

II Baltische hydrologische und hydrometrische Konferenz
Tallinn, Juni 1928.

Kennzeichnende Zahlenwerte einiger Abflußgebiete Estlands

Von

Ing. **AUG. WELLNER,**

Leiter des hydrometrischen Büros Estlands

TALLINN

Herausgegeben vom Verkehrsministerium Estlands

1928

102796
12

Kennzeichnende Zahlenwerte einiger Abflussgebiete Estlands.

Ing. Aug. Wellner,

Leiter des hydrometrischen Büros Estlands.

Das Bestreben, eine Uebersicht über den Gang der Wasserstände einiger Gewässer Estlands zu geben, stösst auf gewisse Schwierigkeiten, die durch den grossen Umfang des Zahlenmaterials bedingt sind. Es sind daher im Weiteren statistische Kennwerte zur Kennzeichnung und zum Vergleich der Beobachtungsreihen benutzt worden.

Die Beobachtungsreihen meteorologischer, sowie hüdrologischer Faktoren ergeben bekanntlich im Gange der Beobachtungszahlenwerte ein vollständig symmetrisches Bild, oder eine rechte oder linke Asymmetrie. Die vollständige Symmetrie der Beobachtungszahlenwerte ist durch eine gleiche Verteilung der Zahlen oberhalb und unterhalb des Mittelwertes gegeben, bei linker Asymmetrie sind die Zahlen unter dem Mittelwert ihrer Häufigkeit nach im Uebergewicht, bei rechter Asymmetrie überwiegen die Zahlen über dem Mittelwerte.

Bezeichnet man den Mittelwert der Zahlen mit N_m , den Medianwert mit N_{med} , und den häufigsten Zahlenwert mit N_{mod} , so ist die symmetrische Zahlenverteilung bekanntlich gekennzeichnet durch die Gleichung:

$$N_m = N_{med} = N_{mod}$$

die linksasymmetrische durch

$$N_m > N_{med} > N_{mod}$$

und die rechtsasymmetrische durch

$$N_m < N_{med} < N_{mod}$$

Graphisch werden die Beobachtungszahlen gewöhnlich ausgelegt:

1) in Form von Schaulinien der Zahlen als Funktion der Zeit (t) in derselben Reihenfolge in der die Zahlen durch die Beobachtungen erhalten sind.

2) Als Schaulinie in Funktion der Zahlenhäufigkeit.

3) Durch Integration letzterer Schaulinie als Schaulinie in Funktion von der Zeit (t), mit Gruppierung der Zahlen in zu- oder abnehmender Reihenfolge.

4) Durch Integration der letzten Schaulinie als Kurve, die dann die Integralkurve der von letzterer Schaulinie umgrenzten Fläche darstellt.

Die erste Schaulinie ist die wohlbekanntete Schaulinie einer Beobachtungsreihe, die zweite bildet die Häufigkeitskurve der Beobachtungsreihe, die dritte — die Dauerlinie der Beobachtungszahlen, die vierte — die Konzentrationskurve.

Die Schaulinie der Beobachtungsreihe soll durch 3 Werte gekennzeichnet werden: den arithmetischen Mittelwert N_m , den Kleinstwert N_{min} und Höchstwert N_{max} ; die Häufigkeitskurve — durch den häufigsten Wert N_{mod} , die Dauerlinie — durch N_{min} , N_1 , N_{med} , N_3 und N_{max} , wo N_{med} den der Kurvenmitte entsprechenden Wert bedeutet, N_1 — den dem ersten Kurvenviertel und N_3 den dem dritten Kurvenviertel entsprechenden.

Die Konzentrationskurve soll durch den Konzentrationsbeiwert R gekennzeichnet werden; der letztere gibt das Verhältnis der von der Konzentrationskurve und Abszissenaxe umgrenzten Fläche zur Fläche, die von der Geraden und der Abszissenaxe begrenzt wird. Dieser Beiwert kennzeichnet den Gleichmässigkeitsgrad der Zahlenverteilung. Nach diesem Verfahren der Bestimmung der Konzentrationsbeiwerte, welches weiter angewandt worden ist, ist der Konzentrationsbeiwert gleich 0,75, wenn die Zahlen um den Mittelwert symmetrisch schwanken. Derselbe R -Wert ist jedoch auch bei anderem Verlauf der Zahlenschwankungen möglich. Zur Bestimmung des Konzentrationsbeiwertes sind 5 Ordinaten der Dauerlinie der Reihe nach summiert; diese Ordinatensummen bestimmen die Konzentrationskurve, nach der dann auf die obengeführte Weise der Konzentrationsbeiwert errechnet wird.

