

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
3. Mitteilung

**Gewässerkunde, Hochwasser- und Eisschmelze-
MELDEDIENST**

BERICHT

VON

F. LEWANDOWSKI

Ingenieur der Wegecommunicationen

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)

169, rue de Flandre, 169



II-354170

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316770

Die Abhängigkeit der Wasserstände im Beloosero

VON

atmosphärischen Niederschlägen in dessen Zuflussgebiet

Der See Beloosero gehört in doppelter Hinsicht zum System der Marienwasserstrasse, welche das Bassin der Wolga und des Kaspischen Meeres mit der Ostsee bei St. Petersburg verbindet : erstens an sich als Theil der Wasserstrasse, auf welchem Schiffe direct verkehren können, ohne zum Umgehen des Sees den Beloserskischen Kanal zu benutzen, und zweitens als Speisebecken für die ihm entströmende Scheksna, welche auch einen Theil des schiffbaren Weges bildet und in die Wolga bei Rybinsk mündet.

Bedeutung als Wasserreservoir hat der Beloosero erst seit 1896 erlangt, nachdem eine durchgreifende Verbesserung der Schiffahrtsverhältnisse der Scheksna theilweise durch Schleusung, theilweise durch Wasserentnahme aus dem See selbst, verwirklicht worden ist; zu diesem Zwecke wurde am Auslaufe dieses Flusses ein Stauwehr nebst Schleuse erbaut.

In Anbetracht einer solchen gegenwärtigen Bedeutung dieses Sees ist es wünschenswerth eine Vorstellung von den Wassermengen, welche für Schiffahrtszwecke in dem See sich aufspeichern lassen, als auch die Wasserstände vorsehen zu können, welche das Frühjahrshochwasser in dem See hervorruft.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass, analog den übrigen Gewässern der Erdoberfläche, das hydrologische Leben des Beloosero unter Anderem eng mit den Niederschlägen in seinem Zuflussgebiet zusammenhängt; im Folgenden ist versucht worden diesen Zusammenhang für die Frühjahrswasserstände im See fest zustellen.

Das Zuflussgebiet des Beloosero (vgl. die Karte) nimmt den ungeheuren Flächenraum von fast 11 530 Quadratwerst (gegen 13 140 Quadratkilometer) ein, und liegt zum grössten Theil

nördlich vom sechzigsten Breitengrade. Der See selbst hat ein Fläche von 986 Quadratwerst (über 1 100 Quadratkilometer); er befindet sich ganz im Nowgorodschen Gouvernement. An seinem südlichen Ufer befindet sich die uralte Stadt Belosersk, einst Residenz eines Theilfürstenthums, jetzt nur dadurch bemerkenswerth, dass ihre geographische Breite der von Petersburg und die Länge der Länge von Moskau, zweier Hauptstädte des Reiches, gleich sind.

Im Plan hat der See fast eine Kreisform, seine Wassertiefe ist unbedeutend, von 2 bis 3,5 Sashen (4 bis 7 m), aber stellenweise kommen auch einzelne Vertiefungen bis zu 5 Sashen (10 m) vor; die Ufer des Sees sind niedrig und so flach, dass, wenn das Wasser um 0,5 Sashen steigt, die Seeufer in einer Breite von etwa 100 Sashen unter Wasser gesetzt werden. Eine so flache Anlage hat aber bei der oben erwähnten ungeheuren Ausdehnung einen sehr unbedeutenden Einfluss auf die Grösse der Wasservolumina, welche bei verschiedenen Wasserständen im See aufgespeichert werden, so dass bei der Berechnung dieser Volumina die Uferböschung vernachlässigt werden kann.

In den See ergiessen sich an 30 grössere und kleinere Flüsse; unter diesen ist der bedeutendste der Fluss Kowsha, etwa 78 Werst (84 km) lang, welcher einen Theil der Marien-Wasserstrasse bildet; sein oberer Theil ist canalisirt. Der Fluss entspringt im nördlichen Theile des Zuflussgebietes aus dem Kowshasee, welcher als Wasserreservoir zur Speisung der Scheitelstrecke der erwähnten Wasserstrasse dient. Die Fläche des Kowshasees beträgt 14 250 000 Quadratsashen (64 837 500 Quadratmeter), das nutzbare Wasserquantum desselben beträgt bis 12 Millionen Cubiksashen (116,55 Mill. Cubikmeter). Das Flussgebiet der Kowsha hat einen Flächenraum von über 4 000 Quadratwerst (4 552 Quadratkilometer).

Der zweite grosse, gleichfalls von Norden kommende, Zufluss des Sees — die Kema — hat eine Länge von 128 Werst (134 km); sein Stromgebiet enthält beinahe 3 770 Quadratwerst (4 290 Quadratkilometer). Die Mündung der Kema grenzt nahe an die Mündung der Kowsha.

Zu erwähnen ist noch ein Zufluss, Kunost, gegen 23 Werst lang (24 km), welcher aus den Seen Lozskoje und Azatskoje kommt; diese Seen bilden ein Wasserreservoir um vermittelst der Kunost den mit Schleusen versehenen Beloserskischen Kanal zu speisen, welcher zur Umgehung des Belosero durch die Schiffe

angelegt wurde. Die Fläche der Seen beträgt 9 Millionen Quadrat-sachen (40.95 Millionen Quadratmeter) und das nutzbare Wasser-quantum in denselben ist über 4 Millionen Cubiksachen (39.7 Millionen Cubikmeter).

Als einziger Wasserabfluss aus dem See erscheint im südlichen Theile der Fluss Scheksna, welcher einen Bestandtheil der Marienwasserstrasse bildet. Nach einem Laufe von 387.5 Werst (413 km) mündet dieser Fluss in die Wolga bei der Stadt Rybinsk. Um diesen Fluss während der Schifffahrtperiode dauernd mit Hilfswasser zu speisen, ist der Beloosero, wie schon oben erwähnt, seit 1896 in ein Wasserreservoir verwandelt worden. Zu diesem Zwecke ist unterhalb der Ausmündung des Flusses, an der Furth beim Orte Krochino, ein steinernes Stauwehr von 49 Sachen Weite (104 m 25) mit eisernen Jochen nach dem System Poirée und mit Nadelverschluss erbaut worden. Es wird über dem Rücken des Wehres ein Stau von 1,06 Sachen (2 m 25) zugelassen. Neben dem Wehr ist zum Durchschleusen der Schiffe eine steinerne Schleuse angeordnet.

