicher Höhe über diesem, so würde das Mittelwasser gerade in der Mitte zwischen dem mittleren Niedrigwasser und dem mittleren Hochwasser, also auf 50 % der prozentischen Skala liegen. In Wahrheit aber nähert das Mittelwasser sich dieser Lage fast nur in Seen mit sehr langsamen Wasserstandsschwankungen. In fließenden Gewässern liegt es dagegen fast ausnahmslos niedriger, da in diesen der Wasserspiegel viel häufiger in der Nähe seiner unteren als seiner oberen Grenzlage zu weilen pflegt. Man kann daher die größere oder geringere Abweichung des Mittelwassers von der Mitte der prozentischen Skala geradezu als Maßstab für die größere oder geringere Gleichmäßigkeit der Wasserstandsbewegung betrachten. Will man erkennen, wie sich bestimmte Abschnitte des Jahres, etwa die Jahreshälften, in dieser Beziehung verhalten, so kann man ganz ähnlich verfahren, indem man nur als Werte des MNW, MW und MHW diejenigen der betreffenden Zeitspanne einfügt.

Freilich ist man hierbei in ganz besonders hohem Maße dem Uebelstande ausgesetzt, daß recht ungleiche Ursachen zu dem gleichen Ergebnis führen können. Deshalb wird es nothwendig, wenigstens für die wichtigsten Pegelstellen auch die Häufigkeit der Wasserstände zu betrachten, d. h. zu ermitteln, wie oft ein Wasserstand von bestimmter Höhe vorkam. Für die gesammte Wasserwirtschaft ist diese Häufigkeit der Wasserstände, wie wir kaum noch auszuführen brauchen, von größerer Bedeutung als irgend ein Mittelwerth. Nicht, wie hoch das mittlere Hochwasser des Jahres liegt, fragt der Niederungsbewohner, sondern mit welcher Wahrscheinlichkeit das Hereinbrechen einer Fluthwelle von bestimmter gefährlicher Höhe zu fürchten ist und wie lange die Uebersfluthungen währen. Für die Schifffahrt ist es mindestens ebenso wichtig, zu wissen, wie groß der Mittelwerth aus den Tiefständen aller Jahre ist, als mit welcher Sicherheit auf die nöthige Fahrtiefe gerechnet werden kann.

Man könnte daran denken, auch bei der wissenschaftlichen Betrachtung des Abflußvorganges die Häufigkeitszahlen in den Vordergrund zu rücken. Denn sie haben vor den Mittelwerthen nicht nur das voraus, daß sie eine unmittelbare Bedeutung in der Natur selbst besitzen, sondern stellen die Wasserstandsbewegung auch viel ausführlicher dar als bloße Durchschnittszahlen; allein gerade hiermit ist wieder der Nachtheil verbunden, daß die Zahlen für die Häufigkeit der Wasserstände sich zu schwer handhaben lassen. Denn das Bild des Abflußvorganges kann nur dann einigermaßen übersichtlich werden, wenn man dabei mit möglichst wenigen Zahlen auskommt. Dies ist aber kaum möglich, wenn man sich bei der Betrachtung der langen Reihen für die Häufigkeit der Wasserstände, deren Zusammenstellung außerdem sehr zeitraubend ist, nicht in engen Grenzen hält. Wir haben deshalb die Reihen für die Häufigkeit der Wasserstände nur für die wichtigsten Pegelstellen mitgetheilt und auch nur so weit in den Kreis der Erörterung einbezogen, wie es nothwendig war, um die Gültigkeit der an die Mittelwerthe geknüpften Schlüsse zu sichern. Bei dieser Gelegen-

heit sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß auf Grund der Häufigkeitstabellen sich noch manche für die Praxis wichtige Einzelfrage entscheiden lassen dürfte, die im vorliegenden Werke gemäß dessen ganzer Anlage übergangen werden mußte. Wir verweisen deshalb auf Seite 135/157 des Tabellenbandes.

Um die Häufigkeitszahlen einer zusammenfassenden Betrachtung dienstbar zu machen, ist es vor Allem erforderlich, auch aus ihnen bestimmte, für den Verlauf der Häufigkeitslinie besonders kennzeichnende Zahlenwerthe herzuleiten. Unter diesen verdienen vor Allem der sogenannte gewöhnliche Wasserstand und der am häufigsten auftretende Wasserstand hervorgehoben zu werden. Der gewöhnliche Wasserstand (GW) ist derjenige Wasserstand, unter und über dem der Wasserspiegel gleich oft liegt. Der am häufigsten auftretende Wasserstand wird auch Scheitelwerth der Häufigkeitslinie genannt und deshalb mit SW bezeichnet.

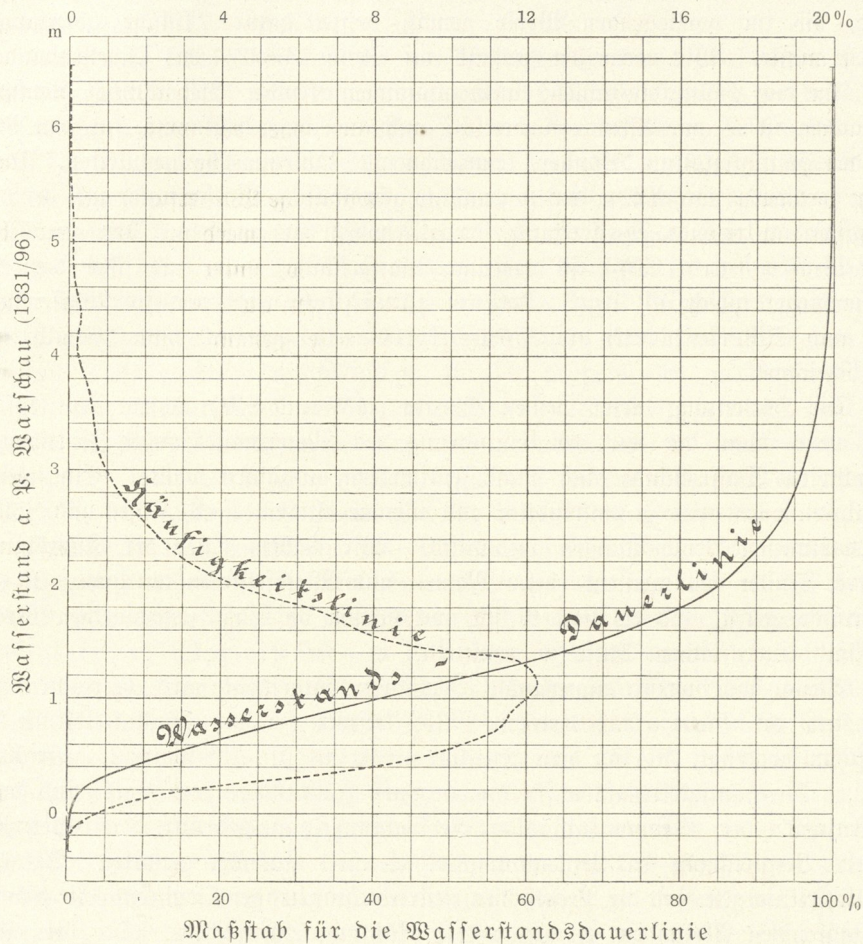
Die Herleitung dieser beiden Werthe (GW und SW) würde sehr einfach sein, wenn man die seit der Einführung des Metermaßes nach Zentimetern beobachteten Wasserstände auch nach Zentimetern auszählen wollte. Ein solches Verfahren wäre aber zu umständlich und für die älteren, nach Fuß und Zollen vorgenommenen Beobachtungen unthunlich. Wir haben daher der Auszählung größere Stufen von meistens (beim Memel- und Weichselstrom durchweg) 20 cm zu Grunde gelegt, und es handelt sich nun darum, die Lage jener beiden Werthe innerhalb einer solchen Stufe zu ermitteln.

Bevor das hierfür angewandte Verfahren mitgetheilt wird, betrachten wir noch kurz die Häufigkeitslinien. Als Beispiel sei die Häufigkeitslinie für Warschau beigelegt, die für den Zeitraum 1831/96 gilt (Abbildung 2, gestrichelte Linie). Die Häufigkeitszahlen für die einzelnen Höhenstufen des Pegels sind dabei in Prozenten der Gesamtzahl aller Beobachtungen ausgedrückt, weil dies eine leichtere Vergleichung der Beobachtungsreihen unter einander gestattet. Der Anschaulichkeit wegen sind die Pegelhöhen senkrecht aufgetragen, während die Häufigkeitszahlen den Abständen in wagerechter Richtung entsprechen. Da bei einer solchen bildlichen Darstellung die Häufigkeitszahlen nun nicht der ganzen Höhenstufe zugeordnet werden können, sondern einem bestimmten Höhenpunkte entsprechen müssen, so sind sie immer in die Mitte der betreffenden Höhenstufe verlegt. So gehören z. B. der Stufe von 0,20 m einschließlich bis 0,40 m ausschließlich 6,0% aller Wasserstände an, und diese Zahl findet man zu der Mittelhöhe 0,30 m eingetragen.

Die Häufigkeitslinien sind im Allgemeinen, wie in dem vorliegenden Beispiel, derartig gestaltet, daß die niedrigsten Wasserstände des betreffenden Zeitraumes ziemlich vereinzelt dastehen. Aber schon in der Höhe des mittleren Niedrigwassers weilt der Wasserspiegel ziemlich häufig, und fast durchweg befindet sich die Höhenstufe, in deren Grenzen die meisten Wasserstände vorkommen, noch unterhalb des Mittelwassers, das in dem betrachteten Beispiel 1,29 m beträgt. Nun ist zwar durchaus nicht gewiß, daß der Höhenstufe, welche die meisten Wasserstände umschließt, auch der Scheitelwerth selbst angehört. Allein das Gegentheil würde eine Ausgleichung etwaiger Abweichungen von einem einfachen Verlaufe der Linien zur Voraussetzung haben, die um so unwahrschein-

Abb. 2.

Maßstab für die Häufigkeitslinie



licher würde, je kleiner die zu Grunde liegenden Höhenstufen gewählt sind, und je ausgeprägter die Zahl für eine Höhenstufe alle übrigen überragt. Da in unserem Werke die Höhenstufen um nur je 20 oder (beim Pregelstrom) um je 25 cm steigen, dürfen wir den Scheitelwerth wohl unbedenklich in der Höhenstufe mit der Höchstzahl von Wasserständen suchen.

Zur näheren Bestimmung der Lage des Scheitelwerthes machen wir folgende Annahme: Es habe z. B. die Stufe 1,00/1,20 m (einschließlich der unteren, ausschließlich der oberen Grenze) die Höchstzahl von Wasserständen, nämlich a , die nächstniedrigere Stufe 0,80/1,00 m habe d_1 , die nächsthöhere Stufe 1,20/1,40 m habe d_2 Wasserstände weniger, jene also $a - d_1$, letztere $a - d_2$. Je größer die Zahl d_1 im Vergleich zu d_2 ist, um so weiter dürfte der Scheitelwerth von der unteren Grenze abrücken. Wenn x diesen Abstand bezeichnet, machen wir deshalb die Annahme, es bestehe das Verhältniß

$$x : (20 - x) = d_1 : d_2$$

oder $x = 20 d_1 : (d_1 + d_2)$.

Für $d_1 = d_2$ ist $x = 10$, liegt also der Scheitelwerth in der Mitte der betrachteten Stufe. Für $d_1 = 0$ oder $d_2 = 0$ ist $x = 0$ oder $x = 20$, liegt also der Scheitelwerth auf der oberen oder unteren Grenze, d. h. zwischen zwei Stufen mit gleich großen Häufigkeitszahlen. Diese Grenzfälle ordnen sich also logisch richtig unter die an sich etwas willkürliche Annahme, die vor anderen, vom rein mathematischen Standpunkte vielleicht richtigeren Interpolationsformeln den Vorzug der Einfachheit hat, ohne wesentlich abweichende Ergebnisse zu liefern. In dem als Beispiel dienenden Falle umfaßt nach der Tabelle in Bd. III S. 310 die Stufe 1,00/1,20 m den Scheitelwerth, während $d_1 = 0,6\%$, $d_2 = 0,4\%$, folglich $x = 20 \cdot 0,6 : (0,4 + 0,6) = 12$ ist, woraus der Scheitelwerth sich zu $1,00 + 0,12 = 1,12$ m ergibt.

Will man sich von den Zufälligkeiten möglichst frei machen, die den soeben betrachteten Häufigkeitslinien anhaften, so empfiehlt es sich, die prozentische Gesamtzahl aller Wasserstände zu betrachten, die unter jeder einzelnen Stufengrenze, also in unserem Beispiel unter — 0,20, 0,00, 0,20, 0,40 . . . m am Pegel liegen. Trägt man nun die Pegelhöhen wieder senkrecht, die erhaltenen Summenzahlen aber wagerecht auf, so entsteht aus der Häufigkeitslinie in Abb. 2 die daneben gesetzte (auf einen anderen Maßstab für die Häufigkeiten bezogene) Linie, die wir Wasserstandsdauerlinie nennen wollen, weil sie erkennen läßt, wie lange die Lage des Wasserstandes unter und über einer beliebigen Pegelhöhe insgesammt gedauert hat. Genau festgelegt sind zunächst allerdings nur diejenigen Punkte, welche den gewählten Stufengrenzen entsprechen. So bleiben in unserem Beispiele 85,1% aller Wasserstände unter 2 m a. P. und 40,3% unter 1 m. Eine je größere Zahl solcher Dauerlinien man aber betrachtet, um so mehr überzeugt man sich, daß sie einander außerordentlich ähneln und ihr Verlauf durch die verhältnißmäßig wenigen Punkte, die man genau kennt, vollkommen ausreichend festgelegt ist. Durch diese Dauerlinien macht man sich also von der willkürlich vorgenommenen Stufentheilung frei und gewinnt die Möglichkeit, anzugeben, welche Pegelhöhen von einem bestimmten Prozentsatz aller Wasserstände nicht erreicht, von dem Reste aber überschritten wurden. So kann man also auch den gewöhnlichen Wasserstand finden. Da derselbe nicht weit vom Scheitelwerthe liegt, in dessen Höhe die Wasserstandsdauerlinien einen Wendepunkt besitzen, so steigen diese hier ziemlich geradlinig an, worauf sich ein einfaches rechnerisches Verfahren für die Ermittlung der Lage des gewöhnlichen Wasserstandes gründen läßt. Von allen Wasserständen mögen z. B., wie in Abbildung 2, insgesammt weniger als die Hälfte, also $(50 - a)\%$ unter 1,00 m am Pegel liegen, dagegen bereits mehr als die Hälfte, also $(50 + b)\%$ über 1,20 m (a und b positiv angenommen). Mit der Erhebung von 1,00 auf 1,20 m am Pegel möge die Gesamtzahl der jeweilig tiefer liegenden Wasserstände also um $(a + b)\%$ zunehmen, die der höher liegenden aber sich um eben so viel verringern. Wenn diese Werthänderung nun linear vor sich geht, so beträgt sie für jeden einzelnen Zentimeter $\frac{1}{20} (a + b)\%$. Hat man also von 1,00 m am Pegel noch x Zentimeter bis zum gewöhnlichen Wasserstande zu steigen, so muß x der Gleichung genügen

$$(50 - a) + \frac{1}{20} (a + b) x = 50$$

oder $x = 20a : (a + b)$ sein.

Dieser Ausdruck für die Ermittlung des gewöhnlichen Wasserstandes (GW) aus der Wasserstandsdauerlinie zeigt also denselben Bau wie derjenige für die Ermittlung des Scheitelwerthes (SW) aus der Häufigkeitslinie. In unserem Beispiele ist (Tabelle in Bd. III S. 311) $a = 9,7\%$, $b = 2,6\%$, woraus sich $x = 20 \cdot 9,7 : (9,7 + 2,6) = 16$ und $GW = 1,00 + 0,16 = 1,16$ m ergibt.

II. Bewegung und Häufigkeit der Wasserstände.

1. Wasserstandsbewegung im Kreislaufe des Jahres.

Nach S. 69 ist die Jahreskurve der Niederschläge im Gesamtgebiete der drei östlichen Ströme eine einfache mit einem Maximum in einem Monat der warmen und einem Minimum in einem Monat der kalten Jahreszeit. Die prozentische Regenvertheilung über das Jahr ist dabei nicht allzu verschieden. Der regenreichste Monat ist gewöhnlich zugleich auch der wärmste, zumeist nämlich der Juli; die geringste Menge Feuchtigkeit aber scheidet die Luft in den kältesten Monaten des Jahres ab, im Januar und Februar. Auf der Südostseite der Hohen Tatra und in den östlichen Karpathen ist jedoch bereits der Juni der Hauptregenmonat; im ostpreussischen Küstengebiet bringt dagegen erst der Herbst den meisten Regen, ebenso wie der geringste Niederschlag nicht schon im Winter, sondern erst im Frühjahr eintritt.

Die Höhe der Wasserstände richtet sich aber nach dieser jahreszeitlichen Vertheilung der Niederschläge auch in den Gebieten der hier zu betrachtenden Ströme recht wenig. Von Grund aus umgestaltend wirkt vor Allem die Aufspeicherung eines großen Bruchtheiles des winterlichen Niederschlages in Form einer Schneedecke, deren mehr oder minder plötzliches Zerbrechen im Frühling zu einem gewaltigen Wasserüberschusse führt. Man mag sämtliche Abbildungen der monatlichen Wasserstandshöhen betrachten, so wird man überall da, wo das Flachland wesentlich auf den Abflußvorgang einwirkt, einen der Monate Februar bis Mai als Träger der höchsten Erhebung der betreffenden Linie für MNW, MW oder MHW finden. Dagegen rückt bei den Gebirgsflüssen der Scheitel des MHW mehrfach auf einen Sommermonat (vergl. Bd. III S. 191, 355, 379). Hierdurch verräth sich, daß auf die Schmelzwasserfluthen vorwiegend das Hügel- und Flachland, weniger dagegen das Gebirgsland einwirkt.

Man kann nämlich den Unterschied zwischen Gebirgs- und zwischen Flachlandflüssen kurz so zusammenfassen, daß bei den Gebirgsflüssen die Sommerhochfluthen, bei den Flachlandflüssen aber die Schmelzwasserfluthen des Frühjahres das Vorherrschende sind. An die Ursachen hierfür brauchen wir nur mit wenigen Worten zu erinnern. Wenn in den niedrigeren Gebietstheilen bereits die Schneedecke aufthaut, starren die Gebirge gewöhnlich noch in Schnee und Eis, und während sich unten vielleicht ein warmer Regenfall zu dem im Abfluß begriffenen Schmelzwasser gesellt, sammelt sich oben im Gebirge immer noch neuer Schnee. Erst stufenweise dringt der Frühling dann auch in die Berge hinauf, und allmählich geben auch sie die aufgestapelten Wasservorräthe ab, was bei der Hohen

Tatra bis in den Hochsommer hinein dauert. Wird das Gebirge dagegen von einem starken Sommerregen getroffen, so rinnt das Wasser aus allen Höhengschichten ziemlich zu gleicher Zeit ab, und aus einer Höhe von etwa + 1500 m kann es ebenso schnell oder gar schneller zu Thale gelangen, wie aus einer solchen von bloß + 500 m. Im Flachlande aber ist der Regensfall nicht nur bedeutend (vielleicht um die Hälfte oder noch mehr) geringer, sondern bei der viel schwächeren Neigung der Bodenoberfläche und der Gerinne fließt das Wasser hier auch so viel langsamer ab, daß weit mehr versickert und verdunstet.

a) Einwirkung der Schneeschmelze auf das Mittelwasser.

Für die Frühjahrswasserstände der von uns betrachteten Ströme kommt also weniger der Zeitpunkt in Betracht, an dem der Schnee im Gebirge thaut, als der Eintritt des Thauwetters im Flachlande. Dies geht schon aus den beigefügten Abbildungen 3 bis 9 des mittleren Hochwassers, Mittelwassers und mittleren Niedrigwassers der einzelnen Monate deutlich hervor. Die erste dieser Abbildungen (Tilsit 1871/95) ist den in Bd. II S. 160/67 näher betrachteten Jahresreihen für den Memelstrom in Preußen entnommen. Die beiden nächsten (Insterburg 1842/96 und Taplacken 1863/96, Bd. II S. 478/490) vertreten den

Pegelstelle		November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Winter	Sommer	Jahr
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Tilsit (1871/95)	MNW	1,63	1,99	2,36	2,38	2,51	3,00	1,83	1,33	1,15	1,25	1,26	1,35	1,51	1,03	1,00
	MW	2,20	2,80	2,97	2,89	3,60	4,21	2,39	1,67	<u>1,41</u>	<u>1,63</u>	1,47	1,74	3,11	1,72	2,42
	MHW	3,04	3,64	3,84	3,66	5,17	5,33	3,25	2,21	<u>1,77</u>	2,09	1,80	2,26	6,06	3,58	6,10
Insterburg (1842/96)	MNW	0,93	1,07	1,12	1,31	1,38	1,48	1,03	0,82	<u>0,73</u>	0,78	0,77	0,81	0,83	0,66	0,63
	MW	1,32	1,54	1,63	1,84	2,29	2,27	1,37	1,02	<u>0,95</u>	1,05	0,98	1,06	1,81	1,07	1,44
	MHW	1,86	2,23	2,53	2,80	3,95	3,34	1,85	1,33	1,36	1,47	<u>1,26</u>	1,43	4,63	2,35	4,65
Taplacken (1863/96)	MNW	1,01	1,24	1,28	1,50	1,61	1,88	1,09	0,73	<u>0,55</u>	0,64	0,66	0,74	0,82	0,47	0,44
	MW	1,61	1,92	2,05	2,29	2,76	2,85	1,63	1,03	<u>0,89</u>	1,08	0,96	1,17	2,25	1,13	1,69
	MHW	2,26	2,76	3,05	3,22	4,22	3,84	2,33	1,47	1,49	1,64	<u>1,36</u>	1,73	4,71	3,00	4,76
N.-Berun (1833/96)	MNW	0,63	0,72	0,83	0,87	0,83	0,79	0,64	0,57	0,58	<u>0,55</u>	0,57	0,60	0,59	0,46	0,45
	MW	0,87	0,98	1,08	1,22	1,32	1,19	0,99	0,90	0,93	0,95	<u>0,82</u>	0,84	1,11	0,91	1,01
	MHW	1,41	1,62	1,77	2,06	2,35	1,84	1,80	1,68	1,79	1,91	1,42	<u>1,34</u>	3,04	3,00	3,55
Kraufau (1831/96)	MNW	-0,44	-0,39	-0,28	-0,21	-0,21	-0,19	-0,40	-0,50	-0,51	-0,52	<u>-0,55</u>	-0,51	-0,56	-0,65	-0,71
	MW	-0,18	-0,05	0,08	0,22	0,38	0,29	0,02	-0,07	0,04	-0,05	<u>-0,25</u>	-0,23	0,12	-0,10	0,01
	MHW	0,50	0,76	0,97	1,27	1,63	1,08	1,04	0,95	1,13	1,10	0,50	<u>0,37</u>	2,38	2,31	2,88
Warschau (1831/96)	MNW	0,66	0,64	0,93	1,11	1,23	1,20	0,87	0,71	0,69	0,63	<u>0,54</u>	0,57	0,47	0,41	0,33
	MW	0,98	1,17	1,43	1,62	2,02	1,88	1,34	1,14	1,13	1,10	<u>0,85</u>	0,86	1,52	1,07	1,29
	MHW	1,60	1,91	2,13	2,51	3,40	2,91	2,17	2,03	2,11	2,15	1,49	<u>1,47</u>	3,97	3,29	4,30
Kurzebrack (1818/97)	MNW	0,94	1,00	1,54	1,92	2,08	2,24	1,48	1,10	0,95	0,87	<u>0,76</u>	0,78	0,77	0,60	0,47
	MW	1,30	1,71	2,26	2,52	3,03	3,06	2,03	1,52	1,39	1,33	<u>1,07</u>	1,09	2,31	1,41	1,86
	MHW	1,84	2,55	3,12	3,48	4,56	4,08	2,87	2,33	2,31	2,17	1,73	<u>1,67</u>	5,23	3,55	5,35

Abb. 3.
Tilsit (1871/95)

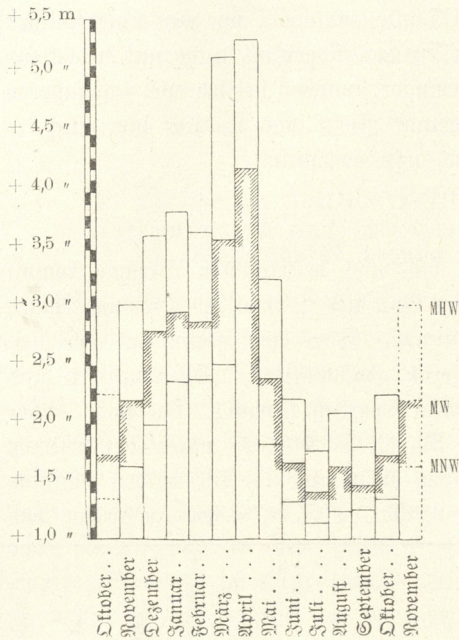


Abb. 4.
Jensterburg (1842/96)

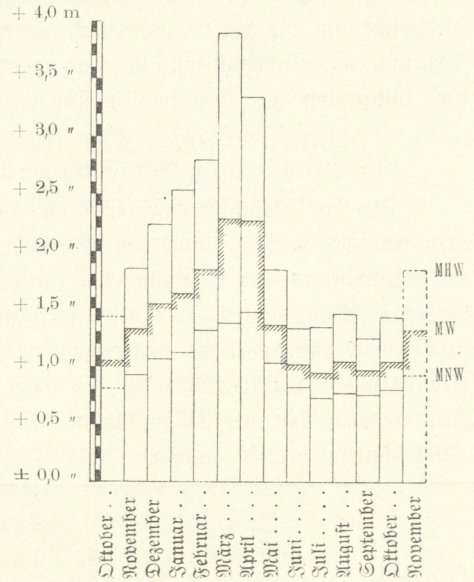


Abb. 5.
Zapfaden (1863/96)

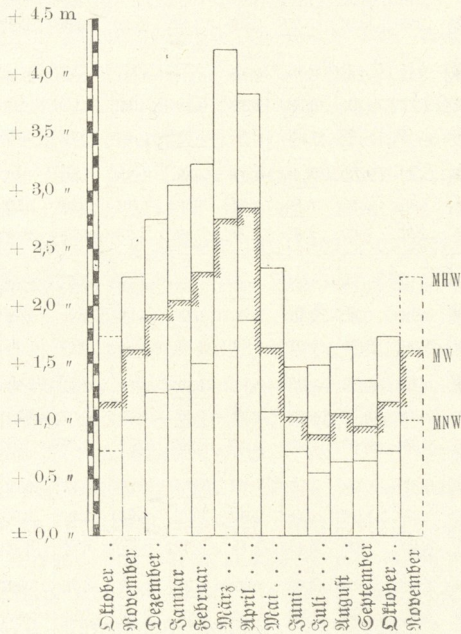


Abb. 6.
N. Berun (1833/96)

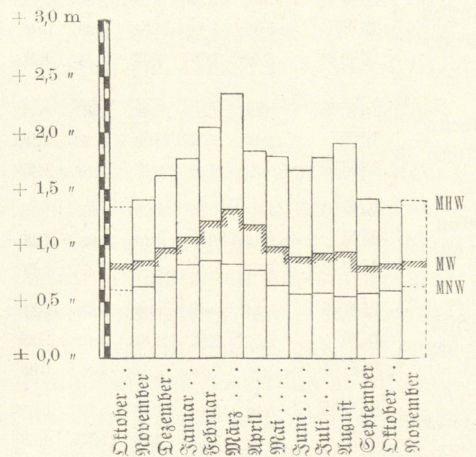


Abb. 7.

Krafsau (1831/96)

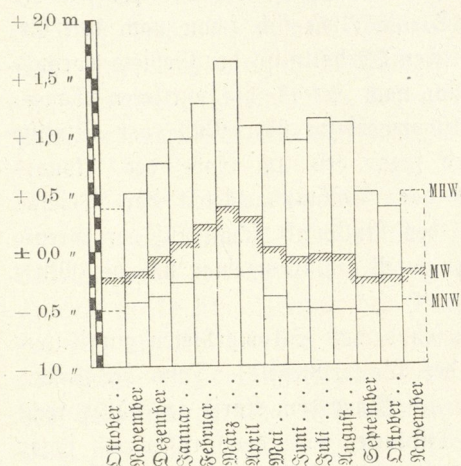


Abb. 8.

Warschau (1831/96)

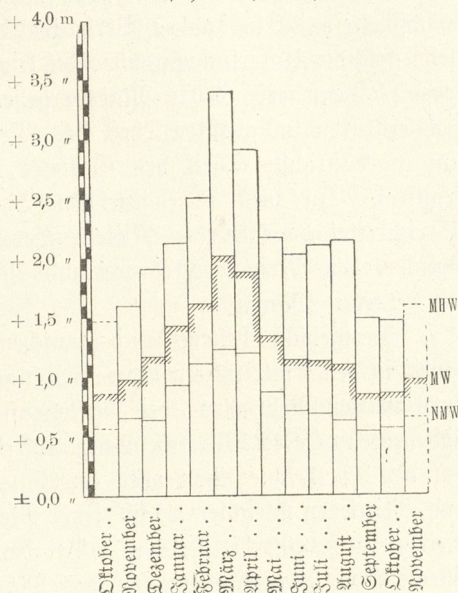
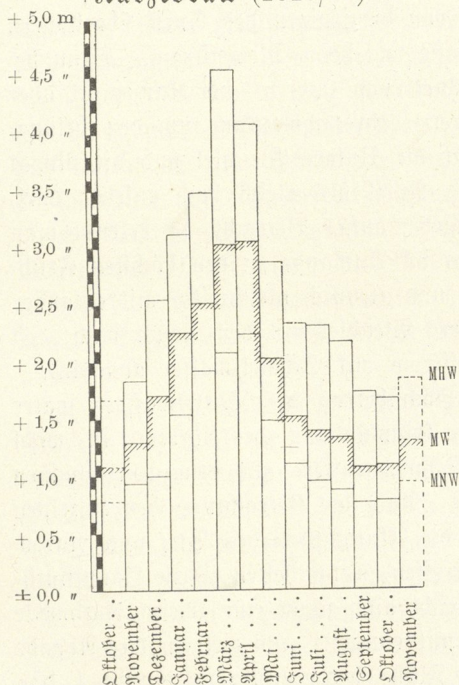


Abb. 9.

Kurzbrack (1818/97)



Pregelstrom. Die übrigen vier (N.-Berun 1833/96, Bd. III S. 188/193; Krafsau 1831/96, Bd. III S. 232/241; Warschau 1831/96, Bd. III S. 298/307; Kurzbrack 1818/97, Bd. IV S. 205/212) stellen je eine langjährige Reihe für die Kleine, die Obere, die Mittlere und die Untere Weichsel dar. Die diesen Abbildungen zu Grunde liegenden Zahlenreihen sind auf S. 255 zusammengestellt. Die Verschiedenheit der Beobachtungsspannen braucht zu Bedenken nicht Anlaß zu geben, da wir nur auf solche Erscheinungen größeres Gewicht legen, die sich als ziemlich unabhängig von der Beobachtungszeit erkennen ließen, sofern diese überhaupt nur genügend lang gewählt wurde. Außerdem ermöglichen die auf S. 126/129 des Tabellenbandes mit-

getheilten Tabellen für die Jahre 1871/95 eine Nachprüfung aller Verhältnisse in einem an allen Pegelstellen gleichen Zeitraume.

Fassen wir zunächst die durch Schraffur kenntlich gemachte Linie für das Mittelwasser ins Auge, so finden wir bei Tilsit den Scheitel dieser Linie in sehr ausgeprägter Weise im April, weniger ausgeprägt auch bei Taplacken in diesem Monate, sonst aber im Pregelgebiete und an sämtlichen Pegelstellen der

Auslandstrecke des Weichselstromes im März. Im Unteren Memelstrom trifft also das bei der Schmelze des Schnees zum Abfluß gelangende Wasser am spätesten ein. Ein solches Verhalten der Ströme ließ sich schon nach den Ergebnissen der Untersuchung über die klimatischen Verhältnisse der Gebiete voraussagen. Denn erst Mitte März erheben sich nach S. 33 die mittleren Tagestemperaturen im größten Theil des Memelstromgebietes über Null; der östlichste und nordöstlichste Theil des Gebietes wird sogar erst am Ende des Monats frostfrei. In dem überwiegenden Theile des Flachlandgebietes der Weichsel überschreitet dagegen die Mitteltemperatur den Nullpunkt schon auf der Grenze zwischen den Monaten Februar und März, im Pregelstromgebiet um die Mitte des letzteren Monats.

Demgemäß besteht auch zwischen diesen beiden Stromgebieten ein Unterschied in den Eintrittszeiten der Höchstlage des Wasserspiegels. Denn bei Insterburg ist der Mehrbetrag des Mittelwassers des März dem April gegenüber recht unbedeutend ($1842/96 = 0,02$ m), und bei Taplacken fällt der Größtwerth sogar auf den April, wie schon oben erwähnt; an den Pegelstellen der Kleinen, Oberen und Mittleren Weichsel wächst jener Mehrbetrag dagegen (nach den langjährigen Reihen) auf 0,09 bis 0,14 m. Bei der Unteren Weichsel wird freilich wie beim Memelstrom das Mittelwasser des März von demjenigen des April überflügelt, allein weitaus nicht in so erheblichem Maße wie beim Memelstrom. Denn bei Tilsit handelt es sich um einen Unterschied von 0,61 m, bei Kurzbrack aber trotz annähernd gleicher Größe der mittleren Jahreschwankung um den belanglosen Betrag von 0,03 m, so daß man für die Untere Weichsel und die Rogat die Mittelwasser der Monate März und April als gleich hoch ansehen darf. Läßt man diese verschwindenden Unterschiede außer Betracht, so erkennt man also, daß am zeitigsten der Weichselstrom im Auslande zu den höchsten Frühjahrswasserständen kommt. Etwas später und ziemlich gleichzeitig mit einander folgen dann der Pregelstrom und die Untere Weichsel mit der Rogat nach; erst längere Zeit darauf aber wird der Memelstrom mit Schmelzwasser angefüllt.

Daß die preußische Weichsel den Höchstbetrag des Mittelwassers später besitzt als die Stromstrecke oberhalb der Einmündung des Narew, ist wohl namentlich dem späteren Abfließen des Schmelzwassers aus dem weiträumigen Gebiete des Narew und Bug zuzuschreiben. Auch die Betrachtung der einzelnen Hochwasser macht es ziemlich gewiß, daß die Fluthwellen des Bug und Narew gewöhnlich erst dann im Weichselstrom eintreffen, wenn dessen eigene Hauptfluthwelle bereits vorüber gegangen, dieser vielleicht auch schon eine zweite Fluthwelle gefolgt ist. Zwei Ursachen verbinden sich mit einander, um diese spätere Abgabe des Schmelzwassers aus dem Gebiete dieser Flüsse herbeizuführen, nämlich 1) das spätere Schwinden des Frostes und 2) das langsamere Abfließen des sich sammelnden Wassers. Wie im Pregelstromgebiete, so erhebt sich nach S. 33 auch in dem weiten Flachland zwischen San und Drenenz die Temperatur erst um die Mitte des März über den Gefrierpunkt. Denn wenn um diese Jahreszeit die Abnahme der Temperatur nach Osten hin auch nur ähnlich gering ist wie im Jahresmittel, in dem sie $0,1^{\circ}$ auf den Längengrad ausmacht, so ist die Abnahme von Süden nach Norden dafür um so kräftiger. Von $0,3^{\circ}$ im Fe-

bruar wächst sie im März auf das Doppelte, und im April beträgt sie sogar $0,8^0$ auf den Breitengrad. Dazu kommt die langsamere Fortführung des geschmolzenen Wassers, besonders in den Gebieten des Bug und Narew, die reine Flachlandflüsse sind; das vielfach in Sümpfen und Seen festgehaltene Tagewasser fließt mit geringer Geschwindigkeit den gefällarmen Gerinnen zu, deren breite Ueberschwemmungsgebiete ebenfalls dazu beitragen, es nur langsam weiter zu leiten.

b) Einwirkung der Schneeschmelze auf das mittlere Hochwasser.