Die obengenannten Kennwerte allein bestimmen noch nicht die Lage der Beobachtungszahlen in der Zeit.

Dazu werden die Koordinaten des Schwerpunktes der Schaulinien benötigt. Die Ordinate ist das arithmetische Mittel der Zahlenwerte, die Abszisse der Hebelarm des statischen Momentes der Schaulinienfläche. Nach der Abszisse kann in gewissem Maasse über die Verteilung der Zahlen in der Zeit geurteilt werden.

Alle bisher genannten Kennwerte werden durch die Nullpunktlage der Zahlenwerte bedingt; bei einigen derselben ist die Nullpunktlage durch das Wesen der beobachteten Erscheinung festgelegt, wie z. B. Niederschlags-, Verdunstungs- und Wassermengenmessungen; bei anderen hängt der Zahlenwert von der gewählten Nullpunktlage ab, wie z. B. bei der Temperatur und Wasserstandshöhe. Für beide könnte als absoluter Nullpunkt der Minimalwert der langjährigen Zahlenreihe benutzt werden, wodurch die Zahlen eine bestimmte physikalische Bedeutung erhalten würden. Für natürliche Wasserläufe wäre es zweckentsprechend, beim Fehlen einer langjährigen Zahlenreihe, als Nullpunkt die Wasserstandshöhe zu benutzen, bei der die Wassermenge $Q = 0$ wird; bei prismatischen und zylindrischen Flussbetten fällt der absolute Nullpunkt mit der Bettsohlenhöhe zusammen.

Für die untenangeführten Kennwerte, die hauptsächlich die Wasserstandshöhen betreffen, sind entweder willkürlich gewählte Nullpunkte benutzt worden, wenn der Relativwert des Kennwertes von letzterem unabhängig ist, oder es sind die Kennwerte auf den Minimalwert reduciert, wenn die Kennwerte durch den Nullpunkt bedingt sind.

So sind die angeführten Wasserstandshöhen für den betreffenden Beobachtungspunkt auf einen willkürlich gewählten jedoch bestimmten Nullpunkt bezogen; den Konzentrationsbeiwert und den Hebelarm des statischen Momentes der Schaulinie haben wir nach dem Minimalwerte der betreffenden Zahlenreihe bestimmt.

Zur Verbildlichung der meteorologischen Verhältnisse der Einzugsgebiete, durch die natürlich auch die hydrologischen Verhältnisse bedingt sind, führen wir Angaben für Tartu an in Form der obengenannten Kennwerte.

Die mittlere Monatstemperatur ist durch folgende Zahlenreihe gekennzeichnet: $t_{min} = -7,5$; $t_1 = -4,9$; $t_{med} = +3,3$; $t_3 = +11,8$; $t_{max} = 16,3$; $t_m = +3,8$; $t_{mod} = +3,0$; $T = 8,44$; $R = 0,68$ (1885 — 1910).

Im Verlauf der mittleren Monatstemperatur tritt die linke Asymmetrie in Erscheinung ($t_m > t_{med} > t_{mod}$) d. h. dass die niedrigen Temperaturen vorherrschen; die Temperaturverteilung ist ziemlich ungleichmässig und der Mittelpunkt der Temperaturschaulinie fällt auf die Julimitte.

Die mittleren Monatsniederschläge: $S_{min} = 26$; $S_1 = 32,3$; $S_{med} = 40,3$; $S_3 = 55,2$; $S_{max} = 65,2$; $S_m = 46,1$; $S_{mod} = 36,0$; $T = 8,11$; $R = 0,58$ (1885 — 1910).

Die Niederschlagsverteilung zeigt gleichfalls linke Asymmetrie. Die Niederschlagsverteilung ist ungleichmässiger, als beim Temperaturverlauf beobachtet werden konnte; der Niederschlagsmittelpunkt fällt in das erste Viertel des Juni.

