

vollständigsten sind sie für die durch den Bissel einerseits, durch die Angerapp andererseits entwässernden großen Seen Masurens. Hier liegen langjährige Wasserstandsbeobachtungen an den preussischen Pegeln bei Angerburg, Lözen, Nikolaiken und Johannisburg vor, welche im Bd. IV, 2. Abth. 10. Kap. näher behandelt sind. Für die vorliegende Betrachtung lassen sich zwar einige Angaben daraus verwerthen; hauptsächlich stützt sie sich jedoch auf die russische amtliche Veröffentlichung über die Wasserstände der Flüsse und Seen des europäischen Rußlands (St. Petersburg 1881) und die russische amtliche Statistik über die Eisverhältnisse der Wasserstraßen in den Jahren 1881/94. Beide Quellen sind bereits bei der Behandlung des Abflußvorganges des Njemen benutzt worden; bezüglich der Zuverlässigkeit der Beobachtungen vergleiche man die Bemerkungen im Bd. II auf S. 101 und 113. Zur Ergänzung der Angaben über den Bug standen außerdem noch die Pegelbeobachtungen an den österreichischen Pegelstellen Ruda und Sokal für den Zeitraum 1889/95 zur Verfügung, bei Betrachtung der Hochwasser- und Eisverhältnisse auch die Beobachtungen an den österreichischen Pegelstellen Saffow (oberhalb der Peltewmündung) und Busk (an der Mündung des Peltew).

Die erstgenannte Veröffentlichung enthält nähere Angaben über die Wasserstände an den Hauptpegeln zu Goniondz (Bjebrza) vom 1. Oktober 1877 bis Ende 1880, Piontnica und Zegrze (Narew) vom 1. August 1876 und Malkin (Bug) vom 15. Oktober 1877 bis zum Ende 1880, auf den Julianischen Kalender bezogen. Für die folgenden Jahre 1881/94 ließen sich nur die mittleren Monatswerthe beschaffen, außerdem aus der Wasserstraßen-Statistik die Angaben über den Beginn und das Ende des Eisstandes und Eisgangs. Letztere beziehen sich nicht nur auf die genannten Hauptpegel, von denen derjenige bei Malkin am 1. Juli 1887 nach der Brücke der Warschau — St. Petersburger Eisenbahn verlegt worden ist, sondern auch auf folgende Nebenpegel: Serwysee (Speisebecken des Augustowskikanals), Osowjec (Bjebrza an der Brücke der Eisenbahnlinie Proßken — Brest-Litowsk), Ostrolenka (Narew), Pultusk (Narew), Nowy-Dwur und seit 1888 Zakroczym (Weichsel an der Narewmündung), Brest-Litowsk (Muchawjec an der Brücke der Eisenbahnlinie Brest—Kowel), Brest-Litowsk (Bug am Nadelwehr), Granne (Bug), Popowo (Bug). Da der Hauptpegel Piontnica am Narew gegenüber Lomza liegt, sind die Beobachtungsstellen Serwysee, Goniondz, Osowjec, Piontnica, Ostrolenka, Pultusk, Zegrze, Zakroczym in dem von der Bjebrza und dem Narew durchflossenen diluvialen Hauptthale gut vertheilt. Für den unteren Bug vom Brestler Thalbecken ab bilden die Beobachtungsstellen Brest-Litowsk am Muchawjec (kurz als Brest M. bezeichnet), Brest-Litowsk am Bug (kurz als Brest B. bezeichnet), Granne, Malkin, Popowo ebenfalls eine genügende Reihe. Zum Vergleiche werden noch die Beobachtungen bei Warschau oberhalb, sowie bei Plock und Wloclawek unterhalb der Einmündung des Narew in den Weichselstrom herangezogen.

2. Wasserstandsbewegung.

Die Wasserstandsbewegung im Kreislaufe des Jahres läßt sich nur für das Mittelwasser der einzelnen Monate (nach dem russischen Kalender, also gegen

den unfriegen um 12 Tage verspätet) darstellen, weil für das mittlere Niedrig- und Hochwasser bei zwei Hauptpegeln bloß drei, bei den andern beiden vier volle Jahresbeobachtungen verfügbar sind. Nachfolgende Tabelle enthält die Werthe des monatlichen Mittelwassers an den Pegeln Goniondz und Malkin für die 17-jährige Beobachtungsreihe 1878/94, an den Pegeln Piontnica und Zegrze für die 18-jährige Reihe 1877/94, ferner zum Vergleiche hiermit für die 25-jährige Reihe 1871/95 am preußischen Piffek-Pegel bei Johannsburg, sowie für die kurze Reihe 1889/95 an den österreichischen Pegeln Ruda und Sokal (bei den letztgenannten drei Pegeln nach dem Gregorianischen Kalender). Unter dem Strich sind die Halbjahr- und Jahres-Mittelwasserstände für die gleichen Zeiträume mitgetheilt.