In der Linie für das mittlere Hochwasser der einzelnen Monate macht sich das Einsetzen der Schneeschmelze gewöhnlich etwas früher und auch kräftiger geltend als in den Werthen des Mittelwassers. Denn gewöhnlich vollzieht sich der Ablauf der bei der Schneeschmelze plötzlich auftretenden Wassermassen in der Weise, daß der unmittelbar und auf kürzestem Wege abrinneude Bruchtheil des Schmelzwassers zunächst bedeutendere Fluthwellen in den Hauptgerinnen erzeugt, hiernach aber der Wasserspiegel in Folge der nachhaltigen Quellspeisung längere Zeit hindurch eine höhere Lage behält. Dies zeigt sich an den Abbildungen für alle drei Ströme.

Beim Memelstrome steigt allerdings auch das Mittelhochwasser erst im April zu seinem Höchstwerthe an; aber der Werth für den Monat März kommt doch demjenigen für den April schon ziemlich nahe. Bei Tilsit z. B. beträgt der Unterschied nur 0,16 m, während die Werthe der Nachbarmonate von denen des März und des April weit überragt werden. Man sieht also, daß die durch das Aufthauen der Schneedecke hervorgerufenen Fluthwellen sich so gut wie ausschließlich auf diese beiden Monate beschränken, in diesen aber mit ziemlich gleicher Stärke und Häufigkeit auftreten. Erwiesen sich an dem Pregelstrome die Werthe des Mittelwassers der Monate März und April als wenig verschieden, so hat hier beim Mittelhochwasser der März ein ausgesprochenes Uebergewicht, das bei Insterburg in der Reihe für 1842/96 den hohen Betrag von 0,61 m annimmt.

Beim Weichselstrome äußert sich die Erscheinung, daß die Beendigung der Frostzeit sich zuerst in den Werthen des Mittelhochwassers zu erkennen giebt, in etwas anderer Weise. Wie das Mittelwasser, so zeigt bei den Pegelstellen N.-Berun, Krakau und Warschau auch das Mittelhochwasser seine höchste Erhebung im März. An der Kleinen und an der Oberen Weichsel besitzt aber nicht mehr der April, sondern der Februar den zweithöchsten Werth, entsprechend der im Bd. III S. 480 erwähnten Erscheinung, daß bei N.-Berun und Krakau die Frühjahrsluthen in der That hauptsächlich in den Monaten Februar und März vorkommen. Aber schon zu ihrer Fortpflanzung bis Warschau brauchen die Hochwasserstände des Frühljahrs eine gewisse Zeit; denn an dieser Pegelstelle rückt der zweithöchste Werth des Mittelhochwassers bereits wieder auf den April. Der russisch-polnische Gebietstheil, der durch die zwischen Krakau und Warschau einmündenden Flüsse entwässert wird, giebt offenbar seine Schmelzwassermassen auf ähnliche Weise ab, wie wir sie oben bereits betreffs des Bug und Narew feststellen konnten. Kurzgefaßt zeigt eine ganz ähnliche Abstufung der Linie für das mittlere Hochwasser wie Warschau.

c) Einwirkung der Schneeschmelze auf das mittlere Niedrigwasser.

Das mittlere Niedrigwasser erfährt umgekehrt erst später als das Mittelwasser eine Erhebung durch die Schneeschmelze. Denn sofern die Fluthwellen nicht gerade zufällig am Anfang eines Monats hereinbrechen, bleibt ja der Niedrigststand des betreffenden Monats von ihnen ganz unberührt, während dem folgenden Monat der Nachschub des zunächst zurückgehaltenen Wassers zu Gute kommt. So zeigt denn auch bei Tilsit das mittlere Niedrigwasser im März nur eine ganz verschwindende Anhebung gegenüber dem vorangehenden Monat, während das Mittelwasser und das Mittelhochwasser gerade in diesen beiden Monaten ihren erheblichsten Zuwachs erfahren. Ebenso wie am Pregelstrome rückt der Höchstwerth auf den April. Da jedoch der ganze Vorgang sich hier früher abspielt als beim Memelstrom, indem oft sogar schon mitten im Winter ein Abgehen des Eises erfolgt, so hebt sich hier der auf denselben Monat fallende Höchstwerth weniger lebhaft von der Lage des mittleren Niedrigwassers in den vorangehenden Monaten ab wie beim Memelstrom. Bei N.-Berun und Krakau sind die Werthe für die Monate Januar bis April in Folge der geringen Bedeutung der Schmelzwasserfluthen an diesen Punkten zu wenig von einander verschieden, als daß aus der Eintrittszeit der höchsten Erhebung (Februar bis April) viel zu schließen wäre. Dagegen ist es wohl das aus Bug und Narew kommende Wasser, das den Scheitel der Linie auf dem Wege von Warschau zur preussischen Grenze vom März auf den April verschiebt.

Das mittlere Niedrigwasser bietet auch einen ausgezeichneten Maßstab für den Stärkegrad der bei der Schneeschmelze eintretenden Speisung. An dieser Stelle scheiden wir die Frage nach der Höhe der eintretenden Fluthwellen aus; vielmehr soll es sich zunächst nur um die größere oder geringere Nachhaltigkeit der reicheren Wasserführung, also darum handeln, auf welcher Mindesthöhe der Wasserspiegel sich längere Zeit erhält; denn gerade hierfür ist ja das mittlere Niedrigwasser entscheidend. Einen sehr bedeutenden Unterschied in dieser Beziehung finden wir namentlich zwischen dem Memelstrom und der Kleinen oder der Oberen Weichsel. Nachdem bei Tilsit schon die Werthe des mittleren Niedrigwassers der Monate Januar und Februar dem Mittelwasser des Jahres recht nahe gekommen sind, wird letzteres von dem Werthe für den März bereits überschritten, und das mittlere Niedrigwasser des April liegt um 0,58 m über dem Mittelwasser des Jahres. Daß bereits die erstgenannten Monate (Januar/März) eine so hohe Lage des Wasserspiegels besitzen, ist nun zweifellos zum großen Theil auf die Bedeckung des Stromes mit Eis zurückzuführen. Bei dem hoch hinauf ragenden Werthe für den April können die Eisverhältnisse indessen keine nennenswerthe Rolle spielen. Denn das Eis treibt meist bereits in der zweiten Hälfte des März oder der ersten Hälfte des April ab, kann also unmöglich bewirken, daß auch am Ende dieses Monats der Wasserspiegel eine so hohe Lage besitzt, wie sie für den Werth des mittleren Niedrigwassers Voraussetzung ist. Am Pregelstrom schrumpft der Betrag, um den das Mittelwasser des Jahres von dem Mittelniedrigwasser des auch hier den Nachschub des Schmelzwassers empfangenden April übertroffen wird, schon bedeutend zusammen. Bei Insterburg z. B. ist er nur 0,04 m groß, bei Taplacken allerdings ziemlich 0,2 m.

Bei N.-Berun und Krafau bleiben dagegen die Scheitelpunkte des mittleren Niedrigwassers um 0,1 m bis 0,2 m unter dem Mittelwasser des Jahres; und selbst bei Warschau ist die Speisung aus dem auf der Zwischenstrecke schon gewaltig anwachsenden Flachlandgebiete doch nur im Stande, die Werthe für den März und den April dem Mittelwasser auf 0,06 bis 0,09 m nahe zu bringen. So ist es wohl dem noch bedeutenderen Zuwachs aus dem Bug-Narewgebiete zuzuschreiben, daß erst wieder an den preußischen Pegelstellen das mittlere Niedrigwasser des März sowohl wie das des April sich über dem Mittelwasser des Jahres befindet, und zwar in so ausgeprägter und gleichmäßiger Weise, daß an den beiden Pegelstellen der preußischen Ungetheilten Weichsel, für die in Bd. IV S. 208/12 achtzigjährige Reihen betrachtet sind, der Unterschied zwischen dem mittleren Niedrigwasser des April und dem Mittelwasser des Jahres 0,38 m mißt, an der Getheilten Weichsel bei Dirschau 0,36 m. Bei der Mogat ist er etwas kleiner (Marienburg 0,29 m), weil bei ihr der März von der allgemeinen Vermehrung der Wassermengen gleichsam etwas mehr vorweg nimmt, wodurch sein mittleres Niedrigwasser dem des April schon etwas näher rückt als an den Pegelstellen des Weichselstroms selbst.

d) Abnahme der Wasserstände zum Sommer hin.

Die drei Ströme stimmen darin überein, daß eine plötzliche Abnahme der Wasserstände von April auf Mai zu niedrigen Wasserständen in der sommerlichen Jahreshälfte überleitet. Beim Memelstrom ist diese Verminderung eine so krasse, daß z. B. das monatliche Mittelwasser bei Tilsit vom April zum Mai um 1,82 m fällt, d. h. um nicht weniger als 65% des Betrages, um den diese GröÙe überhaupt im Kreislause des Jahres schwankt (2,80 m). Beim Pregelstrom könnte man auf Grund der Abbildungen 4 und 5 auf eine etwas geringere Abnahme schließen; die Rechnung ergibt aber gleichfalls von April auf Mai eine Verminderung des Mittelwassers um rund $\frac{2}{3}$ (Insterburg 67%, Taplacken 62%) des Betrages, um den das höchste und das niedrigste Monatsmittel des Wasserstandes von einander entfernt sind. Beim Weichselstrom geht die Abnahme dagegen thatsächlich etwas langsamer vor sich, wohl deshalb, weil die seinem Gewässernez angehörenden Gerinne recht verschiedenen klimatischen Bedingungen unterworfen sind, so daß der Wechsel der Jahreszeiten weniger gleichzeitig und gleichmäßig eintritt und deshalb auch eine größere Ausgleichung in der Einwirkung der einzelnen Gewässer auf den Hauptstrom stattfinden kann. Daher nimmt die nach dem Vorübergang der Schneeschmelze eintretende Verminderung des Wasserstandes erst im Zeitraum zweier Monate ein ungefähr ebenso hohes Maß an, wie es bei den beiden anderen Strömen schon für einen Monat festgestellt werden konnte.

Wichtiger als diese Verschiedenheit in dem ZeitmaÙe der Verminderung der Wasserstände sind die Abweichungen, die im mittleren Verhalten des Wasserstandes während des Verlaufes des Sommers zu Tage treten. Die Thatsache, daß die wärmere Jahreshälfte überhaupt die niedrigeren Wasserstände besitzt, drängt sich bei einem Ueberblick über die Beobachtungen so lebhaft auf, daß wir dabei weiter nicht zu verweilen brauchen. Schon oft erörtert sind auch die Gründe, die dieses entgegengesetzte Verhalten der Wasserstände und der Niederschläge

hervorrufen. Der wichtigste ist der, daß mit der Luftwärme nicht nur der Niederschlag, sondern auch die Verdunstung wächst. Leider sind die bisher eingeschlagenen Mittel und Wege zur Feststellung der verdunstenden Wassermengen so ansechtbar, daß es von den maßgebenden Stellen in Deutschland immer wieder abgelehnt werden mußte, diese für den Wasserhaushalt so wichtige Größe dem Kreise der meteorologischen Beobachtungen einzuverleiben. Deshalb konnten auf S. 94 auch nur kümmerliche Angaben über die Verdunstung gemacht werden. Wenn man aber die beiden dort mitgetheilten Reihen mit einander zusammenhält, so geht doch wenigstens so viel aus ihnen hervor, daß (vorbehaltlich mancher Einschränkungen im Einzelnen) die Verdunstung im Gebiete unserer Ströme von Januar bis zum Juli hin im Zunehmen, während der anderen Jahreshälfte aber im Abnehmen begriffen ist.

Die jahreszeitliche Veränderung der Verdunstung ist so lebhaft, daß im Juli 6- bis 7-mal so viel Wasser verdunstet als im Januar. Die Monatswerthe des Niederschlages wechseln aber bei Weitem nicht in diesem Maße, wie man sich z. B. nach S. 71 dieses Bandes überzeugen kann. Wenn man allerdings von den winterlichen Niederschlägen den hohen Bruchtheil in Abzug bringen wollte, der zunächst in Form von Schnee angesammelt bleibt, so würde man vielleicht auf noch weit größere Verschiedenheiten stoßen als bei der Verdunstung. Doch ist andererseits zu bedenken, daß dem durch augenblickliche Niederschläge genährten winterlichen Abfluß die vor Eintritt des Frostes im Boden angesammelten Wassermengen zu Gute kommen. Jedenfalls erklärt es sich unschwer, daß der jahreszeitliche Wasserstand, soweit die Schneeschmelze außer Betracht bleibt, mehr durch das Maß der Verdunstung als durch das des Niederschlages bedingt wird und deshalb in der sommerlichen Jahreshälfte Kleinwasserstände an der Tagesordnung sind.

Die in dieser Hinsicht bestehende Uebereinstimmung geht aber doch nicht so weit, daß die feineren Unterschiede in der jahreszeitlichen Stärke des Niederschlages, die zwischen den drei Stromgebieten und ihren größeren Unterabschnitten bestehen, dadurch mit verwischt würden. Nur im Allgemeinen ist nach S. 69 der Juli in dem Gebiete unserer Ströme der Hauptregenmonat. Eine bemerkenswerthe Abweichung hiervon tritt einerseits in dem Südschnitte des Gebietes der Oberen Weichsel, andererseits in der Küstengegend ein. Im Osten des österreichischen Gebietsantheiles fällt der stärkste Niederschlag nämlich bereits im Juni, dessen Regenmengen auch schon in den Westbesiden nur wenig unter denen des Juli bleiben. Im ostpreussischen und kurischen Küstenland verschiebt sich dagegen die Höchstmenge des Regens auf den September. Die auf letzteren Punkt bezüglichen Angaben, die sich auf S. 68/72 finden, können wir durch die folgenden Sätze ergänzen, die wir den Erläuterungen zu der kürzlich von Hellmann im amtlichen Auftrage bearbeiteten „Regenkarte der Provinz Ostpreußen“ (Berlin 1900) entnehmen: „In der Provinz Ostpreußen muß man drei Gebiete mit verschiedener jahreszeitlicher Vertheilung der Niederschläge unterscheiden. Im äußersten Norden hat der schmale nord-südlich verlaufende Streifen Landes von Rimmerjatt bis etwa zur Mündung der Minge die meisten Niederschläge im Oktober. Im Gebiet südlich davon, das nach Süden nicht ganz bis zum Pregel reicht,

ist der August der regenreichste Monat, während das kontinental gelegene Ostpreußen vom Pregel bis zur russischen Grenze ein stark ausgesprochenes Maximum im Juli hat.“

Betrachten wir hierauf hin die drei Ströme, so finden wir zunächst bei Tilsit, daß zwar alle Sommermonate recht niedrige Wasserstände besitzen, daß dabei aber doch das Mittelwasser und noch mehr das mittlere Hochwasser des August merklich über die entsprechenden Werthe der Nachbarmonate emporsteigen. Beim Mittelwasser z. B. bleibt der Juli um 0,22 m, der September um 0,16 m hinter dem August zurück. Man könnte diese verhältnißmäßig geringen Beträge einem Walten des Zufalls zuschreiben, da der zu Grunde liegende Beobachtungszeitraum nur 25 Jahre umfaßt. Doch auch in einer 87-jährigen Reihe (1811/97), die wegen der besseren Vergleichung mit den übrigen, kürzer beobachteten Pegelstellen im Bd. II nicht weiter verwendet worden ist, liegt das Mittelwasser des August über demjenigen der Nachbarmonate, nämlich 5 cm über dem Juli- und 11 cm über dem Septemberwerthe. Einen ähnlichen, aber noch etwas stärker hervortretenden Nebenseitel zeigt das mittlere Hochwasser. Beim Pregelstrom findet sich die gleiche Erscheinung. Die sommerliche Steigerung des Regenfalles geht also immerhin nicht ganz ohne Einwirkung auf die Wasserstände der Ströme vorüber. Daß sie sich erst im August, nicht schon im Juli geltend macht, liegt wohl weniger an der im Küstengebiete eintretenden Verzögerung des höchsten Regenfalles als daran, daß erst einige Zeit vergeht, bevor der stärkere Ueberschuß des Regens über die Verdunstung auch bei den Strömen fühlbar wird.

Die Wasserstände folgen dem Niederschlag naturgemäß um so schneller, je gebirgiger das Einzugsgebiet ist; daher umfaßt die kleine sommerliche Anhebung des Wasserstandes bei N.-Berun und bei Krafau auch schon den Juli. Je weiter man dann den Lauf der Weichsel stromabwärts verfolgt, um so mehr verschwindet sie. Bereits bei Warschau erstreckt sie sich nur noch auf das mittlere Hochwasser; freilich ist sie auch in der Linie des Mittelwassers insofern vorhanden, als die Monate Juni bis August ziemlich gleich hohes Mittelwasser besitzen. An der preußischen Weichsel prägt sich selbst diese Verzögerung der Absenkung nur noch schwach aus. Man erkennt somit, daß die sommerliche Höchstmenge des Regens in den Wasserständen des Weichselstromes um so weniger zum Durchbruch kommt, je größer der Bruchtheil wird, den das Flachland vom Einzugsgebiet ausmacht. In Bd. III ist auf S. 305/306 der Nachweis geführt, daß nicht erst ein so großer Gebietszuwachs, wie er von Krafau bis Warschau hin stattfindet, diese Erscheinung hervortreten läßt, sondern schon die russische Stromstrecke allein vollkommen hinreichend ist, sie zu erweisen.

e) Zunahme der Wasserstände zum Winter hin.

Je zeitiger in dem betreffenden Gebiete der Winter zur Herrschaft gelangt, um so früher weicht im Allgemeinen auch der Wasserspiegel aus seiner niedrigen Sommerlage. Während beim Memel- wie beim Pregelstrom die Wasserstände des Oktober bereits wieder etwas höher sind als die des Juni, sind sie bei N.-Berun etwas niedriger. Bei Krafau, Warschau und Kurzebrack wird dieser Unterschied

fogar ziemlich erheblich, und selbst der November zeigt hier noch kleinere Durchschnittswerthe als der Juni. Man sieht hieran, daß die Witterungszustände nicht das allein Maßgebende sind, sondern auch die Gliederung des Gewässernezes mitwirkt. Denn nach S. 33 bekommt das Pregelstromgebiet ziemlich zu derselben Zeit Wintertemperaturen wie fast das gesammte Weichselstromgebiet, soweit letzteres dem Flachland angehört. Vor Allem liegt es wohl an der so beträchtlichen Verschiedenheit der Gebietsgröße, daß die Wasserstandsbewegung im Pregelstrom derjenigen des Weichselstroms weit voraus ist. Denn je kleiner das Niederschlagsgebiet ist, um so schneller kann im Allgemeinen jede Aenderung der Abflußbedingungen zur Geltung kommen. Bei einem so großen Strome wie die Weichsel erfordert deshalb die Fortpflanzung der einzelnen Zustände von der Quelle bis zur Mündung immer eine gewisse Zeit.

f) Jährlicher Gang der Wasserstände nach Tageswerthen.

Auf S. 247 wurde bereits eine schätzenswerthe Zusammenstellung von Tageswerthen des Wasserstandes für Kurzebrack erwähnt, die wir bis 1897 vervollständigt haben, so daß sie jetzt die 86 Jahre 1812/97 umfaßt, also sechs Jahre mehr, als für die oben und in Bd. IV S. 208/12 betrachteten Mittelwerthe zu Grunde liegen. Um ersehen zu können, wie sich die Durchschnittswerthe durch die Hinzunahme dieser sechs Jahre verschieben, lassen wir die Monatsmittel für die beiden Zeiträume hier folgen. Daß die Abweichungen zwischen beiden Reihen

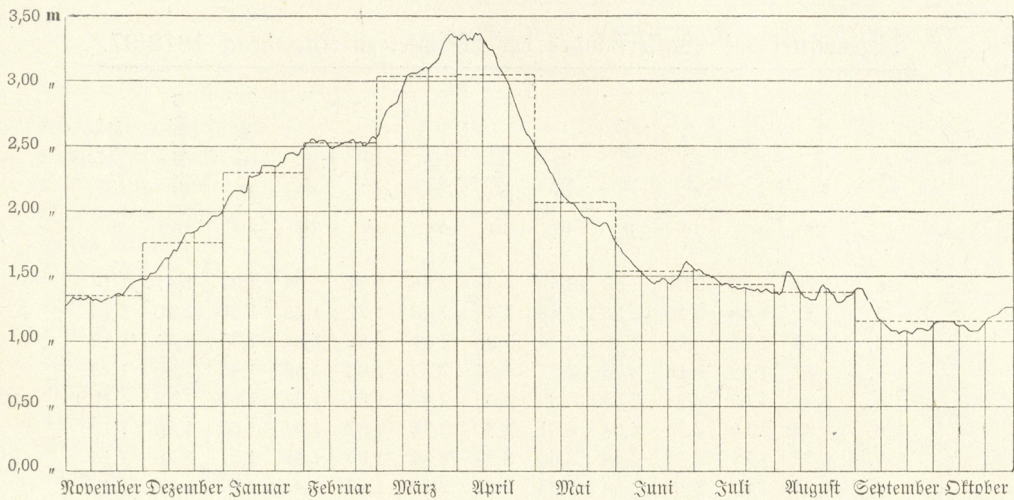
MW (m)	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Winter	Sommer	Jahr
1818/97 . . .	1,30	1,71	2,26	2,52	3,03	3,06	2,03	1,52	1,39	1,33	<u>1,07</u>	1,09	2,31	1,41	1,86
1812/97 . . .	1,35	1,76	2,30	2,53	3,04	3,05	2,07	1,54	1,44	1,38	<u>1,16</u>	1,16	2,34	1,46	1,90

in den Herbstmonaten größer sind, als man bei der geringen Verschiedenheit beider Zeiträume erwarten dürfte, ist hauptsächlich dem großen Hochwasser vom September 1813 zuzuschreiben.

Die Tabelle der Tagesmittel befindet sich auf S. 266. In Abb. 10 sind diese Werthe auch bildlich dargestellt, wobei auch die Monatsmittel (in gestrichelten Linien) hinzugefügt sind. Die Linie zeigt einen Verlauf, der sich in seinen wesentlichen Eigenthümlichkeiten leicht einprägt. Ihre Tiefstlage nimmt sie in den Tagen vom 14. bis zum 29. September ein, deren Mittelwasser zwischen 1,06 und 1,10 m liegen, durchschnittlich also etwa 0,82 m unter dem Jahresmittel. Doch auch während der ersten zwei Drittel des Oktober erheben die Monatsmittel sich nur um wenige Zentimeter. Der obere Scheitel der Linie trifft ungefähr auf die Zeit vom 28. März bis 9. April, und zwar liegt der Gesamtdurchschnitt aus diesen Tagen, deren Einzelmittel zwischen 3,30 m und 3,37 m schwanken, auf 3,34 m a. P., also 1,44 m über dem Jahresmittel. Im Kreislauf des Jahres ändern sich die Tagesmittelwerthe hiernach um etwa 2,3 m, also noch nicht um die Hälfte der mittleren Jahreschwankung, ein

Abb. 10.

Tagesmittel des Wasserstandes a. P. Kurzebrack (1812/97).



Beweis, daß der höchste und der tiefste Wasserstand des Jahres doch nicht so eng an bestimmte Zeitpunkte gebunden sind, wie man nach dem Verlaufe der Mittelwerthe vielleicht annehmen könnte. Während des letzten Drittels des Oktober und der ersten zwei Drittel des November steigt die Mittelwasserlinie nur recht wenig an, im ganzen um etwa 0,25 m. Erst zu Ende November, also mit dem ersten Erscheinen des Eises im Strom, wird der Wasserwuchs lebhafter. Anfang Februar erfolgt jedoch ein Stillstand, der ziemlich bis zum Ende dieses Monats dauert. Während des März ist der Anstieg alsdann reger als je; die Linie hebt sich in diesem Monat um rd. 0,75 m. Ihr oberer Scheitel erstreckt sich, wie schon erwähnt wurde, von Ende März bis ungefähr zum 9. April.

War bei der Besprechung der Monatszahlen (vergl. Bd. IV S. 210) hervorzuheben, daß die Verminderung der Wasserspiegelhöhe von April auf Mai die bedeutendste Werthänderung von einem Monat zum anderen darstellt, so zeigen die Tagesmittel, daß dieser lebhafteste Abstieg ungefähr die Zeit vom 10. April bis Mitte Juni umfaßt. Während der ersten 14 Tage ist dieser Rückgang besonders scharf; hierauf büßt er zwar etwas von seiner Geschwindigkeit ein, bleibt aber auch dann immer noch bedeutender als der Aufstieg im Winter. Ist bis dahin der Verlauf der Linie leicht zu verstehen, so zeigen sich in ihrer weiteren Senkung, die sich weniger scharf ausprägt, einige Unterbrechungen, über deren Deutung man zunächst Zweifel haben könnte. Zu nennen ist namentlich eine Hebung vom 21. zum 27. Juni um 0,18 m, eine zweite vom 3. zum 5. August um 0,16 m, eine etwas weniger bedeutende vom 16. zum 19. August um 0,12 m, endlich noch eine ähnlich geringe vom 27. August zum 1. September um 0,10 m. Wenn man in gleicher Weise wie die mittleren auch die höchsten Wasserstände, die an den einzelnen Tagen des Jahres beobachtet wurden, als Linienzug darstellt, so zeigt sich, daß diese Nebenscheitel der Mittelwasserlinie durchweg auf der Rück-

wirkung einzelner Sommerhochfluthen beruhen, somit ebenso rein zufällige Erscheinungen sind wie die Tage des Eintritts dieser sommerlichen Hochfluthen.

Tagesmittel des Wasserstandes der Weichsel zu Kurzebrack 1812/97.

Tag	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1.	1,28	1,47	2,06	2,53	2,59	3,32	2,46	1,74	1,54	1,37	1,41	1,14
2.	1,31	1,48	2,10	2,53	2,68	3,34	2,43	1,72	1,55	1,36	1,40	1,15
3.	1,33	1,52	2,13	2,56	2,74	3,35	2,41	1,68	1,54	1,37	1,40	1,15
4.	1,32	1,52	2,16	2,55	2,77	3,31	2,37	1,66	1,52	1,45	1,36	1,15
5.	1,32	1,53	2,15	2,53	2,80	3,33	2,34	1,64	1,51	1,53	1,32	1,15
6.	1,33	1,55	2,15	2,54	2,81	3,30	2,28	1,62	1,51	1,53	1,30	1,15
7.	1,32	1,59	2,15	2,54	2,82	3,37	2,25	1,59	1,49	1,51	1,26	1,15
8.	1,31	1,62	2,14	2,54	2,83	3,35	2,22	1,57	1,48	1,47	1,22	1,15
9.	1,33	1,64	2,15	2,52	2,89	3,36	2,19	1,55	1,47	1,43	1,18	1,13
10.	1,33	1,63	2,27	2,49	2,93	3,32	2,15	1,53	1,45	1,39	1,17	1,12
11.	1,31	1,67	2,26	2,48	2,99	3,30	2,12	1,51	1,43	1,36	1,15	1,12
12.	1,32	1,70	2,26	2,49	3,04	3,26	2,10	1,49	1,44	1,34	1,13	1,12
13.	1,31	1,69	2,27	2,50	3,06	3,24	2,08	1,47	1,44	1,34	1,11	1,11
14.	1,30	1,73	2,28	2,51	3,06	3,24	2,06	1,45	1,42	1,32	1,09	1,09
15.	1,31	1,77	2,35	2,52	3,06	3,18	2,06	1,45	1,41	1,32	1,08	1,08
16.	1,32	1,81	2,35	2,53	3,08	3,10	2,04	1,46	1,42	1,32	1,08	1,08
17.	1,33	1,83	2,35	2,53	3,09	3,08	2,00	1,46	1,40	1,36	<u>1,06</u>	1,08
18.	1,33	1,83	2,35	2,54	3,10	3,04	1,98	1,48	1,40	1,42	<u>1,07</u>	1,09
19.	1,35	1,83	2,35	2,55	3,11	3,01	1,95	1,47	1,41	1,44	1,08	1,12
20.	1,36	1,84	2,34	2,53	3,09	2,97	1,95	1,45	1,41	1,41	1,08	1,14
21.	1,36	1,85	2,35	2,54	3,12	2,92	1,94	1,44	1,40	1,40	1,07	1,17
22.	1,35	1,87	2,37	2,53	3,13	2,86	1,91	1,46	1,39	1,37	1,06	1,18
23.	1,37	1,88	2,37	2,51	3,16	2,80	1,90	1,48	1,39	1,36	1,07	1,19
24.	1,38	1,89	2,43	2,50	3,17	2,74	1,89	1,49	1,39	1,31	1,10	1,20
25.	1,42	1,92	2,44	2,51	3,24	2,70	1,88	1,54	1,40	1,30	1,10	1,21
26.	1,44	1,94	2,44	2,56	3,30	2,63	1,89	1,59	1,38	1,30	1,10	1,23
27.	1,46	1,96	2,44	2,57	3,32	2,59	1,91	1,62	1,39	1,31	1,09	1,25
28.	1,46	1,96	2,43	2,56	3,35	2,57	1,90	1,60	1,40	1,34	1,08	1,26
29.	1,47	1,96	2,43		3,36	2,54	1,85	1,58	1,39	1,35	1,09	1,26
30.	1,48	1,97	2,47		3,33	2,50	1,80	1,56	1,37	1,36	1,12	1,26
31.		2,02	2,48		3,33		1,77		1,37	1,39		1,26

2. Lage der Hauptzahlen nach der prozentischen Skala.

a) Verschiedenheit des Abflußvorganges der drei Ströme.

In seinen mittleren Zuständen, die wir bisher ausschließlich betrachtet haben, richtet der Abflußvorgang sich vorwiegend nach der Wasserabgabe aus dem Flachland. Wäre es auch zu weit gegangen, wenn man behaupten wollte, daß die Einwirkung des Gebirgslandes sich in den stürmischen Sommerhochfluthen

1871/95	Winter			Sommer			Jahr
	MNW	MW	MHW	MNW	MW	MHW	MW
	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰
Kl.-Chelm (Przemsza)	4	25	95	1	18	73	21
Kobjernice (Sola)	4	26	79	4	27	93	26
Dźwjenim (Sola)	3	21	77	2	21	95	21
Wadowice (Skawa)	6	23	75	2	22	90	22
Zator (Skawa)	2	17	68	2	17	92	17
N.-Sandec	5	24	74	6	26	97	25
Zgłobice } (Dunajec)	3	18	69	3	20	94	19
Zabno	4	20	80	2	20	94	20
Labuzje (Wisłoka)	4	18	74	1	14	85	16
Rzeszów (Wisłok)	5	18	80	0	11	65	14
Połtulów	3	17	80	0	15	87	15
Przemysł	4	16	72	1	12	85	14
Radymno } (San)	3	17	80	1	14	82	16
Jaroslau	3	20	83	1	15	79	18
Majdan	5	27	92	2	18	82	23
Bromberg (Brahe)	12	36	97	2	26	47	31
N.-Berun	4	19	79	0	14	84	16
Kraľau	4	21	81	1	16	80	18
Jagodniki	5	24	83	1	19	83	22
Szczucin	4	24	75	1	20	90	22
Dzików } (Weichsel)	6	27	89	1	20	83	24
Warschau	3	28	90	2	19	75	24
Thorn	3	33	94	3	19	64	26
Kurzembrak	5	36	95	2	18	63	27
Dirschau	8	36	96	1	17	64	27
Marienburg (Nogat)	6	33	95	1	17	58	25
Insterburg (Angerapp, Pregelstrom)	6	30	99	0	10	41	20
Taplacken (Pregelstrom)	8	40	99	0	15	58	28
Tilsit (Memelstrom)	10	41	99	1	14	51	28

der aus dem Gebirge gespeisten Wasserläufe gewissermaßen erschöpfe, so besitzt das Gebirgsland im Weichselgebiete doch eine geringe Ausdehnung, daß trotz seiner größeren Niederschlagsmengen seine Einwirkung mehr und mehr gegen diejenige des Flachlandes zurücktritt. Die obenstehende Tabelle ist dazu bestimmt, näher ersehen zu lassen, in welcher Weise dies geschieht. Da es wichtig war, auch die galizischen Flüsse in ihr zu berücksichtigen, so konnte nur der 25-jährige Zeitraum 1871/95 dabei zu Grunde gelegt werden, der für die Betrachtung der Hauptzahlen aber auch um so mehr als ausreichend angesehen werden darf, als der zuvor gegebene, an langjährige Reihen geknüpfte Ueberblick einer Vermischung vielleicht nur zufälliger Erscheinungen mit wesentlichen Eigenthümlichkeiten vorbeugen wird. Da es darauf ankam, die Zahlen für die große Reihe von Pegelstellen möglichst mühelos mit einander vergleichbar zu machen, so enthält die Tabelle die Werthe nicht in unmittelbaren Höhen am Pegel, sondern in der

auf S. 249/250 erläuterten prozentischen Skala, in welcher das mittlere Niedrigwasser des Jahres den Nullpunkt bildet, das mittlere Hochwasser desselben aber dem Werthe 100 entspricht. Diese beiden Werthe fehlen in Folge dessen in der Tabelle.*) Nach Pegelhöhen sind die der Tabelle entsprechenden Mittelwerthe auf S. 128/9 des Tabellenbandes zusammengestellt. Die dort vorangehende Tabelle, auf S. 126/7, enthält die zugehörigen Jahresreihen. Nur die Zahlen für Zabno, Rzeszów und Jarosław (vergl. Bd. III S. 380, 402, 417) fehlen im Tabellenbande, weil bei diesen Pegelstellen der Zeitraum 1871/95 nicht genau eingehalten werden konnte.

Wir haben die Tabelle auf S. 267 unter Vorwegnahme aller Nebenflüsse so angeordnet, daß sie mit dem Quellgebiet der Weichsel beginnt und beim Memelströme endet. Welch' ein helles Licht werfen diese Zahlen auf die Natur der drei Ströme, wenn wir zunächst auch nur der Höhe des winterlichen Mittelwassers von der Kleinen Weichsel bis zum Memelströme nachgehen! Fast ununterbrochen nimmt diese Höhe zu: bei N.-Berun beträgt sie nur erst 19 %, in der Oberen Weichsel (Kraśna bis Dziūk) 24, bei Warschau bereits 28, in der

*) Im Bd. III S. 453/4 ist beim Vergleiche der Wasserstände an den Pegelstellen des Narew und Bug eine andere prozentische Skala zu Grunde gelegt worden, indem der Gesamtunterschied zwischen dem größten und kleinsten Monatsmittel = 100 % gesetzt wurde, da nur die Monatsmittelwerthe für eine 17- bis 18-jährige Reihe verfügbar waren. Bringt man die Hauptzahlen aus der Tabelle auf S. 452 in Beziehung zu der schätzungsweise ermittelten Schwankung MHW—MNW (S. 455), so ergibt sich, daß in der durch diese Schwankung bestimmten prozentischen Skala das MW folgende Lage hat:

Pegelstelle	Winter	Sommer	Jahr
Goniōdz . . .	53	28	41 %,
Piontnica . . .	43	20	31 %,
Jęgrze . . .	34	13	24 %,
Malkin . . .	36	18	27 %.

