

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 Szesuppe 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 beizumessen ist.

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 Ströme gegenüber dem eisfreien Zustande vermehrt wird,

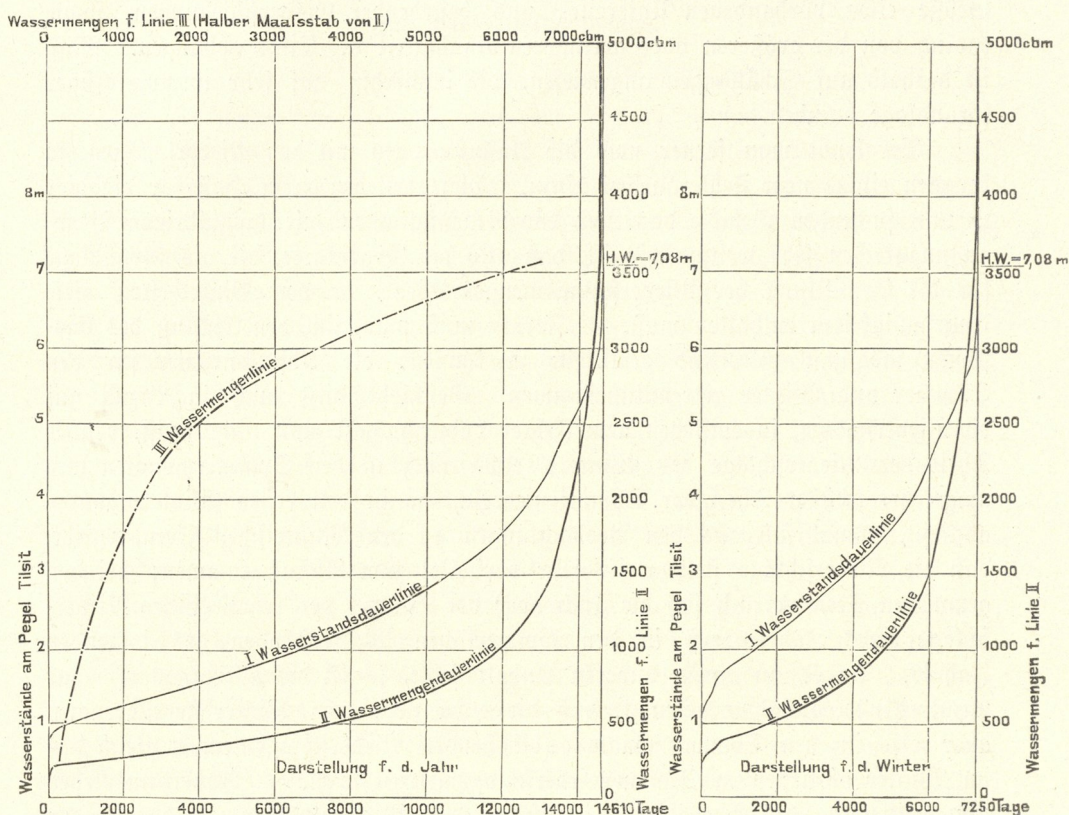
kann sehr verschieden sein, da sie von der Mächtigkeit der Eisdecke, von der Größe etwa vorhandenen Untereises und bestehender Eisverschiebungen, sowie endlich von der größeren oder geringeren Rauhgkeit des Eises abhängen. Man ist deshalb auf Schätzungen angewiesen, die immerhin auf sehr unzuverlässiger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

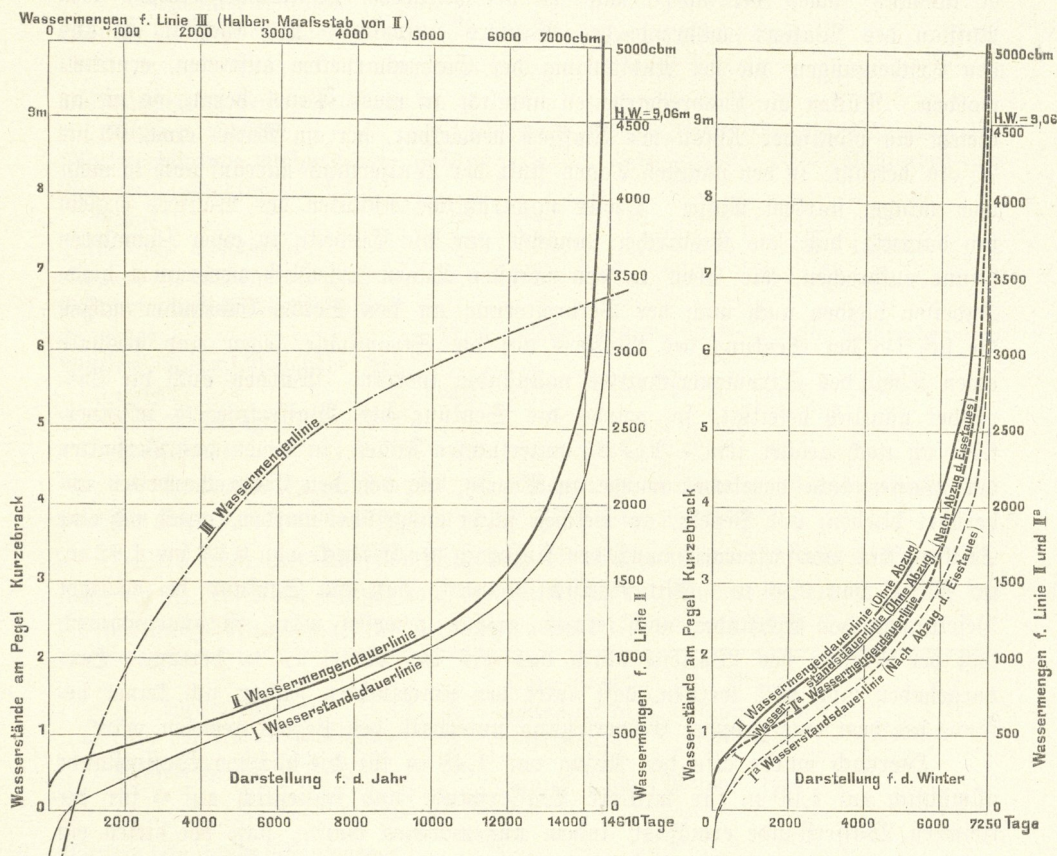
Memelstrom bei Tilsit Wasserführung 1871/95	Sommer	Ohne Berücksichtigung des Eisstaues		Mit Berücksichtigung des Eisstaues		Einheit
		Winter	Jahr	Winter	Jahr	
Mittlere sekundliche Abflußmenge für 1851/90	429	1009	717	706	567	cbm
Wasserstand, welcher der sekundlichen Abflußmenge für 1851/90 entspricht	1,89	3,53	2,84	2,80	2,38	m a. B. 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. B. 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 Montauer Spitze 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 Montauer Spitze 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 Niederflagsgebietes 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 Aufbruch 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 Rogatabzweigung 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 Abfluß- menge*)	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 Niederschlags- menge	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 Rogatabzweigung 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 sekund- lichen 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 sekund- lichen 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.