Infolge dessen, dass die wasserreichsten Zuflüsse des Sees, die Kowsha und Kema, von Norden einmünden, während die Scheksna im südlichen Theile abfließt, ist die Wasseroberfläche des Sees nicht vollkommen horizontal, sondern hat einiges Gefälle von den Mündungen der erstgenannten Flüsse nach dem Abflusse des letzteren. Dieses Gefälle war vor Erbauung des Wehres am Ausflusse der Scheksna grösser als jetzt, und betrug im Mittel 0,173 Sachen (0 m 37) mit Schwankungen innerhalb der Grenzen 0,15 und 0,20 Sachen (0,32 bis 0 m 425); es war grösser bei abnehmendem Wasser und nahm ab beim Steigen desselben. Nach Erbauung des Wehres hat dieses Gefälle abgenommen und beträgt im Mittel nicht über 0,073 Sachen (0 m 155) mit Schwankungen innerhalb sehr enger Grenzen infolge theilweisen Verschliessens der Wehröffnung, sowohl zur Aufspeicherung des Wassers im See als auch für seinen Ablass nach der Scheksna.

Auf die Wasserstände im See hat einen starken Einfluss die Wirkung des Windes, welche den Wasserspiegel an dem gegenüberliegenden Ufer um 0,30 Sachen (0 m 65) und mehr hebt.

Das Abtreiben des Eises aus dem See nach der Scheksna ist im Allgemeinen unbedeutend und hängt mehr von der Richtung des Windes, als von der Abströmung nach diesem Flusse ab.

Die Schwankungen des Wasserstandes im See betragen vor Erbauung des Wehres bis 1,50 Sachen (3 m 20), selten gingen sie

darüber hinaus; es kam vor, dass bei sehr niedrigen Wasserständen und heftigen Südwinden der Abfluss nach der Scheksna auf einige Zeit unterbrochen wurde; das Steigen des Wassers im Frühjahr ging nicht über 0,70 Sashen (1 m 50). Nach Erbauung des Wehres konnte der Abfluss der Scheksna von den Winden nicht trocken gelegt werden, dafür aber erhöhten sich im Allgemeinen die Frühjahrswasserstände im See und die Wasserzunahme betrug beinahe 1,0 Sashen (2 m 1). Der See bedeckt sich mit Eis gewöhnlich im October oder November, das Frühjahrshochwasser beginnt im April und erreicht sein Maximum Mitte Mai. Alles das lässt sich aus den beiliegenden Tabellen II und III ausführlicher ersehen.

Da die Abflussstelle der Scheksna, Brod (Furth) genannt, wie man annehmen darf, einen durchaus unveränderlichen Theil des Bettes darstellt, während das unterhalb befindliche Wehr so eingerichtet ist, dass in geöffnetem Zustande es die Abströmung in keiner Weise behindert, so wird der Abfluss bei geöffnetem Wehr, nach wie vor dessen Erbauung, einzig durch denselben « Brod » regulirt; dieses ist durch wiederholte Wassermengenmessungen, welche an der Abflussstelle bei in beiden Fällen gleichen Seewasserständen ausgeführt worden, bestätigt, so dass überhaupt mit genügender Genauigkeit man annehmen darf, dass, wie vor, so nach der Erbauung des Wehres, die Wasserführung $q = 26,5 h$ pro Secunde beträgt, wenn wir mit h die Höhe des Wassers im Brod oder auf der Wehrschwelle bezeichnen (1).

Zur Aufklärung der uns vorliegenden Frage diene einerseits das Beobachtungsmaterial der Pegel, welche an den Ufern des Beloosero errichtet sind, anderentheils die Aufzeichnungen des Hauptobservatoriums für Physik in St. Petersburg, die von den meteorologischen Stationen im Bassin des Sees und seiner Umgegend in Bezug auf atmosphärische Niederschläge erhoben worden sind.

Diese Data konnten nur seit 1881–1882 benutzt werden, obgleich Beobachtungen der Wasserstände und atmosphärischen Niederschläge schon früher begonnen wurden; ihre unvollständige Genauigkeit, besonders was die Niederschläge betrifft, verhinderte ihre Verwendung.

Es muss erwähnt werden, dass das Netz der meteorologischen Stationen in dieser Gegend erst Ende der 80 und Anfang der

(1) Die Cote der Wehrschwelle über dem Wasserspiegel der Ostsee beträgt 51,567 Sashen (109,504 m).

90 Jahre erweitert wurde, und auch danach ganze Flussgebiete der Zuflüsse des Sees, z. B. das Flussgebiet der Kema, ohne solche Stationen verblieben und bis jetzt verbleiben; trotzdem ist es aber, wie wir weiter sehen werden, gelungen einen bestimmten Zusammenhang zwischen den hydrologischen Erscheinungen am See und den atmosphärischen Niederschlägen in seinem Zuflussgebiet festzustellen; das aber erlaubt einigermaßen diese Erscheinungen vorherzusagen.

Zu vollständigerer Charakteristik des Sees sind weiter unten, in Tabelle I, die Grösse seines Wasserumschlags, als auch dessen Abhängigkeit von den atmosphärischen Niederschlägen, beginnend mit 1882 bis 1896 zusammengestellt, d. h. bis zu dem Jahre, von welchem ab das natürliche Regime des Sees durch Manipulationen an der Wehröffnung bei Krochino gestört wurde. Die Zeit wird gerechnet vom 1. October a. St., entsprechend dem gewöhnlichen Schluss der Schifffahrt auf der Marienwasserstrasse.

Die erste Rubrik dieser Tabelle enthält die Jahreszahlen, vom 1. October 1881 bis zum 1. October 1895; die Rubriken 2 und 3 enthalten die für das ganze Bassin gemittelten Wasserschichten K der Jahresniederschläge in Millimetern und Hundertsteltheilen von Sashen; Rubrik 4 — die Volumina $K \Omega$ Wasser dieser Niederschläge von der ganzen Fläche Ω des Zuflussgebietes in Millionen Cubiksashen; Rubrik 5 — den mittleren Wasserstand H « im Brod »; Rubrik 6 — die Jahreswassermengen Q nach der Formel $q = 26,5 h$ in Millionen Cubiksashen; Rubrik 7 — den Wasserstand in demselben « Brod » am 1. October jeden Jahres; Rubrik 8 — die Grössen $\pm R$ der Zu- und Abnahme des Wassers im See, gleichfalls zum 1. October in Millionen Cubiksashen; Rubrik 9 — den Wasserumschlag des Sees pro Jahr zum selben Datum $Q \pm R$; Rubrik 10 — das Verhältniss $\frac{Q \pm R}{K \Omega} = p$ d. i. den Jahrescoefficienten des Wasserzuflusses zum See aus dessen Zuflussgebiet; endlich Rubrik 11 — die Zahl der meteorologischen Stationen, welche zur Berechnung der Grösse K beigetragen.