Die mittleren Jahrestemperaturen ergeben folgende Reihe: $t_{min} = +2,33$; $t_1 = +3,83$; $t_{med} = +4,79$; $t_3 = +5,28$; $t_{max} = +5,96$; $t_m = +4,50$; $t_{mod} = +5,25$; $R = 0,863$ (1866 — 1915).

Der Verlauf der mittleren Jahrestemperaturen zeigt rechte Asymmetrie. Die höheren mittleren Jahrestemperaturen herrschen vor; der Temperaturverlauf ist sehr gleichmässig, während der Konzentrationsbeiwert $= 0,836$. ist.

Jahresniederschläge: $S_{min} = 358,7$; $S_1 = 499,4$; $S_{med} = 603,2$; $S_3 = 669,2$; $S_{max} = 758,4$; $S_m = 588,0$; $S_{mod} = 625,0$; $R = 0,807$ (1866 — 1915).

Im Verlauf der Jahresniederschläge tritt die rechte Asymmetrie in Erscheinung — es überwiegen grosse Niederschläge; der Verlauf ist sehr gleichmässig. Die Jahre dieser 50-jährigen Reihe sind im Uebergewicht gekennzeichnet als feuchte und warme Jahre mit grosser Konzentration, während innerhalb eines Jahres trockene und kalte Monate vorherrschen bei niedriger Konzentration.

Als lange Beobachtungsreihen des Wasserstandes führen wir an: Gr. Embach bei Tartu 1885 — 1924. 1 Mai — 1 Nov. Einzugsgebiet $F = 7920 \text{ km}^2$. 2) Narowa bei Kulgu 1902 — 1917 und 1922 — 1926, 1 Nov. — 1. Nov., Einzugsgebiete $F = 55.887 \text{ km}^2$. 3) Peipusse, Wasknarva, 1902 — 1910 und 1922 — 1926. 1 Nov. — 1 Nov. $F = 47.824 \text{ km}^2$. Die kurzen Beobachtungsreihen beginnen frühestens mit dem Jahre 1922. Ueber letztere führen wir folgende Angaben an:

- 1) K. Embach, Telliste, 1922 — 1926, 1 Nov. — 1 Nov. $F = 1019 \text{ km}^2$
- 2) Pernauffluss, Oreküla, 1924 — 1926, 1 Nov. — 1 Nov. $F = 5257 \text{ km}^2$
- 3) Pernauffluss, Särewere, 1924 — 1926, 1 Nov. — 1. Nov. $F = 450 \text{ km}^2$
- 4) Keilaffluss, bei Keila, 1924 — 1926, 1. Nov. — 1 Nov. $F = 633 \text{ km}^2$

Wie ersichtlich sind die langen Reihen recht mangelhaft: entweder umfassen sie nicht das ganze Jahr oder sie sind in der Jahrenreihe unterbrochen. Die kurzen Reihen sind so kurz, dass sie die Berechnung zuverlässiger Zahlen nicht ermöglichen, sondern nur die hydrologischen Verhältnisse der Beobachtungsjahre kennzeichnen.

Gr. Embach, bei Tartu (1885—1924, V—X).

Meereshöhe des Nullpunktes der Schaulinie $+ 29,50 \text{ m}$.

Kennwerte	Wasserstände								
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
Jahresmittel	36	78	94	126	184	98	—	0,741	—
Jahresminimum	—12	18	44	70	147	47	—	0,683	—
Erstes Jahresviertel	10	44	63	95	165	70	—	0,697	—
Jahresmediane	30	63	86	120	175	91	—	0,713	—
Drittes Jahresviertel	44	100	116	150	216	124	—	0,764	—
Jahresmaximum	88	165	216	251	340	214	—	0,773	—
Wasserstände 1885—1924, V—X	—12	53	94	133	340	98	85	0,662	—

Gr. Embach, bei Tartu (1885—1924).

Mittleres Jahr nach den Monatsmitteln der Wasserstandshöhen.

V	VI	VII	VIII	IX	X
168	122	98	78	70	65

Alle Wasserstände, ausser der H_{max} , zeigen linke Asymmetrie im Gegensatz zum Gang der Jahresniederschläge, der eine rechte Asymmetrie aufweist.