Bei Malkin (Bug) stehen die Zahlen in demselben Verhältniß wie bei Kurzebrack, ferner bei Jęgrze und Piontnica (Narew) in ähnlichem Verhältniß wie bei Zusterburg und Taplacken. Die großen Zahlen für Goniōdz (Bjēbrza) werden nur übertroffen, wenn man die Pegelstellen im Gebiete der Masurischen Seen zur Vergleichung heran zieht unter Benützung der im Bd. IV S. 476 und im Tabellenbande S. 129 mitgetheilten Zahlen für den Zeitraum 1871/95:

Pegelstelle	Winter	Sommer	Jahr
Angerburg . . .	57	52	55 %,
Böhen . . .	47	53	50 %,
Nikolaiten . . .	42	57	49 %,
Johannisburg . . .	50	48	49 %.

Die winterlichen Mittelwasserstände haben demnach an den großen Seen Masurens eine ähnliche Höhenlage in Bezug auf die mittlere Jahreschwankung wie bei Goniōdz am Bjēbrzabruche; die sommerlichen und dementsprechend auch die Jahres-Mittelwasserstände liegen aber noch bedeutend höher als dort. Wie man sieht, wirkt jene ausgedehnte Bruchfläche ähnlich, wie die noch ausgedehnteren Seeflächen, wenn auch während der Sommermonate in weit geringerem Maße, ausgleichend auf den Abflusvorgang ein. Daß trotzdem die Gewässer des Flachlandes, deren Gebiete am reichsten mit See- und Bruchflächen bedacht sind, im Sommer eine bedeutend tiefere Lage des Mittelwassers als im Winter aufweisen, und zwar in größerem Maße als die Gebirgsflüsse, ist der kleineren Niederschlagsmenge und der stärkeren Verdunstung im Flachlande zuzuschreiben.

Unteren Weichsel (einschließlich der Nogat) 35, ebenso beim Pregelstrom im Mittel aus Insterburg und Taplacken 35, endlich bei Tilsit gar 41 %. Wir finden also einen Anstieg um mehr als das Doppelte, der schließlich mit einer solchen Gleichmäßigkeit der Wasserstandsbewegung endet, daß der Abstand des mittleren Niedrigwassers vom mittleren Hochwasser durch das Mittelwasser rund im Verhältniß 2 : 3 getheilt wird.

Eine Betrachtung der (aus Rücksicht auf den Raum nicht mitgetheilten) einzelnen Monatszahlen zeigt, daß diese Hebung der Wasserstände sich in jedem Monate wiederholt; und zwar erstreckt sie sich auch auf das mittlere Niedrigwasser und auf das mittlere Hochwasser. Beispielsweise liegt das mittlere Hochwasser des März bei N.-Berun an der Kleinen Weichsel auf 63, an der Oberen Weichsel durchschnittlich auf 70, bei Warschau auf 80, an der preußischen Weichsel durchschnittlich auf 84, am Pregelstrome auf 89, endlich bei Tilsit das mittlere Hochwasser des März auf 82 und des hier den Höchstwerth bringenden April auf 85 %; die geringe Erniedrigung bei Tilsit ist nur scheinbar, da die beiden Nachbarmonate sehr hohe Zahlen besitzen.

Noch durchschlagender ist die Zahlenreihe für das mittlere Hochwasser des Winters. Bei N.-Berun finden wir dies nur in der Höhe von 79 %; an der Oberen Weichsel erhöht sich die Lage schon auf 82 %; bei Warschau betritt es mit 90 % bereits die Schwelle des obersten Zehntels der Jahreschwankung; an der preußischen Weichsel befindet es sich mit 94 bis 96 % mitten in diesem; am Pregel- und Memelstrom endlich beträgt sein Abstand von der oberen Grenze der mittleren Jahreschwankung nur noch 1 % (genau gerechnet sogar noch nicht einmal ganz 1 %) dieser Schwankung. Man erkennt hieraus, daß die höchsten Wasserstände der einzelnen Jahre immer mehr auf die Zeit der Schneeschmelze fallen, der sie schließlich in der Unteren Weichsel und mehr noch in den beiden nördlichen Strömen nahezu allein angehören.

Diese Thatsache würde noch nicht nothwendig erfordern, daß die etwa verbleibenden Sommeranschwellungen immer mehr und mehr an Bedeutung einbüßen. Jedoch auch dies zeigt sich in klarster Weise. Denn bei N.-Berun findet man das mittlere Hochwasser des Sommerhalbjahres zunächst mit 84 % um 5 % höher gelegen als das des Winters, an der Oberen Weichsel mit 84 % ebenfalls etwas höher als das des Winters (82 %); bei Warschau ist es schon auf 75 % (15 % unter den Winterwerth) gesunken, läßt also hier schon ein volles Viertel der mittleren Jahreschwankung über sich; an der preußischen Weichsel behauptet es dann nur noch eine Lage von 62 %, bleibt also um mehr als $\frac{1}{3}$ der mittleren Jahreschwankung unter deren oberer Grenze, und am Pregel- und Memelstrom endlich fällt es sogar auf rund 50 %, also zwischen das mittlere Niedrigwasser und das mittlere Hochwasser des Jahres in die Mitte. Auch die jahreszeitlichen Höhen des Mittelwassers erfahren dementsprechend eine starke gegenseitige Verschiebung. An der unmittelbar aus dem Gebirge gespeisten Weichsel besitzt der Winter nur einen Mehrbetrag um 5 %, an der preußischen Weichsel um 14 bis 19 %, am Pregelstrome um 20 bis 25 %; bei Tilsit sind hieraus 27 % geworden, wobei das Mittelwasser des Winters verhältnißmäßig rund 3-mal so hoch liegt als das des Sommers.

Betrachtet man auch die einzelnen Monatsmittel des Wasserstandes in der prozentischen Skala, so drängen sich unwillkürlich noch manche Vergleichenungen zwischen den verschiedenen Gewässern auf. Recht bezeichnend ist es beispielsweise, daß in der Oberen Weichsel das monatliche Mittelwasser durchschnittlich nur um 23 % schwankt, nämlich zwischen 13 % im September und 36 % im März, während bei Tilsit vom Juli bis zum April eine Zunahme von 8 auf 63, also um 55 % erfolgt. Diese hohe Zahl bezeugt eine überraschende Nachhaltigkeit der Hochwasserführung im Frühjahr, und nicht minder deutlich kommt diese Ergiebigkeit auch darin zum Ausdruck, daß jenes so hohe Mittelwasser (63 %) dem mittleren Hochwasser des Monats (85 %) näher liegt als dem mittleren Niedrigwasser (39 %). Gewöhnlich befinden sich die niedrigeren Wasserstände weitaus in der Mehrzahl und rufen dadurch die entgegengesetzte Erscheinung hervor; dagegen liegen nach S. 136 des Tabellenbandes bei Tilsit im April etwa 51 % aller Wasserstände über dem Monatsmittel und nur 49 % darunter, eine Vertheilung, wie sie sonst nur bei der ruhigen und gleichmäßigen Wasserspiegelschwankung in stehenden Gewässern vorzukommen pflegt. Indessen verbietet der Raum, den Beziehungen dieser Art weiter nachzugehen.

b) Einwirkung der Nebenflüsse auf den Abflußvorgang der Weichsel.

Die vorstehenden Betrachtungen haben dargethan, daß bei der Weichsel, je mehr der dem Gebirgslande zufallende Bruchtheil des Gebietes vom Flachlande überholt wird, um so mehr sich das Verhalten ihres Abflußvorganges dem der reinen Flachlandströme Pregel und Memel nähert. Ein Blick auf die Hauptzahlen für die einzelnen Gewässer, aus denen der Strom sich zusammensetzt, muß auch den letzten Zweifel daran tilgen, daß es sich hier nicht nur um ein äußeres Zusammenreffen, sondern um den ausschlaggebenden inneren Zusammenhang handelt.

Wie schroff kommt beispielsweise in den Zahlen für Skotschau und Drahomischl (Bd. III S. 189) zum Ausdruck, daß die obere Strecke der Kleinen Weichsel fast ausschließlich aus dem Gebirge gespeist wird! Das mittlere Hochwasser des Winters hat (1881/90) hier nur die bescheidene Höhe von 57 und 51 %, das des Sommers aber erhebt sich auf 95 und 94 %. Um die Beweiskraft dieser Zahlen zu erhöhen, möchten wir besonders hervorheben, daß sie für beide Pegelstellen sich einander ziemlich gleichen, obschon die mittlere Jahreschwankung des Wasserstandes bei Drahomischl 4- bis 5-mal so groß ist wie bei Skotschau. Auch die Kürze der Beobachtungszeit braucht nicht bedenklich zu machen; denn bei N.-Berun findet man für 1881/90 nicht viel andere Zahlen als für 1871/95, nämlich 78 % für den Winter und 80 % für den Sommer. Im langjährigen Durchschnitt (Bd. III S. 193) wird an dieser Pegelstelle das mittlere Hochwasser des Sommers von dem des Winters sogar überflügelt; man sieht also, wie lebhaft sich die Abflachung des Gebietes im Abflußvorgang der unteren Strecke der Kleinen Weichsel geltend macht.

Daß in den Gebieten der Sola und Skawa der Uebergang aus dem Berglande in das Weichselthal wenig abgestuft ist, prägt sich in ihrem Abflußvorgange deutlich aus. Ihre winterlichen Anschwellungen bleiben zwar nicht

ganz so gering wie an der Gebirgstrecke der Kleinen Weichsel, jedoch liegt das mittlere Hochwasser des Sommers bei der Sola um 16%, bei der Skawa sogar um 20% höher als das des Winters, und noch deutlicher geht aus den Häufigkeitszahlen hervor, daß die höheren Fluthwellen fast ausschließlich in der warmen Jahreshälfte vorkommen. Bei einem sehr unruhigen Wechsel des Wasserstandes sind diese Flüsse während des Sommers im Ganzen so wasserreich, daß das Mittelwasser dieses Halbjahres dem des Winters gleich kommt, obschon im Winter mit einer Anhebung der Wasserstände durch das Eis zu rechnen ist.

Auch die Halbjahresmittel für den Weichselstrom weisen darauf hin, daß die betrachteten Gebirgsflüsse dem Strom im Verlaufe des Sommerhalbjahres mehr Wasser zuführen als während des Winters. Denn während im Allgemeinen, wie oben gezeigt wurde, das Sommermittel des Wasserstandes um so tiefer unter das Wintermittel sinkt, je weiter man stromabwärts geht, nimmt die Strecke von N.-Berun bis nach Krakau ausnahmsweise (auch im langjährigen Mittel aus 1833/96 und 1831/96) an dieser Senkung nicht Theil, obwohl eine beträchtliche Fläche niedrigen Geländes in sie entwässert. Schon die Przemsza bringt ein Flachlandgebiet hinzu, das nur 444 qkm oder 17% kleiner ist als die Gebiete der Sola und der Skawa zusammen, und sie würde, wie ihre Wasserstände zeigen, auch im Weichselstrom sicher eine Erniedrigung der Sommerwasserstände zu Wege bringen, böten nicht die Gebirgsflüsse ein Gegengewicht. Auf die Hochwasser der Jahreshälften wirken diese scheinbar nicht in demselben Maße ein, da bei N.-Berun der Sommer, bei Krakau aber der Winter den größeren Betrag des mittleren Hochwassers besitzt. Allein hierzu trägt vor Allem der Umstand bei, daß die Frühjahrsanschwellungen sich viel langsamer vollziehen als die Sommerhochwasser. Bei den Schmelzwasserfluthen können sich in Folge dessen die Höchstmengen der einzelnen Gerinne viel mehr mit einander vereinigen als bei den rasch verlaufenden Hochfluthen des Sommers, bei denen man deutlich verfolgen kann, wie die von den einzelnen Wasserläufen gebrachten Fluthwellen im Strome hinter einander her laufen.

Die Raba besitzt einen ganz ähnlichen Abflußvorgang wie die erwähnten westlichen Flüsse. Auch sie sendet stürmische Sommerfluthwellen in den Strom, dessen mittleres Sommerhochwasser an der 18 km unterhalb der Rabamündung gelegenen Pegelstelle Jagodniki um 3% über die Lage bei Krakau wächst. Ohne sich der Gliederung des Gewässernezes zu erinnern, würde man schon durch weitere Vergleichung der Zahlen für Jagodniki und Szczecin darauf geführt werden, daß der Strom zwischen diesen Stellen einen Nebenfluß von ganz hervorragender Bedeutung empfängt. In der That ist der Dunajec der wichtigste aller galizischen Flüsse und seine Bedeutung für den Abflußvorgang des Stromes eine so große, daß er in mancher Beziehung als der eigentliche Quellfluß des Weichselstromes gelten darf. Der Wasserreichthum dieses Flusses rührt daher, daß sein Gebiet alle Höhenstufen vom Flachlande bis zum Hochgebirge hinauf umfaßt. Wenn die Schneedecke aus den niedrigeren Gebietstheilen längst verschwunden ist, folgt zunächst das Schmelzwasser aus dem Mittelgebirge nach, und wenn die Rinnsale hier spärlicher zu fließen beginnen, hat das Hochgebirge noch immer von den während der Frostzeit angesammelten Wasservorräthen ab-

zugeben. Wird doch in der Hohen Tatra die Zeitspanne zwischen dem letzten und dem ersten Schnee schließlich so kurz, daß man auch mitten im Sommer darauf gefaßt sein muß, die Berge sich plötzlich in Schnee hüllen zu sehen. So kommt es, daß dieser so bevorzugte Fluß im Juli noch ziemlich ebenso hohe Wasserstände besitzt, wie sie im März eintreten; denn in letzterem liegt das Mittelwasser im Durchschnitt aus den Reihen für N.-Sandec, Zglobice und Zabno auf 28 %, im Juli aber noch auf 25 %, während die Höchstlage im April mit 30 % erreicht wird.

Freilich sind die drei Pegelstellen des Dunajec an diesen Durchschnittszahlen in recht verschiedener Weise beteiligt. Denn bei N.-Sandec ist das Mittelwasser des Juli (30 %) sogar um 1 % höher als das des März, bei Zglobice dagegen schon 2 % niedriger (23 gegen 25 %), und bei Zabno wächst der Unterschied zu Ungunsten des Juli gar auf 7 %, was ein ziemlich erheblicher Betrag ist, da die Monatsmittel überhaupt nur eine Schwankung um 17 % ausführen. Mit dieser Abstufung steht es ganz im Einklang, daß angeblich in der obersten Strecke des Dunajec ebenso wie in der des Poprad die höchsten Wasserstände überhaupt erst in den Monaten Juni und Juli eintreten, während in den Wintermonaten Januar und Februar die Abwässerung am geringsten ist. So zeigt sich also deutlich, daß die Zeit der reichsten Wasserführung immer mehr auf das Frühjahr rückt, je näher der Fluß seiner Mündung kommt. Denn um so größer wird der mäßig hohe Gebietsantheil, der bei dem ersten durchgreifenden Vordringen des Frühlings mit einem Male von seiner Schneedecke befreit wird und dem Fluß dabei rasch große Schmelzwassermengen zuführt. Ihre Einwirkung kann nachher durch die um diese Jahreszeit erfolgende Steigerung der Wasserabgabe aus dem Hochgebirge nicht wett gemacht werden, da dieses nur einen geringen Bruchtheil der ganzen Gebietsfläche einnimmt.

Dennoch kann daran kein Zweifel sein, daß die Weichsel einen guten Theil ihrer sommerlichen Wasserfülle der durch den Dunajec vermittelten Speisung aus den Niederschlägen der Hohen Tatra verdankt. Nur dem Dunajec ist es zuzuschreiben, daß bei Szczucin zwischen den Mündungen des Dunajec und der Wisłoka das sommerliche Mittelwasser des Weichselstromes nur 4 % unter dem Wintermittel liegt, während der Unterschied weiter oberhalb bei Krakau und Jagodniki schon 5 % beträgt und unterhalb der Wisłoka bei Dziwnów wieder auf 7 % steigt. Mit dieser willkommenen Einwirkung auf den Strom geht freilich die Thatsache Hand in Hand, daß der Dunajec auch als gefährlichster Hochwasserfluß des ganzen Weichselgebietes zu gelten hat. Besonders bedrohlich wird die Lage, wenn wolkenbruchartige Sommerregen das Hochgebirge noch mit Schnee bedeckt finden und nun das Regenwasser nicht bloß selbst zu Thal stürzt, sondern auch die bis dahin auf den Bergen in fester Form aufgespeicherten Wasservorräthe mit sich reißt. Die erste große Fluthwelle, die in solchen Fällen aus dem Dunajec in das Bett des Weichselstroms tritt, kommt allerdings nicht aus seiner oberen Hauptstrecke, sondern aus dem weitaus bedeutendsten Nebenfluß der unteren Hauptstrecke des Flusses, nämlich aus der Biala, die in viel schlankerem Lauf als der Dunajec selbst ihren Weg vom Kamme der Beskiden zum Weichselthal nimmt und ihr Hochwasser deshalb auch schneller abführt.

Unterhalb des Dunajec münden zwar noch zwei Gebirgsflüsse, Wisłoka und San, deren Gebiete zusammen das Dreifache der vom Dunajec entwässerten Fläche umspannen. Aber beide Flüsse haben erst ein bedeutendes Hügel- und Flachlandsgebiet zu entwässern, ehe sie sich mit dem Weichselstrom vereinigen, und so entsprechen die Wassermengen, die sie während des Sommerhalbjahres abgeben, im Vergleich zum Dunajec durchaus nicht jener dreifachen Größe des Gebietes. Denn wenn auch beim Dunajec schon die Einwirkung des Gebirges immer mehr und mehr zurückgedrängt wird, so bleibt doch selbst an der Pegelstelle Zabno unterhalb der Bialamündung das Mittelwasser des Sommers dem des Winters gleich; im mittleren Hochwasser aber besitzt selbst hier noch der Sommer ein Uebergewicht um 14 %. Beim San ist dagegen schon in der Gebirgstrecke das Mittelwasser des Sommers kleiner als das des Winters, und auch beim mittleren Hochwasser erlangt der Winter in der unteren Flußstrecke den Vorrang. Der Unterlauf des Wisłok gleicht in dieser Beziehung dem unteren San, während die sommerlichen Fluthwellen der Wisłoka an der Pegelstelle Lubuszka allerdings verhältnißmäßig höher ansteigen, theilweise jedoch in Folge örtlicher Querschnittsverhältnisse, die aufstauend wirken.

Für den Narew und Bug lassen sich nur die Mittelwasserzahlen in Vergleich stellen. Wie aus der Fußnote auf S. 268 hervorgeht, ähnelt die Wasserstands-bewegung bei der am Bjebrzabruche gelegenen Pegelstelle Goniondz bezüglich der hohen Lage des Mittelwassers im Winter den Pegelstellen im Gebiete der großen Masurischen Seen, wogegen im Sommer die ausgleichende Wirkung der Bruchfläche in geringerem Maße als die der Seensfläche zur Geltung kommt. Nach Vereinigung der Bjebrza mit dem oberen Narew nehmen bei Piontnica die Werthe bedeutend ab, sind jedoch immer noch recht groß, was auf eine erhebliche Verzögerung des Abflusses hindeutet. Bei Malsin am unteren Bug weisen sie dieselbe Lage in der prozentischen Skala auf wie an der preussischen Weichsel bei Kurzebrack, während bei Zegrze im Narew unterhalb der Bugmündung das sommerliche Mittelwasser im Verhältniß zum winterlichen ähnlich niedrig liegt wie am Pregelstrom bei Taplacken oder am Memelstrom bei Tilsit. Vergleicht man die Werthe für Zegrze mit denen für Warschau einerseits und für Thorn andererseits, so ergibt sich, daß durch den Zufluß der Wassermassen des Narew und Bug die Lage des winterlichen Mittelwassers bedeutend erhöht und diejenige des sommerlichen Mittelwassers etwas erniedrigt wird. Narew und Bug tragen also in hohem Grade dazu bei, der Unteren Weichsel den Abflußvorgang des Flachlandstromes zu verleihen.

3. Mittlere und größte Schwankungen der Wasserstände.

Bisher haben wir die Lage der Hauptzahlen nach der prozentischen Skala, also die relative Größe der Schwankungen der Wasserstände betrachtet. Ihre absolute Größe bringt mehr die Querschnittsverhältnisse des Strombettes als die Art des Abflußvorganges zur Anschauung. Wir beschränken uns daher darauf, die mittlere Jahreschwankung des Wasserpiegels zu beiden Seiten des Mittelwassers für 1871/95, sowie die Lage des tiefsten und des höchsten seit Beginn

dauernder Beobachtungen bekannt gewordenen Wasserstandes zum Mittelwasser jenes 25-jährigen oder eines wenig abweichenden Zeitraumes zu betrachten. Der Werth des Mittelwassers, der für 1871/95 gilt, ist in der Tabelle den übrigen Zahlen vorangestellt, so daß die Hauptzahlen (NNW, MNW u. s. w.) sich danach leicht berechnen lassen, die sonst auch den Einzelabschnitten über den Abfluvorgang in den Bänden II bis IV entnommen werden können. Dabei ist zu beachten, daß bei den Einzelbeschreibungen die Angaben über die Schwankungen meist auf andere Zeiträume bezogen sind, abgesehen von denen über die größten Schwankungen; nur letztere Angaben stimmen also durchweg mit den Zahlen der Endspalte der folgenden Tabelle überein. Zeitlich streng vergleichbare Werthe würden sich aus den Tabellen auf S. 128/9 des Tabellenbandes herleiten lassen, da dort auch die äußersten Wasserstände auf die Jahresreihe 1871/95 beschränkt sind. Im Allgemeinen wachsen die Schwankungen allmählich mit der Größe des Entwässerungsgebietes. Daß in der Gebirgstrecke der Kleinen Weichsel von Skotschau bis Drahomischl ein ungewöhnlicher Sprung der Werthe erfolgt, wurde oben bereits erwähnt. Die Geringfügigkeit der Werthe für Skotschau beruht, wie kaum noch hervorgehoben zu werden braucht, auf einer

Pegelstelle	MW m	MW—MNW m	MHW—MW m	MHW—MNW m	MW—NNW m	HHW—MW m	HHW—NNW m
Al.-Chelm (Przemsza) . . .	0,74	0,23	0,85	1,08	0,43	1,46	1,89
Kobjernice (Sola) . . .	— 0,10	0,57	1,60	2,17	0,90	2,71	3,61
Oswojencim (Sola) . . .	0,09	0,40	1,55	1,95	0,72	2,71	3,43
Wadowice (Skawa) . . .	— 0,07	0,54	1,86	2,40	1,41	2,87	4,28
Zator (Skawa) . . .	0,17	0,42	2,09	2,51	0,78	3,33	4,11
N.-Sandec	1,23	0,59	1,75	2,34	1,23	2,88	4,11
Zglobice } (Dunajec) . . .	0,09	0,49	2,08	2,57	0,84	4,55	5,39
Zabno } . . .	0,14	0,77	3,16	3,93	1,04	4,70	5,74
Labuzje (Wisłoka) . . .	0,30	0,59	3,14	3,73	1,20	6,20	7,40
Nieszów (Wisłok) . . .	2,25	0,46	2,73	3,19	1,28	6,39	7,67
Postolun	0,19	0,42	2,29	2,71	0,59	5,34	5,93
Przemysł	— 0,02	0,51	3,03	3,54	0,96	6,97	7,93
Radymno } (San) . . .	— 0,44	0,72	3,80	4,52	1,38	6,83	8,21
Jarosław	0,06	0,70	3,24	3,94	0,86	4,94	5,80
Majdan . . .	0,10	0,74	2,53	3,27	1,05	4,80	5,85
Bromberg (Brahe) . . .	2,11	0,40	0,89	1,29	0,72	2,99	3,71
N.-Berun	1,06	0,51	2,61	3,12	0,88	3,65	4,53
Krakau	— 0,40	0,68	3,02	3,70	1,53	5,30	6,83
Jagodniki . . .	0,28	0,80	2,88	3,68	1,07	4,10	5,17
Szczecin	0,23	0,94	3,42	4,36	1,26	4,67	5,93
Dzików } (Weichsel) . . .	0,19	0,93	2,99	3,92	1,26	4,13	5,39
Warschau	1,26	1,02	3,32	4,34	1,60	5,29	6,89
Thorn . . .	1,32	1,40	4,03	5,43	2,22	6,47	8,69
Kurzebrack . . .	1,89	1,55	4,10	5,65	2,52	7,17	9,69
Dirschau . . .	2,51	1,50	4,10	5,60	2,29	6,59	8,88
Marienburg (Mogat) . . .	1,51	1,38	4,22	5,60	1,87	8,70	10,57
Insterburg (Angerapp) . . .	1,24	0,85	3,40	4,25	1,24	5,04	6,28
Laplacken (Pregelstrom) . . .	1,58	1,20	3,16	4,36	1,48	3,94	5,42
Tilsit (Memelstrom) . . .	2,42	1,42	3,68	5,10	2,00	4,67	6,67

breiten Ausdehnung der Wassermengen über ein verschottertes Flußthal, die plötzliche Vergrößerung bei Drahomischl ebenso auf einer engen Zusammenschnürung des Querschnittes durch tiefes Einschnneiden des Flußbettes. Daß bei Krafau der Tieffststand etwa 1,5 m unter das 25-jährige Mittelwasser hinabgeht, hat seinen Grund in einer starken Senkung des Wasserspiegels während der letzten Jahrzehnte. Die bedeutende Zunahme der Schwankungen in der preußischen Strecke des Stromes ist weniger der zwischen Warschau und der preußischen Grenze erfolgenden Verdoppelung der Gebietsfläche als der Eindeichung des Stromes in Preußen zuzuschreiben. Um einen noch größeren Betrag als an der preußischen Weichsel selbst liegen die äußersten Wasserstände an der Mogat auseinander, so bei Marienburg um 10,57 m, da das Frühjahrshochwasser vom Jahre 1888 hier um 8,70 m über das 25-jährige Mittelwasser stieg, der Tieffststand aber 1,87 m unter letzterem liegt.

Alle diese Angaben gelten jedoch nur für die Zeit, über welche sich die regelmäßigen Beobachtungen erstrecken, betreffs der Höchst- und Tieffststände des Weichselstromes also im Wesentlichen für das 19. Jahrhundert. Aus älterer Zeit liegen nur an wenigen Stellen vereinzelt Angaben von Hochwassermarken vor, z. B. für Thorn solche für drei Hochfluthen, die über den im Bd. IV S. 206 angegebenen Höchststand (7,79 m a. P.) angestiegen sind, nämlich am 4. Februar 1579 auf 28' = 8,79 m, am 17. Februar 1584 auf 27' 4" = 8,58 m, endlich am 31. März 1719 auf 26' 1" = 8,19 m a. P. Mit diesen Angaben stehen andere in gewissem Widerspruch, bestätigen aber gleichfalls, daß am Ende des 16. Jahrhunderts in den Wintermonaten solche ungewöhnlichen Anschwellungen vorgekommen sind. Vermuthlich hat die ehemalige hölzerne Brücke bei Thorn öfters zu Eisversetzungen Anlaß gegeben, deren Folgeerscheinungen jene übermäßig hohen Wasserstände gewesen sein mögen.

4. Vertheilung der höchsten und tiefsten Wasserstände der Jahre.

Wie bei den Sonderbeschreibungen, so wollen wir auch hier der Betrachtung der stufenweise ausgezählten Häufigkeitszahlen, die den Gegenstand des nächsten Abschnittes bildet, einen Ueberblick über die jahreszeitliche Vertheilung der höchsten und tiefsten Wasserstände der einzelnen Jahre voranschicken. Die Einzelzahlen sind dabei der besseren Vergleichbarkeit wegen sämmtlich auf je 100 Höchst- oder Tieffststände umgerechnet (S. 276).

Wieder hinterlassen die Zahlenreihen unwillkürlich den Eindruck, als bezögen sie sich auf einen einzigen Strom, dessen Abflussvorgang das ihm zunächst vom Gebirge verliehene Gepräge immer mehr abstreift, bis schließlich überhaupt nichts mehr davon zu bemerken ist. So sehen wir die Prozentzahl für das Eintreffen des Jahreshöchststandes in der winterlichen Jahreshälfte von der Kleinen Weichsel bis zum Memelstrom hin bis zu ihrer schließlich erreichten Verdoppelung beständig wachsen. Die Zunahme von der Kleinen bis zur Oberen Weichsel ist, entsprechend der Gliederung des Gewässernezes, nur unbedeutend. An der Mittleren Weichsel erlangt der Winter dagegen in Folge des Zurücktretens der sommerlichen Hochwasser schon nahezu die doppelte Zahl an Höchst-

Prozentzahlen der Höchst- und Tiefststände		November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Winter	Sommer	Jahr
Höchststände	Kleine Weichsel (1833/96) .	0	6	8	14	15	5	12	9	12	16	1,5	1,5	48	52	100
	Obere Weichsel (1871/95) .	0	0	5	9	25	11	11	21	7	9	2	0	50	50	100
	Mittlere Weichsel (1833/96)	2	3	6	9	35	10	4	10	8	13	0	0	65	35	100
	Untere Weichsel (1818/97)	0	4	4	14	43	20	2	5	4	3	1	0	85	15	100
	Pregelstrom	0	8	15	17	40	16	0	0	0	4	0	0	96	4	100
	Memelstrom (1871/95) . .	0	0	12	4	40	40	0	0	0	0	0	4	96	4	100
Tiefststände	Kleine Weichsel (1833/96) .	13	2	1	1	1	1	7	18	8	26	13	9	19	81	100
	Obere Weichsel (1871/95) .	14	5	2	3	0	1	2	5	11	18	26	13	25	75	100
	Mittlere Weichsel (1833/96)	18	17	7	1	0	0	3	7	4	10	15	18	43	57	100
	Untere Weichsel (1818/97)	17	12	5	1	0	0	1	3	6	13	21	21	35	65	100
	Pregelstrom	7	2	0	2	0	0	0	6	30	26	20	7	11	89	100
	Memelstrom (1871/95) . .	7	0	0	0	0	0	0	0	29	25	25	14	7	93	100

ständen wie der Sommer, und noch bedeutender ist der Zuwachs, der bei der Unteren gegen die Mittlere Weichsel stattfindet (20%), was deutlich von der Einwirkung des Narew und Bug zeugt. Am Pregelströme, dessen Verhältnisse wieder durch eine Mittelbildung aus den Reihen für Insterburg und Taplacken dargestellt sind, pflegt sich nur noch in je 25 Jahren einmal ein Höchststand auf das Sommerhalbjahr zu verlieren, ebenso beim Memelströme, wo diese Ausnahmefälle noch dazu schon auf der Grenze zwischen beiden Halbjahren stehen (Oktober). Den Hauptantheil an der auf den Winter fallenden Zahl von Höchstständen besitzt durchweg der März, der sich also auch in dieser Beziehung als der eigentliche Monat des Eintrittes der Schmelzwasserfluthen erweist. Nur am Memelströme kommt der April ihm gleich. An der Kleinen Weichsel steht ihm ausgesprochen der Februar, an der Unteren Weichsel ebenso ausgesprochen der April am nächsten, während an der Oberen und der Mittleren Weichsel diese beiden Nachbarmonate des März nicht deutlich vor einander ausgezeichnet sind. Die Zahlen für den Pregelstrom zeigen, daß der kleine Umfang des Stromgebietes auf eine Beschleunigung der Abführung des Schmelzwassers hinwirkt; denn hier haben die Monate Januar und Februar den Höchststand durchschnittlich schon ebenso häufig wie der April.

In die Zahlen für die einzelnen Sommermonate spielt der Zufall ziemlich stark hinein. So besitzt bei der Kleinen Weichsel (N.-Verun) der August nicht bloß unter allen Sommermonaten, sondern sogar im Kreislaufe des ganzen Jahres die größte Zahl an Höchstständen; schon an der Oberen Weichsel aber verpflanzt die innerhalb des Sommerhalbjahres vorkommende Höchstzahl sich unvermittelt auf den Juni, der mit 21% weit über die Nachbarmonate emporragt. Es liegt nahe, die Ursache dieser Veränderung in der Einwirkung der galizischen Gebirgsflüsse zu suchen, und in der That findet man bei diesen den Jahreshöchststand

häufiger im Juni als in irgend einem anderen Sommermonat. Bei der Skawa tritt der Höchststand sogar im Juni mit 24% aller Fälle häufiger ein, als in einem der Frühjahrsmonate, desgleichen beim Dunajec (26%). Auch die Abbildungen 16 bis 20 in Bd. III S. 355 und S. 379 lassen das Vorherrschen der Junihochfluthen deutlich erkennen. Doch sind manche Anzeichen dafür vorhanden, daß in den 25 Jahren 1871/95, die für diese Zahlen bestimmend waren, im Juni zufälligerweise besonders viele und bedeutende Hochfluthen vorkamen. Wir brauchen z. B. nur darauf hinzudeuten, daß bei Krakau zwar ebenfalls in der Jahresreihe für 1871/95 (Bd. III S. 234/35), nicht aber in derjenigen für 1831/96 (Bd. III S. 238) ein Nebenhöchstwerth des Mittelhochwassers im Juni vorhanden ist. Andererseits tritt gerade im Juni besonders oft der Fall ein, daß ein starker Regenfall sich über das Gebirge ergießt, noch ehe der Schnee ganz verschwunden ist, was vermuthen läßt, daß mindestens beim Dunajec die dem Juni zufallende hohe Prozentzahl von Jahreshöchstständen sich auch für eine längere Jahresreihe behaupten wird.

Daß dieser Fluß auf den Strom wesentlich anders einwirkt als die anderen Gebirgsflüsse, und daß auch zwischen diesen noch Verschiedenheiten bestehen, würde sich durch eine getrennte Betrachtung der einzelnen Reihen für die Obere Weichsel zeigen lassen. Wir wollen uns jedoch mit dem Hinweise auf die Einzelbeschreibungen begnügen. Bereits im Unterlaufe der Oberen Weichsel findet sich eine ähnliche Vertheilung der Jahreshöchst- und Tiefststände wie bei Warschau, was in Bd. III S. 307/8 hervorgehoben ist.

Die Zahl der Tiefststände ist durchweg am geringsten im Vierteljahr Februar/April. Besonders selten sind sie in dieser Jahreszeit überall da, wo der Abflussvorgang unter dem Zeichen der Schneeschmelze im Flachland steht, also an der Mittleren und Unteren Weichsel, sowie am Pregel- und Memelströme. Etwas allgemeiner kann man sagen, daß die 6 Monate Dezember/Mai oder Januar/Juni die Jahreshälfte umfassen, in der besonders wenige Tiefststände zu finden sind. Dezember/Mai kommen bei der Kleinen und Oberen Weichsel, vielleicht auch beim Pregelströme in Betracht, Januar/Juni bei der Mittleren und Unteren Weichsel. Die bemerkenswerthe Erscheinung, daß im Gegensatz zur Kleinen und Oberen Weichsel der Dezember bei Warschau und an den preussischen Pegelstellen des Stromes eine so große Zahl von Tiefstständen zeigt, hängt damit zusammen, daß unmittelbar bevor der Strom zufriert, der Wasserspiegel jähe zu sinken pflegt.

Die Jahreszeit, in der die Tiefststände besonders häufig auftreten, verschiebt sich längs des Weichselstromes deutlich vom Sommer zum Herbst. Bei N.-Berlin fallen 52% der Tiefststände auf Juni/August mit einer Höchstzahl in letzterem Monat, in der Oberen Weichsel 57% auf August/Okttober mit einer Höchstzahl im September, bei Warschau 51%, an der preussischen Weichsel 59% auf September/November. Am Pregel- und Memelströme tritt der Tiefststand dagegen bereits in dem Vierteljahre Juli/September am häufigsten ein. Man sieht also, daß sich bei dieser Betrachtung eine etwas andere Zusammenfassung der Monate empfiehlt als sonst. Immerhin zeigt sich auch in den Zahlen für die beiden sonst immer angenommenen Jahreshälften, daß der Pregel- und Memelstrom

ausschließlich Flachlandflüsse sind im Gegensatz zu der Weichsel, deren Abflussvorgang wesentlich durch die Speisung aus dem Gebirge bedingt wird.