Diese Tabelle zeigt :

1. Die mittleren Jahresniederschläge im Zuflussgebiet schwanken innerhalb der Grenzen 384 mm 6 im Jahre 1891 und 691 mm 0 im Jahre 1888.

2. Die mittleren Jahreswasserstände des Sees veränderten sich innerhalb der Grenzen von 0,18 Sashen im Jahre 1891 und

0,76 Sashen im Jahre 1888; es entspricht also den grössten Jahresniederschlägen der höchste mittlere Jahreswasserstand des Sees und umgekehrt.

3. In einem ebensolchen Zusammenhange befinden sich auch die Abflussmengen des Wassers aus dem See nach der Scheksna : die kleinste Abflussmenge von 152 Millionen Cubiksashen fand 1891 statt, die grösste mit 635 Millionen Cubiksashen im Jahre 1888.

4. Demselben wasserreichen Jahre 1891 entspricht auch der höchste Wasserstand des Sees am 1. October, mit einer Ablesung von 1,41 Sashen über dem Grunde im Brod; der kleinste Wasserstand im Brod 0,50 Sashen war im Jahre 1890, welches auch wasserarm war.

5. Der Umschlag des Wassers im See pro Jahr entspricht ebenfalls dem Betrage der Niederschläge im Zuflussgebiet : der grösste Umschlag mit 746 Millionen Cubiksashen kommt auf dasselbe an Niederschlägen reiche Jahr 1888, der kleinste mit 145 Millionen Cubiksashen auf 1890, in welchem die Niederschläge unbedeutend waren und nicht mehr als 430 mm 6 betrug. In dem trockensten Jahre 1891 erreichte der Wasserumschlag im Ganzen 181 Millionen Cubiksashen, war also auch unbedeutend. Daraus ersieht man aber, dass im Zuflussgebiet zwei Jahre mit geringen Niederschlägen, und folglich auch solche mit geringem Wasserumschlag für den See unmittelbar einander folgen können.

6. Der Abflusscoefficient pro Jahr schwankt in weiten Grenzen von 0,250 im Jahre 1890 bis 0,797 im wasserreichen 1888 Jahre; überhaupt ist zu ersehen, dass der Abflusscoefficient, wie auch zu erwarten war, in den wasserreichen Jahren im Allgemeinen sich vergrössert, in trockenen Jahren bedeutend abnimmt; im Mittel beträgt der Abflusscoefficient für diese 14 Jahre 0,537. Es ist jedoch zu beachten, dass seit 1892 an dem Ausflusse der Scheksna mit dem Bau des Wehres und der Schleuse begonnen wurde, wodurch der Abfluss der Wassermassen aus dem See eine Störung erfuhr. Daher ist es richtiger, als mittleren Abflusscoefficienten seinen Werth für die Jahre 1882 bis 1892 anzunehmen; dann wird $p = 0,473$.

Für praktische Zwecke ist es aber viel wichtiger die gegenseitige Beziehung zwischen den im Zuflussgebiet des Sees erfolgenden atmosphärischen Niederschlägen und den Zuflüssen des Wassers in den See während der Frühjahrsperiode festzustellen, da nach Auffindung dieses Zusammenhanges es möglich wäre die Zunahme

des Wassers im Frühjahr für den See selbst vorherzusehen und folglich rechtzeitig für den Wasserauslass über das Wehr bei Krochino Anordnung zu treffen.

Infolge klimatischer Verhältnisse, in denen das Zuflussgebiet des Beloosero sich befindet, ist es, trotz der Unvollständigkeit namentlich der meteorologischen Daten, möglich gewesen die gestellte Aufgabe mit solcher Genauigkeit zu lösen, dass die Lösung auch praktisch verwendet werden kann.

Im Zuflussgebiet des Beloosero, besonders in seinem nördlichen weitaus grösseren Theile, erscheinen die atmosphärischen Niederschläge schon im November, oft sogar im October und bis zum April, bisweilen auch den April durch, in fester Form d. h. als Schnee, Graupeln u. dgl. und da sie bei der niedrigen Wintertemperatur nicht tauen, so sammeln sie sich auf der Oberfläche der Erde als Vorrath an, verwandeln sich im April und Mai in Wasser und fliessen in ihren Rinnsalen nach den Betten der Bäche und Flüsse, um gewöhnlich gegen Mitte April den Beloosero zu erreichen; infolge dieser Zuflüsse beginnt das Wasser im See zu steigen, was etwa bis Mitte Mai andauert, hierauf kommt das Wasser des Sees gegen Ende des Sommers und im Herbst zu seinem normalen Stande zurück.

Diese Erscheinung wird durch den Scheksnafluss regulirt: er empfängt in seinem Ausfluss die Wassermengen des Sees, welche, mit den Wasserständen des Sees proportional zu- oder abnehmend, einigermaßen jene Bedingungen characterisiren, unter welchen sowol das Auftauen der im Winter angesammelten Niederschläge, als auch deren Abrinnen nach dem See hin erfolgte.

Und in Wirklichkeit hängt das im Frühjahr eintretende Steigen des Wassers im See nicht nur von der Menge dieser Niederschläge ab, sondern wird auch stark beeinflusst von den Umständen, welche sowohl die ersten Niederschläge in fester Form begleiteten, wie z. B. die derzeitige grössere oder geringere Durchnässung des Bodens, der Grad des Gefrierens des Bodens u. d. m., als auch welche während des Auftauens im Frühjahr stattfanden, und zwar: die Schnelligkeit des Auftauens abhängig von der Temperatur, den Regenfällen u. s. w. Alle diese Umstände beeinflussen sogleich die Abströmungsmengen des Wassers aus dem See nach der Scheksna, so dass die Grösse derselben für die Periode des Wasseranstiegens im See gleichsam als Ausdruck aller dieser oben-erwähnten Umstände erscheint und bei der Bestimmung der Beziehung der Niederschläge im Zuflussgebiet zum Steigen des

Wassers im See, muss ihre Berücksichtigung eben jene Correction ergeben, welche ihrer complicirten Natur halber, und oft sogar infolge der Unkenntniss der vorerwähnten Umstände, sonst nicht angebracht werden könnte.