Monat	Goniondz	Piontnica	Zegrze	Malkin	Johannis- burg	Ruda	Sokal
	m	m	m	m	m	m	m
November . .	0,82	1,30	1,02	0,84	0,02	1,66	1,95
Dezember . .	0,98	1,51	1,30	1,14	0,06	1,62	1,93
Januar . . .	0,91	1,41	1,41	1,08	0,10	1,51	2,08
Februar . . .	1,10	1,67	1,55	1,28	0,10	1,66	2,33
März	1,45	2,38	2,44	2,01	0,15	2,15	2,87
April	1,25	2,23	1,89	1,52	0,27	2,11	2,69
Mai	0,64	1,37	1,06	0,88	0,23	1,74	1,78
Juni	0,32	0,91	0,79	0,65	0,15	1,86	1,99
Juli	0,24	0,74	0,66	0,51	0,11	1,92	2,12
August	<u>0,31</u>	<u>0,80</u>	0,64	0,51	0,11	1,77	1,96
September . .	0,35	0,79	<u>0,58</u>	<u>0,43</u>	0,06	1,50	<u>1,76</u>
Oktober . . .	0,61	1,08	<u>0,80</u>	<u>0,62</u>	<u>0,01</u>	<u>1,47</u>	<u>1,83</u>
Winter	1,08	1,75	1,60	1,31	0,12	1,78	2,31
Sommer	0,41	0,95	0,75	0,60	0,11	1,71	1,91
Jahr	0,75	1,35	1,18	0,96	0,11	1,75	2,11

Auch wenn man berücksichtigt, daß die Monate bei den russischen Pegeln um 12 Tage in die den Wasserstandsangaben der drei letzten Spalten zu Grunde liegenden Monate übergreifen, zeigt der Johannsburger Pegel doch ein erheblich späteres Eintreten des Größtwerthes im Frühjahr und des Kleinstwerthes im Herbst. Die bei der Schneeschmelze rasch zusammenfließenden Wassermassen können aus den großen Seen Masurens nicht ebenso rasch wieder abfließen, bewirken also eine Steigerung der Wasserstände, die im Piffek bei Johannsburg voll zur Geltung kommt und bis in den August anhält. Daß während der Sommermonate durch Verdunstung und Abfluß mehr Wasser verloren geht, als durch Regen und Zufluß hinzukommt, zeigt sich am deutlichsten durch die niedrige Spiegelhöhe im Herbst. Erst in den Wintermonaten füllen sich bei vorzeitigen Erwärmungen die Seebecken allmählich von Neuem, namentlich aber bei der endgültigen Schneeschmelze vom März zum April. Die Eisbedeckung kann bei Johannsburg keine Anhebung der winterlichen Wasserstände bedingen, weil der Piffek dort fast nie zufriert.

Die russischen Pegel zeigen übereinstimmend den Größtwerth des monatlichen Mittelwassers im (russischen) März, zum April eine langsame, zum Mai

und Juni aber eine rasche Abnahme, so daß in der Bjebrza und im mittleren Narew der Kleinstwerth bereits im Juli erreicht wird. Durch den Hinzutritt des Bissel, der in diesem Monat noch mittelhohen Wasserstand besitzt, sowie durch die längere Zeit in den Sommer hinein vorhaltende Speisung aus dem Polessje verschieben sich im unteren Narew und Bug die Kleinstwerthe auf den September. In gleichem Sinne, wenn auch weit schwächer, wirken auf den unteren Bug und die Mündungstrecke des Narew die zuweilen während der Sommermonate eintretenden Anschwellungen des oberen Bug ein. Uebrigens sind die Mittelwasser-Unterschiede in den Monaten Juni/September an allen russischen Pegeln nicht groß und wechseln je nach den zur Mittelbildung gewählten Jahren. Der August zeigt eine, freilich nur schwach ausgeprägte Anhebung. Umgekehrt macht sich im Januar ein vorübergehender Rückgang bei dem im Oktober beginnenden Anwachsen der Wasserstände bemerklich, weshalb die Unterschiede zwischen den Monatsmitteln des Januar und März durchschnittlich mehr als halb so groß sind wie der Gesamtunterschied zwischen dem größten und kleinsten Monatsmittel.