5. Häufigkeit und Gleichwerthigkeit der Wasserstände.

Aus den Einzelbeschreibungen geht hervor, daß der am häufigsten auftretende Wasserstand (SW) meist unter dem Mittelwasser (MW) liegt, und zwar von diesem so weit getrennt, daß beide Werthe noch den gewöhnlichen Wasserstand (GW) einschließen. Man darf indessen in letzterer Erscheinung keine Eigenthümlichkeit der Wasserstandsbewegung erblicken. In Fechner's „Kollektivmaßlehre“ (Leipzig 1897) ist vielmehr gezeigt, daß der dem GW entsprechende Zentralwerth bei ähnlichen statistischen Zahlenreihen überhaupt meist zwischen dem arithmetischen Mittel und dem am häufigsten vorkommenden Werthe zu suchen ist. Eine Eigenart unserer Wasserstandsreihen bildet dagegen die Erscheinung, daß das arithmetische Mittel der höchste dieser drei Werthe zu sein pflegt. Um so größere Aufmerksamkeit verdienen die Ausnahmen von der Regel, die wir in der Tabelle auf S. 279 und der daraus abgeleiteten Tabelle auf S. 280 vorfinden. Beide Tabellen gelten mit Ausnahme der unter dem Doppelschrich angefügten langjährigen Werthe für den Zeitraum 1871/95. Die erste Tabelle enthält die Werthe SW, GW und MW für die beiden Jahreshälften und für das ganze Jahr. Die zweite Tabelle enthält die Maße, um die diese drei Größen von einander verschieden sind, und zwar in Prozenten der zugehörigen Halbjahres- oder Jahreschwankung (MHW—MNW), da ohne Beziehung auf diese die Bedeutung der betreffenden Unterschiede nicht gut beurtheilt werden kann.

In besonders ausgeprägter Weise wird die regelmäßige Größenfolge der Werthe SW, GW und MW durch die Zahlen für die Pegelstelle N.-Sandec am Dunajec durchbrochen, da für den Sommer und für das Jahr hier das Mittelwasser den kleinsten, der Scheitelwerth aber den größten der drei Werthe bildet, also die Abstufung gerade umgekehrt wie gewöhnlich stattfindet. Da wir nun schon mehrfach zeigen konnten, wie bedeutend der Abflussvorgang des Dunajec durch seine Abstammung aus dem Hochgebirge von dem der übrigen Flüsse unterschieden ist, so liegt es nahe, auch jenes Hinaufrücken der Werthe GW und SW mit der Einwirkung des Hochgebirges in Zusammenhang zu bringen. Und in der That kommt bei den anderen Gebirgsflüssen der gewöhnliche Wasserstand dem Mittelwasser um so näher, je weniger der Abflussvorgang des betreffenden Flusses von der Speisung aus dem Flachlande abhängt. So liegt z. B. der gewöhnliche Wasserstand des Jahres bei der unteren Sola und der unteren Skawa nur um 1 bis 2 % der mittleren Jahreschwankung unter dem Mittelwasser, an den Pegelstellen des San aber um 3 bis 4 %, und auch für Labuzje an der Wisloka würde sich wohl ein größerer Unterschied als 1,3 % ergeben, wenn hier die Schwankungen des Wasserstandes nicht aus örtlichen Gründen übermäßig groß wären. Auch beim Weichselströme ist der Unterschied MW—GW in derjenigen Stromstrecke besonders gering, in der die wechselvolle Wasserabgabe aus dem Gebirge am meisten zur Geltung kommt, also an der Oberen Weichsel. Denn im Durchschnitt aus ihren Pegelstellen liegt der gewöhnliche Wasserstand des Jahres nur um 2,5 % der mittleren Jahreschwankung

unter dem Mittelwasser, während dieser Abstand bei N.-Berun an der Flachlandstrecke der Kleinen Weichsel, sowie an der Mittleren und Unteren Weichsel 3 bis 5 % ausmacht, beim Pregel- und Memelstrom sogar auf 5 bis 7 % wächst. In den Mündungstrecken der Ströme (vergl. Abschnitt IV dieses Kapitels) pflegt dann der gewöhnliche Wasserstand wieder nahezu mit dem Mittelwasser zusammenzufallen.

Der Scheitelwerth scheint im Allgemeinen ebenfalls um so tiefer unter dem gewöhnlichen Wasserstande, mithin auch unter dem Mittelwasser zu liegen, je mehr der Abfluvvorgang unter die Herrschaft des Flachlandes kommt. Doch handelt es sich hierbei, wie die Tabelle zeigt, um sehr unsichere Beziehungen. Beispielsweise verharrt nach den 25-jährigen Reihen für 1871/95 der Wasserspiegel der Unteren Weichsel und Nogat während des Sommerhalbjahres am häufigsten um 12 bis mehr als 14 % der mittleren Halbjahresschwankung unter dem gewöhnlichen Wasserstand dieser Jahreshälfte; nach den 80-jährigen Werthen schrumpft

1871/95	SW			GW			MW		
	Win- ter m	Som- mer m	Jahr m	Win- ter m	Som- mer m	Jahr m	Win- ter m	Som- mer m	Jahr m
Oswjencim (Sola) . . .	— 0,01	0,06	0,04	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09
Zator (Skawa) . . .	0,07	0,08	0,07	0,14	0,12	0,13	0,18	0,17	0,17
N.-Sandec (Dunajec) . .	1,12	1,33	1,29	1,20	1,29	1,25	1,20	1,26	1,23
Labuzje (Wisłoka) . . .	0,17	0,22	0,19	0,32	0,18	0,25	0,38	0,23	0,30
Radymno (San) . . .	— 0,54	— 0,76	— 0,59	— 0,51	— 0,65	— 0,57	— 0,37	— 0,52	— 0,44
Majdan (San) . . .	0,00	— 0,42	— 0,24	0,11	— 0,17	— 0,02	0,25	— 0,04	0,10
N.-Berun . . .	0,87	0,73	0,77	0,98	0,84	0,92	1,13	0,99	1,06
Krakau . . .	— 0,38	— 0,63	— 0,62	— 0,34	— 0,54	— 0,45	— 0,30	— 0,49	— 0,40
Jagodnifi . . .	0,24	— 0,14	0,21	0,27	0,07	0,18	0,37	0,19	0,28
Szczecin . . .	0,05	— 0,31	— 0,20	0,19	— 0,03	0,09	0,32	0,15	0,23
Dzików } (Weichsel). . .	— 0,07	— 0,04	— 0,06	0,13	— 0,04	0,08	0,33	0,05	0,19
Warschau . . .	1,23		1,00	1,33	0,90	1,12	1,47	1,05	1,26
Thorn . . .	0,94	0,33	0,89	1,40	0,81	1,06	1,71	0,93	1,32
Kurzbrack . . .	1,69	0,76	1,32	2,17	1,24	1,64	2,40	1,37	1,89
Dirschau . . .	2,63	1,32	2,04	2,86	1,82	2,28	3,05	1,97	2,51
Marienburg (Nogat) . .	1,22	0,53	1,06	1,73	0,92	1,28	1,97	1,06	1,51
Schallau (Alle) . . .				1,82	1,11	1,43	2,11	1,23	1,67
Insterburg (Pregel) . .				1,34	0,71	0,95	1,65	0,82	1,24
Tapiau (Deime) . . .				1,86	1,51	1,63	2,08	1,58	1,83
Schmalleningken (Memel) .	2,31	1,35	1,72	2,67	1,68	2,10	2,97	1,81	2,39
Tilsit (Memel) . . .	1,87	1,18	1,71	2,89	1,55	2,08	3,11	1,72	2,42
Warschau (1831/66) . . .	1,28	0,72	1,12	1,37	0,93	1,16	1,52	1,07	1,29
Thorn . . .	0,93	0,74	0,83	1,40	0,84	1,09	1,62	0,96	1,29
Kurzbrack } (1818/97) . .	1,86	1,28	1,35	2,11	1,31	1,65	2,31	1,41	1,86
Dirschau . . .	2,48	1,87	2,00	2,93	2,04	2,44	3,07	2,16	2,62
Marienburg . . .	1,49	1,50	1,50	2,17	1,38	1,69	2,33	1,43	1,88

1871/95	GW—SW			MW—GW			MW—SW		
	Win- ter ‰	Som- mer ‰	Jahr ‰	Win- ter ‰	Som- mer ‰	Jahr ‰	Win- ter ‰	Som- mer ‰	Jahr ‰
Dŕwjencim (Sola) . .	5,5	0,6	1,5	1,4	1,1	1,1	6,9	1,7	2,6
Zator (Skawa) . . .	4,2	1,8	2,4	2,4	2,2	1,6	6,6	4,0	4,0
N.-Sandec (Dunajec) .	5,0	— 1,9	— 1,6	0,0	— 1,4	— 1,0	5,0	— 3,3	— 2,6
Labuzje (Wisłoka) . .	5,8	— 1,3	1,6	2,3	1,6	1,4	8,1	0,3	3,0
Radymno (San) . . .	0,9	3,0	0,4	4,0	3,6	2,9	4,9	6,6	3,3
Majdan (San) . . .	3,9	9,5	6,7	5,0	5,0	3,7	8,9	14,5	10,4
N.-Berun	4,7	4,2	4,8	6,3	5,8	4,5	11,0	10,0	9,3
Krakau	1,4	3,1	4,6	1,4	1,7	1,4	2,8	4,8	6,0
Jagodniki	1,0	7,0	— 0,8	3,5	4,0	2,7	4,5	11,0	1,9
Szczucin	4,5	7,2	6,7	4,2	4,6	3,2	8,7	11,8	9,9
Dziŕuw (Weichsel)	6,2	0,0	3,6	6,2	2,8	2,8	12,4	2,8	6,4
Warschau	2,7		2,8	3,7	4,7	3,2	6,4		6,0
Thorn	9,3	14,4	3,1	6,2	3,6	4,8	15,5	18,0	7,9
Kurzbrack	9,4	14,0	5,7	4,5	3,8	4,4	13,9	17,8	10,1
Dirschau	4,6	14,3	4,3	3,8	4,3	4,1	8,4	18,6	8,4
Marienburg (Nogat)	10,2	12,4	3,9	4,8	4,4	4,1	15,0	16,8	8,0
Schallen (Alle) . . .				7,4	6,0	5,6			
Insŕterburg (Pregel) . .				7,8	6,3	6,8			
Tapiau (Deime) . . .				8,0	4,7	6,7			
Schmalleningken (Memel)	7,6	15,6	7,4	6,3	6,2	5,6	13,9	21,8	13,0
Tilsit (Memel) . . .	22,4	14,5	7,3	4,8	6,7	6,7	27,2	21,2	14,0
Warschau (1831/66) . .	2,6	7,3	1,1	4,3	4,9	3,2	6,9	12,2	4,3
Thorn	11,3	3,6	5,8	5,3	4,3	4,5	16,6	7,9	10,3
Kurzbrack	5,6	1,0	6,2	4,5	3,4	4,3	10,1	4,4	10,5
Dirschau	10,3	5,9	9,1	3,2	4,2	3,7	13,5	10,1	12,8
Marienburg	15,0	— 4,6	3,9	3,5	1,9	3,9	18,5	— 2,7	7,8

dieser Abstand aber auf durchschnittlich 1,5‰ zusammen. Träten derartige Unterschiede im Winterhalbjahre ein, so könnte man an eine Erklärung durch die vielgestaltigen Eisverhältnisse denken. Da sie sich aber hier gerade im Sommerhalbjahr zeigen, wird man den Scheitelwerth als eine vielen Zufälligkeiten ausgesetzte Größe betrachten müssen. Selbst bei 80-jährigen Reihen (vergl. Bd. IV S. 214/18) können nämlich stark ausgeprägte Nebenscheitel der Häufigkeitslinie zu Tage treten, durch welche die Lage des Hauptscheitelwerths erheblich beeinflusst wird. In unserem Werke ist den Scheitelwerthen deshalb überhaupt nicht viel Gewicht beigelegt worden. Bei den Reihen für den Pregelstrom mußte ebenso wie bei der Reihe für das Unterwasser der Brähe zu Bromberg (vergl. Bd. IV S. 386/87) von ihrer Berechnung überhaupt Abstand genommen werden, weil hier eine bestimmte Höhenstufe gar zu sehr alle übrigen durch ihre besonders große Häufigkeitszahl überragte. Aus dem entgegengesetzten Grunde mußte die Her-

leitung eines sommerlichen Scheitelwerthes für Warschau 1871/95 unterbleiben (vergl. Tabellenband S. 139).

Den Wasserstandsauerlinien (vergl. S. 253) kann dagegen ohne Bedenken sogar für die einzelnen Monate Vertrauen geschenkt werden. In der Tabelle auf S. 282 ist auf Grund dieser Linien angegeben, wie oft während des Zeitraums 1871/95 der Wasserspiegel in den verschiedenen Monaten unter dem Mittelwasser des Jahres blieb. In der Tabelle sind in üblicher Weise die Monate kenntlich gemacht, in denen der Wasserspiegel am häufigsten oder am seltensten unter dem Jahresmittel lag. Eine Vergleichung mit den Werthen auf S. 128/9 des Tabellenbandes zeigt, daß dies mit ganz vereinzeltten Ausnahmen, bei denen eine unwesentliche Verschiebung auf einen benachbarten Monat eintritt, dieselben Monate sind, die den kleinsten oder den größten Werth des Mittelwassers besitzen. Nach dieser Richtung hin bietet die Tabelle also nichts Neues.

Auch wenn man sie daraufhin betrachtet, ob an den einzelnen Pegelstellen von Monat zu Monat eine größere oder geringere Veränderlichkeit der Zahlen herrscht, stößt man in der Hauptsache auf die schon oben gestreiften Beziehungen. Vor Allem begegnet man wieder der auf den ersten Anblick seltsamen Erscheinung, daß die größten jahreszeitlichen Gegensätze da bestehen, wo der Abflussvorgang am meisten unter der scheinbar ausgleichenden Einwirkung des Flachlandes steht. So bleiben am Unteren Memelströme nur 7 bis 8 % aller Wasserstände des April unter dem Jahresmittel, während der entsprechende Bruchtheil schon ein Vierteljahr darauf (im Juli) 95 bis 96 % beträgt.

Bei den Gebirgsflüssen betragen dagegen die kleinsten Monatszahlen $\frac{1}{3}$ bis nahezu $\frac{1}{2}$ der größten Monatszahlen. Am günstigsten ist das Verhältniß an der Brahe bei Bromberg, was jedoch größtentheils auf der künstlichen Regelung der Wasserstände durch die Stauwerke beruht. Weniger als $\frac{1}{4}$ ergibt das Verhältniß der kleinsten zu den größten Monatszahlen bei Warschau und bei Insterburg, weniger als $\frac{1}{5}$ bei den Pegelstellen an der preussischen Weichsel und Mogat, sowie bei Schallen an der Alle, weniger als $\frac{1}{10}$ bei Schmalleningken und Tilsit. Das Verhältniß wird also um so kleiner, je größer einerseits die Einwirkung der Schneeschmelze auf die Steigerung der Wassermenge im Frühjahr und je geringer andererseits die Einwirkung der Regengüsse auf die Steigerung der Wassermenge in den Sommermonaten ist.

Eine wichtige Anwendung der Häufigkeitszahlen besteht in der Herleitung sogenannter gleichwerthiger Wasserstände. Stellt man sich nämlich eine Stromstrecke vor, bei der eine nennenswerthe seitliche Wasseraufnahme nicht stattfindet, und macht man ferner die Voraussetzung, ein bestimmter Wasserstand am Anfangspunkte dieser Strecke erzeuge nach einer gewissen Zeit auch stets einen bestimmten Wasserstand an ihrem Endpunkte, so würden offenbar für beide Punkte diejenigen Höhen des Wasserspiegels einander zugehören, unter und über denen der Wasserspiegel am oberen Punkt im Ganzen ebenso lange weilt wie am unteren, während die Mittelwerthe nicht in dieser Beziehung zu einander zu stehen brauchen. Man weiß, daß jene Voraussetzung in der Natur höchstens annähernd erfüllt wird, da bei Flüssen mit beweglicher Sohle sich selbst die einander entsprechenden

Wasserstände unter dem Jahresmittel 1871/95	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Winter	Sommer	Jahr
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Oswjencim (Sola)	59,0	69,1	71,1	63,2	32,1	25,3	35,9	43,6	52,7	58,3	67,1	58,2	53,4	52,5	52,9
Zator (Skawa)	63,1	67,9	68,7	57,7	33,0	37,9	45,9	50,6	55,4	57,7	65,0	63,8	54,6	56,3	55,5
N.-Sandec (Dunajec)	64,3	64,3	58,7	54,9	42,1	31,4	32,9	<u>27,8</u>	35,6	50,6	59,1	55,9	52,7	43,7	48,2
Labuzje (Wisłoka)	71,3	63,4	50,3	45,6	<u>26,9</u>	31,2	50,6	58,8	60,0	67,8	76,7	72,0	48,0	64,3	56,2
Nadymno (San)	70,9	61,4	69,4	61,5	37,3	<u>30,4</u>	53,1	55,6	55,0	67,6	79,5	73,3	55,1	64,0	59,6
Majdan (San)	62,1	60,2	63,4	54,8	27,0	27,5	53,9	62,1	69,6	70,7	82,4	70,1	49,2	68,0	58,7
Bromberg (Brähe)	51,4	53,5	41,5	45,2	<u>35,9</u>	36,8	56,8	66,6	73,6	63,4	56,4	54,1	44,0	61,8	52,9
N.-Berun	75,2	68,6	62,4	46,1	<u>33,8</u>	50,6	63,3	66,6	73,1	72,4	80,4	68,3	56,3	70,8	63,5
Krakau	62,7	55,0	50,5	40,1	<u>27,7</u>	39,0	50,6	53,4	61,3	64,3	75,8	66,6	45,9	62,0	54,1
Zagodniki	74,6	64,3	54,5	46,8	<u>27,2</u>	38,8	52,9	56,6	64,9	64,2	77,4	72,7	51,0	64,8	57,9
Szczecin	79,2	69,9	57,7	46,6	<u>27,5</u>	36,3	50,0	54,5	61,5	64,1	80,4	76,2	52,9	64,4	58,7
Dzikuw	71,9	66,7	55,5	45,5	<u>21,6</u>	34,8	49,0	53,9	64,6	67,7	78,9	74,9	49,3	64,8	57,1
Warschau	72,5	62,6	48,0	39,7	<u>20,3</u>	28,4	54,9	65,1	70,8	68,8	86,7	79,2	45,3	70,8	58,2
Thorn	81,8	73,1	51,5	40,9	16,8	<u>16,6</u>	47,3	68,3	78,4	75,2	91,0	84,2	46,9	74,0	60,5
Kurzbrack	80,7	62,4	38,0	33,1	15,1	15,8	49,6	73,6	80,1	78,1	92,3	85,8	40,9	76,5	58,8
Dirschau	76,0	50,8	28,4	35,3	21,0	<u>16,9</u>	50,2	71,2	79,4	77,2	91,4	88,1	37,9	76,2	57,3
Marienburg (Nogat)	78,8	59,1	37,5	40,1	22,2	<u>16,2</u>	48,5	69,6	79,1	78,4	91,5	84,6	42,3	75,2	58,9
Schallen (Alle)	69,4	52,5	47,2	33,9	<u>15,8</u>	26,2	67,3	93,5	94,1	87,3	86,2	83,1	40,9	85,2	63,3
Insterburg (Pregelstrom)	68,6	56,1	57,1	50,3	<u>24,6</u>	<u>20,8</u>	60,1	87,8	94,2	87,7	84,3	84,6	46,2	83,1	64,8
Lapiau (Deime)	71,5	60,2	56,8	51,3	27,2	<u>24,9</u>	68,8	91,7	91,2	82,1	82,8	81,8	48,6	83,1	65,9
Schmalleningken (Memelstrom)	68,8	45,7	44,4	45,0	24,9	<u>6,8</u>	54,7	87,1	95,3	84,6	93,0	88,4	39,2	83,7	61,5
Tilsit (Memelstrom)	66,2	40,1	32,8	45,8	24,9	<u>7,6</u>	57,9	88,8	95,7	83,6	92,8	85,9	36,0	83,9	60,2

Beharrungswasserstände allmählich verändern. Somit ist auch nur auf eine gewisse durchschnittliche Gleichwerthigkeit der nach dem obigen Grundsatz einander zugeordneten Wasserstände zu rechnen. In Bd. II S. 171 sind dieselben für die wichtigsten Pegelstellen des unteren Memelstromes und seiner Mündungsarme mitgetheilt, und zwar sind dort zur Ausschaltung der durch die Eisverhältnisse bedingten Störungen allein die Wasserstandsdauerlinien für das Sommerhalbjahr (1871/95) verwendet worden. An dieser Stelle mögen nun die ebenso bestimmten gleichwerthigen Wasserstände für die von uns ausführlicher betrachteten Pegelstellen der Weichsel und Nogat folgen. Wir nehmen dabei die Wasserstände a. P. Thorn zum Ausgangspunkt, indem wir diese immer um einen halben Meter emporsteigen lassen. Von gleichwerthigen Wasserständen im strengen Sinne kann freilich nur für die preussische Weichsel und die Nogat die Rede sein.

Wenn wir die Zusammenstellung trotzdem rückwärts bis zur Kleinen Weichsel hinauf durchführen, so geschieht es, weil unter dem einen oder anderen Gesichtspunkt vielleicht die Frage aufgeworfen werden könnte, wie sich die verschiedenen Mittelwerthe (vergl. Tabellenband S. 126/9) in diese Zahlenreihen einfügen. Die

Zahlen für die höchsten Stufen sind, wie noch hervorgehoben werden muß, merklich unsicher, weshalb wir sie auf ganze oder doch halbe Dezimeter abgerundet haben.

N.-Berun	Krakau	Jagodniki	Szczecin	Dzików	Warschau	Thorn	Kurzebrack	Dirschau	Marienburg
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0,56	—1,46	—0,48	—0,67	—0,80	0,24	0,00	0,32	0,93	0,07
0,74	—0,70	—0,13	—0,27	—0,28	0,69	0,50	0,91	1,51	0,61
0,92	—0,42	0,22	0,16	0,13	1,05	1,00	1,47	2,05	1,14
1,25	—0,08	0,56	0,61	0,52	1,50	1,50	1,99	2,63	1,64
1,72	0,38	1,02	1,17	1,04	1,77	2,00	2,56	3,20	2,14
2,15	0,70	1,55	1,86	1,60	2,51	2,50	3,07	3,77	2,57
2,68	1,35	2,10	2,54	2,09	3,09	3,00	3,56	4,35	3,07
3,10	1,83	2,60	3,22	2,47	3,65	3,50	4,05	4,78	3,50
3,60	2,40	3,20	3,80	2,80	4,20	4,00	4,57	5,19	3,90
3,90	2,95	3,55	4,20	3,15	4,55	4,50	5,00	5,65	4,35
4,10	3,15	3,70	4,35	3,35	4,75	5,00	5,40	6,00	4,80
4,35	3,45	4,00	4,60	3,80	5,00	5,50	5,80	6,60	5,40
4,50		4,20	4,80	4,10	5,40	6,00	6,20	6,90	6,00

Vergleicht man mit diesen Werthen zunächst z. B. das Mittelwasser des Sommers, so findet man es bei Warschau gerade in der Höhe, die dem Wasserstand 1,00 m a. P. zu Thorn entspricht; sonst liegt es von Krakau ab dagegen durchweg etwas unter dieser Höhe, nämlich an der Oberen Weichsel um 1 bis 8, durchschnittlich um 5 cm, an der preußischen Weichsel undogat um 7 bis 10, durchschnittlich um 8 cm. Bei N.-Berun gehört es dagegen mit 0,99 m der nächst höheren Stufe an. Das Mittelwasser des Winters ist bei Warschau 3 cm kleiner als der mit 1,50 m a. P. Thorn gleichwerthige Wasserstand, der ebenfalls gleich 1,50 m ist. An den oberen Pegelstellen ist es dagegen merklich niedriger, an den ersten drei Pegelstellen der Oberen Weichsel sogar um so viel, daß es hier der unteren Grenze der durch 1,00/1,50 m a. P. Thorn dargestellten Höhenstufe näher kommt als der oberen. Bei Dzików befindet es sich mit 0,33 m genau in der Mitte und bei Warschau der oberen Grenze, wie schon erwähnt, sehr nahe. Bei Thorn wird diese um 0,21 m, bei Kurzebrack und Dirschau um 0,41 und 0,42 m, bei Marienburg um 0,33 m überschritten. Man sieht, daß die sommerlichen Mittelwerthe sich viel mehr einer Reihe gleichwerthiger Wasserstände nähern als die winterlichen, die in der unteren Stromstrecke stark emporsteigen.

6. Langjährige Aenderungen der Wasserstände.

Die langjährigen Aenderungen des Wasserstandes verdienen sowohl in rein wissenschaftlicher Beziehung wie für manche praktische Fragen gleich hohe Beachtung. Im folgenden Abschnitte wird nachgewiesen, daß die Stärke der Hochwassererscheinungen während der 80 Jahre 1816/95 merklich gewechselt hat, indem zweimal ein 20-jähriger Zeitraum mit Hochwassern von geringerer Anzahl und Heftigkeit (1816/35, 1856/75) durch einen solchen mit einem verstärkten Auftreten von Hochwassern (1836/55, 1876/95) abgelöst wurde. Daher lag es nahe, auch alle

Hauptmittelwerthe (MNW, MW und MHW) gesondert für diese vier Zeitspannen zu berechnen. Das Ergebniß ist aus den Tabellen auf S. 286/87 zu ersehen. Die erste Tabelle enthält die betreffenden Durchschnittswerthe selbst, die zweite ihre Aenderung von einem Zeitraum zum nächsten, wobei in beiden Tabellen die Zahlen für die beiden Jahreshälften unter einander und von denen für den Gesamtzeitraum des Jahres gesondert sind.

Leider konnten bei diesen Zusammenstellungen im Ganzen nur 8 Pegelstellen berücksichtigt werden. Zunächst mußte nämlich das Mündungsgebiet ausscheiden, da in ihm die Wasserstände nicht nur von der Wasserführung der Ströme abhängen, sondern auch von dem etwaigen Rückstau aus der See oder den Häfen. Für den ungetheilten Memelstrom blieb deshalb bloß die langjährige Reihe für Tilsit übrig, da betreffs der Höhenlage des Pegels zu Schmalleningken innerhalb der vierziger Jahre eine Unsicherheit um rd. $\frac{1}{4}$ m herrscht. Unter den langjährigen Reihen für den Pegelstrom entspricht, wie im Bd. II S. 480 gezeigt ist, überhaupt keine auch nur annähernd den Anforderungen, die für die vorliegende Frage an die Sicherheit der Höhenlage des Pegelmultipunktes und die innere Gleichartigkeit der Reihe zu stellen sind, und so mußten hier die Aufzeichnungen für Schallen an der Alle und für Tapiau an der Deime Ersatz leisten, obschon auch bei ihnen einige Unsicherheit hingenommen werden muß.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse für den Weichselstrom. Nur die Obere Weichsel ist hierbei auszunehmen. Denn bei Krakau, der einzigen Pegelstelle mit einer langjährigen Reihe, hat sich der Wasserspiegel in Folge künstlicher Eingriffe in das Strombett namentlich im letzten Drittel des Jahrhunderts so erheblich gesenkt (Bd. III S. 216/8, 240), daß die sonstigen langjährigen Schwankungen dadurch vollständig verdeckt werden. Bei N.-Berun an der Kleinen Weichsel ließen sich die Mittelwerthe für die letzten drei Viertel des 80-jährigen Zeitraums dagegen ohne besondere Bedenken bilden. Bei Warschau konnte sogar bis auf 1818 zurückgegangen werden, ebenso bei Thorn, so daß hier nur die beiden ersten Jahre fehlen. Die Zahlen für den Weichselstrom selbst brechen mit Kurzebrack ab. Denn die sehr ausgeprägten Wasserstandsänderungen, die in der Getheilten Weichsel und der Nogat vor sich gegangen sind, waren hauptsächlich Folgeerscheinungen des Durchbruchs bei Neufähr (1840) und der Verlegung der Nogat abzweigung (1853). Von den Nebenflüssen der Weichsel ist nur die Brahe durch die 1819 beginnende Reihe für Bromberg vertreten.

Im Tabellenbände haben wir die Frage nach den Aenderungen des Wasserstandes von Jahr zu Jahr durch die hydrographische Tabelle 7 (S. 158/163) berücksichtigt, indem für die wichtigsten Pegelstellen die Werthe des Mittelwassers der einzelnen Jahre, die Abweichungen dieser Werthe vom langjährigen Durchschnitt, daneben endlich die Summen der Abweichungen zusammengestellt sind. Je schneller diese Summen von Jahr zu Jahr ansteigen, um so mehr liegt der mittlere Wasserspiegel der betreffenden Zeit über dem langjährigen Durchschnitt, dagegen um so tiefer, je rascher sie fallen. Einer Beschleunigung des Anstieges der Reihen, ebenso aber auch einer Verlangsamung ihrer Absenkung entspricht

also eine gleichzeitige Hebung des Wasserstandes, einer Verlangsamung des Anwachsens oder einer Beschleunigung des Abfallens aber eine gleichzeitige Senkung. So lange der Wasserspiegel dagegen eine bestimmte Lage festhält, steigen oder fallen die Summenwerthe mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, und zwar drückt ein Steigen eine zu hohe, ein Fallen eine zu tiefe Lage des Wasserspiegels aus.

Hauptsächlich gewähren jene Summenwerthe indessen den Vortheil, daß sie eine bequeme Berechnung des Mittelwassers eines beliebigen Zeitraums möglich machen. Ist nämlich die Abweichungssumme für die ersten a Beobachtungsjahre gleich s_1 , während sie bei Hinzunahme der folgenden b Beobachtungsjahre gleich s_2 wird, so weicht das Mittelwasser der letzteren b Jahre um den Betrag $(s_2 - s_1) : b$ vom langjährigen Mittel ab. Will man also etwa das Mittelwasser der zehn Jahre 1849/58 wissen, so hat man von der bis 1858 einschließlich gebildeten Abweichungssumme nur die bis 1848 einschließlich durchgeführte Summe abziehen; die erhaltene Differenz giebt dann, durch 10 dividirt, auch dem Vorzeichen nach den Betrag an, um den das Mittel für 1849/58 vom Durchschnitt des gesammten zu Grunde liegenden Zeitraums abweicht. So ergiebt sich z. B. nach S. 158 des Tabellenbandes, daß bei Tilsit das Mittelwasser für jene zehn Jahre um

$$[(-1,58) - (-3,54)] : 10 = [3,54 - 1,58] : 10 = 1,96 : 10 = 0,20 \text{ m}$$

über dem Gesamtmittel für 1812/97 lag, also

$$2,38 + 0,20 = 2,58 \text{ m}$$

betrug. Wir wählen gerade einen dieser zehnjährigen Mittelwerthe als Beispiel, weil diese besonders leicht herzuleiten sind, und die Zufälligkeiten, die den einzelnen Jahresmitteln anhaften, in ihnen schon so weit zurücktreten, daß die eigentlichen langjährigen Schwankungen ziemlich deutlich erkennbar werden, wenn man den zehnjährigen Zeitraum immer um ein Jahr vorrücken läßt und die gefundenen Zahlen bildlich darstellt. Auch bei den folgenden Betrachtungen ist dieses Verfahren zu Hülfe genommen.

Zu den oben erläuterten Abweichungssummen im Tabellenbände ist noch zu bemerken, daß sie streng genommen sämmtlich mit Null abschließen müßten. Denn das Mittelwasser ist ja gerade dadurch bestimmt, daß die Abweichungen der Einzelwerthe nach der einen Seite dieselbe Summe erreichen wie nach der anderen. Allein da auch das Gesamtmittel auf volle Zentimeter abgerundet worden ist, so kann nur gefordert werden, daß die Schlußsumme der Abweichungen höchstens halb so viele Zentimeter beträgt wie Einzelwerthe, d. h. Jahre vorhanden sind, und dies ist bei jeder Reihe der Fall. Von den vierziger Jahren ab läßt sich eine Aenderung der Wasserstände übrigens auch nach der Tabelle 5 (S. 130/4 des Tabellenbandes) verfolgen, welche die Mittel- und Grenzwerte für die einzelnen Halbjahre und Jahre enthält. In dieser Tabelle sind auch einige Pegelstellen berücksichtigt, die als weniger wichtig in der Tabelle der Abweichungen übergangen sind. Letztere greift, wie noch bemerkt sei, bei manchen Pegelstellen wegen der Unsicherheit der einzelnen Zahlenwerthe nicht ganz so weit zurück wie die für die vorliegenden Ausführungen gebildeten Mittelwerthe, bei denen doch wenigstens auf eine gewisse Ausgleichung etwaiger Fehler im Einzelnen gerechnet werden konnte.