Um den Auslass des Wassers aus dem Beloosero nach dem bevorstehenden Wasserzuwachs bemessen zu können, müsste man letzteren möglichst frühzeitig bestimmen; als genügend frühen Zeitpunkt hierzu kann Mitte März alten Stils angesehen werden, da gewöhnlich die Zunahme des Wassers im See nur im April und ausnahmsweise in der zweiten Hälfte des März beginnt. Zu diesem Termin kann man schon von den wichtigsten meteorologischen Stationen Nachricht über die Niederschlagsmengen, welche im Zuflussgebiet während des Winters sich angesammelt, erhalten.

Hier muss bemerkt werden, dass, falls im vorhergehenden Jahre im Herbst frühzeitig Fröste eingetreten waren und der October reich an Niederschlägen war, es nothwendig ist bei der Bestimmung des zu erwartenden Wassersteigens auch diese Niederschläge in Betracht zu ziehen; da ferner die künftigen Aprilniederschläge zur Zeit dieser Bestimmung, d. i. Mitte März, nicht bekannt sein können, ist zu der Summe der Winterniederschläge ein mittlerer Werth der Niederschläge für den Aprilmonat der vorhergehenden Jahre zu addiren. Die Menge dieser Niederschläge beträgt im Mittel 27,7 mm = 0,013 Sashen. Was die Niederschläge im Monat Mai, welche im Allgemeinen recht reich sind, betrifft, so sind dieselben, wie Vorberechnungen erwiesen haben, mehr von Einfluss auf die Dauer des Hochwassers im See, als auf die Intensität seiner Zunahme, was sich durch die bedeutende Ausdehnung des Zuflussgebietes nach Norden und grosse Länge seiner Zuflussrinnen erklären liesse.

Daher kann man behaupten, dass die im See beobachtete Zunahme des Wassers im Frühjahr, zusammen mit der Wassermenge, welche während dieser Zunahmeperiode in die Scheksna abgeflossen ist, eben jenen Theil des Wassers aus den atmosphärischen Niederschlägen der Winterperiode und des Monats April ausmacht, welcher dem See zugeflossen ist; wenn man daher mit Ω die Fläche des Zuflussgebietes bezeichnet, mit ω die Fläche des Sees, mit k die Schicht der atmosphärischen Niederschläge im Winter, mit b solcher (mittlere) im April, mit h die im See beobachtete Höhe der Zunahme des Wassers im Frühjahr; mit z die Höhe, welche dem Wasserverbrauch im Ausflusse des Sees für die Zeit der Zunahmeperiode entspricht, wenn dieses Volumen hätte

im See aufgehalten werden können, endlich mit μ einen gewissen Zahlenwerth als Coefficient, so können wir schreiben :

$$\mu \Omega (k + b) = \omega (h + z)$$

Da in diesem Ausdruck alle Grössen, ausser μ , bekannt sind, kann man letzteres nach den Daten der vorhergehenden Jahre bestimmen, und mit seinem Mittelwerth für diese Jahre wird man im Stande sein die Dicke der Schicht der im Frühjahr bevorstehenden Zunahme des Wassers im See zu bestimmen, wenn man für z auch den Mittelwerth für die verflossenen Jahre einführt; dann erhalten wir, unter Bezeichnung mit h^1 , die erwartete Zunahme im Frühjahr :

$$h^1 = \mu \frac{\Omega}{\omega} (k + b) - z \dots \dots \dots (1)$$

Wenn wir dieses h^1 zu der Höhe jenes Wasserstandes im See hinzufügen, von welchem wir die Zunahme im Frühjahr rechnen, so erhalten wir diejenige Höhe, bis zu welcher ein Steigen des Wassers im Frühjahr zu erwarten ist.

Auf Grund obenangeführter Betrachtungen ist Tabelle II zusammengestellt, welche enthält :

In der Rubrik 1, Jahre von 1882 bis 1896, während deren der See in seinem natürlichen Zustande sich befand;

In den Rubriken 2 und 3 ist in Millimetern und Hundertelsashen die Höhe k der Niederschläge im Zuflussgebiet seit dem 1. November oder October n. St. d. h. vom 1. bis zum 17. jeden Monats a. St., als Mittelwerthe aus den Beobachtungen an den meteorologischen Stationen der ganzen Gegend des Zuflussgebiets; in den Rubriken 4 bis 10 sind aufgeführt die Ablesungen an den Latten zweier Pegel für Wasserstände im See unmittelbar vor dem Anfang der Wasserzunahme im See und am Ende dieser Zunahme, sowie auch die Differenzen dieser Ablesungen, nach welchen die Rubrik 10 zusammengestellt ist, welche die mittlere Höhe der Schicht h der Zunahme des Wassers angiebt; in den Rubriken 11, 12 und 13 sind die Zeitpunkte des Beginnes und Endes der Wasserzunahme und die Zahl der Tage T angegeben, innerhalb welcher diese Zunahme erfolgt ist; in der Rubrik 14 ist der mittlere Wasserstand « im Brod » für dieselbe Zeit T angegeben, in den Rubriken 15 und 16 die entsprechenden Abflussmengen Q aus dem See und die Höhe z des verbrauchten Volumens, wenn dasselbe

in dem See eingeschlossen wäre; weiter sind angegeben in der Rubrik 17 — $(h + z)$, in der Rubrik 18 — $(k + b) \frac{\Omega}{\omega}$ und in der Rubrik 19 die Grösse des Coefficienten μ .

Der mittlere Werth dieses Coefficienten für 14 in der Tabelle angeführte Jahre beträgt

$$\mu = 0,7776$$

der Mittelwerth für z für dieselben Jahre wird sein

$$z = 12,976 \text{ Hundertel Sashen.}$$

Die Fläche des Zuflussgebietes $\Omega = 28\,825\,000\,00$ Quadratsashen, und die Fläche des Sees $\omega = 2\,465\,000\,00$ Quadratsashen.