Die Konzentration der niedrigen Wasserstände ist kleiner als die der hohen.

Mit dem Jahre 1884 beginnt eine Periode der niedrigen Wasserstände*), im Jahr. 1902 erreichen die Wasserstände ihren höchsten Stand und fallen i. J. 1914 bis zum Minjnum; bis zum Jahre 1917 steigen sie, fallen bis 1921 und steigen weiter wieder an.

Die Wasserstände erreichen im mittleren Jahr ihren höchsten Stand im Mai, fallen dann ununterbrochen bis zum Oktober um Ende Oktober wieder ins Steigen überzugehen.

Der Peipussee bei Wasknarva (1903—1910 und 1921—1926).

Meereshöhe des Nullpunktes der Schaulinie + 29,124 m.**)

Jahre	Kennwerte								
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
1903	100	117	132	151	181	135	115	0,709	—
1904	68	92	107	117	147	96	115	0,771	—
1905	58	116	132	149	207	136	135	0,805	—
1906	51	107	124	141	171	121	135	0,846	—
1907	34	70	81	113	166	95	75	0,728	—
1908	15	38	64	85	107	63	45	0,800	—
1909	47	68	79	90	137	81	75	0,707	—
1910	32	66	75	96	143	82	65	0,750	—

*) Die Niedrigwasserzone am Gr. Embach reicht

nach unserer Definition von —12 bis 53, Amplitude: 65

Nach der Linz'schen Konferenz „ —12 „ 72, „ 84

„ E. Oppokow „ —12 „ 67, „ 79

Die Mittelwasserzone nach unserer Definition „ —53 „ 133, „ 80

Nach Linz'schen Konferenz „ 72 „ 156, „ 84

„ E. Oppokow „ 67 „ 141, „ 77

Die Hochwasserzone:

Nach unserer Definition „ 133 „ 340, „ 207

Nach Linz'schen Konferenz „ 156 „ 340, „ 184

„ E. Oppokow „ 141 „ 340, „ 199

**) Die Meereshöhen der Wasserstände in Kulgu, Wasknarva, Tartu, Särewere und Oreküla sind nach den Höhenmarken der Fixpunkte des Precisionsnivellements des vormaligen russischen Generalstabs ohne ausgleichende Berichtigung bestimmt. Daher sind die Angaben mit Fehlern behaftet, die einen unmittelbaren Vergleich derselben unmöglich machen. Beispielweise müssten die Meereshöhen in Wasknarva um 0,3 herabgesetzt werden, um sie mit denen in Tartu unmittelbar vergleichbar zu machen.

Jahre	Kennwerte								
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
1921	9	27	40	76	131	52	25	0,635	—
1922	14	31	104	156	228	97	35	0,653	—
1923	70	100	109	117	147	108	115	0,807	—
1924	102	147	174	199	253	175	195	0,765	5,91
1925	83	100	108	116	155	111	105	0,706	6,42
1926	68	103	115	155	226	132	95	0,687	6,76
Mittleres Jahr	82	91	97	119	162	107		0,583	7,28

Der Peipussee bei Wasknarva (1903—1910, 1921—1926).

Wasserstände	Kennwerte								
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
Jahresmittel	52	82	103	132	175	106	—	0,729	—
Jahresminimum	9	32	55	70	102	54	—	0,748	—
Erstes Jahresviertel	27	66	96	107	147	84	—	0,794	—
Jahresmediane	40	79	108	124	174	103	—	0,768	—
Drittes Jahresviertel	76	96	117	151	199	126	—	0,669	—
Jahresmaximum	107	143	160	207	253	171	—	0,718	—
Wasserstände 1903—1910 1921—1926	9	79	108	138	253	106	115	0,742	—

Der Peipussee bei Wasknarva (1903—1910, 1921—1926).

Mittleres Jahr nach den Monatsmitteln der Wasserstände.

XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
91	95	96	89	84	117	158	141	120	103	97	90

Der Verlauf der Peipuswasserstände in den einzelnen Jahren vollzieht sich ohne bestimmte Asymmetrie: es tritt sowohl linke als auch rechte Asymmetrie ein. Die Konzentration schwankt von 0,635 bis 0,846; das Minimum wurde im Jahre 1921, das Maximum im Jahre 1906 beobachtet. Das Mitteljahr weist linke Asymmetrie auf, die Konzentration ist 0,583 d. i. kleiner als die Konzentration aller einzelnen Jahren. Der Mittelpunkt der Schaulinie fällt in das erste Viertel des Juni.