Pegelstelle		MNW				MW				MHW			
		1816/35	1836/55	1856/75	1876/95	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Tilsit (Memel)	Winter	1,49	1,52	1,42	1,55	2,97	2,90	3,13	3,12	5,25	5,87	5,80	6,09
	Sommer	1,08	1,13	1,04	1,04	1,74	1,84	1,62	1,77	3,52	3,97	3,42	3,67
	Jahr	1,03	1,02	0,99	1,01	2,35	2,37	2,38	2,45	5,32	5,87	5,80	6,14
Tapiaw (Deime)	Winter	1,29	1,33	1,21	1,20	2,24	2,24	2,18	2,07	3,91	4,17	3,85	3,93
	Sommer	1,08	1,17	1,12	1,11	1,68	1,73	1,56	1,59	2,92	2,87	2,36	2,56
	Jahr	1,07	1,10	1,08	1,04	1,96	1,99	1,87	1,83	4,05	4,19	3,85	3,96
Schallen (Alle)	Winter	0,70	0,87	1,00	1,11	1,78	2,02	2,09	2,13	4,30	5,05	4,76	5,05
	Sommer	0,31	0,59	0,71	0,76	0,88	1,20	1,10	1,26	2,38	3,01	2,20	2,92
	Jahr	0,28	0,58	0,70	0,76	1,33	1,61	1,60	1,70	4,41	5,10	4,76	5,05
N.-Berun (Weichsel)	Winter		0,51	0,56	0,68		1,12	1,08	1,14		3,19	2,97	3,02
	Sommer		0,36	0,45	0,56		0,90	0,82	1,01		3,23	2,68	3,12
	Jahr		0,35	0,43	0,56		1,01	0,95	1,08		3,69	3,28	3,70
Warschau (Weichsel)	Winter	0,45	0,67	0,46	0,39	1,38	1,75	1,45	1,48	3,41	4,29	3,70	4,21
	Sommer	0,29	0,56	0,39	0,36	0,95	1,27	0,97	1,06	2,74	3,66	3,12	3,43
	Jahr	0,23	0,50	0,32	0,26	1,16	1,51	1,21	1,27	3,50	4,69	4,00	4,59
Thorn (Weichsel)	Winter	0,60	0,37	-0,11	0,06	1,60	1,81	1,34	1,77	3,64	4,48	3,99	5,14
	Sommer	0,51	0,39	-0,01	0,08	1,06	1,20	0,67	0,92	2,53	3,43	2,83	3,34
	Jahr	0,41	0,19	-0,20	-0,11	1,33	1,51	1,01	1,35	3,68	4,69	4,20	5,42
Kurzebrack (Weichsel)	Winter	1,32	0,99	0,30	0,66	2,55	2,50	1,89	2,46	4,93	5,47	4,73	5,86
	Sommer	1,06	0,81	0,10	0,52	1,71	1,66	0,89	1,42	3,33	3,87	3,19	3,84
	Jahr	1,03	0,65	-0,02	0,38	2,13	2,08	1,39	1,94	4,97	5,56	4,81	6,12
Bromberg (Brahe)	Winter	2,16	2,09	1,89	1,87	2,38	2,41	2,18	2,20	2,93	3,14	2,66	3,04
	Sommer	2,14	2,04	1,71	1,78	2,28	2,22	1,96	2,08	2,38	2,52	2,22	2,37
	Jahr	2,11	2,02	1,71	1,75	2,33	2,32	2,07	2,14	2,95	3,16	2,67	3,09

Betrachten wir jetzt die Tabellen auf dieser und der folgenden Seite, so finden wir, ähnlich wie bei den Hochfluthen, von 1816/35 auf 1836/55 vorwiegend eine Hebung, auf 1856/75 dann eine Senkung der Wasserstände und schließlich von 1856/75 auf 1876/95 wiederum eine Hebung. Beim mittleren Hochwasser ist eine nennenswerthe Abweichung von dieser Erscheinung nicht zu bemerken. Denn die einzige Ausnahme besteht hier darin, daß bei Tapiaw (Deime) das Mittelhochwasser des Sommers 1836/55 um 0,05 m niedriger ist als in den zwanzig Jahren zuvor. Es handelt sich hierbei also nicht allein um einen außerordentlich geringfügigen Betrag, sondern auch um eine Pegelstelle, an der die Wasserverhältnisse des ganzen Stromgebietes doch nur in etwas eingeschränktem Maße zur Geltung kommen. Bei den übrigen Pegelstellen prägt sich die wechselnde Stärke der Hochwassererscheinungen dafür größtentheils um so schärfer aus, und zwar sind beide Halbjahre daran ungefähr gleich stark betheiligt. Nur bei Tilsit beschränkt sich die von 1836/55 auf 1856/75 zu bemerkende Veränderung fast ausschließlich auf das Sommerhalbjahr. Da nun aber an dieser Pegelstelle eigent-

Verminderung	{ von auf	MNW			MW			MHW		
		1816/35	1836/55	1856/75	1816/35	1836/55	1856/75	1816/35	1836/55	1856/75
		1836/55	1856/75	1876/95	1836/55	1856/75	1876/95	1836/55	1856/75	1876/95
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Tilsit (Memel)	Winter	+ 3	— 10	+ 13	— 7	+ 23	— 1	+ 62	— 7	+ 29
	Sommer	+ 5	— 9	0	+ 10	— 22	+ 15	+ 45	— 55	+ 25
	Jahr	+ 5	— 9	+ 2	+ 2	+ 1	+ 7	+ 55	— 7	+ 34
Tapien (Deime)	Winter	+ 4	— 12	— 1	0	— 6	— 11	+ 26	— 32	+ 8
	Sommer	+ 9	— 5	— 1	+ 5	— 17	+ 3	— 5	— 51	+ 20
	Jahr	+ 3	— 2	— 4	+ 3	— 12	— 4	+ 14	— 34	+ 11
Schallen (Alle)	Winter	+ 17	+ 13	+ 11	+ 24	+ 7	+ 4	+ 75	— 29	+ 29
	Sommer	+ 28	+ 12	+ 5	+ 32	— 10	+ 16	+ 63	— 81	+ 72
	Jahr	+ 30	+ 12	+ 6	+ 28	— 1	+ 10	+ 69	— 34	+ 29
N.-Berun (Weichsel)	Winter		+ 5	+ 12		— 4	+ 6		— 22	+ 5
	Sommer		+ 9	+ 11		— 8	+ 19		— 55	+ 44
	Jahr		+ 8	+ 13		— 6	+ 13		— 41	+ 42
Warschau (Weichsel)	Winter	+ 22	— 21	— 7	+ 37	— 30	+ 3	+ 88	— 59	+ 51
	Sommer	+ 27	— 17	— 3	+ 32	— 30	+ 9	+ 92	— 54	+ 31
	Jahr	+ 27	— 18	— 6	+ 35	— 30	+ 6	+ 119	— 69	+ 59
Thorn (Weichsel)	Winter	— 23	— 48	+ 17	+ 21	— 47	+ 43	+ 84	— 49	+ 115
	Sommer	— 12	— 40	+ 9	+ 14	— 53	+ 25	+ 90	— 60	+ 51
	Jahr	— 22	— 39	+ 9	+ 18	— 50	+ 34	+ 101	— 49	+ 122
Kurzebrack (Weichsel)	Winter	— 33	— 69	+ 36	— 5	— 61	+ 57	+ 54	— 74	+ 113
	Sommer	— 25	— 71	+ 42	— 5	— 77	+ 53	+ 54	— 68	+ 65
	Jahr	— 38	— 67	+ 40	— 5	— 69	+ 55	+ 59	— 75	+ 131
Bromberg (Brah)	Winter	— 7	— 20	— 2	+ 3	— 23	+ 2	+ 21	— 48	+ 38
	Sommer	— 10	— 33	+ 7	— 6	— 26	+ 12	+ 14	— 30	+ 15
	Jahr	— 9	— 31	+ 4	— 1	— 25	+ 7	+ 21	— 49	+ 42

liche Sommerhochwasser kaum auftreten, so erweist sich also hier die Verminderung der Hochwassererscheinungen in dem Zeitraum 1856/75 überhaupt als unbedeutend.

Bildet man aus den 7 Pegelstellen, für die die Mittelwerthe aus allen vier Zeiträumen angegeben werden konnten, einen Gesamtdurchschnitt, so findet man von 1816/35 auf 1836/55 ein Anwachsen des mittleren Jahreshochwassers um 0,63 m, für die dann folgende Verminderung 0,45 m, für die zweite Hebung aber 0,61 m. Die Hochwassererscheinungen der Jahre 1836/55 wurden also durch die der Jahre 1876/95 noch etwas übertroffen. Trennt man nach Halbjahren, so erkennt man, daß dies zum großen Theil auf die großen Frühjahrshochwasser in den Jahren 1888, 1889 und 1891 zurückzuführen ist. Denn das mittlere Hochwasser des Sommers steigt zunächst um 0,50 m, fällt dann um 0,57 m, steigt dann aber nur um 0,40 m, so daß der Durchschnittswerth für 1876/95 um 0,17 m unter dem für den 40 Jahre weiter zurückliegenden Zeitraum bleibt. Beim mittleren Hochwasser des Winters besitzt 1876/95 im Vergleich zu 1836/55 dagegen einen Mehrbetrag um 0,12 m. Denn bei ihm be-

trägt der Anstieg von 1816/35 auf 1836/55 durchschnittlich 0,59 m, die folgende Senkung dann 0,43 m, die zweite Hebung aber 0,55 m.

Die Schwankungen des Mittelwassers besitzen, wie schon erwähnt wurde, größtentheils dasselbe Vorzeichen wie die des mittleren Hochwassers. Die Abweichungen beschränken sich zumeist auf das Memel- und Pregelgebiet, wo also der Wechsel feuchterer und trockenerer Zeiten am wenigsten einheitlich zur Geltung kommt. Recht deutlich tritt er dagegen an den Pegelstellen der Weichsel hervor. Allerdings zeigt sich auch bei Kurzebrack von 1816/35 auf 1836/55 eine geringe Verminderung des Mittelwassers. Da aber bei Warschau und Thorn sich die Wasserstände beider Halbjahre um mehrere Dezimeter heben, so handelt es sich dabei wohl um eine rein örtliche Erscheinung. Eine bildliche Darstellung der zehnjährigen Mittelwasserwerthe und der Abweichungssummen ergibt, daß der Wasserspiegel bei Kurzebrack namentlich in den fünfziger und sechziger Jahren eine verhältnißmäßig tiefere Lage besaß als bei Thorn. Ihren Höhepunkt erreichte diese (vorübergehend freilich auch wohl in das Gegenteil umschlagende) Abweichung im Jahre 1863, dessen Mittelwasser bei Kurzebrack um 0,46 m tiefer unter dem Gesamtmittel liegt als bei Thorn. Wir müssen es dahin gestellt sein lassen, wie weit etwa größere Sandbewegungen im Strombett oder Vorgänge ähnlicher Art hierbei im Spiele waren. Insbesondere könnte man an eine langsame Vertiefung der Stromsohle in Folge des Durchbruches bei Neufähr denken. Mehr Wahrscheinlichkeit hat aber wohl die Annahme für sich, daß der Nullpunkt des Pegels zu Kurzebrack zeitweise zu hoch lag und alle Wasserstände demgemäß zu niedrig abgelesen wurden. Denn dann würde sich ohne Weiteres nicht nur erklären, daß die von 1836/55 auf 1856/75 erfolgte Senkung des Mittelwassers bei Kurzebrack einen rund 0,2 m größeren Betrag besitzt als bei Thorn, sondern auch die dann stattfindende Hebung auf 1876/95. Durch diese kehrte der Wasserspiegel bei Thorn wieder in die Lage zurück, die er in den ersten zwanzig Jahren eingenommen hatte; die beiden Hebungen belaufen sich (beim Jahresmittelwasser) hier zusammen auf 0,52 m, also auf nur 0,02 m mehr als die dazwischen liegende Senkung beträgt. Falls dagegen die Mittelwerthezahlen für Kurzebrack den Thatfachen ganz entsprechen sollten, so würde hier der Wasserspiegel in den letzten zwanzig Jahren um rund 0,2 m tiefer gelegen haben als in den ersten zwanzig. Noch weniger sicher als für diese Pegelstelle läßt sich die gleiche Frage für Warschau entscheiden. So kann z. B. die Erscheinung, daß die Hebung von 1856/75 auf 1876/95 hier in so engen Grenzen bleibt, sehr wohl darauf beruhen, daß für die Jahre 1880/86 die Ablesungen an einem Pegel bei Czerniakow oberhalb Warschau aushelfen mußten.

In demselben Sinne wie die betrachteten Mittelwerthe unterscheiden sich auch die Niederschlagsmengen der Zeiträume 1856/75 und 1876/95 von einander (vergl. S. 94). Denn in den erstgenannten 20 Jahren blieb der Niederschlag durchschnittlich um 6 % unter seinem normalen Betrage, während er in den letzten zwanzig Jahren diesen um mehr als 5 % überschritt. Mit der erklärlichen Ausnahme von Warschau besitzen die Pegelstellen der Weichsel in dem Zeitraum 1876/95 auch ein etwas höheres mittleres Niedrigwasser als in den 20 Jahren zuvor, während im Uebrigen die Vorzeichen der Aenderungen bei dieser Größe sehr wechseln.

Zum Schlusse sei noch gezeigt, wie die Veränderungen der Niederschlagsmengen auch in den Fünfjahrsmitteln des Wasserstandes zu Tage treten. Wir wiederholen zu diesem Zwecke die S. 93 vorgestellten Abweichungen des Niederschlages von ihrem normalen Betrage und stellen mit ihnen die entsprechenden Abweichungen der fünfjährigen Wasserstandsmittel bei Tilsit und bei Thorn zusammen. Als „Normalmittel“ sind also diejenigen für 1851/90 betrachtet. Die Beschränkung auf die genannten beiden Pegelstellen brauchen wir wohl nicht weiter zu rechtfertigen.

Jahrfünft	1851/55	1856/60	1861/65	1866/70	1871/75	1876/80	1881/85	1886/90	1891/95
Niederschlag (‰) . .	+ 12	— 15	— 10	+ 3	— 4	+ 10	+ 6	+ 1	+ 5
Tilsit (MW) cm . . .	+ 27	— 26	— 10	+ 21	— 18	+ 5	+ 13	— 14	— 9
Thorn (MW) cm . . .	+ 52	— 25	— 54	— 18	— 4	+ 23	+ 21	0	— 8

In allen Fällen, in denen der Niederschlag um wenigstens 6 ‰ von seiner normalen Menge abweicht, findet also bei den Wasserständen eine Abweichung nach derselben Richtung statt. Das nasseste Jahrfünft hatte auch das höchste Mittelwasser, das trockenste ebenso bei Tilsit das niedrigste, während bei Thorn der Kleinstwerth erst durch die Aufeinanderfolge zweier zu trockener Jahrfünfte hervorgerufen wurde. Die Beziehung der Wasserstände zu den Niederschlagsmengen ist also zwar eng, aber auch verwickelt, und wenn schon bei letzteren ein regelmäßiger periodischer Wechsel nicht erkennbar war (S. 93), so würde es um so voreiliger sein, in den langjährigen Schwankungen der Wasserstände schon jetzt bleibende Gesetzmäßigkeiten aufdecken zu wollen. Besonders soll die von uns oben angewendete Zusammenfassung zwanzigjähriger Zeiträume nicht einen Schluß auf die Zukunft bedeuten, sondern nur Thatfachen aus der Vergangenheit feststellen.

III. Hochwasser- und Eisverhältnisse.

1. Allgemeines.

Von ganz besonderer Bedeutung für die Stromanwohner sind die Hochfluthen, die das Stromthal oft in großer Ausdehnung und großer Höhe überschwemmen. Die Bewirthschaftung und Bebauung der meist sehr fruchtbaren Niederungen müssen sich nach ihnen richten, weshalb auch die Lebensweise der Bewohner selbst theilweise von ihnen abhängt. Der Werth des Eigenthums ist wesentlich bedingt durch die mehr oder minder große Sicherheit gegen Ueberschwemmungen. Der Schaden, den der unglückliche Verlauf eines Hochwassers anrichtet, erreicht oft bedeutende Größe; so betrug der durch das Hochwasser von 1888 verursachte Schaden an der preussischen Weichsel nach den amtlichen Feststellungen rd. 11,7 Millionen Mark, wovon allein mehr als zwei Drittel auf die im Regierungsbezirk Danzig liegenden Stromstrecken entfiel. Zum Schutze gegen die Hochfluthen sind in den Thalniederungen, namentlich an den Unterläufen des Memelstromes und der Weichsel umfangreiche Deichanlagen ausgeführt, deren Bau und Unterhaltung große Kosten erfordert.

Vornehmlich treten an allen drei hier in Frage kommenden Strömen die Schmelzwasserfluthen hervor; sie übertreffen die Sommerfluthen nicht allein er-

heftlich an Zahl und zeitlichem Umfange, sondern überragen diese im Allgemeinen auch beträchtlich an Höhe. Nur an der oberen Stromstrecke der Weichsel übersteigen theilweise die Fluthwellen des Sommers die bei der Schneeschmelze entstehenden Anschwellungen in der Höhe, bleiben aber auch hier in Betreff der Dauer gegen sie zurück.

a) Memelstrom.

Das Ueberwiegen der Schmelzwasserfluthen an Zahl, Dauer und Höhe gegenüber den Sommeranschwellungen macht sich ganz besonders am Memelstrome bemerkbar. Während fast in jedem Frühjahr Hochwasserwellen von beträchtlicher Höhe bei und nach dem Eisgange den Stromlauf durchschreiten und lange Zeit hindurch die nicht eingedeichten Flächen überfluthen, kommen im Sommer äußerst selten auch nur solche Anschwellungen vor, die die Uferhöhe erreichen. Die hydrographischen Tabellen 8a bis h im Tabellenbände, welche die korrespondirenden und nicht korrespondirenden Ausuferungen für die wichtigsten Pegel darstellen, geben hierüber ein deutliches Bild. Bemerkt werden möge hierzu, daß wie in den gleichartigen Werken über den Oderstrom und Elbstrom unter korrespondirenden Ausuferungen an zwei Pegeln diejenigen Ausuferungen verstanden sind, die gleichzeitig an beiden Pegeln eintraten, unter nicht korrespondirenden solche, die nur an einem der beiden Pegel auftraten, daß aber eine Beziehung der Wasserstände an den beiden Pegeln dadurch nicht zum Ausdruck gebracht wird. Nach Angabe der Tabellen haben sich nun beispielsweise an den Pegeln Schmalleningken und Tilsit in dem Zeitraum 1871/95 die Ausuferungen auf die einzelnen Monate und Jahreszeiten wie folgt vertheilt:

Pegel	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Winter	Sommer	Jahr
Schmalleningken	2	4	5	3	15	15	0	0	0	0	0	1	44	1	45-mal
	4,4	8,9	11,1	6,7	33,3	33,3	0	0	0	0	0	2,2	97,8	2,2	100 %
Tilsit	3	8	10	7	17	18	0	0	0	0	0	1	63	1	64-mal
	4,7	12,5	15,6	10,9	26,6	28,1	0	0	0	0	0	1,6	98,4	1,6	100 %

Die verschieden große Zahl der Ausuferungen an den beiden Pegeln ist offenbar auf die verschiedene Höhe der Ausuferung zurückzuführen. In beiden Fällen überwiegen die im März und April auftretenden Schmelzwasserfluthen alle übrigen Anschwellungen bei Weitem, da sie bei Tilsit 54,7 % und bei Schmalleningken, wo die Ausuferungshöhe etwas höheren Wasserständen entspricht, sogar 66,6 % aller Ausuferungen veranlassen. In den eigentlichen Sommermonaten ist in der hier betrachteten Zeit überhaupt keine Ausuferung eingetreten, und nur im Oktober, der schon den Uebergang zum Winter darstellt, zeigt sich eine solche vereinzelt. Betrachtet man längere Zeiträume, so findet man allerdings auch im Sommer einzelne höhere Anschwellungen; doch überstieg in dem

75-jährigen Zeitraum 1821/95 das Wasser während der Monate Juni bis September die Uferhöhe von 4,4 m a. P. Schmalleningken nur 5-mal, wonach nur auf je 15 Jahre eine Ausuferung kommt. Auch in den übrigen Wintermonaten außer März und April haben die Ausuferungen lange nicht den Umfang wie in diesen beiden Monaten. So traten 1871/95 während der Monate November bis Februar bei Schmalleningken 31,1 % und bei Tilsit 43,7 % aller Ausuferungen ein. Bemerkenswerth ist dabei aber die verhältnißmäßig große Zahl von höheren Wasserständen im Januar, die jedenfalls zumeist wohl auf vorübergehendes Thauwetter und dadurch hervorgerufene Schneeschmelze, zum kleineren Theil aber nur auf Eisverfetzungen beim Eintritt des Eisstandes zurückzuführen sein wird.

In noch höherem Maße als für den Eintritt von Ausuferungswasserständen zeigt sich die Ueberlegenheit der Monate März und April für das Vorkommen von größeren Hochfluthen. Aus der Zusammenstellung auf S. 292 ergeben sich für den Zeitraum 1816/95 in Betreff der Wasserstände, die 6,0 m a. P. Schmalleningken überschritten haben, folgende Prozentzahlen:

November	0 %	Mai	1,9 %
Dezember	1,9 %	Juni	0 %
Januar	5,6 %	Juli	0 %
Februar	0 %	August	0 %
März	35,2 %	September	0 %
April	55,5 %	Oktober	0 %
Winter	98,1 %	Sommer	1,9 %

Es kamen also 90,7 % dieser Hochfluthen allein auf den März und April. Die übrigen Wintermonate treten erheblich zurück; unter ihnen zeigt aber wieder der Januar die größte Zahl der Höchststände. In den eigentlichen Sommermonaten sind Hochfluthen von größerer Höhe überhaupt nicht vorgekommen, während das einzelne Hochwasser im Mai noch als Fortsetzung der Schmelzwasserfluth anzusehen ist.

In Bezug auf die Dauer der Anschwellungen lehren die Tabellen über die Häufigkeit der Wasserstände im Tabellenbände, daß in den Monaten März und April während des Zeitraumes 1871/95 der Wasserstand im Ganzen an 479 Tagen die Höhe von 4,4 m überschritten hat. Zusammengehalten mit den Angaben über die Zahl der größeren Anschwellungen ergibt sich hiernach, daß im Durchschnitt jede Ausuferung rd. 16 Tage andauert hat. Dagegen beträgt für drei Anschwellungen, die in den Jahren 1871/95 während der Monate Juni bis September die Höhe von 3,4 m a. P. Schmalleningken überschritten haben, die Gesamtdauer 22 Tage, also die durchschnittliche Dauer nur 7,3 Tage. Diese geringen Anschwellungen des Sommers traten also bezüglich der Zeit ganz erheblich gegen die größeren Anschwellungen des Frühjahrs zurück.

Will man die Frage untersuchen, ob die Häufigkeit des Eintrittes größerer Anschwellungen zeitlich größeren Schwankungen unterworfen ist, so wird man die Schmelzwasserfluthen von den Sommeranschwellungen trennen müssen, da für beide Arten Wasserstände von ganz verschiedener Höhe maßgebend sind.

Als größere Winterhochfluthen kann man solche ansehen, welche den Wasserstand von 6,0 m a. P. Schmalleningken erreichen, bei dem die Vorländer und Außendeiche mit Ausnahme von einzelnen größeren Erhebungen gänzlich überschwemmt sind. In der nachfolgenden Zusammenstellung ist für den Zeitraum 1816/95 angegeben, in wieviel Jahren der Höchststand des betreffenden Monats den Wasserstand von 6,0 m a. P. Schmalleningken überschritten hat. Dabei ist der 80-jährige Zeitraum in vier Abschnitte von je 20 Jahren zerlegt.

Winter	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95	1816/95	Sommer	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95	1816/95
November . . .	0	0	0	0	0	Mai	0	1	0	0	1
Dezember . . .	0	0	0	1	1	Juni	0	0	0	0	0
Januar	1	0	1	1	3	Juli	0	0	0	0	0
Februar	0	0	0	0	0	August	0	0	0	0	0
März	3	3	4	9	19	September . .	0	0	0	0	0
April	3	11	7	9	30	Oktober	0	0	0	0	0
Winter	7	14	12	20	53	Sommer	0	1	0	0	1
						Jahr	7	15	12	20	54

Nach der Zusammenstellung kommen für so hohe Wasserstände nur die Monate März und April in Betracht, da die übrigen Monate nur vereinzelte Hochstände zeigen. Im April, der die größte Zahl von Hochfluthen aufweist, findet man ein erhebliches Ansteigen der Zahl von 1816/35 zu 1836/55, dann nach 1856/75 hin ein geringes Abfallen und schließlich nach 1876/95 ein abermaliges, ganz geringes Ansteigen. Im März dagegen nimmt die Zahl der Hochfluthen während des betrachteten Zeitraumes ständig zu. Betrachtet man die Zahlen für März und April zusammen, so erhält man den Eindruck, als ob sich im Laufe des Jahrhunderts ein Theil der Anschwellungen vom April auf den März verschoben hätte. — Die gesammten Hochfluthen des Jahres ergeben in der Häufigkeit ihres Eintrittes während der einzelnen 20-jährigen Zeitabschnitte einen gewissen regelmäßigen Wechsel, da zunächst eine Zunahme, dann eine Abnahme und schließlich wieder eine Zunahme erscheint. In den Jahren 1816/35 und 1856/75 waren nur 19 Hochfluthen gegen 35 in den Jahren 1836/55 und 1876/95. Im Ganzen ergibt sich eine, wenn auch nur geringe Zunahme, da die Jahre 1856/75 gegen 1816/35 und ebenso die Jahre 1876/95 gegen 1836/55 je fünf Hochfluthen mehr zeigen. Diese Zunahme ist aber so unbedeutend, daß sich irgend welche Schlüsse daraus nicht ziehen lassen. In gleicher Weise wie die obige Zusammenstellung weist auch die auf S. 307 befindliche Gegenüberstellung der seit 1850 aufgetretenen größten Schmelzwasserfluthen des Memel-, des Pregelstromes und der Weichsel auf einen Wechsel in der Häufigkeit hin, da für den Memelstrom von den aufgeführten Fluthen nur drei auf den Zeitraum 1856/75, dagegen sieben auf den Zeitraum 1876/95 entfallen.

Bezüglich der Sommeranschwellungen muß man den Pegelstand, von dem ab man rechnen will, recht tief rücken, da Wasserstandserhebungen von einiger

Bedeutung nur äußerst selten vorkommen. Zieht man alle Anschwellungen, die über 3,0 m a. P. Schmalleningken hinaus gehen, in Betracht und rechnet hierbei solche Schwankungen, bei denen das Wasser hinter einander wiederholt über diese Grenzen stieg und wieder sank, als eine einzige Welle, so sind in den Jahren

1836/55 1856/75 1876/95

5 2 6 größere Erhebungen

aufgetreten. Es zeigt sich auch hier eine Abnahme und Wiederzunahme in der Häufigkeit der Sommeranschwellungen, und zwar für die einzelnen 20-jährigen Zeiträume genau in demselben Sinne wie bei den Frühjahrsluthen.

b) Pregelstrom.

Am Pregelstrom besteht zwar ebenfalls hinsichtlich der Sommer- und Schmelzwassersluthen ein erheblicher Unterschied; doch bezieht er sich mehr auf die Häufigkeit des Vorkommens als auf die Größe der Anschwellungen, da der höchste Wasserstand im Frühjahr 6,28 m a. P. Insterburg und 5,10 m a. P. Tapiau (Deime), im Sommer aber 4,60 und 4,89 m an denselben Pegeln betrug. Wenn bei den nachfolgenden Erörterungen lediglich die Beobachtungen an dem Pegel zu Insterburg herangezogen sind, so geschah dies, weil größere Anschwellungen sich fast ausnahmslos über das ganze Pregelgebiet erstrecken und daher die Erscheinungen an einem weiter unterhalb gelegenen Pegel keine nennenswerthe Aenderung des Bildes über das Auftreten der Hochluthen geben.

Nach der Tabelle auf S. 294, welche angiebt, in wieviel Jahren seit 1816 der Höchststand den Wasserstand von 4,0 m a. P. Insterburg innerhalb der einzelnen Monate überschritten hat, erhalten wir folgende Uebersicht über die Häufigkeit des Vorkommens von Hochwasser im Kreislaufe des Jahres.

November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Winter	Sommer	Jahr
2	6	12	10	30	13	2	0	0	5	0	1	73	8	81-mal
2,5	7,4	14,8	12,3	37,0	16,0	2,5	0	0	6,2	0	1,2	90,1	9,9	100 %

Die beiden Hauptmonate für die Schmelzwassersluthen, März und April, umfassen demnach 53,0 % aller Hochwasser, die übrigen Wintermonate 37,0 % und die eigentlichen Sommermonate nur 6,2 %, die aber allein auf den August entfallen. Abgesehen von März und April, zeigt ebenso wie am Memelstrom auch hier der Januar die größte Zahl der Winterhochwasser, der aber die Zahl der im Februar vorgekommenen Anschwellungen nicht erheblich nachsteht. Die verhältnißmäßig große Häufigkeit von höheren Anschwellungen verdanken Januar und Februar den in dieser Zeit vielfach vorkommenden vorzeitigen Eisgängen.

Was die Dauer anbetrifft, so haben in dem Zeitraume 1871/95 25 Anschwellungen im Winter zusammen an 163 Tagen den Pegelstand von 4,0 m a. P. Insterburg überschritten; jede Anschwellung dauerte also durchschnittlich

6½ Tage, während die einzige in dem genannten Zeitraume vorgekommene größere Sommerfluth an zwei Tagen über 4,0 m a. P. Insterburg blieb.

Stellt man alle während des 80-jährigen Zeitraumes 1816/95 eingetretenen Winterhochwasser, die den bisher in Betracht gezogenen kritischen Wasserstand von 4,0 m a. P. Insterburg*) übersteigen, nach 20-jährigen Zeiträumen zusammen, so erhält man folgende Uebersicht:

Winter	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95	1816/95	Sommer	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95	1816/95
November . . .	1	0	1	0	2	Mai	1	1	0	0	2
Dezember . . .	1	1	3	1	6	Juni	0	0	0	0	0
Januar	2	4	4	2	12	Juli	0	0	0	0	0
Februar	2	3	1	4	10	August	0	3	1	1	5
März	5	9	8	8	30	September . .	0	0	0	0	0
April	1	5	5	2	13	Oktober	0	0	1	0	1
Winter	12	22	22	17	73	Sommer	1	4	2	1	8
						Jahr	13	26	24	18	81

Hiernach ist wohl eine Aenderung in der Häufigkeit des Auftretens von Hochfluthen vorhanden, doch läßt diese weder für die einzelnen Monate noch für die Halbjahre und das Jahr eine Gesetzmäßigkeit erkennen. Etwas anders stellt sich aber das Verhältniß, wenn man nicht nur einen Pegel berücksichtigt, sondern die größeren Anschwellungen, die das gesammte Pregelgebiet betrafen, zusammenstellt, wie dies in den Uebersichten auf S. 300 und S. 307 geschehen ist. Dann ergibt sich die Zahl der Hochfluthen wie folgt:

	im Winter	im Sommer
für den Zeitraum 1856/75	4	2
für den Zeitraum 1876/95	7	4

Demnach muß man auf eine zeitliche Veränderung der Häufigkeit der Hochwasser schließen, die ungefähr derjenigen am Memelströme und, wie sogleich gezeigt wird, auch der an der Weichsel entspricht.

c) Weichselstrom.

Beim Weichselstrom liegen die Verhältnisse insofern wesentlich anders wie bei den nördlichen Strömen, als bei ihm im oberen Gebietsheile die Sommerhochwasser das Uebergewicht besitzen und erst die Einwirkung des Flachlandes sie gegenüber den Schmelzwasserfluthen zurücktreten läßt. Die Tabelle auf S. 480 im Bd. III giebt hierüber näheren Aufschluß. In ihr ist eine gewisse Abstufung der Hochwasser vorgenommen, indem als Hochwasser erster Ordnung alle die

*) Die Höhenlage der Pegel am Pregelstrom in früherer Zeit ist unsicher. Am längsten rückwärts, nämlich bis zum Jahre 1842, ist die Lage des Pegels Insterburg mit Sicherheit bekannt. Vor der im April 1842 erfolgten Verlegung hat dieser Pegel eine um etwa 50 cm höhere Lage gehabt. Es sind daher in der obigen Zusammenstellung für die Zeit vor der Verlegung statt der Wasserstände über 4,0 m diejenigen über 3,5 m aufgeführt.

angesehen sind, die zu der nur von 0,1 % aller Wasserstände erreichten Pegelhöhe empor steigen, während für die Hochwasser von zweiter oder dritter Ordnung diese Prozentzahlen auf 0,5 und 1,0 angenommen sind. Diese Ordnungszahlen (I, II, III) haben also eine wesentlich andere Bedeutung als die sonst in diesem Abschnitt gebrauchten, in arabischen Ziffern geschriebenen Ordnungszahlen, die sich darauf beziehen, wie die verschiedenen Hochwasser ihrer Höhe nach auf einander folgen.

Bei N.-Berun an der Kleinen Weichsel kommen nach jener Tabelle im Sommer etwa doppelt so viele Hochwasser erster oder zweiter Ordnung vor als im Winter; bei Krakau ergibt dagegen die Zusammenfassung dieser zwei Gruppen für beide Halbjahre schon nahezu gleiche Zahlen, während bei Warschau der Winter den Sommer mit einem Mehrbetrag von über 70 % überholt. Bei Kurzebrack würde man als Hochwasser erster Ordnung nach dem obigen Maßstabe etwa diejenigen ansehen müssen, die eine Höhe von 6,8 m a. P. erreicht haben. Derartige Hochfluthen traten hier von 1812 bis zum Ende des Jahrhunderts im Ganzen 14 auf, hiervon eine im Februar, neun im März und zwei im April (wobei ein unwesentliches Uebergreifen auf einen Nachbarmonat außer Acht gelassen ist), im Winter insgesammt also 12. Für den Sommer stehen dieser Zahl dagegen nur zwei Fälle gegenüber, nämlich die Hochwasser im September 1813 und im Juni 1884. Ein ähnliches Bild liefert die im Bd. IV S. 227 gegebene Zusammenstellung der 28 größten Hochwasser, die von 1811 ab an der preussischen Weichsel und der Mogat beobachtet wurden. Auch hierbei ist der Sommer nur mit den genannten zwei Fällen und noch einem dritten Fall (August 1844) betheiligt, während allein der März 15 Fälle auf sich vereinigt, auch der April noch sechs und der Februar die übrigen vier. Dabei nimmt die bedeutendste Sommerhochfluth erst die 14. Stelle ein.

Die Ausführungen über die Wasserstandsbewegung (besonders diejenigen auf S. 270/3) lassen bereits zur Genüge erkennen, welchen Antheil die einzelnen Nebenflüsse an dieser Wandlung der Verhältnisse von der Oberen bis zur Unteren Weichsel besitzen. Wir brauchen deshalb hierauf nicht nochmals zurückzukommen. Dagegen bleibt noch hervorzuheben, wie die Häufigkeit der Hochfluthen im Laufe des Jahrhunderts wechselte. Nach Bd. III S. 478/9 kamen in der ausländischen Stromstrecke

1836/55	1856/75	1876/95
28	9	22 Sommerhochfluthen,
25	18	18 Winterhochfluthen

erster bis dritter Ordnung vor. Die zu große Masse des ersten und des letzten dieser Zeiträume macht sich also in den Zahlen für den Sommer sehr deutlich geltend. Bei Kurzebrack stellt der Wasserstand 5,5 m a. P. annähernd die untere Grenze für die Hochwasser dritter Ordnung dar. Diese wurde hier erreicht oder überschritten

	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95
im Winter in	6	11	8	11 Jahren,
im Sommer in	0	2	2	1 Jahren.

Wieder weisen also die Zeiträume 1816/35 und 1856/75 wesentlich geringere Zahlen auf, wenn man die Jahreshälfte betrachtet, der die meisten Hochwasser angehören. Auf Grund der Thatsache, daß die wechselnde Häufigkeit der Hochfluthen während dieser vier je zwanzigjährigen Zeiträume nur dadurch zu Tage tritt, daß man für die ausländische Stromstrecke auf das Sommerhalbjahr, für die preußische Strecke aber auf die Frühjahrsfluthen zurückgreift, könnte man vermuthen, daß hierbei vielleicht nur ein Zufall walte. Dies ist jedoch ausgeschlossen, wie sich aus der folgenden, auf die untrügliche Häufigkeit der Wasserstände begründeten Zusammenstellung zeigt. Der etwa 0,70 m über Ausuferungshöhe gelegene Wasserstand 4,00 m a. P. Kurzebrack ist durchschnittlich im Jahre überschritten worden

	1816/35	1836/55	1856/75	1876/95
im Winter an	34	42	32	46 Tagen,
im Sommer an	5	16	4	15 Tagen,
im Jahr an	39	58	36	61 Tagen.

Die Zeiträume 1836/55 und 1876/95 weisen also im Sommer 3- bis 4-mal so viel von diesen hohen Wasserständen auf wie die anderen 40 Jahre. Also auch die Sommerhochfluthen sind in den genannten beiden Zeiträumen in vermehrter Zahl aufgetreten; das Ueberwiegen zeigt sich sogar in noch stärkerem Maße wie bei den Winterhochfluthen.

2. Sommerhochfluthen.

a) Memel- und Pregelstrom.

Am Memelstrom kommen eigentliche Sommerhochfluthen fast gar nicht vor, da in dem 75-jährigen Zeitraume 1821/95 im Ganzen nur 5 Ausuferungen während des Sommers bei Schmalleningken eingetreten sind und ihre größte Anschwellung nur eine Höhe von 5,10 m a. P. Schmalleningken (0,7 m über Ausuferungshöhe) erreicht hat.

Auch am Pregelstrom sind Sommerhochfluthen sehr selten; sie erstrecken sich aber fast immer über das ganze Gebiet. Die Hauptwassermassen kommen dabei aus der Angerapp und der Alle, während die Inster viel weniger betheiligt ist. Die Niederungen im Thale der letzteren leiden daher auch zumeist unter dem Rückstau, der aus der Angerapp herrührt. Der Fortschritt der Fluthwelle scheint sehr langsam vor sich zu gehen, da sie, soweit sich dies aus den vorliegenden Beobachtungen beurtheilen läßt, für das Durchschreiten der etwa 72 km langen Strecke zwischen Insterburg und Tapiau durchschnittlich etwa 42 Stunden Zeit gebraucht; daraus ergiebt sich eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von nur 1,7 km in der Stunde, die ganz beträchtlich hinter derjenigen der Weichselhochwasser zurückbleibt.