Wenn man diese Zahlen in den obenangeführten Ausdruck für h^1 einsetzt und berücksichtigt, dass $b = 1,3$ Hundertstel Sashen beträgt, erhält man für die Bestimmung der bevorstehenden Höhe der Wasserzunahme im See folgenden einfachen Ausdruck :

$$h^1 = 9.10 (k - 0,13) \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$

wo k in Hunderteln Sashen genommen werden muss, und woraus h^1 auch in Hundertel Sashen zu entnehmen ist. Die so erhaltenen Grössen h^1 sind in der Rubrik 20 der Tabelle II zusammengestellt; weiter in der Rubrik 21 derselben Tabelle sind die Differenzen $h - h^1$, zwischen den in Wirklichkeit beobachteten und nach der obigen Formel berechneten Grössen der Zunahme im Frühjahr, d. h. die absoluten Fehler eingetragen, und in der Rubrik 22 dieselben Fehler in % der wirklich beobachteten Grössen h .

Aus diesen Rubriken ist zu ersehen, dass unter 14 Fällen der absolute Fehler in 8 Fällen kleiner ist als 0,05 Sashen, in 4 Fällen kleiner als 0,10 Sashen, einmal gleich 0,10 Sashen ist und nur einmal grösser als dieser Werth und gleich 0,107 Sashen; in % ausgedrückt ist dieser Fehler in 4 Fällen kleiner als 5 %, in 3 Fällen kleiner als 10 %, in 5 Fällen kleiner als 15 %, einmal kleiner als 20 % und nur einmal beträgt er 22,2 %.

Wenn man in der vorhergehenden Formel etwas die constanten Zahlen verändert und zwar setzt

$$h^1 = 9.00 (k - 0,22) \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

werden die Fehler der Berechnung von h^1 , sowohl positive als negative in ihrem procentischen Verhältniss ausgeglichen und betragen nicht über 19 %, obgleich dafür ihre absoluten rössenG

nach der positiven Seite hin etwas zunehmen und umgekehrt die negativen abnehmen. Die Resultate der Berechnungen nach dieser letzteren Formel findet man in den Rubriken 23, 24 und 25 derselben Tabelle II.

Diese Formeln könnte man bei der Bestimmung der für den See zu erwartenden Frühjahrshochwässer benutzen, wenn das Regime des Sees nicht seit 1896 durch die Regulirung des Abflusses seiner Wasser über das Wehr bei Krochino gestört sein würde; als Folge einer solchen Regulirung erschien aber vor allem eine allgemeine Erhöhung der Wasserstände des Sees, im Mittel um beinahe 0,35 Sassen, ausserdem aber um eine bestimmte Höhe partielle Erhöhungen der Frühjahrswässer, in Folge des theilweisen Verschliessens der lichten Weite des besagten Wehres, welches auf einige Zeit im Frühjahr während der eigentlichen Zunahme des Wassers erfolgt.

Auf diese Weise wurden, für den Fall des vollkommen geöffneten Wehres, die Ausflüsse aus dem See grösser im Vergleich zu solchen vor 1896; wenn aber das Wehr geschlossen war, sammelte sich im See eine gewisse Schicht Wasser künstlich an; ein Theil deren gelangte aber, gerade infolge der Erhöhung des Wasserpiegels im See um diese Schichtenstärke, schon zum Abflusse, bevor der höchste Wasserstand im See eingetreten war, wenn vor Eintritt dieses Momentes die Oeffnung des Wehres vollkommen frei wurde.

Wenn man daher, wie früher, mit z die Höhe jener Wasserschicht im See bezeichnet, welche der in der Zunahmeperiode aus dem See bei vollkommen geöffnetem Wehre abgeflossenen Wassermengen entspricht; mit y die Stärke der künstlich aufgespeicherten Schicht Wasser infolge theilweisen Verschlusses der Oeffnung des Wehres und mit x denjenigen Theil derselben, welcher in der Zeit seit dem Oeffnen des Wehres bis zum Ende der Zunahmeperiode verbraucht war, sodass $y - x$ den in dem See noch verbliebenen Theil des künstlich angesammelten Wassers bezeichnet, so müsste die vorige Formel folgendermassen sich gestalten :

$$h^1 = \mu \frac{\Omega}{\omega} (k + b) - z + y - x \dots \dots (4)$$

Die Grösse der künstlich im See angesammelten Wasserschichte kann nach der Formel

$$y = \frac{T_1 H_1}{701,64 + \frac{1}{2} T^1} \dots \dots (5)$$

bestimmt werden, worin T_1 die Anzahl der Tage beziechnet, während welcher die Oeffnung des Wehres vermindert war, und H_1 den mittleren Stand des Wassers auf der Schwelle des Wehres während dieser Zeit.

Die Grösse des zum Ende der Wasserzunahme nachgebliebenen Theiles der künstlich angesammelten Wasserschicht, nach völligem Oeffnen des Wehres, ergibt sich aus der Gleichung

$$y - x = y \frac{1 - 0,00462 T_2}{1 + 0,00462 T_2} ; \dots (6)$$

wobei T_2 die Anzahl Tage bezeichnet, während welcher das Wehr nach dem künstlichen Ansammeln in See der Schicht y bis zum Ende der Wasserzunahme im See vollkommen frei von Verschlüssen war.

ANMERKUNG

Diese Formeln sind auf folgende Weise aufgestellt worden :

I. Es möge in dem gegebenen Moment, wenn über der Schwelle des Wehres das Wasser im See die Höhe h_1 hatte, die Oeffnung des Wehres etwas vermindert worden sein; infolgedessen wird, allgemein genommen, nach Verlauf eines kurzen Zeitraums t in der Grösse h_1 einige Veränderung eintreten, diese sei $\pm d_1$, so dass am Ende dieses Zeitraums t die Wasserhöhe $h_1 \pm d_1$ sein wird.

Diese Veränderung von h_1 um $\pm d_1$ ist infolge zweier Ursachen entstanden : erstens um die Grösse $\pm r$ wegen des natürlichen Zuflusses von Wasser zum See während dieser Zeit und zweitens um die Grösse $+ y_1$ wegen künstlichen Zurückhaltens eines Theiles der Abflussmenge im Wehr infolge einer Verminderung seiner Oeffnung, so dass

$$\pm d_1 = \pm r + y_1$$

Wenn t genügend klein ist, kann man ohne grossen Fehler die Abflussmenge über das geöffnete Wehr innerhalb dieser Zeit als constant ansehen und das Wasservolumen Q_1 , welches in der Zeit t abfliesst, würde sein

$$Q_1 t = ah_1 t$$

und es würde keine künstliche Hebung des Seewasserspiegels um die Grösse y_1 eintreten, wobei dennoch seine Aenderung um $\pm r$ erfolgen würde.