Die Schaulinie des Mitteljahres zeigt ein Ansteigen vom Oktoberminimum bis zum Januar, und fällt weiter bis zum niedrigsten Stande im März, mit dem der Frühlingsanstieg beginnt, der im Mai seinen Höchststand erreicht, um weiter bis zum Oktober andauernd zu fallen.

Das Mitteljahr ist also durch je zwei Maxima und Minima gekennzeichnet.

Der höchste Wasserstand fällt auf den Mai, das niedrigste Niedrigwasser auf den Oktober.

Narowaffluss bei Kulgu (1903—1917, 1921—1926).
 Meereshöhe des Nullpunktes der Schaulinie + 20,631 m.

Jahre	Kennwerte								T
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	
1903	15	66	117	124	212	98	—	0,758	—
1904	28	60	70	91	128	74	—	0,763	—
1905	17	69	92	107	234	96	—	0,706	—
1906	17	60	75	97	224	82	—	0,669	—
1907	0	49	64	81	160	69	—	0,753	—
1908	11	41	51	69	103	54	—	0,768	—
1909	26	53	64	75	130	65	—	0,722	—
1910	0	43	51	64	112	54	—	0,796	—
1911	17	56	75	104	197	83	—	0,690	—
1912	15	70	83	95	130	82	—	0,849	—
1913	38	75	96	117	209	99	—	0,693	—
1914	21	57	85	107	170	86	—	0,730	—
1915	3	41	60	75	186	63	—	0,679	—
1916	11	70	81	102	200	86	—	0,749	—
1917	36	79	88	98	223	95	—	0,679	—
1921	—11	9	17	32	138	26	—	0,581	—
1922	0	23	46	73	233	60	—	0,562	—
1923	24	54	65	83	117	70	—	0,766	—
1924	51	77	118	166	271	127	—	0,632	5,10
1925	—1	46	54	67	126	57	—	0,787	5,54
1926	36	66	103	134	283	106	—	0,501	5,59
Mittleres Jahr	48	59	72	89	142	78	—	0,609	5,81

Narowaffluss bei Kulgu (1903—1917, 1921—1926)

Wasserstände	Kennwerte								T
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	
Jahresmittel	26	59	74	91	127	78	—	0,776	—
Jahresminimum	—11	2	17	27	51	17	—	0,725	—
Erstes Jahresviertel	9	45	57	70	79	55	—	0,866	—
Jahresmediane	17	57	75	90	118	74	—	0,818	—
Drittes Jahresviertel	32	74	95	107	166	94	—	0,771	—
Jahresmaximum	103	129	186	224	283	180	—	0,695	—
Wasserstände									
1903—1917	—11	53	72	98	283	78	65	0,674	—
1921—1926									

Narowafloss bei Kulgu (1903—1917, 1921—1926).

Mittleres Jahr nach den Monatsmitteln der Wasserstände.

XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
57	64	80	88	90	120	112	79	66	59	58	58

Auch im Verlauf der Narowawasserstände fehlt im Beobachtungsjahr eine bestimmte Asymmetrie, trotz Ueberwiegen der linken Asymmetrie; bei der Schaulinie des Mitteljahres tritt dieser Umstand scharf hervor. Die Konzentration schwankt zwischen 0,501 und 0,849, erreicht ihr Minimum im Jahre 1926 und ihr Maximum i. J. 1912. Der Mittelpunkt der Schaulinie des Mitteljahres fällt auf Ende des Aprilmonats. Die Schaulinie des Mitteljahres zeigt ein stetiges Steigen vom November bis zum Höchststand im April und fällt weiter stetig zum Ende des Jahres. Die Schaulinie ist durch ein Minimum und ein Maximum gekennzeichnet. Der höchste hohe Wasserstand fällt auf den April-Mai, der niedrigste niedrige Wasserstand auf den Dezember.