Um das verschiedenartige Verhalten der vier Pegelstellen leichter übersehen zu können, als dies nach den Wasserstandszahlen möglich ist, legen wir diesen Gesamtunterschied als prozentische Skala zu Grunde, so daß das kleinste Monatsmittel den Nullpunkt bildet und das größte Monatsmittel 100% bedeutet. Letzteres giebt zugleich die Lage des durchschnittlichen Wasserstandes im März an, ersteres die Lage im Juli (bei Goniondz und Piontnica) oder September (bei den anderen Pegelstellen). Der Gesamtunterschied ist am kleinsten (1,21 m) bei Goniondz, bedeutend größer bei Piontnica (1,64 m), am größten bei Zegrze (1,86 m); bei Malkin nähert er sich (1,58 m) dem Werthe für Piontnica. Des Vergleichs wegen sei bemerkt, daß für die entsprechenden Beobachtungsreihen an den russischen Pegelstellen des Memelstromgebiets (vergl. Bd. II, S. 103) die Gesamtunterschiede zwischen den Monatsmitteln des März und September im Ganzen etwas geringer sind; sie betragen bei Stolpcy 0,91 m, bei Grodno 1,55 m, bei Rowno 1,77 m und bei Slonim sogar nur 0,78 m. Da auch der Unterschied zwischen den größten und kleinsten Monatsmitteln einer jeden Jahreshälfte beachtenswerth erscheint, haben wir nicht nur für die Halbjahr- und Jahresmittel, sondern auch für die Monatsmittel des November (Kleinstwerth im Winterhalbjahr) und Mai (Größtwerth im Sommerhalbjahr) die Lage nach der prozentischen Skala berechnet. Dies geschieht in folgender Weise: Von der in Frage befindlichen Zahl (z. B. vom Jahres-MW bei Goniondz = 0,75 m) wird das kleinste Monatsmittel (0,24 m) abgezogen und der Rest ($0,75 - 0,24 = 0,51$ m) in Prozenten des oben bezeichneten Gesamtunterschieds ausgedrückt ($0,51 : 1,21 = 42\%$).

Wie man bei flüchtigem Blicke sieht, zeigen die beiden Pegel Zegrze (am unteren Narew) und Malkin (am Bug) ein überraschend gleichartiges Verhalten. Goniondz (Bjebrza) weicht davon am meisten ab, und Piontnica (mittlerer Narew) hält die Mitte zwischen ihm und den anderen Pegeln. Der natürlich stets über und unter dem Jahres-MW gleichmäßig vertheilte Unterschied zwischen dem Winter- und Sommer-MW beträgt bei Zegrze und Malkin 45 bis 46%, da-

Mittelwerthe 1877 (78)/94	Goniondz %	Piontnica %	Zegrze %	Malkin %
Größtes Monatsmittel	100	100	100	100
MW des Winterhalbjahrs	70	62	55	56
Kleinstwerth des Winterhalbjahrs	48	34	24	26
MW des Jahres	42	37	32	33
Größtwerth des Sommerhalbjahrs	33	38	26	28
MW des Sommerhalbjahrs	14	13	9	11
Kleinste Monatsmittel	0	0	0	0

gegen bei Goniondz 56 und bei Piontnica 49 %. Die Unterschiede im Winterhalbjahr betragen bei Zegrze und Malkin 74 bis 76 cm, dagegen bei Goniondz nur 52 und bei Piontnica 66 %, diejenigen im Sommerhalbjahr bei Zegrze und Malkin 26 bis 28 %, bei Goniondz 33 und bei Piontnica 38 %. Der untere Narew und Bug haben also im Sommer gleichmäßigere Wasserstände als der mittlere Narew (oberhalb der Piffekmündung) und die Bjebrza. Umgekehrt ist das Verhältniß im Winterhalbjahr, und wenn man beachtet, daß dies hauptsächlich durch den Unterschied zwischen seinem MW und dem Monatsmittel des März bedingt wird, so tritt der März als Hochwassermonat bei Zegrze und Malkin viel stärker hervor als bei Piontnica oder gar bei Goniondz. Die winterlichen Niederschläge kommen also in der Bjebrza und im mittleren Narew mehr als im unteren Narew und Bug schon während der eigentlichen Wintermonate durch vorzeitige Schneeschmelze zum Abfluß.