Wenn wir also mit ω die Fläche des Sees bezeichnen, wird das in demselben künstlich in der Zeit t angesammelte Volumen ωy_1 eben gerade dasjenige sein, welches in derselben Zeit abfließen würde, wenn die Oeffnung des Wehres nicht vermindert, sondern offen verbleiben würde. Daher haben wir

$$y_1 \omega = Q_1 t = a h_1 t$$

daraus erhalten wir

$$y_1 = \frac{at}{\omega} h_1$$

Nach Verlauf des ersten Zeitraums t , wird das Wasser über der Schwelle in einer Höhe anstehen

$$h_2 = h_1 \pm r_1 + y_1;$$

bei geöffnetem Wehr würde aber das Wasser die Höhe $h_2 - y_1$ haben; wenn daher am Ende eines zweiten solchen Zeitraums t diese Höhe zu h_3 werden würde, so würde die Schichte $h_3 - h_2$ auch aus Theilen bestehen: dem ersten $\pm r_2$ und dem zweiten $+ y_2$ und wenn wir mit Q_2 die Wassermenge bezeichnen, welche bei offenem Wehre und der Höhe des Wassers $h_2 - y_1$ abfließt, so wird das wiederum künstlich in demselben zweiten Zeitraum zurückgehaltene Volumen Wasser

$$y_2 \omega = Q_2 t = a (h_2 - y_1) t$$

sein, daher wird die Stärke der so angesammelten Wasserschicht

$$y_2 = \frac{at}{\omega} (h_2 - y_1).$$

Für ein drittes Zeitintervall erhalten wir in gleicher Weise:

$$y_3 = \frac{at}{\omega} (h_3 - y_1 - y_2)$$

u. s. w.; endlich für das n — te Zeitintervall, das letzte vor dem vollständigen Freigeben der Oeffnung des Wehres, werden wir haben:

$$y_n = \frac{at}{\omega} (h_n - y_1 - y_2 - \dots - y_{n-1}).$$

Wenn daher bekannt sind die Grössen y_1, y_2, \dots, y_n , deren aufeinanderfolgende Summen für die entsprechende Anzahl von Zeitintervallen t , und die ursprüngliche Höhe des Wassers im See

über der Schwelle des Wehres, bei welcher dasselbe geschlossen wurde, sowie die aufeinanderfolgenden Höhen desselben je nach einem Zeitintervalle t , so lässt sich die ganze während der ganzen Zeit des Wehrschlusses künstlich angesammelte Wasserschicht im See bestimmen.

Die Aufgabe wird einfacher, wenn zugelassen wird, dass die Zunahme des Wassers nach Schluss des Wehres gleichmässig erfolgt, denn dann ist $y_1 = y_2 = \dots = y_n$; wenn man daher $nt = T_1$ und $h_1 + h_2 + \dots + h_n = n H_1$ setzt und die vorigen Gleichungen theilweise addirt, so wird

$$\Sigma y = Y = \frac{at}{\omega} \left(n H_1 - y \frac{n}{2} \right)$$

woraus man erhält

$$Y = \frac{T_1 H_1}{\frac{\omega}{a} + \frac{T_1}{2}}$$

In unserem Falle sind gegeben $a = 26.5$, $\omega = 2\,465\,900\,00$ Quadratsashen und da ein Tag von 24 Stunden 86 400 Secunden enthält, erhalten wir T_1 in Tagen rechnend

$$Y = \frac{T_1 H_1}{107.64 + \frac{1}{2} T_1} \dots \dots (5)$$

II. — Wenn die über das Wehr in der gegebenen Zeit abfließende Wassermenge bei künstlich im See angesammelter Wasserschicht y durch $q_1 = a(h + y)$ dargestellt wird, würde die Durchflussmenge ohne diese Wasserschicht $q_2 = ah$ betragen; die Differenz dieser Abflussmengen in einem Zeitelement dt wird eben den im See übrig gebliebenen Theil der Schicht y ausmachen, welcher in dieser Zeit nicht verbraucht worden ist; daher

$$(q_1 - q_2) dt = aydt;$$

dem Wasservolumen $aydt$ entspricht aber im See eine Wasserschicht ωdy , so dass

$$\omega dy = aydt$$

woraus

$$dt = \frac{\omega}{a} \frac{dy}{y}$$

Wenn man diesen Ausdruck nach t integrirt, vom Anfang der Befreiung des Wehres von den Verschlüssen bis zum Ende des Wassersteigens im See, d. h. von 0 bis T_2 , und seinen zweiten Theil von dem Werthe y , welcher der vollen Schicht des künstlich angesammelten Wassers entspricht, bis zu jener Grösse desselben, welche zu Ende der Zeit T_2 noch im See verbleibt, so erhalten wir

$$T_2 = \frac{\omega}{a} (\lg Y - \lg y)$$

woraus $Y - y = x$, d. h. die in der Zeit T_2 erfolgende Verminderung der künstlich angesammelten Wasserschicht, somit aber auch dessen im See verbliebener Theil, bestimmt werden können.

Aus der vorigen Gleichung haben wir

$$\lg Y - \lg y = \frac{aT_2}{\omega} = \lg \frac{Y}{y}$$

Indem wir $\lg \frac{Y}{y}$ in eine Reihe zerlegen und infolge seiner Kleinheit die höheren Potenzen von y vernachlässigen, erhalten wir :

$$Y - x = y = Y \frac{1 - \frac{aT_2}{2\omega}}{1 + \frac{aT_2}{2\omega}};$$

führen wir nun für a und ω deren Werthe ein und drücken die Zeit in Tagen à 24 Stunden aus, so erhalten wir die obenangeführte Formel (6)

$$Y - x = Y \cdot \frac{1 - 0,00462 T_2}{1 + 0,00462 T_2} \dots \dots (6)$$

Unter Berücksichtigung der vorigen Ueberlegungen und der in Wirklichkeit am Wehr seit 1896 bis 1905 vorgenommenen Manipulationen wurde bei steigendem Wasser nach Formel (1) der Coefficient μ bestimmt, welcher im Mittel für diese Jahre $\mu = 0,813$ beträgt, woher in unserem Falle man berechtigt ist

$$\mu \frac{\Omega}{\omega} = 9,5 \text{ zu setzen.}$$

Nachdem auf diese Weise der Coefficient bestimmt worden, ist, um die Grösse der zu erwartenden Zunahme des Frühjahrshochwassers zu ermitteln, folgender Gang einzuschlagen :