Kleinere Anschwellungen treten während des Sommers häufiger ein und haben oftmals lange Dauer. In nassen Sommern folgen sie gewöhnlich auch mehrmals hinter einander, sind daher für die niedrigen Ländereien außerordentlich nachtheilig. In den eigentlichen Sommermonaten fallen sie hauptsächlich auf

den August, außerhalb derselben auf den Oktober. Die Oktoberanschwellungen treten indessen meist so spät ein, daß sie keinen erheblichen Schaden mehr anrichten.

b) Weichselstrom.

Viel mannigfaltiger ist dagegen das Bild, das die Sommerhochfluthen des Weichselstromes darbieten. Ihr Verlauf in der preußischen Stromstrecke ist allerdings weniger bemerkenswerth; denn hier handelt es sich meist nur noch darum, ob die Hauptfluthwelle durch die Niederungen um einen mehr oder minder großen Bruchtheil der in ihr gesammelten Wassermasse entlastet wird, wonach sich sowohl ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit wie ihre Höhe richtet.

Ihren Ursprung nehmen diese sommerlichen Fluthwellen ausschließlich im Gebirgslande. Die Nachbarströme Elbe, Oder und Weichsel werden bekanntlich oft zu gleicher Zeit von einem Sommerhochwasser heimgesucht — wenn nicht alle drei, so doch gewöhnlich wenigstens zwei dieser Nachbarströme. Man hat auch, nachdem Hellmann zuerst darauf hingewiesen hatte, immer wieder bestätigt gefunden, daß vor dem Eintritt eines solchen Hochwassers ein Gebiet tiefen Luftdruckes im Vorlande des für die Speisung des betreffenden Stromes besonders maßgebenden Gebirgszuges weilte. Allein noch immer fehlt es fast gänzlich an Anhaltspunkten dafür, welche Nebenbedingungen bei einer solchen Wetterlage erfüllt sein müssen, damit es zu so starken Regenfällen im Gebirge kommt, daß die Wasserläufe nicht im Stande sind, das ab rinnende Wasser bordvoll abzuführen.

Ueber den durchschnittlichen Verlauf eines solchen Sommerhochwassers geben die Einzelbeschreibungen im Bd. III S. 483/503 so ausführlich Aufschluß, daß hier nur das Allerwichtigste davon hervorgehoben zu werden braucht. Wir wollen bei dieser Gelegenheit nochmals darauf hinweisen, daß für die bedeutendsten Hochfluthen beider Jahreshälften auf Bl. 41/46 des Atlas die Formen der Fluthwellen bildlich dargestellt sind. Jedoch mußte davon abgesehen werden, die Entfernungen der Pegelstellen von einander zu berücksichtigen, was sonst geschieht, um auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen ersehen zu können. Für die Obere Weichsel, um die es sich bei dieser Darstellung besonders handelt, kann man nämlich von einer solchen kaum sprechen, weil die einzelnen größeren Nebenflüsse immer wieder neue Fluthwellen im Strome erzeugen. Ein Versuch, diese auch ihrer Geschwindigkeit nach bis zu dem Orte ihres Ursprungs zurück zu verfolgen, hätte scheitern müssen, da von den meisten Pegelstellen immer nur eine einzige Beobachtung für jeden Tag vorliegt, was nicht ausreicht, weil die sommerlichen Hochwassererscheinungen in den Gebirgsflüssen so stürmisch verlaufen, daß oft in wenigen Stunden eine völlige Veränderung der Verhältnisse stattfindet. Eine selbstthätige Aufzeichnung der Wasserstände würde deshalb selbstverständlich wesentlich andere Fluthkurven ergeben haben, bei denen der schlanke Verlauf der Linien durch viele Spitzen und Sprünge unterbrochen sein würde. Doch hoffen wir mit unserer Führung der Linien wenigstens dem allgemeinen Verlauf der Erscheinungen einigermaßen gerecht geworden zu sein.

Wie beim benachbarten Oderstrome, so ist auch bei der Weichsel das engere Quellgebiet für die Hochfluthen von untergeordneter Bedeutung. In der Gebirgs-

strecke der Kleinen Weichsel setzen die sommerlichen Fluthwellen zwar mit außerordentlichem Ungestüm ein, und an Punkten mit besonders engem Querschnitt (Drahomisch) schnellst der Wasserspiegel plötzlich bis zu 7 m empor. Die Flachlandstrecke des Flusses wirkt dann aber durch die Ermäßigung des Gefälles, vielfache Windungen und unregelmäßige Form des Hochwasserbettes derart hemmend und ausgleichend ein, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit sich hier auf den geringen Betrag von stündlich rd. 2 km ermäßigt (vergl. Bd. III S. 487).

Lange bevor der Fluthsichel bis zur Mündung der Przemsza gelangt ist, haben die Sola und die Skawa ihre Fluthwellen in den Strom gebracht, die den ganzen Flußlauf vom Quellgebiete bis zur Mündung in der Regel während eines einzigen Tages durchziehen. Während die Fluthwelle der Sola die der Skawa im Strome gewöhnlich noch ziemlich einzuholen scheint, gewinnt die Welle der weit unterhalb mündenden Raba einen bedeutenden Vorsprung, beherrscht jedoch nur für die kurze Strecke bis zur Mündung des Dunajec den Anstieg des Wassers im Hauptstrome.

Ungefähr zu derselben Zeit, in der die Hochwassersichel dieser westlichen Flüsse den Hauptstrom erreichen, empfängt dieser auch aus dem Gebiete des Dunajec eine Fluthwelle, jedoch von mächtigerer Art als die vorgenannten. In Bd. III S. 483/503 ist gezeigt, daß die ersten Hochwassermassen des Dunajec aus der Biala herrühren, während das Wasser aus den oberen Strecken erst etwas später nachfolgt. Zunächst findet dieser Nachschub naturgemäß nur aus der Beskiden-Hauptstrecke statt, und zwar so schnell, daß mit dem Vorübergange der Bialawelle die Einwirkung des Dunajec auf die Weichsel nicht nachläßt. Wahrscheinlich ist gerade dieser Umstand die Ursache dafür, daß der Dunajec nicht ebenso die Führung des Hochwassers an die Wisłoka abgibt, wie es bis zu ihm hin der Fall ist. Freilich füllt bei entsprechender Witterungslage auch die Wisłoka das Strombett durch ihr Hochwasser sehr rasch an; der Fluthsichel scheint aber doch gewöhnlich von der aus der Biala gekommenen ersten Fluthwelle des Dunajec weiter getragen zu werden. Sicher ist, daß der San ihn nicht vorweg nimmt. Das Hochwasser dieses Flusses vermag vielmehr die Hauptwelle des Stromes (in der namentlich das erste Hochwasser des Dunajec und das der Wisłoka vereinigt sind) höchstens zu erreichen; in vielen Fällen trifft es aber erst merklich später ein, doch niemals so spät, daß im Strome noch eine deutlich getrennte zweite Hochwasserwelle entstände. Diese ganze Erscheinung pflegt sich in 2 bis 3, höchstens 4 Tagen abzuspielen, so daß der Strom seine höchste Anschwellung an der Sanmündung schon ungefähr um dieselbe Zeit oder gar früher besitzt als bei Krafau. Für diese Strecke des Stromes verbietet sich demnach eine Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Bis nach Warschau schreitet der Wellensichel dann in etwa 2 bis 3 Tagen fort. Bei dem ausgedehnten Ueberschwemmungsgebiete der Mittleren Weichsel würde diese Frist für die 232 km betragende Zwischenstrecke wohl kaum genügen, wenn nicht eine starke Wasserzuführung aus den Flüssen des polnischen Hügel- und Flachlandes dabei mitwirkte. Ähnlich wie von den galizischen Gebirgsflüssen, wenn auch in weit geringerem Maße, wird das Bett des Hauptstromes von den russisch-polnischen Nebenflüssen bereits gefüllt, bevor der von oben

kommende Wellenscheitel an ihren Mündungen eintrifft. Dessen Fortschreiten wird hierdurch erheblich beschleunigt und besitzt meistens über 3 bis fast 5 km stündliche Geschwindigkeit. Besonders klar geht die bezeichnete Einwirkung der Seitengewässer daraus hervor, daß die erste Hebung des Wasserspiegels bei Warschau gewöhnlich schon zu einer Zeit beginnt, zu der die Erregung unmöglich schon von der Oberen Weichsel ausgehen kann. Eine so merkliche Speisung der sommerlichen Fluthwellen aus dem Flachlande ist bekanntlich eine seltene Erscheinung. Die Wetterlage, die für diese Hochwasser bedingend ist, giebt aber einen gewissen Fingerzeig, weshalb diese Erscheinung gerade beim Weichselstrom wahrzunehmen ist. Die Tiefdruckgebiete, die wir oben erwähnten, bewegen sich nämlich in der Regel von den Sudeten oder den Beskiden aus nach der östlichen Ostsee hin, falls sich nicht von vornherein schon längs dieser Richtung eine große Luftdruckfurche herausbildet. In beiden Fällen kommt aber das Gebiet der Mittleren Weichsel unter die Herrschaft des tiefen Luftdruckes und empfängt dann auch die hiermit verbundenen starken Regengüsse.

Unterhalb Warschau erfahren die sommerlichen Fluthwellen zunächst durch Rückstau in die Mündungsstrecke des Narew, der keine größeren Anschwellungen während des Sommers bringt, eine Abschwächung, die je nach ihrer Höhe mehr oder weniger groß ausfallen dürfte (vergl. Bd. III S. 457). Eine namhafte Verzögerung scheint jedoch hierbei nicht einzutreten, da nach den Beobachtungen der Jahre 1877/80 die Fluthwellen bei Plock stets ähnliche Form wie bei Warschau besitzen. Ihr Scheitel braucht gewöhnlich von Warschau bis Plock 1 bis 2 Tage und bis Thorn auf rd. 212 km Lauflänge 2 bis 3 Tage, dringt also mit etwa 3 bis 4 $\frac{1}{2}$ km stündlicher Geschwindigkeit vor. Noch größer ist die Geschwindigkeit in der von Thorn bis Dirschau rd. 174 km langen preußischen Stromstrecke; am 26./27. Juni 1884 hat sie z. B. 5,4 km in der Stunde betragen (vergl. Bd. IV S. 229). Offenbar beruht die Beschleunigung des Fortschreitens in der preußischen Strecke der Unteren Weichsel darauf, daß das natürliche Ueberschwemmungsgebiet durch die Deiche größtentheils den Ausuferungen entzogen ist. Auch in der russischen Strecke der Unteren Weichsel hat das Ueberschwemmungsgebiet viel geringere Ausdehnung als an der Mittleren Weichsel. Daß trotzdem die Fortschrittsgeschwindigkeit etwas kleiner als oberhalb Warschau ist, kann als weiterer Beweis für die Einwirkung des Voreilens der Nebenflußwellen gelten, da nach der ganzen Gliederung des Gewässernezes die Nebenflüsse der Mittleren Weichsel hierbei viel kräftiger als die der Unteren Weichsel wirken müssen. Die Wasseraufnahme der freien Niederungen und der im Rückstaubereiche liegenden Nebenflußthäler verursacht daher an der Unteren Weichsel eine stetig zunehmende Ermäßigung der Höhe des Fluthwellenscheitels (vergl. Bd. IV S. 201).

c) Gegenseitige Beziehungen der drei Ströme.

Zur Klarstellung der Frage, in wie weit größere Sommerfluthen gleichzeitig an zwei oder an allen drei hier betrachteten Strömen eingetreten sind, ist in der nachfolgenden Uebersicht eine Zusammenstellung der wichtigeren seit Anfang der vierziger Jahre vorgekommenen Anschwellungen, die von sommerlichen

Niedererschlägen herrühren, gegeben. Für den Memelstrom und die Weichsel bezieht sich die Zusammenstellung auf die Größe der Fluthwellen in den untersten Stromstrecken, während bei dem Pregelstrom, an dem die Hochwasserverhältnisse in dem Haupttheile des Gebietes ziemlich gleichmäßig sind, auch möglichst das ganze Gebiet in Betracht gezogen ist. Hier sind deshalb die Erscheinungen an drei der wichtigsten Pegel, nämlich diejenigen bei Insterburg, Schallen (Alle) und Tapiau (Deime), zusammengefaßt; und zwar wurden alle Anschwellungen aufgeführt, bei denen das Mittel der Höchststände an den drei Pegeln mehr als 2,5 m betrug. — Neben dem Jahr des Hochwassers ist in der Zusammenstellung in der zweiten Spalte Tag und Monat des Eintrittes angegeben und in der dritten Spalte durch die Ordnungszahl ungefähr die Bedeutung der Fluthwellen eines jeden Gebietes gekennzeichnet, derart, daß 1 die bedeutendste Fluth darstellt.

Memelstrom			Pregelstrom			Weichsel		
Jahr	Tag und Monat	Ordnungs- zahl des Hochwassers	Jahr	Tag und Monat	Ordnungs- zahl des Hochwassers	Jahr	Tag und Monat	Ordnungs- zahl des Hochwassers
1844	21. August	1	1844	1. August	1	1843	19. August	17
			1846	12. August	7	1844	1. August	2
			1847	8. September	8			
1851	22. Juli	3	1853	8. Juli	9	1853	12. Juli	16
			1853	5. September	4			
						1854	30. Juli	15
1864	19. September	6						
1867	6. August	2	1867	4. August	2	1867	19. Juli	3
						1871	8. Juli	11
			1872	17. September	11	1872	29. August	10
						1874	27. Mai	4
			1876	12. September	10			
						1877	28. Mai	7
						1879	6. August	12
						1882	5. September	13
			1883	3. August	3	1884	27. Juni	1
1885	24. August	5				1885	17. Juli	14
						1887	27. Juni	8
			1888	6. August	5			
1891	29. August	4						
			1892	23. Juli	6			
						1893	14. Juni	6
						1893	21. August	9
1894	22. Juni	7				1894	25. Juni	5

Dem größten Weichselhochwasser von 1884 entspricht hiernach keine Anschwellung in den beiden anderen Gebieten. Dagegen stimmen die nächstgrößeren

Hochwasser von 1844 und 1867 mit den größten Sommerfluthen des Memel- und Pregelstromes überein. Pregel- und Memelstrom haben sonst keine sommerlichen Anschwellungen gemeinsam; wohl zeigen sich aber solche zugleich auf dem Memelstrom und der Weichsel einerseits und auf dem Pregelstrom und der Weichsel andererseits. Für die Gebiete des Memelstromes und der Weichsel kann man indessen nur die mittelgroßen Anschwellungen vom Jahre 1894 als gleichzeitige ansehen, während diejenigen von 1885 auf verschiedene Monate fallen. Die in den Jahren 1853 und 1872 auf dem Pregelstrom und der Weichsel vorgekommenen Anschwellungen sind, soweit sie zeitlich zusammenfallen, von geringer Bedeutung, treten sonst aber in verschiedenen Monaten auf.

3. Eisverhältnisse und Schmelzwasserfluthen.

a) Bildung und Aufbruch der Eisdecke.

Der Abflußvorgang des Pregelstromes, mehr aber noch derjenige des Memelstromes und der Weichsel wird in hohem Maße durch die Eisverhältnisse beeinflusst, weil die Eisdecke hier in Folge des starken Frostes im Winter eine erhebliche Stärke erreicht und daher im Frühjahr bei Eintritt der Schmelzfluthen nur schwer aufbricht. Deshalb wird nicht nur während des ganzen Winters der Wasserpiegel durch das Eis verhältnißmäßig hoch angestaut, sondern es findet besonders bei dem Eisaufbruche und bei dem Eisgange meist ein außerordentlich hoher Aufstau des Wassers statt, der vielfach zu verderblichen Ueberschwemmungen führt.

Wie in den meisten fließenden Gewässern wird die Bildung der Eisdecke durch das Grundeisreiben eingeleitet. Nachdem sich die Lufttemperatur längere Zeit hindurch unter dem Gefrierpunkt gehalten hat, tritt zunächst Treiben von Grundeis ein, das sich bei anhaltendem Froste mehr und mehr verdichtet und schließlich an seichten Stellen, oder dort, wo die Geschwindigkeit des Wassers gering ist, festsetzt. Dann beginnt der Eisstand, der sich je nach der Masse des Grundeises schneller oder langsamer stromauf fortpflanzt. Die Zwischenräume zwischen den Grundeisshollen frieren zu, so daß eine vollständig geschlossene Eisdecke entsteht, welche sich durch die Einwirkung des Frostes im Winter mehr und mehr verstärkt. Vielfach setzen sich bei Eintritt des Eisstandes die Grundeisshollen nicht nur an einander, sondern schieben sich auch unter und durch einander, so daß zuweilen nicht unbeträchtliche Eisversetzungen entstehen, die oberhalb den Wasserstand während des Winters dauernd hoch halten. Vermehrt wird dieser Aufstau des Wassers noch dadurch, daß sich zumeist bei einer Eisversetzung starke Schlamm- und Maassen einfinden, welche die Zwischenräume zwischen den Schollen schließen und sich auch unter der Eisdecke festsetzen, so daß dann ein nicht unerheblicher Theil des Stromquerschnittes vom Eise gesperrt ist.

Vielfach bleibt die Eisdecke, die sich bei dem ersten anhaltenden Froste gebildet hat, nicht bestehen, sondern geht bei Wiedereintritt milderer Wetters wieder ganz oder zum Theil ab. Solche vorzeitigen Eisgänge kommen namentlich am Pregelstrome häufiger vor, wo sie sich zuweilen in einem Winter mehrfach wiederholen. Gelangt hierbei nicht die ganze Eisdecke zum Abgange, so finden unter

Umständen beträchtliche Zusammenschiebungen statt, die den Wasserpiegel hoch aufstauen. Bei Bildung einer neuen Eisdecke erlangt diese dann eine außerordentliche Breite, die den Eisauflbruch im Frühjahr ganz erheblich erschwert und zu bedrohlichen Stopfungen führt, wie dies im Jahre 1855 auf der untersten Strecke der Weichsel geschah, wo zahlreiche und verhängnißvolle Deichbrüche die Folge waren.

Zur Erleichterung des Eisganges werden zuweilen während des Winters Eissprengungen mit Pulver ausgeführt, während auf der preußischen Weichsel außerdem regelmäßig die Eisdecke durch Eisbrechdampfer von der Mündung aus soweit stromaufwärts aufgebrochen wird, als es die Umstände gestatten.

Der Aufgang des Eises im Frühjahr erfolgt unter dem Einflusse des steigenden Wassers, indem dabei die Eisdecke zunächst uferlos wird und in einzelne Tafeln von bedeutenden Abmessungen zerbricht, die dann bei dem weiteren Verschieben der Eismassen in mehr oder weniger große Schollen zertrümmert werden. Die Schollen schwimmen dann meist geschlossen stromab. Wo die Eisdecke größeren Widerstand leistet, oder wo sich andere Hindernisse im Strombett finden, schieben sich die Eismassen zusammen und in einander; es entsteht eine Eisstopfung, welche den Wasserabfluß beeinträchtigt und dadurch einen Aufstau des Wassers herbeiführt. Unter dem wachsenden Drucke desselben weicht dann gewöhnlich die Stopfung, zuweilen allerdings erst, nachdem der Aufstau zu ganz beträchtlicher Höhe angewachsen ist. Begünstigt wird die Ausbildung einer Stopfung an solchen Stellen, an denen das Wasser seitlich seinen Weg um diese nehmen kann und daher nicht schnell genug den zum Fortschieben der Eismassen nöthigen Druck entwickelt. Im Allgemeinen verläuft der Eisgang günstiger, wenn er sofort mit etwas höheren Wasserständen beginnt, weil dadurch der Eisauflbruch begünstigt wird und die gebrochenen Eismassen auch leichter über Hindernisse im Strombett hinfort kommen.

Da der Eisauflbruch erfolgt, sobald die Eisdecke uferlos wird, bedarf es zur Einleitung des Eisganges nur eines solchen Ansteigens des Wassers, daß der Zusammenhang zwischen Eisdecke und Ufer aufgehoben wird. Der Eisgang tritt daher schon meist bei stärkerem Ansteigen des Wassers ein, ehe noch die Hauptwassermassen in den Strom gelangt sind. Gewöhnlich folgt daher die eigentliche Fluthwelle des Schmelzwassers dem Eisgange; doch erreicht der Wasserstand beim Eisgange in Folge des Aufstaues vielfach eine größere Höhe, als die nachfolgende eisfreie Fluthwelle. Mitunter wird der Fortschritt des Eisganges durch Bildung zahlreicher Eisversetzungen und Stopfungen indessen so sehr verzögert, daß die eigentliche Fluthwelle den Eisgang einholt, was gewöhnlich eine erhebliche Steigerung der Wasserstände zur Folge hat.

b) Memelstrom.

Auf dem Memelstrome beginnt die Bildung des Grundeises gewöhnlich im November, zuweilen indessen auch erst im Dezember, während sie sich andererseits mitunter auch schon im Oktober einstellt. Nach den Aufzeichnungen an den preußischen Pegeln erfolgte die erste Eisbildung am häufigsten in der Zeit vom 16. bis 21. November. Vielfach führt aber das erste Grundeistreiben nicht zum

Eisstände, sondern es bildet sich erst später bei nochmaligem Eintritt von Eistreiben eine Eisdecke. Doch ist auch diese mitunter nicht von Bestand, sondern gelangt noch während des Winters wieder in Bewegung, wobei sich dann gefährliche Stopfungen bilden können, namentlich wenn während dieser Zeit wieder Frostwetter eintritt, wie beispielsweise im Jahre 1874. Die Eisdecke erlangt gewöhnlich die ansehnliche Stärke von 30 bis 40 cm; zuweilen wächst diese sogar bis 70 cm. Vielfach findet sich unter dem Kerneise auch Schlammeis vor, das mitunter eine mehr als 4 m starke Schicht bildet.

Auf der preußischen Stromstrecke bestand an den verschiedenen Pegeln durchschnittlich im Jahre an 78 bis 100 Tagen eine Eisdecke. Demgegenüber dauerte die Sperrung des Stromes durch Eisstand und Eisbewegungen etwa 125 bis 130 Tage, da der Strom gewöhnlich erst Ende März oder Anfang April vollständig eisfrei wurde. Die Eisbewegungen vor Eintritt des Eisstandes, während des Winters und bei dem Eisabgange dauerten also etwa 30 bis 50 Tage.

Der Eisauflbruch erfolgt, wie auch schon vorhin allgemein angegeben ist, gewöhnlich eher, als die Hauptmassen des von der Schneeschmelze herrührenden Wassers in den Strom gelangen. Es folgt daher meist dem Eisgange eine eisfreie Fluthwelle, die sogenannte Baumfluth. Wenn während der Schneeschmelze stärkere Niederschläge stattfinden oder das Abschmelzen des Schnees durch unregelmäßige Erwärmung ungleichmäßig vor sich geht, folgen mitunter auch mehrere Fluthwellen hinter einander. Andererseits kann aber auch in solchen Fällen, in welchen der Fortschritt des Eisganges durch wiederholte Eisversetzungen gehemmt wird, die eisfreie Fluthwelle jenen einholen und kommt dann in den unteren Stromstrecken nicht mehr zur Erscheinung.

Der Eisgang beginnt gewöhnlich am Mittleren Njemen und in der Wilja früher als am Oberen Njemen und an der Syczara; abgesehen von einzelnen Stellen, wo örtliche Eisbewegungen durch besondere Verhältnisse bedingt werden, erfolgt der Eisauflbruch am Oberen Njemen etwa 4 Tage, an der Syczara etwa 3 Tage, in der mittleren Wilja ungefähr ebenfalls 3 Tage, an der unteren Wilja etwa 1 Tag, bei Kowno 1 bis 2 Tage und auf der preußischen Stromstrecke 1 bis 3 Tage später als am Mittleren Njemen.

Auf der russischen Strecke sollen sich bei den Eisgängen öfters zwischen Kowno und Jurburg Eisversetzungen ausbilden, die indessen gewöhnlich nicht größeren Umfang anzunehmen scheinen. Auch auf der anschließenden preußischen Strecke bilden sich vielfach leichtere Eisversetzungen. Bedenkllichere Stopfungen entstehen in den Strombiegungen zwischen Ragnit und dem Tilsiter Schloßberge, zumal unterhalb des Rombinus das Wasser bei höherem Aufstau Abzug durch die Plajchkener Niederung nehmen kann. Am bedrohlichsten gestalten sich die Verhältnisse gewöhnlich an der ersten Stromtheilung bei Kallwen. Durch die Enge bei Karzewischken wird bei höheren Wasserständen ein Aufstau erzeugt, welcher weit stromauf reicht; vermehrt wird der Aufstau noch dadurch, daß die Wassermassen, die durch die Plajchkener Niederung ihren Weg nehmen und oberhalb Karzewischken wieder in den Strom gelangen, den Wasserspiegel ebenfalls heben. Durch den Aufstau wird das Gefälle erheblich vermindert, der Abgang des Eises also verzögert. Außerdem findet das Eis in der Krümmung des

Rußstromes unterhalb der Theilung Widerstand. Daher bilden sich gewöhnlich in der obersten Strecke des Rußstromes starke Stopfungen aus, welche sich bis über die Stromtheilung hinaus fortsetzen. Erfolgt hier bei wachsendem Wasserdrucke eine Lösung, so geht das Eis gewöhnlich in die Gilge, die wegen ihrer Unregelmäßigkeiten zur glatten Abführung des Eises schlecht geeignet ist und daher sehr häufig von gefährlichen Stopfungen heimgesucht wird. — Im Rußstrom bildet sich gewöhnlich oberhalb der Insel Raggeningken eine Eisversetzung; da aber, wie gesagt, die Hauptmassen des Eises gewöhnlich ihren Weg durch die Gilge nehmen, so ist diese Stopfung ohne wesentliche Bedeutung.

Aus Vorstehendem ergibt sich, daß der Eisgang besonders gefährdend in der obersten Strecke des Rußstromes und in der Gilge ist. Zahlreiche Brüche der Deiche des Memeldeltas und der Linkuhnen-Seckenburger Niederung geben Zeugniß von dem unheilbringenden Verlaufe des Eisganges auf diesen Stromstrecken. Ueber den Einfluß des Kurischen Haffes auf den Eisgang werden auf S. 313 noch einige Angaben gemacht.

c) Pregelstrom.

Am Pregelstrom und seinen Zuflüssen beginnt der Grundeisgang gewöhnlich etwas später als auf dem Memelstrome, zumeist im November und Dezember. Der Eisstand tritt im Allgemeinen im Dezember, seltener im November ein. Das Eis erreicht auf der Angerapp, der Alle und dem Pregelstrom eine Stärke bis zu 40 cm, ist aber auf der Inster im Allgemeinen erheblich schwächer. Die niedrigen Wiesen an der Inster und Angerapp sind gewöhnlich bei Eintritt des Frostes durch die herbstlichen Anschwellungen des Flusses mit einer dünnen Wasserschicht bedeckt, welche dann vielfach bis auf die Grasnarbe gefriert, so daß diese theilweise an der Eisdecke haftet und mit derselben vom Hochwasser losgerissen und fortgetragen wird.

Durch vorübergehende Erwärmung erfolgt auf dem Pregelstrom und seinen Zuflüssen vielfach schon im Winter vorzeitiger Eisgang, der aber bei Wiedereintritt von Frost ins Stocken geräth. Dabei entstehen in schärferen Stromkrümmungen, an engen Stellen, vor Brücken und bei sonstigen Abflußhindernissen vielfach Eisversetzungen, welche den Wasserstand während der folgenden Zeit dauernd hoch erhalten.

Der Ausbruch des Eises im Frühjahr erfolgt, bevor der Scheitel der Fluthwelle eintritt; da aber das Wasser meistens sehr schnell wächst, so folgt die höchste Erhebung des Wassers gewöhnlich dem Eisgange unmittelbar; vielfach erreicht sie, ja überholt denselben sogar. Der Abgang des Eises erfolgt im Allgemeinen sehr leicht, häufig bei mittelgroßen, mitunter sogar bei Wasserständen, die nicht einmal ausufern. Auch die etwa vorhandenen Eisversetzungen lösen sich dabei leicht und gehen ab, ohne erheblichen Schaden zu verursachen. Auch sonst sind die Schäden, welche der Eisgang bringt, im Allgemeinen gering; vielmehr sind die Schmelzwasserfluthen meist dadurch sehr nützlich, daß sie ihre fruchtbaren Sinkstoffe auf den überschwemmten Ländereien ablagern.

Der Eisaufgang erfolgt gewöhnlich in der Zeit von Mitte Februar bis Anfang März, und zwar vielfach fast genau zugleich mit dem Eisaufluge im

Njemengebiet, besonders auf der Wilja. In einzelnen Jahren stimmte der Beginn des Eisganges in den beiden Strömen bis auf den Tag überein, was darauf hindeutet, daß im Frühjahr die Witterungsverhältnisse wenigstens im westlichen Theile des Njemengebietes von denjenigen des Pregelgebietes nicht erheblich abweichen.

Die Einwirkung der Haffe auf die Eisgänge wird auf S. 313 kurz geschildert.

d) Weichselstrom.

Wie im Bd. III S. 503/9 näher dargelegt ist, muß eine Statistik über Bildung und Aufbruch des Eises für den Weichselstrom und seine Nebenflüsse im Auslande vor der Hand noch sehr lückenhaft bleiben. Jedoch scheint es, daß der Eisstand in den oberen Stromstrecken durchschnittlich annähernd zu der gleichen Zeit beginnt wie in der preußischen Weichsel, nämlich gegen Weihnachten. Warschau hat in dieser Beziehung vor Krakau, wo erst der 25. Dezember selbst den mittleren Beginn der Eisbedeckung bringt, einen Vorsprung um etwa eine Woche; freilich sind ebenso viele Fälle zu zählen, in denen die Eisdecke bei Krakau früher entstand als bei Warschau wie umgekehrt. Beim Aufbruche des Eises geht dagegen die Obere Weichsel fast immer der Mittleren voran. Die Frist, in welcher der Eisaufbruch sich von Krakau nach Warschau fortpflanzt, kann sehr verschieden sein, beträgt aber in den Fällen, in denen ein innerer Zusammenhang zwischen den Erscheinungen in beiden Stromstrecken überhaupt anzunehmen ist, am häufigsten 5 Tage (vergl. Bd. III S. 506). Im Ganzen pflegt die russische Weichsel 112 bis 114 Tage, die Obere Weichsel aber etwa 108 Tage durch Eis gesperrt zu sein. Für die preußische Weichsel ergibt sich eine mittlere Frist von 108 bis 111 Tagen. Ueberall tritt schon Wochen lang, bevor das Eis zum Stehen kommt, treibendes Grundeis im Strome auf. Dagegen vergeht überall etwas kürzere Zeit nach dem endgültigen Aufbruch der Eisdecke, bis der Strom vollständig vom Eise befreit ist. Meist geschieht dies also im März, zuweilen jedoch auch schon im Februar, manchmal indessen auch erst im April. Wenn der Eisgang in der Unteren Weichsel bereits beendet ist, pflegt noch das sogenannte „polnische Eis“ abzuschwimmen, das aus den unteren Strecken des Narew und Bug stammt (vergl. Bd. III S. 458).

Die Schmelzwasserfluthen, die den Eisgang hervorrufen, verlaufen in vieler Hinsicht ähnlich wie die oben beschriebenen Sommerhochfluthen, so daß wir uns auf eine kurze Hervorhebung der Abweichungen beschränken können. In der Hauptsache kommen diese darauf hinaus, daß jetzt das Flachland die maßgebende Einwirkung ausübt, das Gebirge aber in den Hintergrund tritt. Manche Flüsse, z. B. die Wisloka und der San, bleiben in ihrer Gebirgstrecke oft nahezu ohne Erregung, während sie in den unteren Strecken um mehrere Meter anschwellen. Der oben schon betonte Umstand, daß gerade die den Beskiden und dem Hügellande angehörigen Gebietstheile den Dunajec so stürmisch in den Verlauf der Sommerhochwasser eingreifen lassen, sichert diesem Flusse auch bei den Schmelzwasserfluthen eine große Bedeutung. Im Ganzen verlaufen diese aber etwas langsamer als die Sommerhochfluthen. Dabei kommt es öfters vor, daß der

erste entscheidende Vorstoß des Frühlings nur bis zu einer gewissen Meereshöhe hinauf geht, während dann eine zweite plötzliche Erwärmung über diese hinaus greift. Auf diese Weise mag die Aufeinanderfolge der so verderblich gewordenen Fluthwellen in den Frühjahr Jahren 1888 und 1889 veranlaßt worden sein, die in Bd. III S. 509/17 und Bd. IV S. 248/54 beschrieben, sowie im Atlas Bl. 44 und 45 bildlich dargestellt ist. In solchen Fällen können sich dann auch die sonst gewöhnlich mehrere Tage später an der Narewmündung eintreffenden Fluthwellen des Narew und Bug (vergl. Bd. III S. 457) mit denen des Hauptstromes vereinigen. Aber auch, wenn dies nicht geschieht, üben die großen, nachhaltig zufließenden Wassermassen dieser bedeutenden Nebenflüsse eine wesentliche Einwirkung auf die Form der Weichselsfluthwelle aus, deren Rücken durch diese kräftige Speisung lang gedehnt und abgeflacht wird.

Diesem Umstande ist es wohl hauptsächlich zuzuschreiben, daß in der Unteren Weichsel die Hauptwelle gewöhnlich nach der Vorwelle, die den Eisaufbruch verursacht und den Eisgang bewirkt hat, bei nahezu oder gänzlich eisfreiem Wasser eintritt (vergl. Bd. IV S. 225/6). Wird aber der Fortschritt des Eisganges durch Versezungen und Stopfungen gehemmt, so holt ihn die Hauptwelle in der preußischen Stromstrecke ein. Das eisfreie Hochwasser folgt dann unmittelbar nach dem Eisgange, oder es fällt auch die höchste Erhebung mit diesem zusammen, so daß hinterher ein stetiges Fallen stattfindet. In der Regel zeigen sich allerdings später noch einige kleinere Erhebungen, die theils von der Vermehrung des Wasserzuflusses in Folge stärkeren Thauwetters oder größerer Niederschläge, theils von dem späteren Eintreffen des Hochwassers aus dem Narew und Bug herrühren, deren Welle zuweilen dem Rücken der Weichselsfluthwelle einen besonderen, meist niedrigeren Scheitel aufsetzt (vergl. Bd. III S. 457). Wenn jedoch das Thauwetter durch Frost unterbrochen wird, und wenn später größere Niederschläge auftreten, so können die nachfolgenden Wellenscheitel ebenso große oder auch noch größere Höhe annehmen als die erste eisfreie Welle.

In der preußischen Stromstrecke ist der Eisaufbruch und der Verlauf des Eisganges durch den planmäßigen Ausbau des Stromes wesentlich erleichtert worden (vergl. Bd. IV S. 240/2). Besonders ungünstig wird der Eisgang durch die Stromtheilung bei Pieckel beeinflusst. Namentlich ist es gefährvoll, wenn er sich in die Nogat wendet, was leicht geschehen kann, da sie bei ihrer Abmündung stärkeres Gefälle hat als die Getheilte Weichsel unterhalb der Stromtheilung, zumal der Wind häufig das treibende Eis nach der Abzweigung hin drängt. Für die Nogat ist ein solcher Eisgang deshalb mit großen Gefahren verknüpft, weil das Gaff zur Zeit des Eisganges sich meist noch in der Winterlage befindet, weil die ungünstige Gestalt des Hochwasserbettes den glatten Verlauf behindert, und weil die Ueberfälle in der Einlage (so nothwendig sie auch unter den jetzigen Verhältnissen sind) auf den Abgang des Eises nachtheilig einwirken. Man bemüht sich daher, den Haupteisgang möglichst von der Nogat abzuhalten. Recht segensreich haben sich in dieser Beziehung neuerdings die in der Weichsel vorgenommenen Eisbrecharbeiten erwiesen, deren nächstes Ziel, die Freilegung der Getheilten Weichsel von der Mündung bis zur Nogatabzweigung bei Pieckel

durch künstlichen Eisausbruch, in den letzten Jahren fast immer erreicht worden ist.

e) Gegenseitige Beziehungen der drei Ströme.