Daß hierbei die Aufspeicherung des Schneeschmelzwassers in den großen Seen Masuren und im Polesje eine bedeutende Rolle spielt, ergiebt sich aus einem Blick auf die Wasserstandsbewegung an den österreichischen Pegeln des oberen Bug. Bei ihnen hat das Mittelwasser im Mai bereits eine sehr tiefe Lage (bei Sokal nur 2 cm über dem kleinsten Monatsmittelwerth), während der Februar an dieser Pegelstelle eine hohe Zahl aufweist. Das mittlere Hochwasser übertrifft im März bei Sokal den Jahresdurchschnitt sehr bedeutend, auch im April um ein großes und im Februar um ein kleineres Maß. Von den übrigen Monaten kommt der Juli dem Durchschnitt am nächsten. Offenbar wirkt die Undurchlässigkeit der höheren Lagen des oberen Buggebiets darauf hin, daß die Quellen speisung im Frühling gering ist, und daß im Sommer wie am Ende des Winters die Niederschläge rasch abfließen. Juni und Juli, einigermaßen auch noch der August, also die Haupt-Regenmonate, zeigen eine ausgesprochene Anhebung aller Wasserstände gegenüber dem Mai und September. Der obere Bug hat also einen ziemlich lebhaften Abflußvorgang und kann den unteren Flußstrecken die bei ihnen wahrnehmbare nachhaltigere Speisung nicht zuführen.

Wenn nun der März bei Zegrze und Malkin in größerem Maße als bei Piontnica und Goniondz die winterlichen Niederschläge abfließen läßt, so muß offenbar der auf kürzere Zeit zusammengedrückte Abfluß bei Zegrze höhere Anschwellungen als bei Piontnica, bei Malkin höhere als bei Goniondz verursachen, ganz entsprechend der Größe des Gesamtunterschieds zwischen den Monatsmitteln des Hochwassermonats März und des wasserärmsten Sommer-

monats. Die Querschnittsverhältnisse kommen hierbei lange nicht in solchem Maße in Betracht wie am Njemen, weil bei allen vier genannten Pegelstellen die Ueberschwemmungen sich mehr oder weniger frei ausbreiten können. Für Zegrze und Piontnica benutzen wir zum Vergleich die 4-jährige Beobachtungsreihe 1877/80, wogegen für Malkin und Goniondz nur die 3-jährige Zeitspanne 1878/80 verfügbar ist. Innerhalb dieser Jahre sind die höchsten Wasserstände (HHW) bei Goniondz am 1. März 1878, bei Malkin am 7./8. März 1880, bei Piontnica am 20./21. März 1877 und bei Zegrze am 19. März 1877 eingetreten, die niedrigsten Wasserstände (NNW) bei Goniondz, Malkin und Piontnica in der ersten Hälfte des Augusts 1878, bei Zegrze im September 1879.

Pegelstelle		NNW	MNW	MW	MHW	HHW	MW-MNW	MHW-MW	HHW-MNW	
		m	m	m	m	m	m	m	m	m
1878/80	Goniondz .	— 0,23	— 0,18	0,65	1,85	1,96	0,83	1,20	2,03	2,19
	Malkin . .	— 0,43	— 0,22	0,59	2,72	2,86	0,81	2,13	2,94	3,29
1877/80	Piontnica .	0,26	0,44	1,42	3,59	4,29	0,98	2,17	3,15	4,03
	Zegrze . .	0,39	0,41	1,26	4,00	5,50	0,85	2,74	3,59	5,11

Aus dieser Zusammenstellung geht in der That hervor, daß die Schwankungen (MHW—MNW) und (HHW—NNW) bei Malkin größer als bei Goniondz, bei Zegrze größer als bei Piontnica sind, und zwar weil das Hochwasser beträchtlich höher ansteigt, während das MNW (und bei Zegrze auch das NNW) näher am MW liegt. Falls bei Goniondz und Malkin schon im Jahre 1877 Beobachtungen angestellt worden wären, so würden die Zahlen der vorletzten Spalte sich vermuthlich um etwa 20 %, diejenigen der letzten Spalte um etwa 40 % erhöhen. Für eine längere Jahresreihe dürfte die Zunahme bei sämtlichen Zahlen der beiden Spalten mindestens 10 % betragen. Man kann daher schätzungsweise annehmen, daß in einem nicht zu kurzen Zeitraume folgende mittleren und größten Schwankungen vorkommen werden:

Schwankungen	Goniondz	Piontnica	Zegrze	Malkin
MHW—MNW . . .	2,7 m	3,5 m	4,0 m	3,9 m
HHW—NNW . . .	3,4 m	4,4 m	5,6 m	5,1 m