In der Gleichung (4), welche in unserem Falle in

$$h^1 = 9,5 (k + 1,3) - z + Y - x$$

übergeht, werden die drei letzten Glieder vernachlässigt und nach gegebenem k die Grösse h^1 annähernd bestimmt ; aus diesem h^1 und dem bekannten Wasserstande h_1 , von welchem die Zunahme des Wassers beginnen wird, ist H_1 zu ermitteln d. h. der mittlere Wasserstand auf der Wehrschwelle für die Dauer T des Wassersteigens, wobei vorausgesetzt wird, dass dieses Steigen gleichförmig erfolge ; aus den Daten für die Zeit bis 1896 (cf. Tab. II) ist zu ersehen, dass im Mittel für 14 Jahre das Steigen des Wassers im See 27 Tage andauerte ; wenn man diese Zeit annimmt und H_1 kennt, kann man Q bestimmen, d. h. die in dieser Zeit über das Wehr abgeflossene Menge, unter Voraussetzung, dass das Wehr die ganze Zeit über offen gestanden, folglich wird aber auch z bekannt sein ; wenn man hierauf dieses z von dem früher ermittelten h^1 abzieht, erhält man die gesuchte Grösse des zu erwartenden Ansteigens des Wassers im Frühjahr. Wenn aber im Lauf dieser Zeit die lichte Oeffnung des Wehres theilweise vermindert würde, könnte man, bei Kenntniss der Zeit, wann diese Verminderung begann, und endete, d. h. von T_1 den mittleren Wasserstand auf der Wehrschwelle für die Zeit T bestimmen und hierauf nach der Formel (5) y berechnen ; wenn aber die Verminderung der lichten Oeffnung des Wehres nicht bis zu Ende des Wassersteigens dauerte, so dass das Wehr während eines Zeitraums T_2 der Zunahmepériode nach seinem Oeffnen noch geöffnet blieb, so wird in dem Falle nach der Formel (6) $Y - x$ bestimmt, somit aber endgültig der wahrscheinlichste Werth h^1 des bevorstehenden Ansteigens des Frühjahrswassers im See.

Auf solcher Grundlage ist die Ermittlung des im Frühjahr zu erwartenden Ansteigens des Wassers für die Zeit von 1896 bis 1905 durchgeführt worden ; der Rechnungsgang selbst und seine Resultate sind in der Tabelle III zusammengestellt, und zwar :

In der Rubrik 1 sind die Jahre angegeben, in den Rubriken 2 und 3 die atmosphärischen Niederschläge K , vom 1. November (oder 1. October) bis zum 1. April n. St. in mm und Hundertel-

sashen; in der Rubrik 4 — der Wasserstand des Sees h_1 , von welchem die Zunahme des Wassers beginnt, als Mittel der Ablesungen an den Pegeln, bezogen auf Null des Pegels bei Krochino, welche um 0,40 Sashen niedriger liegt als die Schwelle des an diesem Ort befindlichen Wehres; in der Rubrik 5 — die wirkliche Zunahme h des Wassers im See, als Mittel aus den Beobachtungen an den Pegeln; in der Rubrik 6 — sind angeführt die Werthe des Ausdrucks

$$\mu \frac{\Omega}{\omega} (K + b) = 9,5 (K + 1,3),$$

auf Grund dessen, bei Annahme gleichförmigen Steigens, ermittelt wurden: in der Rubrik 7 — der mittlere Stand H des Wassers, in der Rubrik 8 — Q , in der Rubrik 9 — Z und in der Rubrik 10 — die Werthe $9,5 (K + 1,3) - Z$. Ausserdem ist in der Rubrik 11 die Zeit bezeichnet, innerhalb welcher die Oeffnung des Wehres eine Verminderung erfahren; der Anfang dieser Zeit ist zusammenfallend mit dem Anfang des Steigens des Frühjahrswassers im See angenommen, weil, trotzdem das Wehr auch früher, bisweilen sogar schon im Herbst des vorhergehenden Jahres aufgerichtet wurde, der Wasserspiegel im See deswegen fast gar nicht sich erhöhte und bis zum Anschwellen im Frühjahr in derselben Höhe verblieb. In der Rubrik 12 ist der mittlere Stand des Wassers H_1 über der Schwelle des Wehres in der Zeit des Aufrichtens desselben, unter Annahme eines gleichförmigen Steigens des Wassers, in den Rubriken 13 und 14 die Grössen y und $y - x$, d. h. die Schicht des künstlich angesammelten Wassers infolge des Aufrichtens des Wehres und dessen nachgebliebener Theil zu Ende der Periode des steigenden Wassers, wobei die Zeit T_2 gleichgesetzt wurde $27 - T_1$. In der Rubrik 15 sind die Werthe von h' des mutmasslichen Steigens des Wassers und in den Rubriken 16 und 17 die Differenzen $h - h^1$ zwischen den beobachteten und den berechneten Grössen dieser Wasserzunahme in absoluten Zahlen und procentischen Verhältniss angegeben. Endlich in der Rubrik 18 ist angegeben die Zahl der meteorologischen Stationen, nach welchen die mittlere Stärke K der Niederschläge im Winter ermittelt worden ist.

Die zwei vorletzten Rubriken zeigen, dass die nach vorbeschriebener Methode ermittelten zu erwartenden Erhöhungen des Seewasserspiegels im Frühjahr sich von den thatsächlich beobach-

teten innerhalb der Grenzen $+ 11,5$ und $- 7,4$ Hundertelsachen unterscheiden können, nach dem procentischen Verhältniss aber die Abweichungen nach beiden Richtungen fast gleich und nicht grösser als 17 % sind.

Daraus ersieht man, dass auch nach Herstellung in der Scheksna von Einrichtungen, welche den Abfluss des Wassers aus dem Beloosero künstlich reguliren, man mit nicht geringerer Genauigkeit, als vor deren Herstellung, rechtzeitig die in dem See zu erwartenden Anschwellungen des Frühjahrswassers bestimmen kann.

Die angeführte Untersuchung bestätigt nochmals nicht nur den von Allen anerkannten Zusammenhang zwischen den atmosphärischen Niederschlägen und den hydrologischen Erscheinungen, welche bei den Gewässern der Erdoberfläche stattfinden, sondern zeigt auch, dass dieser Zusammenhang in gewissen Fällen so genau festgestellt und in mathematischer Form dargestellt werden kann, dass er der praktischen Bedeutung für verschiedene Zwecke und darunter für die Schifffahrt nicht entbehrt.