Die nachstehende Zusammenstellung giebt, wie diejenige auf S. 300 für die Sommerfluthen, eine Uebersicht darüber, inwieweit seit dem Jahre 1850 in den drei Gebieten des Memel- und Pregelstromes und der Weichsel die wichtigsten Schmelzwasserfluthen zusammengefallen sind. Die je in der dritten Spalte aufgeführten Ordnungszahlen zeigen für jeden einzelnen Strom die Bedeutung der Fluth an, und zwar für den Memelstrom und die Weichsel in Bezug auf die unteren Stromstrecken, für den Pregelstrom, bei dem die Verhältnisse im ganzen Gebiete sehr gleichartig sind, in Bezug auf den ganzen Flußlauf und auf seine hauptsächlichsten Zuflüsse.

Memelstrom			Pregelstrom			Weichsel		
Jahr	Tag und Monat	Ordnungszahl des Hochwassers	Jahr	Tag und Monat	Ordnungszahl des Hochwassers	Jahr	Tag und Monat	Ordnungszahl des Hochwassers
1853	11. April	7	1850	7. März	8	1850	25. Februar	13
						1854	18. März	8
			1855	5. April	13	1855	28. März	1
1862	3. April	2	1862	31. März	3			
1865	9. April	4						
			1868	21. Januar	10			
			1868	1. März	2			
			1871	10. März	4	1871	3. März	5
1875	11. April	11				1876	29. Februar	11
1877	1. April	6	1877	29. März	5	1877	26. März	7
						1879	20. Februar	6
1880	6. März	10	1880	4. März	9	1880	10. März	12
1883	14. April	9						
1886	2. April	3	1886	31. März	6	1886	7. April	9
1888	2. April	1	1888	30. März	1	1888	25. März	2
1889	14. April	5	1889	6. April	7	1889	29. März	3
1891	19. März	6	1891	16. März	12	1891	15. März	4
			1893	17. März	11			
						1895	31. März	10

Die größte Schmelzwasserfluth der Weichsel vom Jahre 1855, die allerdings erst in der untersten Stromstrecke ihre volle Bedeutung erlangte, ist hiernach nur von einer kleinen Fluth auf dem Memelstrom begleitet gewesen. Dagegen zeigte das Jahr 1888 auf allen drei Strömen Fluthen von bedeutender Größe. Auch das Jahr 1889 brachte für die Weichsel eine große Hochfluth, für den Memel- und Pregelstrom Fluthen mittlerer Größe. Höhere Anschwellungen, wenn auch von wechselnder Wichtigkeit, traten außerdem auf allen drei Strömen zugleich noch in den Jahren 1877, 1880, 1886 und 1891 auf.

Der Memel- und der Pregelstrom allein hatten im Jahre 1862 gemeinsam ein beträchtliches Hochwasser, während der Pregelstrom und die Weichsel außer in dem Jahre 1855, noch in den Jahren 1850 und 1871 zugleich Hochfluthen, allerdings von geringerer Bedeutung aufwiesen. Der Pregelstrom steht demnach zu jedem der beiden anderen Ströme in Beziehung, während diese unter sich außer den allen drei Gebieten gemeinsamen Fluthen gleichzeitig keine größeren Anschwellungen aufweisen.

IV. Aenderungen des Abflußvorganges im Mündungsgebiete.

Der Memelstrom mündet mit allen Mündungsarmen in das Kurische Haff, der Pregelstrom durch die Deime ebenfalls in das Kurische Haff, durch den Unterpregel in das Frische Haff, in das auch die von der Weichsel abgezweigte Nogat einmündet, während ihr Hauptarm unmittelbar in die Ostsee fließt. So stehen also einerseits Memel- und Pregelstrom durch das Kurische Haff und andererseits Pregelstrom und Weichsel durch das Frische Haff mit einander in Beziehung.

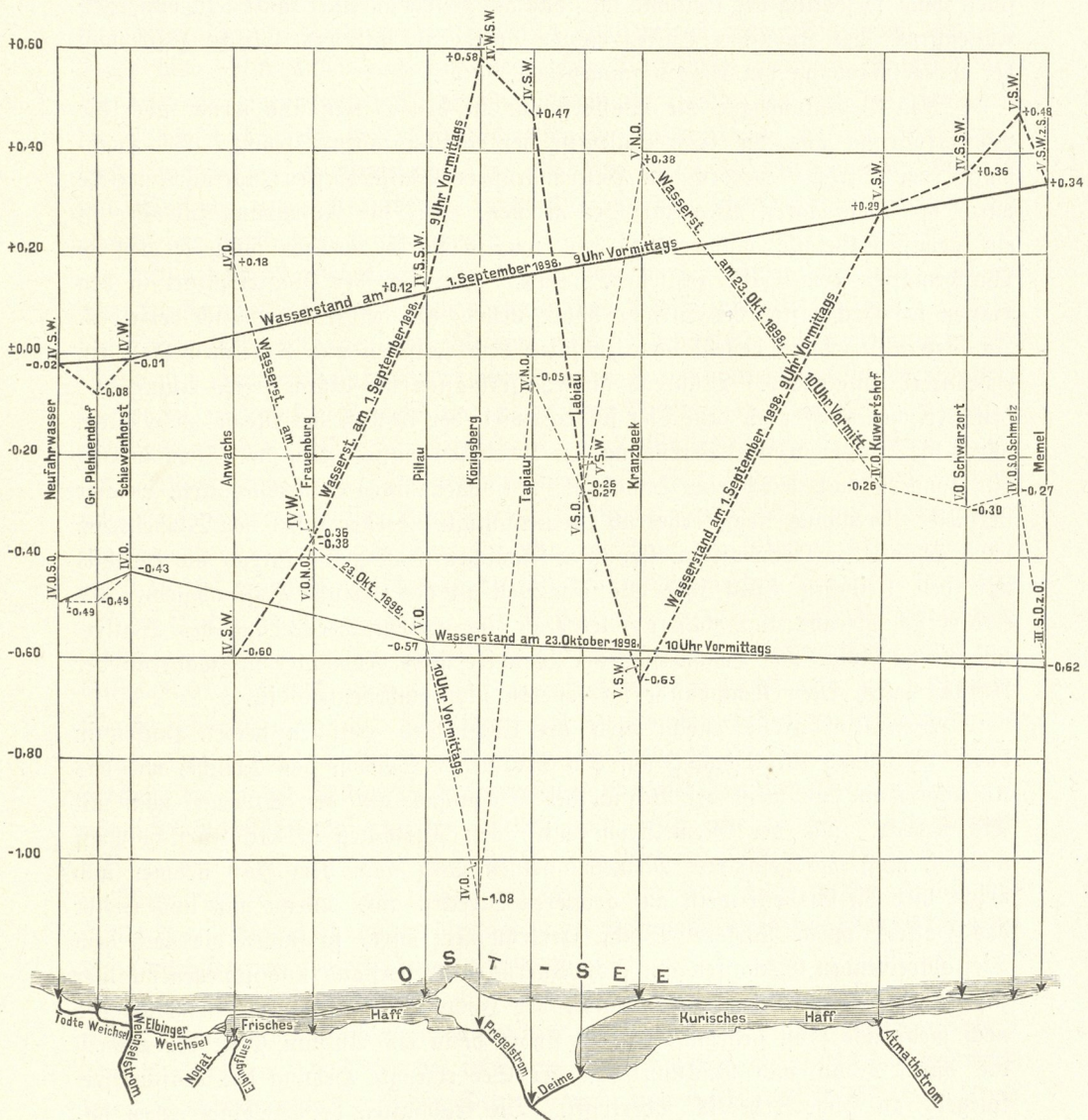
Die großen Wasserflächen der Haffe und der Ostsee, die wesentlich anderen Bedingungen unterliegen als die Binnenströme und daher in Bezug auf den Wechsel der Wasserstände und die Eisbedeckung auch wesentlich andere Verhältnisse aufweisen, wirken auf die untersten Stromstrecken in bedeutendem Maße ein und verändern daher hier das Bild des Abflußvorganges wesentlich. Hierbei zeigen jedoch die drei Ströme erhebliche Unterschiede. Während die beiden Hauptarme des Memelstromes in dasselbe Becken einmünden und daher annähernd immer in demselben Sinne beeinflusst werden, münden die beiden Arme des Pregelstromes und der Weichsel je in ein anderes Becken, stehen daher unter verschiedenartiger Einwirkung. Der Trennungspunkt der beiden Mündungsarme der Weichsel liegt zudem so hoch, daß eine Veränderung der Abflußverhältnisse in der untersten Strecke des einen Armes keine Rückwirkung auf die Wasserführung des anderen Armes ausübt; wohl aber können die Eisverhältnisse an der Mündung des einen Armes auf diejenigen des anderen wirken. Beim Pregelstrom liegt dagegen der Trennungspunkt der beiden Arme so niedrig, daß vielfach die Zustände eines Haffes beide Mündungsarme beeinflussen.

Wie schon oben angedeutet, sind es einerseits die Wasserstands- und andererseits die Eisverhältnisse der Ostsee und der beiden Haffe, welche Einwirkungen auf die untersten Strecken der Ströme äußern. Im Nachfolgenden sollen diese beiden Wirkungen gesondert von einander betrachtet werden.

Der Wasserstand in der Ostsee hängt allein von der Luftdruckvertheilung und von der durch diese bedingten Stärke und Richtung des Windes ab. Ist die Luftdruckvertheilung derartig, daß starke westliche und nördliche Winde entstehen, so hebt sich an der hier in Frage stehenden Küste der Wasserstand, während er bei Winden zwischen Süd und Ost im Allgemeinen sinkt. Durch

den Wasserstand der Ostsee wird nun wiederum der Wasserstand in den Haffen bedingt, indem bei Aufstau in der See Wasser durch die Tiefe bei Pillau und Memel nach den Haffen abfließt und hier den Wasserstand hebt. Sinkt umgekehrt der Wasserstand in der See, so fließt durch die Tiefe Wasser aus den Haffen nach der See ab. Außer dem Zu- und Abfluß von und nach der See wirken die Winde, welche die Höhe des Wasserstandes in der Ostsee bedingen, auch unmittelbar auf die Wasserstände in den Haffen ein, und zwar hier wegen der geringeren Wassertiefe in viel höherem Maße als in der Ostsee. Vornehmlich sind in dieser Beziehung die Winde in der Längsrichtung der Hafte von Bedeutung. Diese treiben das Wasser von einem Ende des Haffes zum anderen, senken also auf der Leeseite den Wasserstand und erzeugen auf der Luiseite einen

Abb. 11.



Aufstau. Die Wirkung in Bezug auf die Wasserstandsunterschiede ist also eine doppelte und daher sind diese hier bedeutend größer als in der Ostsee.

Sehr gut bringt diese Verhältnisse die Abbildung 11 zur Darstellung, welche die Wasserstandshöhen für zwei Tage im Herbst 1898 an verschiedenen Pegeln der Ostsee, der Haffe und der einmündenden Ströme wiedergiebt, und zwar sowohl bei einem starken östlichen wie bei einem starken westlichen Winde. Neben der Wasserstandshöhe ist an den einzelnen Pegelstellen noch die Windrichtung und Windstärke (nach der kleinen Skala) angegeben, so daß man ohne Weiteres den verschiedenartigen Einfluß des Windes auf den Wasserstand der See und der Haffe erkennen kann. Aus der Darstellung ergibt sich auch der für die Abflußverhältnisse des Pregelstroms wichtige Umstand, daß die Einwirkung des Frischen Haffes auf den Pregelarm größer ist als die des Kurischen Haffes auf die Deime. Hierbei spielt wohl wesentlich der Umstand mit, daß die Deime an einer sanft geschwungenen Küstenstrecke des Kurischen Haffes mündet, während sich das Frische Haff nach der Pregelmündung hin eng zusammenzieht.

Von Bedeutung für die Wasserstände in den Haffen sind ferner noch die Wasserführung und die Eisverhältnisse der einmündenden Ströme. Bei Hochwasser der Ströme werden den Haffen größere Wassermassen zugeführt, welche durch die Tiefe ihren Weg zur See nehmen. Für die Abführung zur See ist ein gewisses Gefälle nothwendig, das um so stärker werden muß, je größere Wassermassen dem Haffe zufließen. Daher muß sich der Wasserspiegel in den Haffen bei Hochwasser der Ströme höher stellen, als bei Niedrigwasser derselben. In dieser Beziehung besteht aber zwischen dem Frischen und Kurischen Haff ein erheblicher Unterschied. Während die Wassermassen bei Pillau freien Abzug aus dem Frischen Haff nach dem Tief finden, wird der Abfluß bei Memel nicht allein durch die trichterförmige Verengung des Kurischen Haffes nach der Ausmündung hin, sondern auch durch eine Sandbank, den sogenannten Schweinerücken, welcher in dieser Verengung liegt, erheblich beeinträchtigt. Ferner führt der Memelstrom seine gesammten Hochwassermassen dem Kurischen Haff zu, während die Weichsel nur den kleineren Theil ihre Wassermassen an das Frische Haff abgiebt. Es erklärt sich hieraus auch, daß am letzteren eine wesentliche Hebung des Wasserspiegels in Folge von Hochwasser der Weichsel nicht beobachtet ist, während der Aufstau durch Memelhochwasser im ersteren nicht unbedeutend ist.

Wesentlich größer noch wird der Unterschied zwischen beiden Haffen in dieser Beziehung bei Eisgang auf den Strömen. Sowohl das Frische, wie das Kurische Haff sind meist bei Beginn des Eisganges auf den Strömen noch mit Eis bedeckt. Da der Memelstrom mit allen Ausläufen in das Kurische Haff mündet, muß das gesammte Memeleis seinen Weg nach dem Haff nehmen und bricht hier die Eisdecke meist auf größeren Strecken auf. Wenn nun auch weiter das Haffeis durch stärkere Winde zertrümmert wird, so finden die nach dem Tief abtreibenden Eismassen am Schweinerücken Widerstand und schieben sich hier zusammen. Dadurch wird der Abfluß der Hochwassermassen des Memelstromes noch mehr wie sonst gehemmt und es findet dann ein Aufstau statt, der zumeist die durch Wind und Rückstau von der See erzeugte Hebung des Haffwasserspiegels an Höhe erheblich übertrifft. Die Eismassen der Weichsel gehen da-

gegen meistens in der Hauptsache durch die Getheilte Weichsel nach der Ostsee, zumal in neuerer Zeit durch den künstlichen Eisaufbruch der Eisgang auf diesem Stromarme sehr erleichtert wird. Vollzieht sich aber der Eisgang auch zum Theil nach der Nogat hin, so gelangt er nicht unmittelbar zum Haff, denn er nimmt oberhalb der Enge bei Zeier seinen Weg durch die Ueberfälle nach der Einlage (vergl. S. 314). Aus dieser treten dann die Wasser- und Eismassen durch die Ausfälle nach dem Haff hin aus; doch geschieht dies meist so allmählich, daß die Eisdecke des Haffes fast immer nur in nächster Nähe der Ausfälle aufbricht. Aber selbst, wenn hier ein umfangreicher Eisaufbruch stattfindet und in Folge davon das Eis auch auf der untersten Strecke der Nogat zum Abgang kommt, schieben sich die Eismassen vor den Nogatausmündungen zu einer Barre zusammen. Dann entsteht wohl zuweilen ein nicht unerheblicher Aufstau des Wassers, erstreckt sich aber nur auf die Hafffläche innerhalb der Eisbarre und auf die hier einmündenden Wasserläufe, namentlich auch nach der Tiege hin. Nur unter ganz ungewöhnlichen Umständen wird ein Aufbruch des Haffeises in seiner ganzen Ausdehnung durch das Hochwasser und die Eismassen der Weichsel bewirkt, wie beispielsweise im Jahre 1855, wo die gesammten, hoch aufgestauten Hochwassermassen, nachdem die Deichbrüche bei Gr.-Montau und Glosowo eingetreten waren, ihren Weg in den Marienburger Werder und aus diesem durch das Haff nahmen.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß in der Ostsee und mehr noch in den Haffen beträchtliche Schwankungen des Wasserspiegels eintreten. Jedoch sind diese Schwankungen bei Weitem nicht so bedeutend wie diejenigen in den Strömen. Daraus folgt, daß in den untersten Stromstrecken, wo sich der Wasserspiegel des Stromlaufes mehr und mehr dem Wasserspiegel der Mündungsbecken nähern muß, die Gefälle bei verschiedenen hohen Wasserständen im Strome erhebliche Abweichungen von einander aufweisen müssen, und zwar derart, daß sie sich mit steigenden Wasser vergrößern. Während das Gefälle im Memelstrome in den oberen preußischen Strecken nur innerhalb der Grenzen von etwa 0,10 bis 0,12 ‰ schwankt, beträgt es im Almathstrome zwischen Ruß und Ruwertshof bei Niedrigwasser 0,009 ‰, bei Mittelwasser 0,021 ‰ und bei Hochwasser 0,120 ‰, ebenso in der untersten Strecke der Gilge zwischen Seckenburg und Gilge 0,013, 0,027 und 0,064 ‰. Das Gefälle wächst also mit steigendem Wasser, bleibt aber mit Ausnahme des Hochwassergefälles zwischen Ruß und Ruwertshof unter dem Durchschnittsgefälle des oberen Laufes. In den Stromstrecken, die in den beiden Mündungsarmen oberhalb der eben bezeichneten liegen, nämlich im Rußstrom zwischen Sellen und Ruß und in der Gilge zwischen Sköpen und Seckenburg ist das Gefälle bei Niedrig-, Mittel- und Hochwasser: im Rußstrom 0,031, 0,061 und 0,162 ‰, in der Gilge 0,028, 0,055 und 0,204 ‰. Es wächst daher hier sogar bei Hochwasser erheblich über das Durchschnittsgefälle der oberen Strecken hinaus.

Auf dem Oberpregel bleibt das Gefälle bei verschiedenen hohen Wasserständen innerhalb der Grenzen von 0,148 und 0,162 ‰. Im Unterpregel hebt es sich aber von 0,011 ‰ bei mittlerem Niedrigwasser auf 0,046 ‰ bei mittlerem Hochwasser und auf der Deime ebenso von 0,010 auf 0,047 ‰. Trotz

der bedeutenden Zunahme bleibt es also in beiden Fällen hinter dem mittleren Gefälle des Oberpregels zurück.

Für den Weichselstrom kann ein ähnlicher Vergleich nur bezüglich des östlichen Mündungsarmes, der Nogat, angestellt werden, da die unterste Strecke des anderen Mündungsarmes, der Getheilten Weichsel, in ihrer jetzigen Gestalt erst seit 1895 besteht und größere Hochwasser seit dieser Zeit noch nicht eingetreten sind. In der untersten Strecke des früheren Laufes waren die Gefällverhältnisse jedoch so, daß bei mittleren und kleineren Wasserständen des Stromes das Gefälle außerordentlich gering war, bei höheren Wasserständen aber das Gefälle der oberen Strecken ganz beträchtlich überstieg. Auf der Nogatstrecke zwischen Kraffohlschleuse und Anwachs beträgt das Gefälle bei Niedrigwasser 0,010 ‰, bei Mittelwasser 0,058 ‰ und bei Hochwasser 0,283 ‰, während das Gefälle in der Nogat auf der Strecke von Bieckel bis Marienburg nur innerhalb der Grenzen von 0,186 ‰ bis 0,235 ‰ schwankt. Das Niedrig- und Mittelwassergefälle ist daher ganz erheblich kleiner, das Hochwassergefälle aber größer als das Gefälle der oberen Strecke.

Bei einem Aufstau des Wassers in der Ostsee und in den Häfen tritt in den untersten Stromstrecken ein Rückstau ein, der um so weiter stromauf reicht, je größer einerseits der Aufstau in den großen Wasserbecken und je kleiner andererseits der Wasserstand in den Strömen ist. — In den Mündungsarmen des Memelstromes geht der Rückstau bei kleineren Wasserständen des Stromes bis etwa Schafunellen am Rußstrom und bis Sköpen an der Gilge; bei höheren Wasserständen beschränkt er sich aber im Altmath- und Skirwiethstrom nur auf die unterste Strecke, während er in der Gilge noch bis etwa Marienbruch aufwärts geht. — Am Pregelstrom reicht der Hauffstau vielfach bis über die Theilungsspitze hinaus, so daß dann ein erheblich größerer Theil des Pregelwassers als sonst seinen Weg durch die Deime nimmt. Der umgekehrte Fall, daß nämlich der Aufstau des Kurischen Häffes sich in der Deime bis zur Theilung aufwärts bemerkbar macht, kommt seltener und nur bei kleinen Flußwasserständen vor. Es liegt dies daran, daß, wie schon oben hervorgehoben wurde, der Aufstau bei der Küstenstrecke des Kurischen Häffes, an welcher die Deime mündet, verhältnißmäßig gering bleibt. Während nämlich bei geringem Flußwasserstande der Wasserstand des Unterpregels am Pegel zu Wehrdamm durch den Stau des Frischen Häffes bis zu 2,4 m gehoben wird, beträgt der größte Aufstau bei Labiau vom Kurischen Häffe her nur etwa 1,0 m. Bei Hochwasser im Flusse ermäßigt sich der Aufstau in der Mündungstrecke des Unterpregels bis auf etwa 1,4 m und in derjenigen der Deime auf etwa 0,8 m.

Auf der Nogat geht der Stau des Frischen Häffes bei kleinem Wasser im Strome bis über Volksdorf hinauf, während er bei höheren Stromwasserständen nicht über die Kraffohlschleuse hinausgeht und bei großem Hochwasser wahrscheinlich nur bis in die Mündungstrecke hinein reicht. In der Getheilten Weichsel erstreckt sich unter den jetzigen Verhältnissen, die allerdings noch in der Umbildung begriffen sind, der Rückstau der Ostsee bis über die Bröscker Wachtbude hinaus, würde sich aber auch hier bei größerem Hochwasser des Stromes wohl nur in der Mündungstrecke bemerklich machen.

Neben dem Verhalten des Wasserstandes in der Ostsee und in den Häffen sind, wie oben angegeben wurde, die Eisverhältnisse derselben von Einfluß auf den Abflußvorgang in den untersten Stromstrecken, ganz besonders auf den Eisgang der Ströme. — Die Häffe pflegen sich bald nach Eintritt stärkeren Frostes, wenn nicht heftiger Wellenschlag dies vorübergehend verhindert, mit einer Eisdecke zu überziehen, die sich im Laufe des Winters meist soweit verstärkt, daß sie von Schlitten befahren werden kann. Fast immer befindet sich diese Eisdecke noch in der Winterlage, wenn der Eisgang auf den Strömen beginnt. — Auf der Ostsee bildet sich gleichfalls unter der Einwirkung strenger Kälte Eis; aber äußerst selten und nur in ruhigeren Buchten entsteht eine feste Eisdecke. Meist handelt es sich um Treibeis, das aber durch den Wind zuweilen, wie beispielsweise im Frühjahr 1888 in der Danziger Bucht, zu ausgedehnten Eisfeldern zusammengeschoben werden kann. Indessen trifft die Bildung eines solchen Eisfeldes sehr selten zeitlich mit dem Eisgange zusammen, was allerdings 1888 geschah.

Wie schon vorhin bei der Besprechung der Einwirkung der Eisverhältnisse auf den Aufstau des Kurischen Häffes erwähnt wurde, bricht meist das Eis des Memelstromes das Häffeis auf größeren Strecken auf. Treten dabei aber starke westliche Winde ein, so wird das Eis in die Strommündungen und nach der Küste zurückgetrieben und thürmt sich hier stellenweise zu Eismällen auf. Andererseits wird zuweilen die Häffeisdecke vor Beginn des Eisganges durch Wind und Wellenschlag aufgebrochen, so daß der Eisgang seinen Weg ungehindert zum Häff nehmen kann. Das abgehende Häff- und Stromeis findet jedoch, wie schon erwähnt, fast immer in der trichterförmigen Verengung und an dem Schweinerücken Widerstand, erzeugt daher einen Aufstau des Häffes und einen Rückstau nach dem Memelstrom, so daß hier, trotzdem der Eisgang beendet ist, doch noch durch die Eismassen eine Hebung der Wasserstände in den untersten Strecken erfolgt.

Die Strecke des Frischen Häffes und des Unterpregels zwischen Pillau und Königsberg wird gewöhnlich durch Eisbrechdampfer im Winter offen gehalten, so daß der in den Unterpregel hinein gelangende Eisgang sich nach dem Häffe hin vollziehen kann. Doch werden durch widrige Winde zuweilen die gebrochenen Schollen wieder stromauf getrieben. Das Eis des Kurischen Häffes befindet sich dagegen zur Zeit des Eisaufbruches in der Deime zumeist noch in der Winterlage, weshalb die durch diesen Flußarm abgeführten Eismassen sich vor die Mündung lagern. Auch hier werden durch den Aufstau des Häffes und durch Wind diese zuweilen wieder stromauf geführt. Trifft eine größere Schmelzwasserfluth mit dem Aufstau des Häffes zusammen, so ergeben sich sehr hohe Wasserstände; in Folge eines solchen Zusammentreffens ist z. B. im Jahre 1829 bei Labiau der bisher bekannte Höchststand des Wassers eingetreten.

Bezüglich des Eisganges auf der Weichsel wurde schon vorhin erwähnt, daß in Folge des künstlichen Eisaufbruches der Eisgang meist in der Getheilten Weichsel einen freien Weg vorfindet und daher dann auch durch diesen Arm seinen Weg zur See nimmt. Der Aufgang des Nogateises erfolgt gewöhnlich erst, wenn die Haupteismassen des oberen Stromes vorübergegangen sind. Ge-

lingt es aber in Folge widriger Umstände nicht, die Getheilte Weichsel rechtzeitig vom Eise zu befreien, so kann sich der ganze Eisgang, wie im Jahre 1888, nach der Nogat hin vollziehen, die für die gefahrlose Abführung größerer Eismassen vollständig ungeeignet ist. Das Haffeis liegt bei Beginn des Eisganges noch zumeist fest; außerdem hat auch der Eisgang in letzter Zeit überhaupt nicht die Eisdecke der Nogat bis zum Haffe hin aufgebrochen, sondern ist oberhalb der Enge bei Zeier durch die Ueberfälle nach der Einlage hin abgegangen. Wie der Eisgang von hier nach dem Haffe stattfindet und die Eisdecke desselben aufbricht, ist bereits oben erwähnt. Bemerkt werden muß aber noch, daß der Austritt des Eises aus der Einlage nach dem Haffe und der Eintritt des Eises in die Einlage aus der Nogat sich meist nicht glatt vollzieht, sondern daß dabei vielfach Stockungen eintreten. Wenn dann die Ueberfälle nach der Einlage mit Eis versetzt werden, so pflanzt sich die Eisversetzung auch sehr häufig in der Nogat stromauf fort und führt zu einer Stopfung, die von den verderblichsten Folgen für die anliegenden Niederungen sein kann. Zuweilen hat schon das Eis der Nogat allein hingereicht, Gefahren für die Deiche herbeizuführen. Der Ausbruch des Eises bei Zeier erfolgt meist erst, nachdem die Haupteismassen des Eises nach der Einlage abgegangen sind. Trotzdem entstehen doch zuweilen bei den vielfachen Theilungen der unteren Nogat Eisversetzungen, welche die anliegenden Deiche gefährden. Die vollständige Lösung des Eises in den Mündungsarmen geschieht meist sehr spät, so daß die Nogat im Allgemeinen erst gänzlich eisfrei wird, nachdem der Haupteisgang auf dem Strome längst vorüber ist.

V. Wassermengen.

1. Messungen der Wassermengen.

Angaben über Wassermengen findet man wohl in größerer Zahl für den preussischen und österreichischen Gebietsantheil des Memel- und Pregelstromes und der Weichsel; für den russischen Antheil sind dagegen nur wenige unzuverlässige Mittheilungen vorhanden. Die zahlreicheren Angaben für die preussischen und österreichischen Gebiete beruhen indessen auch nicht durchweg auf Messungen, sondern sind zum großen Theil nur aus Messungen durch Rechnung abgeleitet. Namentlich trifft dies für die Angaben über Hochwasser zu; mit Ausnahme der Strecke der Weichsel in Preußen, für welche die Ermittlung der Hochwassermengen auf Schwimmermessungen beruht, sind für alle anderen Stellen die Hochwassermengen berechnet. Dabei scheinen die Rechnungen zuweilen, namentlich in Betreff der auf österreichischem Gebiet gelegenen Nebenflüsse und Stromstrecken, zu große Werthe geliefert zu haben.

Die Messungen an den einzelnen Stellen sind nur an den untersten Stromstrecken der drei Ströme so zahlreich, daß sich aus ihnen für eine größere Spanne der Wasserstandsschwankungen Wassermengenlinien ableiten lassen. In Band II sind für die Pegelstellen Schmalleningken und Tilsit am Memelstrome

solche Wassermengenlinien zur Darstellung gelangt; auf S. 320 djs. Bandes ist diejenige für Tilsit noch entsprechend den vorhandenen Berechnungen bis zu den äußersten Wasserständen ergänzt, wobei aber, wie später erwähnt, nothwendig wurde, gewisse willkürliche Annahmen zu machen.

Für den Pregelstrom ist aus den neuerdings in der Nähe der Theilung ausgeführten Messungen auf rechnerischem Wege die Beziehung zwischen den Wasserständen und den Abflußmengen festgesetzt; es ergaben sich dann für den Pegelstand y bei Wehlau die Wassermengen q_1 im ungetheilten Flusse, q_2 in dem Pregelstrom unterhalb der Theilung und q_3 in der Deime:

$$q_1 = \frac{(y + 0,830)^2}{0,1016}; \quad q_2 = \frac{(y + 0,881)^2}{0,1784}; \quad q_3 = \frac{(y + 0,768)^2}{0,2368}.$$

In der untersten Strecke der Weichsel sind namentlich in der Nähe der Stromtheilung zahlreiche Messungen ausgeführt, die bis in die dreißiger Jahre zurückreichen; aus diesen sind in Band IV Wassermengenlinien für verschiedene Zeiträume dargestellt, welche Untersuchungen darüber ermöglichen, in wie weit die theils natürlich eingetretenen, theils künstlich herbeigeführten Aenderungen in den Verhältnissen des Stromes auf den Abfluß der Wassermassen eingewirkt haben. Auf S. 323 djs. Bandes ist hiernach noch eine Wassermengenlinie für Kurzebrack abgeleitet, die vom höchsten bis zum niedrigsten Wasserstande reicht. Dabei haben allerdings einige Willkürlichkeiten in den Kauf genommen werden müssen.

2. Wasserführung der Ströme und Flüsse.

Im Nachstehenden werden einige Vergleiche über die Abflußmengen in den drei Strömen und in den einzelnen Stromstrecken angestellt, die sich vornehmlich auf die bei Hoch- und Mittelwasser abgeflossenen Wassermengen beziehen. Einen sicheren Aufschluß über den Wasserreichtum der einzelnen Ströme und Stromstrecken hätte man aus der mittleren Abflußmenge erhalten; doch konnte diese nur für wenige Stellen festgestellt werden. Die Abflußmenge bei Mittelwasser, die man hierfür als Ersatz wählen muß, giebt darüber kein zuverlässiges Bild. In den meisten Fällen (wenn nämlich die Wassermengenzunahme mit steigendem Wasser wächst) ist die Wassermenge bei Mittelwasser kleiner als die mittlere Abflußmenge; doch kann der Unterschied zwischen beiden sehr verschieden ausfallen, da er nicht allein von dem Verhältniß der Wassermengenzunahme zu der Pegelhöhe, sondern auch von der Häufigkeit des Eintrittes der verschieden hohen Wasserstände abhängt. Im Allgemeinen kann man wohl sagen, daß die mittlere Abflußmenge diejenige bei Mittelwasser um so mehr übertrifft, je größer die vor kommenden Wasserstandsschwankungen sind.

Für die untersten Strecken der drei Ströme vor ihrer Theilung ergeben sich die Verhältnisse der Abflußmengen aus der am Anfang der nächsten Seite befindlichen kleinen Uebersicht.

Die größten sekundlichen Abflußmengen hat hiernach bei allen Wasserständen die Weichsel, die kleinsten der Pregelstrom, während die Abflußmengen

Wasserführung in der Sekunde		Memelstrom	Pregelstrom	Weichselstrom
HHW	Abflußmenge . . .	6320	1150	10 440 cbm
	Abflußzahl	0,069	0,085	0,054 cbm/qkm
MW	Abflußmenge . . .	580	60	1120 cbm
	Abflußzahl	6,4	4,4	5,8 l/qkm
MNW	Abflußmenge	250	22	450 cbm
	Abflußzahl	2,7	1,6	2,3 l/qkm

des Memelstromes ziemlich genau das Mittel aus denjenigen der beiden anderen Ströme bilden. Anders stellt sich das Verhältniß, wenn man die sekundliche Abflußmenge auf 1 qkm des Niederlagsgebietes berechnet (Abflußzahl); dann kehrt sich das Verhältniß bei HHW vollständig um; bei mittleren und kleineren Wasserständen ist dagegen der Memelstrom verhältnißmäßig am wasserreichsten, ihm folgt die Weichsel und dieser der Pregelstrom.

Von den oberen Strecken des Memelstromes und den größeren Nebenflüssen liegen Angaben über Wassermengen nicht vor, sondern nur einige Angaben für die preußischen Nebenflüsse Szeszupe und Jura. Danach ist die sekundliche Abflußzahl der ersteren bei Mittelwasser erheblich kleiner, als diejenige des Hauptstromes, da sie nur 2,8 l/qkm beträgt. Bei Hochwasser soll die Abflußzahl nach älteren Messungen 0,160 cbm/sec betragen; nimmt man aber auch nur, wie das wahrscheinlicher und auch für den Jurafluß zutreffend ist, die Abflußzahl bei Hochwasser zu 0,125 cbm/qkm an, so würde sie immer noch die des Hauptstromes um das Doppelte übertreffen.

Dem Pregelstrome bringen bei größtem Hochwasser Inster 125, Angerapp 390 und Alle 642 cbm/sec zu, so daß also die größte Abflußmenge des Hauptflusses fast genau so groß wie diejenige der Hauptzuflüsse zusammen ist. Die Abflußzahlen bei HHW sind überall ziemlich gleich groß, da sie nur zwischen 0,085 und 0,100 cbm/qkm schwanken. Bei Mittelwasser führt die Inster 4,6 und die Alle dem Hauptfluß 31,6 cbm/sec zu, während die Angerapp bei einem dem mittleren Niedrigwasser nahe kommenden Wasserstande 13 cbm/sec abführt. Die sekundlichen Abflußzahlen sind für Inster, Angerapp und Alle bei diesen Wasserständen 3,7, 3,3 und 4,4 l/qkm. Die mittlere Abflußmenge der Alle beläuft sich dagegen auf 41,4 cbm/sec, was einer Abflußzahl von 5,8 l/qkm entspricht. Bei kleinstem Wasser ist die sekundliche Abflußzahl in den einzelnen Stromstrecken sehr gleichmäßig, da sie für Angerapp und Alle 1,4 l/qkm und für den Hauptfluß 1,25 l/qkm beträgt.