Im oberen Bug hat im Zeitraume 1889/95 der höchste Wasserstand bei Ruda (4,04 m) am 30. und bei Sofal (7,00 m) am 31. März (nach russischem Kalender am 18. und 19. März) 1895 stattgefunden, der niedrigste (1,08 m) bei Ruda im Herbst 1895, bei Sofal (1,22 m) im Hochsommer 1889. Beide Pegelstellen haben wesentlich verschiedenartige Querschnittsverhältnisse, da bei Ruda das Hochwasser sich frei ausdehnen kann, bei Sofal aber eng zusammengehalten wird. Das MNW liegt bei Ruda um 0,60 m, bei Sofal um 0,73 m unter MW (1,75 m a. P. Ruda, 2,11 m a. P. Sofal), das MHW bei Ruda um 1,68 m, bei Sofal um 2,88 m über MW. Die mittlere Schwankung MHW—MNW betrug also bei Ruda 2,28 m, bei Sofal 3,61 m, die größte Schwankung HHW—NNW bei Ruda 2,96 m, bei Sofal 5,78 m. Bei der Pegelstelle Ruda, welche ähnliche Querschnittsverhältnisse wie Malkin besitzt, waren demnach die

Schwankungen am oberen Bug kleiner als am unteren, bei Sokal dagegen die mittlere Schwankung etwas geringer, die größte Schwankung etwas größer.

3. Uebersicht über den Abflußvorgang.

Fassen wir das Ergebniß der bisherigen Untersuchung kurz zusammen: In der Bjebrza bei Goniondz fließt das Schneeschmelzwasser zum großen Theile bereits während der Wintermonate ab, so daß die endgültigen Schmelzwasserfluthen nicht besonders hoch ansteigen, zumal das Hochwasser ein sehr ausgedehntes Ueberschwemmungsgebiet vorfindet. Das Abfließen während des April geht langsam vor sich; dann hört aber bald die kräftige Speisung auf, und erst im Spätherbst treten wieder höhere Wasserstände ein, die vom November ab das Jahresmittel übertreffen. — Im mittleren Narew unterhalb der Bjebrzamündung ist der allgemeine Verlauf ähnlich; jedoch schwellen die Schmelzwasserfluthen höher an, vielleicht weil in dem vorwiegend sandig-sumpfigen Niederschlagsgebiete des oberen Narew ihr Abfluß bis zum endgültigen Einzuge des Frühlings verzögert wird, und weil das Hochwasser in der Thalenge von Lomza etwas aufgestaut wird. — Durch die Aufnahme des Pissek, dessen Hochwasser im russischen März abzufließen beginnt, erhält der untere Narew in den ersten Sommermonaten etwas reichlichere und nachhaltigere Speisung aus den großen Seen Masjuren. Aehnlich wirken auch die ausgedehnten Sümpfe im Niederschlagsgebiete des Muchawjec und der anderen Zuflüsse des Beckens von Brest-Litowsk auf den unteren Bug ein. — Der obere Bug erhält sein Hochwasser, das am österreichischen Pegel Ruda mäßige, an der Stromenge bei Sokal aber große Anschwellungen aufweist, aus dem Quellgebiete sehr rasch, kann es aber wegen seines großen Ueberschwemmungsgebietes nur langsam abführen, so daß es nicht als selbstständige Fluthwelle am Pegel bei Malkin bemerkbar wird, wohl aber zur Steigerung des Scheitels der vom Muchawjec kommenden Fluthwelle beiträgt. — In der Mündungstrecke des Narew bei Zegrze bewirken die mit geringem Zeitunterschiede zusammentreffenden Hochfluthen des Narew und Bug die höchsten Anschwellungen, während andererseits das Niedrigwasser durch den nachhaltigeren Zufluß aus den Seen des Preußischen Landrückens und aus dem Polesje vor so tiefem Abfallen wie am oberen und mittleren Bug bewahrt wird.

Zur Erläuterung der vorstehenden Uebersicht, sowie als Grundlage für die unten folgende Betrachtung der Hochwasser- und Eisgangsverhältnisse sei kurz erinnert an die im Bd. I enthaltene Darstellung der klimatischen Bedingungen, welche für den Abflußvorgang im Narew- und Buggebiete maßgebend sind. Die Zeitangaben beziehen sich hierbei auf den Gregorianischen Kalender. Wie aus Bl. 8 der Kartenbeilagen zu ersehen ist, gehört der nördliche Theil des Buggebiets fast ganz der Zone mit 5/600 mm Niederschlagshöhe an, der südliche Theil den Zonen mit 6/700 und (am Rande des oberen Bugbeckens) mit 7/800 mm. Im Narewgebiete nimmt dagegen die Zone mit 4/500 mm eine beträchtliche Fläche zwischen Bialystok und der Mündung ein, während die 600 mm-Linie nur an den großen Seen und im nordöstlich von ihnen gelegenen Hügellande des Preußischen Masjuren überschritten wird. Am größten ist die