Es unterliegt auch keinem Zweifel, dass die Genauigkeit der Voraussicht bevorstehender Erscheinungen im Leben der Gewässer der Erdoberfläche abhängig ist von der Anzahl der meteorologischen Daten und deren Vertheilung auf der Fläche des Zuflussgebietes.

Bedauerlicherweise besteht bei uns in Russland in dieser Hinsicht noch eine grosse Lücke, wie man das auch aus der obigen Betrachtung über den Beloosero ersehen kann, da in dem Niederschlagsgebiet eines für ihn so wichtigen Zuflusses, wie die Kema, bis jetzt keine einzige meteorologische Station existirt, während im südlichen Theile deren vielleicht mehr als genug sind. Eine zweckdienliche Vertheilung solcher Stationen nach den Flussgebieten und deren Umgegend ist durchaus zu wünschen.

Unzweifelhaft würde eine in diesem Sinne ausgesprochene Bestimmung des Kongresses gewünschten Einfluss haben, in Folge dessen die Hydrologie mit der Meteorologie in engere Wechselbeziehung treten würden, als das vielleicht bisher geschah.

F. LEWANDOWSKI.

TABELLE I.

JAHRE	k		kΩ	H	Q	h	R	Q ± R	p.	Zahl der meteorologischen Stationen	BEMERKUNGEN
	mm.	0.01 Sash.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Cub. Sash.	Cub. Sash.	0.01 Sash.	Cub. Sash.	Cub. Sash.	0.01 Sash.	Cub. Sash.	Cub. Sash.			
1881	—	—	—	—	—	64	—	—	—	—	
1882	415.7	19.54	563.24	39.8	332.67	56	— 19.72	312.95	0.556	2	
1883	609.2	28.63	825.26	25.0	208.96	64	+ 19.72	228.68	0.277	2	
1884	469.9	22.08	636.46	42.7	356.91	54	— 24.65	332.26	0.522	2	
1885	492.4	23.15	667.30	25.4	212.31	51	— 7.39	204.92	0.307	1	
1886	494.9	23.27	670.76	24.5	204.78	60	+ 22.18	226.96	0.338	1	
1887	552.3	25.96	748.30	38.5	321.80	96	+ 88.74	410.54	0.548	2	
1888	691.0	32.47	937.95	76.0	635.25	141	+ 110.92	746.17	0.797	4	
1889	473.4	22.25	641.36	68.8	575.06	79	— 152.83	422.23	0.658	6	
1890	430.6	20.23	583.13	26.0	217.32	50	— 71.48	145.84	0.250	6	
1891	384.6	18.07	520.87	18.0	152.25	62	+ 29.58	181.83	0.349	5	
1892	534.4	25.11	723.80	41.7	348.73	97	— 86.27	435.00	0.600	5	
1893	423.2	19.89	573.34	53.4	446.34	100	+ 7.39	454.73	0.793	5	
1894	538.5	25.30	729.27	67.6	565.03	105	+ 12.32	577.35	0.791	5	
1895	453.3	21.30	613.97	58.4	488.14	90	— 36.97	451.17	0.734	5	
								Mittel...	0.537		

Zur Umrechnung der Masse :

1 Sashen = 2.13 m

1 Quadr. Sash. = 4.55 qm

1 Cub. Sash. = 9.712 cb. m

1 Weist = 1.066 km

1 Quadratweist = 1.136 qkm

1 m = 0.47 Sashen

1 qm = 0.22 Quadratsashen

1 cbm = 0.103 Cub. Sash.

1 km = 0.904 Weist

1 qkm = 0.816 Quadratweist

TABELLE III

JAHRE	K		h ₁	h	$(K + 1.3) \frac{C}{z}$		H	Q	Z	$(K + 1.3) \frac{C}{z}$	T ₁	H ₁	Y	Y - x	$h_1 = \mu \frac{\Omega}{10} (K + 1.3) - Z + Y - x$			Zahl meteorologischer Stationen zur Bestimmung von K	BEMERKUNGEN
	mm	0.01 Sash.			0.01 Sash.	0.01 Sash.									h ₁	Absolut	in %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1896	13.8	5.33	107.0	51.0	63.0	98.5	61.1	24.8	38.2	10	74.0	6.6	5.6	43.8	+ 7.2	+ 14.1	4		
1897	19.4	5.66	114.0	38.0	65.6	106.8	66.2	26.8	38.8	9	80.5	6.4	5.4	44.2	- 6.2	- 16.3	6		
1898	18.4	5.60	101.0	45.0	66.1	94.0	58.2	23.6	42.5	17	74.7	10.9	9.9	52.4	- 7.4	- 16.8	8		
1899	221.2	10.36	103.5	99.6	110.8	118.9	73.7	30.0	80.8	20	93.5	14.6	13.6	94.4	+ 5.2	+ 5.2	6		
1900	139.6	6.54	111.0	51.0	74.5	108.7	67.4	23.2	51.3	8	87.0	6.2	5.1	56.4	- 5.4	- 10.6	5		
1901	111.0	5.20	104.5	56.0	62.8	95.9	59.5	24.1	38.7	17	73.5	10.8	8.6	47.3	+ 8.7	+ 15.5	7		
1902	187.4	8.78	99.0	80.5	95.8	106.9	66.3	26.8	69.0	0	-	-	-	69.0	+ 11.5	+ 14.2	5	K vom 1 Octob. n. St.	
1903	186.2	8.73	101.0	78.6	95.3	108.6	67.3	27.7	67.6	12	91.0	9.6	8.4	76.0	+ 2.6	+ 3.3	4	K vom 1 Octob. n. St.	
1904	110.5	5.18	112.5	43.0	61.6	103.3	64.0	26.0	35.6	18	84.3	13.0	11.7	47.3	- 4.3	- 10.0	4		



INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
 DER
 SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St. Petersburg - 1908

I Abteilung : Binnenschifffahrt
 3. Mitteilung

BERICHT

VON

F. LEVANDOVSKI

CARTE

de bassin du lac Bieloïe
 avec le réseau des stations météorologiques
 et des échelles hydrométriques.

Echelle 1:1.050.000.



Legende.

M station météorologique A échelle hydrométrique
 - - - - - limites du bassin

S. 61