Die Hochwassermenge in der Weichsel nimmt von 780 cbm/sec in der untersten Strecke der Kleinen Weichsel so zu, daß sie bei Krakau 2140, unterhalb der Dunajecmündung 4467 und unterhalb der Sanmündung 7632 cbm beträgt. Sie hätte also hier schon drei Viertel der größten 10 440 cbm betragenden Hochwassermenge der untersten Strecke erreicht, wenn die österreichischen Ermittlungen über die Hochwassermengen zutreffend wären; es ist aber sehr

wahrscheinlich, daß die angegebenen Werthe zu groß sind. Außerdem ist noch zu bemerken, daß in den oberen Stromstrecken die größte Wassermenge bei den Sommerfluthen zum Abfluß kommt, wogegen in den unteren Strecken die Hochwassermengen der Schmelzwasserfluthen überwiegen. Während die absolute sekundliche Abflußmenge der Hochwasser stromab wächst, nimmt die Abflußzahl stetig ab, da sie in dem oberen Theil der Kleinen Weichsel bis zu 2,0, in dem unteren Theile derselben 0,43, bei Krakau 0,27, unterhalb der Dunajecmündung 0,23, unterhalb der Sanmündung 0,15 und auf der untersten Stromstrecke nur noch 0,054 cbm/qkm beträgt. Die Mittelwassermenge der Weichsel wächst von der untersten Strecke der Kleinen Weichsel bis unterhalb der Sanmündung von 18,6 auf 318 cbm/sec und bis zur Stromtheilung bei Pieckel auf 1120 cbm/sec, während die sekundliche Abflußzahl von 23,6 in der oberen Kleinen Weichsel auf 10,3 l/qkm in der unteren Kleinen Weichsel abnimmt und dann noch weiter bis auf 6,3 unterhalb der Sanmündung und auf 5,8 l/qkm in der untersten Stromstrecke herunter geht.

Die größte Hochwassermenge dürfte wohl (wenn auch die Zahlenangaben nach S. 314 unsicher sind) der Dunajec in die Obere Weichsel führen, nämlich bis zu 4000 cbm/sec; diesem nahe kommt mit 3700 cbm/sec der San. Die übrigen Nebenflüsse führen sehr viel weniger ab, da der nun in Bezug auf Wassermenge folgende, die Wisloka, nur noch 1700 cbm/sec und die Przemsza sogar nur 197 cbm/sec hat. Die sekundlichen Abflußzahlen bei Hochwasser betragen für die genannten vier Nebenflüsse 0,58, 0,22, 0,42 und 0,094 cbm/qkm; die größte Abflußzahl weist indessen die Sola mit 0,88 und die Gebirgstrecke der Kleinen Weichsel mit etwa 1 cbm/qkm auf. Bei Mittelwasser stellt sich das Verhältniß insofern anders, als dann der San die größten Wassermengen dem Hauptstrom zuführt, nämlich 129 cbm/sec; alsdann kommen der Dunajec mit 92 und die Wisloka mit 30 cbm/sec, während die Raba die kleinste Wassermenge von 10 cbm/sec hat. Die sekundlichen Abflußzahlen sind für diese vier Nebenflüsse 7,7, 13,2, 7,5 und 6,5 l/qkm; die kleinste Abflußzahl beträgt aber 5,6 l/qkm beim Wislof.

Ueber die Abflußmengen der russisch-polnischen Nebenflüsse ist nichts bekannt. Die preußischen Nebenflüsse haben im Verhältniß zur großen Wassermenge des Hauptstromes geringe Bedeutung; so bringen die größten unter ihnen, Drewenz und Brahe, nur 110 und 122 cbm/sec und die Ferse gar nur 31 cbm/sec bei Hochwasser; die entsprechenden Abflußzahlen sind dabei nahezu gleich, nämlich 0,020, 0,026 und 0,019 cbm/qkm. Bei Mittelwasser hat die Drewenz den größten Abfluß mit 26 bis 27 cbm/sec und die Ossa den kleinsten mit 4,1 cbm/sec, während die Brahe eine mittlere sekundliche Abflußmenge von 26,7 cbm/sec aufweist; die sekundlichen Abflußzahlen betragen dabei 4,8 l/qkm für die Drewenz, 2,5 l/qkm für die Ossa und 5,7 l/qkm für die Brahe. Die verhältnißmäßig größte Wassermenge führt unter den Nebenflüssen, die bis zur Stromtheilung hin einmünden, das Schwarzwasser ab, da dessen Abflußzahl bei Mittelwasser 8,6 l/qkm beträgt.

3. Beziehungen zwischen der mittleren jährlichen Abflußmenge und Niederschlagsmenge.

a) Fehlerquellen bei der Berechnung.

Im Nachstehenden soll nun noch der Versuch gemacht werden, aus den zahlreichen Messungen auf den untersten Strecken des Memelstromes und der Weichsel unter Zuhilfenahme der Wasserstandsbeobachtungen die mittlere sekundliche Abflußmenge zu bestimmen und hieraus, sowie aus den Beobachtungen über die Niederschlagshöhen das Verhältniß zur Niederschlagsmenge festzustellen.

Dieser Versuch muß allerdings zu ziemlich unsicheren Ergebnissen führen, weil die vorhandenen Unterlagen vielerlei Lücken und Mängel aufweisen und daher nicht hinreichen, um die oben genannten Werthe mit Sicherheit festzustellen. Der Versuch ist aber gemacht worden, um wenigstens ein ungefähr zutreffendes Bild zu erhalten. Die Mängel, welche die Unterlagen haben, sind freilich nicht größer wie gewöhnlich bei derartigen Ermittlungen, die sogar meistens auf minder zuverlässigen Unterlagen beruhen. Indessen mögen jene Mängel nachstehend kurz angegeben werden, da sich daraus am besten beurtheilen läßt, welche Genauigkeit den gewonnenen Ergebnissen bewohnt.

Zunächst sind die genauen Wassermengen nicht für die ganze Spanne zwischen Niedrig- und Hochwasser ausgeführt, so daß man auch nicht für die ganze Höhe des Wasserstandswechsels zuverlässige Wassermengenlinien darstellen kann. Die Messungen beziehen sich vielmehr nur auf den mittleren Theil der ganzen Spanne. In Betreff der Weichsel liegen für das größte Hochwasser und für kleine Wasserstände noch einige aus Schwimmermessungen abgeleitete Werthe vor, die jedoch, wie Schwimmermessungen überhaupt, ziemlich unsicher sind, während für den Memelstrom die bei höchstem und kleinstem Wasser abfließenden Wassermengen nur auf rechnerischem Wege ermittelt worden sind. Dazu kommt noch, daß die Messungen an der Weichsel in den achtziger und neunziger Jahren, diejenigen am Memelstrom in den siebziger bis neunziger Jahren ausgeführt sind, während die Untersuchung entsprechend den meteorologischen Unterlagen für den Zeitraum 1851/90 angestellt werden muß. Veränderungen in dem Strombett sind in diesen einander nicht genau entsprechenden Zeiträumen sehr wahrscheinlich vorgekommen, weshalb die Wassermengenlinien nur theilweise richtige Werthe ergeben können.

Eine fernere Fehlerquelle liegt darin, daß die Wasserstände während des Winters keinen sicheren Schluß auf die Abflußmenge zulassen. Zunächst wird durch die Reibung des Wassers am Eis die Geschwindigkeit des Wassers erheblich herabgemindert, sodann aber auch ein Theil des Querschnittes durch Eis gesperret; beide Umstände haben eine Hebung des Wasserspiegels zur Folge oder es ist mit anderen Worten die abfließende Wassermenge im Winter bedeutend kleiner als diejenige im Sommer bei gleichen Wasserständen. Außerdem steht das Wasser an den eisfrei gehaltenen Stellen, an denen die Pegelablesungen erfolgen, höher als unter der Eisdecke; man rechnet daher gewissermaßen die Eisdecke dauernd als abfließendes Wasser mit. Die Größe, um die der Wasserstand bei eisbedecktem Strome gegenüber dem eisfreien Zustande vermehrt wird,

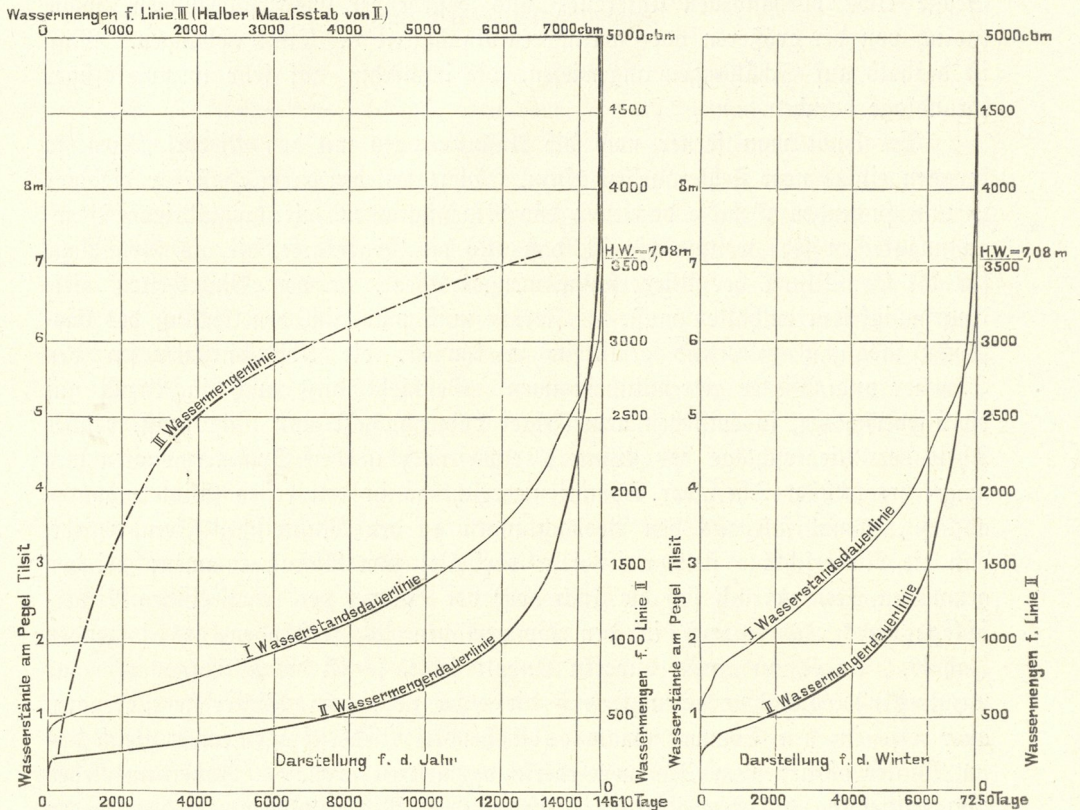
kann sehr verschieden sein, da sie von der Mächtigkeit der Eisdecke, von der Größe etwa vorhandenen Untereises und bestehender Eisverschiebungen, sowie endlich von der größeren oder geringeren Rauhgkeit des Eises abhängen. Man ist deshalb auf Schätzungen angewiesen, die immerhin auf sehr unzuverlässiger Grundlage beruhen.

Vergleicht man ferner noch die Abflußmengen mit den Niederschlägen, so kommen einige neue Fehlerquellen hinzu. Diese bestehen darin, daß für die hier zu untersuchenden Gebiete das Netz der Regenstationen mit langjährigen Beobachtungsreihen sehr weitmaschig ist, daß also die Regenkarte, die als Grundlage für die Ermittlung der Niederschlagsmengen dient, in den Einzelheiten viele Ungenauigkeiten enthalten muß. — Ferner muß man, um den Einfluß des Eisstaues möglichst zutreffend ermitteln zu können, die Abflußmengen für den Sommer und Winter getrennt bestimmen. Geschieht dies auch in Bezug auf die Niederschläge, so entstehen neue Fehler dadurch, daß man nicht weiß, welcher Theil der Niederschläge des Winters etwa noch in den Sommermonaten und umgekehrt welcher Theil der Sommerniederschläge in den ersten Wintermonaten abfließt, zumal sich aus den Beobachtungen an den Masurischen Seen ergibt, daß die Niederschläge stellenweise sehr verspätet zum Abfluß kommen; bei den genannten Seen verräth sich die Fülle oder der Mangel der sommerlichen Niederschläge eines Jahres erst in den sommerlichen Wasserständen des folgenden Jahres. Da es an einem anderen Anhalt fehlt, so ist die allerdings offenbar unzutreffende Annahme gemacht, daß die etwa noch vom Winter herrührenden, aber erst in den Sommermonaten abfließenden Niederschlagsmengen gleich den im Winter abfließenden Sommerniederschlagsmengen seien. — Außerdem stehen zur Feststellung des Verhältnisses zwischen den Niederschlägen in den beiden Jahreshälften nur sehr wenige Stationen zur Verfügung, da dabei nur solche herangezogen werden können, welche für den ganzen hier betrachteten Zeitraum 1851/90 vollständige Beobachtungen haben; das trifft beispielsweise im ganzen Memelstromgebiet nur für 4 Stationen zu.

b) Berechnung für das Memelstromgebiet.

Nach diesen Klarstellungen über die zu erwartende Zuverlässigkeit der Ergebnisse wenden wir uns der eigentlichen Berechnung der Abfluß- und Niederschlagsmengen zu. Zur Ermittlung der Abflußmengen im Memelgebiet ist zunächst in Abb. 12 auf der linken Seite die Wasserstandsdauerlinie (vergl. S. 253) für den Zeitraum 1851/90 aus der Häufigkeit der Wasserstände, die aus den Wasserstandsbeobachtungen am Pegel Tilsit gebildet sind, abgeleitet dargestellt. Der Pegel Tilsit wurde gewählt, weil bei diesem auch die Wassermenge der Jura und Szesuppe zur Geltung kommen, außerdem auch für diesen Pegel eine größere Anzahl zuverlässiger Messungen ausgeführt sind. Aus den letzteren und aus den für die äußersten Wasserstände berechneten Werthen ist in Abb. 12 ferner die Wassermengenlinie (III) verzeichnet, indem in denjenigen Spannen, für welche Messungsergebnisse nicht vorliegen, Parabelstücke eingelegt sind. Aus der Dauerlinie für die Wasserstände (I) und der Wassermengenlinie (III) ließ sich die Dauerlinie für die Wassermengen (II) ableiten. Die unterhalb dieser

Abb. 12.



Linie liegende, von den Geraden begrenzte Fläche giebt, wie ohne Weiteres klar ist, die in dem ganzen Zeitraum 1851/90 abgeflossene Wassermenge an. Die Größe der Fläche ist durch Planimetrieren bestimmt; daraus ergibt sich die in den 40 Jahren abgeflossene Wassermenge zu 904,9 Milliarden cbm. In gleicher Weise ist aus der in Abb. 12 auf der rechten Seite gegebenen Darstellung die Abflußmenge für die Winter des genannten Zeitraumes ermittelt, die sich auf 632,0 Milliarden cbm bezieht. Aus der Differenz berechnet sich schließlich der Abfluß im Sommer während des Zeitraumes 1851/90 zu 272,9 Milliarden cbm. Der durchschnittliche Abfluß wäre demnach für das Jahr 22,62 Milliarden cbm, nämlich für den Winter 15,80 Milliarden cbm und für den Sommer 6,82 Milliarden cbm. Wie schon oben erwähnt, ist die so ermittelte Abflußmenge des Winters wegen des Eisstaues zu groß.

Bei dem Memelstrom sind nun aber Anhaltspunkte, welche für die Feststellung der Größe des Staues geeignete Unterlagen bieten, nicht vorhanden. Man ist hier deshalb lediglich auf Schätzungen angewiesen. Für die Weichsel, bei der aus den Erscheinungen bei den Eisbrecharbeiten auf die Größe des Eisstaues geschlossen werden kann, ergibt sich, daß die ohne Berücksichtigung des letzteren gewonnenen Wassermengen des Winters um 20,6 % zu groß sind. Zieht man diesen Prozentsatz auch für den Memelstrom ab, so ist die mittlere

Abflußmenge im Winter 12,55 und im Jahr (unter Beibehaltung des oben berechneten Sommerabflusses) 19,37 Milliarden cbm. Indessen erscheint der gemachte Abzug für den Memelstrom noch zu gering, obgleich die Stromquerschnitte bei Tilsit günstiger als die Querschnitte der Weichsel im Allgemeinen sind und daher auch einen geringeren Stau ergeben müßten. Der Winter dauert nämlich im Memelgebiet erheblich länger als im Weichselgebiet. Dadurch wird nicht allein die Zeit des Aufstaues verlängert, sondern es ergibt sich auch eine stärkere Eisbedeckung, welche den Eisstau vergrößert. Auf dem Memelstrom bei Tilsit besteht die Eisdecke etwa um ein Drittel der Zeit länger, in welcher auf der Weichsel bei Kurzbrack eine Eisdecke vorhanden ist. Danach würde man einen Abzug von etwa 30 % für den Winter bei den Wassermengen des Memelstromes machen können und erhielte die mittlere Abflußmenge des Winters zu 11,06 Milliarden cbm und diejenige des Jahres zu 17,88 Milliarden cbm.

Unter Hinzuziehung der Größe des Niederschlagsgebietes von 91 252 qkm bis Tilsit sind die in der nachstehenden Zusammenstellung aufgeführten Werthe berechnet. Der Zusammenstellung ist noch die durch Planimetriren aus der Regenkarte gewonnene Niederschlagsmenge für das Jahr hinzugefügt. Zur Ermittlung der Größe der Sommer- und Winterniederschläge ist die Jahresmenge nach dem Verhältniß getheilt, wie es sich aus den langjährigen Beobachtungen einzelner Stationen in diesem Gebiet ergab, nämlich von 62,7 % für den Sommer zu 37,3 % für den Winter.

Memelstrom bei Tilsit Beziehung zwischen Abfluß- und Niederschlagsmenge	Sommer S	Ohne Berücksichtigung des Eisstaues		Mit Berücksichtigung des Eisstaues		Einheit
		Winter	Jahr	Winter	Jahr	
Abflußmenge in dem 40-jährigen Zeitraum 1851/90	272,92	631,96	904,88	442,37	715,29	Milliarden cbm
Mittlere jährliche Abflußmenge	6,82	15,80	22,62	11,06	17,88	Milliarden cbm
Mittlere sekundliche Abfluß- menge*)	429	1009	717	706	567	cbm
Sekundliche Abflußzahl	4,70	11,06	7,86	7,74	6,21	l/qkm
Mittlere Abflußhöhe des Jahres	74,8	173,1	247,9	121,2	196,0	mm
Mittlere jährliche Niederschlags- menge	33,11	19,69	52,80	19,69	52,80	Milliarden cbm
Mittlere Niederschlagshöhe des Jahres	362,8	215,8	578,6	215,8	578,6	mm
Der Abfluß beträgt in % des Niederschlags	20,6	80,2	42,8	56,2	33,9	%

*) Da in dem Zeitraume 1851/90 10 Schalttage vorkommen, ist das mittlere Jahr zu 365 $\frac{1}{4}$ Tage und der mittlere Winter zu 181 $\frac{1}{4}$ Tage gerechnet.

Das Verhältniß des Abflusses zum Niederschlage würde namentlich für den Winter außerordentlich groß sein, wenn man keinen Abzug machte. Auch bei dem Abzuge der demjenigen für die Weichsel prozentisch gleich wäre, würde der Abfluß des Winters immer noch überreichlich bleiben. Macht man dagegen

den stärkeren Abzug 30% für den Winter, so erhält man ein ähnliches Verhältniß zwischen Abfluß- und Niederschlagsmenge sowohl in Betreff des ganzen Jahres, als auch in Betreff der beiden Jahreshälften, wie es sich aus den Ermittlungen über die Abflußmenge, die an den Bromberger Mühlen in der Brahe angestellt sind, ergibt. Hier beträgt nämlich der Abfluß des Sommers 22,2%, des Winters 50,7% und der Jahre 32,3% des Niederschlages (vergl. Bd. IV S. 391). Unter der Annahme, daß die Wasserstände, die der mittleren sekundlichen Abflußmenge entsprechen, sich um eben so viel in den Zeiträumen 1851/90 und 1871/95 verändert haben wie die Mittelwasser dieser Zeiträume, ist dann noch in der nachfolgenden kleinen Zusammenstellung die mittlere sekundliche Abflußmenge für den Zeitraum 1871/95 berechnet.

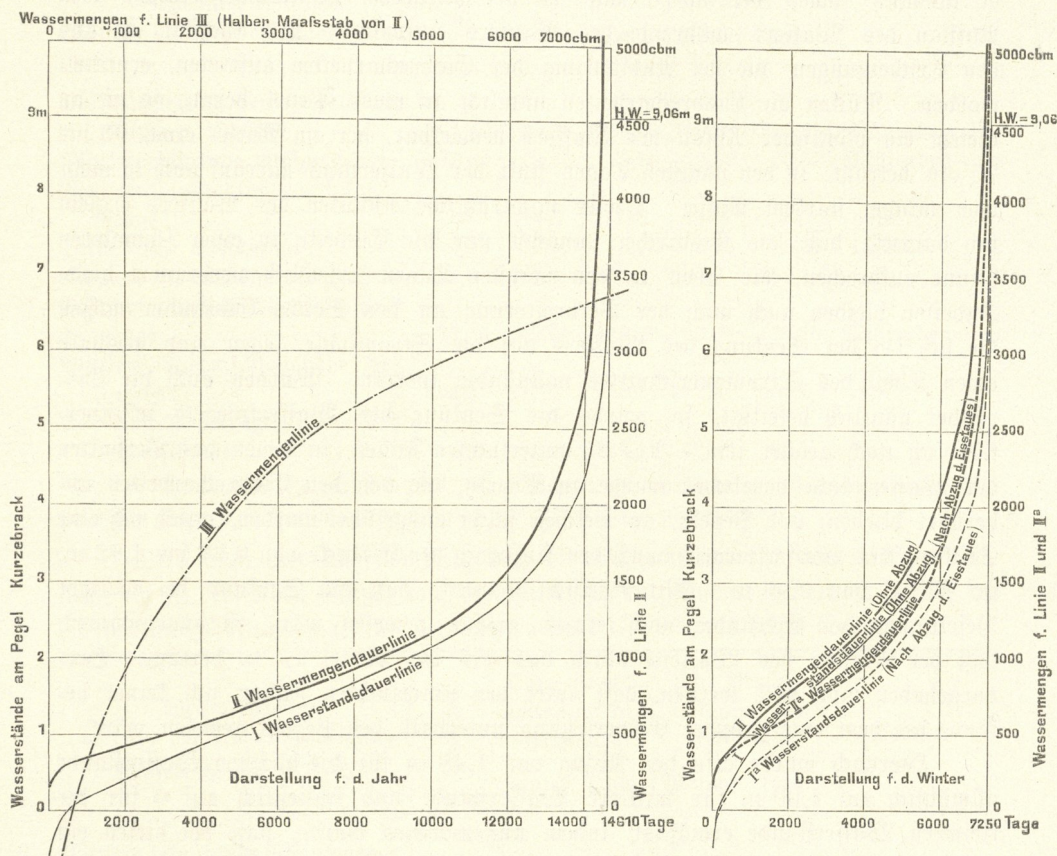
Memelstrom bei Tilsit Wasserführung 1871/95	Sommer	Ohne Berücksichtigung des Eisstaues		Mit Berücksichtigung des Eisstaues		Einheit
		Winter	Jahr	Winter	Jahr	
Mittlere sekundliche Abflußmenge für 1851/90	429	1009	717	706	567	cbm
Wasserstand, welcher der sekundlichen Abflußmenge für 1851/90 entspricht	1,89	3,53	2,84	2,80	2,38	m a. P. Tilsit
Unterschied der Mittelwasser 1851/90 und 1871/95	— 0,05	— 0,02	— 0,03	— 0,02	— 0,03	m
Wasserstand, welcher der sekundlichen Abflußmenge für 1871/95 entspricht	1,84	3,51	2,81	2,78	2,35	m a. P. Tilsit
Mittlere sekundliche Abflußmenge für 1871/95	422	1000	707	699	562	cbm

c) Berechnung für das Weichselstromgebiet.

An der Weichsel sind die Wassermengenummessungen für den ungetheilten Strom fast ausnahmslos in der Nähe der Stromtheilung gemacht und auf den Pegel Montauerspize bezogen worden. Da nun auch bei diesem Punkte die Wassermassen sämtlicher Nebenflüsse schon mit in den ermittelten Wassermengen des ungetheilten Stromes enthalten sind, so würde sich für die vorliegenden Ermittlungen die Benutzung der Wasserstandsangaben dieses Pegels empfehlen. Aber dem steht entgegen, daß die Wasserstandshöhen hier in Folge verschiedener Veränderungen in den Stromverhältnissen zwar nur vorübergehende, aber doch ganz beträchtliche Schwankungen erfahren haben. Sie konnten also für die Berechnungen nicht verwendet werden. Deshalb sind die Beobachtungen am Pegel Kurzebrack als Unterlagen für die Ermittlungen benutzt und die bei Montauerspize ermittelten Wassermengen auf die Wasserstände bei Kurzebrack bezogen worden. Dies ist in sofern nicht völlig einwandfrei, als zwischen Kurzebrack und

der Meßstelle die Ferse einmündet; aber die Fehler, die aus den ganz geringen Schwankungen des Weichselwasserspiegels in Folge des größeren oder kleineren Zuflusses der Ferse entstehen, werden sich innerhalb des 40-jährigen Zeitraumes aufgehoben haben. Hervorgehoben mag noch werden, daß, da die von dem ungetheilten Strome bei Montauerspitze abgeführten Wassermengen als Unterlage gedient haben, auch die Größe des Niederschlagsgebietes bei diesem Punkte mit 193014 qkm und nicht etwa diejenige bei Kurzebrack in Rechnung gestellt ist.

Abb. 13.



Die Ermittlung der Abflußmenge des Jahres und des Winters ist entsprechend der Abb. 13 zunächst in derselben Weise erfolgt wie für das Memelgebiet. Für den Winter ist dann aber noch eine zweite Ermittlung gemacht, bei welcher der Eisstau berücksichtigt worden ist. Dabei wurde die Häufigkeit der Wasserstände in den Wintermonaten vorerst für alle diejenigen Tage, an denen der Strom eisfrei war, oder nur geringes Eistreiben zeigte, festgestellt. Bei den übrigen Beobachtungen mußte ein Abzug an der Höhe des Wasserstandes gemacht werden, der aus dem Aufstau, den das Wasser einmal bei Eisgängen und zweitens während des Eisstandes erfährt, zu bestimmen war. Der höchste Wasserstand bei Eisgang betrug in dem hier betrachteten Zeitraume 9,06 m a. P. Kurzebrack; indessen ergab ein Vergleich mit den Wasserständen an anderen

Pegeln, an denen der Eisgang vorüber war, daß bei eisfreiem Wasser der Wasserstand nur 4,75 m betragen haben würde. Ähnliche, wenn auch nicht so bedeutende Unterschiede ergaben sich bei anderen Eisgängen; doch ließen sich diese nur zum kleinen Theil mit Sicherheit feststellen.

Zur Beseitigung der Unsicherheit wurde deshalb der höchste unmittelbar dem Eisgange folgende Wasserstand an Stelle des höchsten Wasserstandes bei Eisgang gesetzt; dieser betrug 7,58 m a. P. Kurzzebrack. Der Abzug beträgt demnach für die höchsten Wasserstände 1,48 m. Für kleinere Wasserstände ist er alsdann soweit verringert, daß er bei mittlerem Winterwasserstande dem Aufstau des Wassers während des Winters entspricht. Der Eisstau ist aus den Erscheinungen, die bei Ausführung der Eisbrecharbeiten auftreten, ermittelt worden. Rücken die Eisbrecharbeiten nämlich an einen Pegel heran, so ist an diesem ein plötzlicher Abfall des Wassers bemerkbar, der im Mittel etwa 60 bis 70 cm beträgt; in den nächsten Tagen sinkt der Wasserstand hierauf noch in mehr oder minder starkem Maße. Dieses nachträgliche Absinken des Wassers ergibt sich daraus, daß die Eisbrecher zunächst nur die Eisdecke in einer schmalen Rinne aufbrechen, die aber in den nächsten Tagen erheblich verbreitert wird. Indessen bleiben auch nach der Verbreiterung an den Seiten Eisränder stehen die sich bei der Senkung des Wassers auf die Stromsohle legen und deshalb einen Theil des Stromquerschnittes vollständig sperren. Würden auch die Eisränder gänzlich beseitigt, so würde die Senkung des Wasserspiegels selbstverständlich noch größer sein. Aus 23 untersuchten Fällen, in denen das Verhalten der Wasserstände verglichen wurde an Pegeln, die von den Eisbrecharbeiten unberührt blieben, und Pegeln, an welchen solche ausgeführt wurden, ergab sich eine Senkung des Wasserspiegels durch den Ausbruch der Eisdecke von 0,36 bis 1,82 m, im Mittel von 0,96 m. Mit Rücksicht darauf, daß die Senkung bei völliger Beseitigung der Eisränder noch etwas größer gewesen wäre, ist angenommen, daß der Aufstau des Wassers durch das Eis im Mittel 1,0 m beträgt. Hervorgehoben mag noch werden, daß unter den untersuchten Fällen sich keiner befand, bei dem eine größere Eisversetzung unterhalb des Pegels gewesen wäre.

Hiernach wurde also der Abzug von 1,48 m für die höchsten Wasserstände allmählich auf 1,00 m für mittlere Wasserstände und schließlich auf 0 für die kleinsten Wasserstände ermäßigt, indem angenommen wurde, daß bei diesen ein Aufstau nicht stattgefunden habe. Aus den so verminderten Eisgangs- und Eisstandswasserständen wurde deren Häufigkeit für verschieden hohe Wasserstände ermittelt und diese mit der Häufigkeit der eisfreien Wasserstände der Wintermonate zusammengekommen; hiernach ist dann für den Winter eine neue Wasserstandsdauerlinie IIa in Abb. 13 gezeichnet und zu dieser die entsprechende Wassermengendauerlinie ermittelt.

Die hiernach abgeleiteten Werthe sind mit den Werthen, die sich aus den Ermittlungen ohne Berücksichtigung des Eisstaues ergeben, in der nachfolgenden Uebersicht zusammengestellt. Die Größe des Niederschlages wurde aus der Regenfarte durch Planimetriren der Flächen innerhalb der einzelnen Isohyeten gewonnen; dabei wurden die Gebiete der Kleinen und Oberen Weichsel, das Gebiet der Mittleren Weichsel mit Narewgebiet und das Gebiet der Unteren Weichsel für

sich behandelt. Es geschah dies, um eine möglichst genaue Vertheilung der Jahresniederschläge auf das Sommer- und Winterhalbjahr zu erhalten, da das Verhältniß zwischen Sommer- und Winterniederschlägen in den einzelnen Gebietsabschnitten etwas verschieden war; es verhielten sich nämlich die ersteren zu den letzteren im Gebiet der Kleinen und Oberen Weichsel wie 33,0 : 67,0, im Gebiet der Mittleren Weichsel wie 36,7 : 63,3 und im Gebiet der Unteren Weichsel wie 34,4 : 65,6.

Weichselstrom oberhalb der Mogatabzweigung Beziehung zwischen Abfluß- und Niederschlagsmenge	Sommer (9)	Ohne Berücksichtigung des Eisstaues		Mit Berücksichtigung des Eisstaues		Einheit
		Winter	Jahr	Winter	Jahr	
Abflußmenge in dem 40-jährigen Zeitraum 1851/90	501,50	906,50	1408,00	719,33	1220,83	Milliarden cbm
Mittlere jährliche Abflußmenge	12,54	22,66	35,20	17,98	30,52	Milliarden cbm
Mittlere sekundliche Abflußmenge*)	789	1447	1115	1148	967	cbm
Sekundliche Abflußzahl	4,09	7,50	5,78	5,95	5,01	l/qkm
Mittlere Abflußhöhe des Jahres	65,0	117,4	182,4	93,2	158,1	mm
Mittlere jährliche Niederschlagsmenge	77,66	42,04	119,70	42,04	119,70	Milliarden cbm
Mittlere Niederschlagshöhe des Jahres	402,3	217,8	620,1	217,8	620,1	mm
Der Abfluß beträgt in % des Niederschlags	16,1	53,9	29,4	42,8	25,5	%

*) Da in dem Zeitraume 1851/90 10 Schalttage vorkommen, ist das mittlere Jahr zu 365 $\frac{1}{4}$ Tage und der mittlere Winter zu 181 $\frac{1}{4}$ Tage gerechnet.

Wird auch hier angenommen, daß die Wasserstände für den mittleren Abfluß sich in demselben Maße, wie die Mittelwasser geändert haben, so würde sich die mittlere Abflußmenge für den Zeitraum 1871/95 wie folgt ergeben:

Weichselstrom oberhalb der Mogatabzweigung Wasserführung 1871/95	Sommer (9)	Ohne Berücksichtigung des Eisstaues		Mit Berücksichtigung des Eisstaues		Einheit
		Winter	Jahr	Winter	Jahr	
Mittlere sekundliche Abflußmenge für 1851/90	789	1447	1115	1148	967	cbm
Wasserstand, welcher der sekundlichen Abflußmenge für 1851/90 entspricht	1,38	2,61	2,05	2,12	1,76	m a.ß. Kurzebrack
Unterschied der Mittelwasser 1851/90 und 1871/95	+ 0,15	+ 0,16	+ 0,16	+ 0,16	+ 0,16	m
Wasserstand, welcher der sekundlichen Abflußmenge für 1871/95 entspricht	1,53	2,77	2,21	2,28	1,92	m a.ß. Kurzebrack
Mittlere sekundliche Abflußmenge für 1871/95	860	1550	1192	1236	1047	cbm

Vergleicht man das Verhältniß zwischen Abfluß- und Niederschlagsmenge bei der Weichsel mit demjenigen bei dem Memelstrome, so findet man, daß trotz des stärkeren Abzuges für den Eisstau sich das Abflußverhältniß des Memelstromes zu dem der Weichsel annähernd wie 4 : 3 verhält. Obgleich das Weichselstromgebiet im Sommer erheblich größere Niederschläge als das Memelstromgebiet empfängt, ist seine sekundliche Abflußzahl für das Sommerhalbjahr bedeutend kleiner, ebenso für das Winterhalbjahr, in dem beide Stromgebiete nahezu gleich große Niederschläge erhalten. Im Winterhalbjahr mag die reichlichere Speisung des Memelstromgebietes auf der ausgiebigeren Auffpeicherung der als Schnee gefallenem Niederschläge beruhen. Für das Sommerhalbjahr dürfte die auf S. 198 erwähnte Erklärung zutreffen, wonach die tiefen Thaleinschnitte des Mittleren Njemen und seiner Nebenflüsse dränirend auf ihre Umgebung wirken und dem Memelstrome bedeutende Massen von Quellwasser zuführen, das durch Versickerung im durchlässigen Gelände der Verdunstung entzogen worden ist.

Im Bd. I auf S. 299 des Elbewerkes ist für das Niederschlagsgebiet bis Artlenburg hin die von der Elbe abgeführte Wassermenge zu 28 % der Niederschlagsmenge angegeben. Bei einem Vergleiche dieser Zahl mit den oben für den Memelstrom und die Weichsel berechneten Verhältnißzahlen muß man beachten, daß für die Elbe, ebenso wie bei den meisten ähnlichen Berechnungen für andere Flüsse, kein Abzug mit Rücksicht auf den durch die Eisbedeckung hervorgerufenen Stau gemacht ist. Man kann daher die Zahlen für die Elbe auch nur mit den oben angeführten Zahlen, die das Verhältniß ohne Berücksichtigung des Eisstaues angeben, in Vergleich stellen. Danach würde das Verhältniß des Abflusses zum Niederschlage an der Elbe nicht etwa größer als an der Weichsel sein, sondern auch unter der Annahme eines geringeren Eisstaues allenfalls nur etwa gleich, wahrscheinlich aber kleiner ausfallen. Zum Schlusse sei noch besonders hervorgehoben, daß der Eisstau bei den Flüssen des nordöstlichen und theilweise auch des mittleren Europas eine zu wichtige Rolle spielt, um bei Untersuchungen der vorliegenden Art unberücksichtigt bleiben zu dürfen. Da man dies bisher zu unterlassen pflegte, sind die Angaben über das Verhältniß zwischen Abfluß- und Niederschlagsmenge in der Regel zu groß.