Im Verlauf der Jahresmittel kann linke Asymmetrie beobachtet werden. Im Verlauf aller Wasserstände äussert sich linke Asymmetrie, wobei unter den Niedrigwasserständen vollständige Symmetrie herrscht und mit steigendem Wasserstände die Asymmetrie wächst.

Die Zone*) der mittleren Wasserstände hat grössere Konzentration als die Grenzzonen.

*) In die mittlere Zone der Wasserstände haben wir das erste Viertel, die Mediane und das dritte Viertel eingezogen; nach oben und nach unten schliessen sich die Zonen des Hoch- und Niedrigwasser an. Mit dieser Begriffsbestimmung sind die Zonen durch die Dauer der Wasserstände der gegebenen Reihe bestimmt und weichen von den Begriffsbestimmungen der Linz'schen Konferenz (1909) und der E. Oppokows ab. (s. И. Г. Г. И. № 19, Leningrad 1927. О границах высоких и низких вод).

1. Die Niedrigwasserzone für Kulgu erstreckt sich nach unserer Definition vom: —11 bis 53; nach Oppokow — von —11 bis 52, nach der Linz'schen Konferenz von —11—43.

2. Die Mittelwasserzone nach unserer Definition: 53 bis 98; nach E. Oppokow — 52 bis 103; nach der Linz'schen Konferenz: 43 bis 129.

3. Die Hochwasserzone nach unserer Definition: 98 bis 283; nach E. Oppokow: 103—283; nach der Linz'schen Konferenz: 129 bis 283.

Wasknarva: 1. Die Niedrigwasserzone nach unserer Definition: 9 bis 79; E. Oppokow: 9 bis 79; Linz'sche Konferenz: 9 bis 80.

2. Die Mittelwasserzone nach unserer Definition: 79 bis 138; E. Oppokow: 79 bis 140; Linz'sche Konferenz: 80 bis 138.

3. Die Hochwasserzone, unsere Definition: 138—253; E. Oppokow: 140—253; Linz'sche Konferenz: 138—253.

Die obere Grenze der Niedrigwasserzone und die untere Grenze der Hochwasserzone werden nach der Linz'schen Konferenz aus den Gleichung

$$\eta_1 = \frac{1}{2} (h'_{min} + h_0) \text{ und } \eta_2 = \frac{1}{2} (h'_{max} + h_0) \text{ bestimmt,}$$

nach E. Oppokow aus: $E_1 = \frac{1}{2} (h'_o min + h'_o)$, $E_2 = \frac{1}{2} (h'_o max + h_0)$, wo h_0 das Mittel der Jahresmittelwasserstände bedeutet, h'_{min} und h'_{max} — die Mittel der Jahreshöchst- und Jahreskleinstwerte, $h'_o min$ und $h'_o max$ den kleinsten und grössten der Jahresmittelwerte. Nach E. Oppokow sind die Jahre 1926 und 1924 in Kulgu und 1924 in Wasknarva wasserreich, die Jahre 1921 in Kulgu und 1921 in Wasknarva wasserarm.

Im Mitteljahre dauern an: das Niedrigwasser in Kulgu vom 27. XI bis 3. XII — d. i. 6 Tage, das Hochwasser vom 3. IV—21. V — 49 Tage, das Mittelwasser 310 Tage. In Wasknarva dauern an: das Niedrigwasser 0 Tage, das Hochwasser 23. IV—16. VI — 54 Tage, das Mittelwasser 311 Tage.

Im Verlauf aller Wasserstände der ganzen Periode äussert sich rechte Asymmetrie bei verhältnismässig kleiner Konzentration.

Auch für die Schaulinie in Kulgu erweist sich die H_{mod} — Bestimmung der Beobachtungsjahre unzuverlässig*).

Kl. Embach bei Telliste (1922—1926).

Relativhöhe des Nullpunktes der Schaulinie + 2,62 m.

Jahre	Kennwerte								
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
1922	—17	12	48	88	413	65	15	0,506	—
1923	—9	18	52	89	297	61	5	0,556	—
1924	23	57	74	157	333	109	55	0,569	4,39
1925	16	65	87	123	289	100	55	0,646	7,60
1926	5	41	61	109	373	85	45	0,537	5,38
Mittleres Jahr	36	61	75	95	253	84	—	0,609	6,56

Kl. Embach bei Telliste (1922—1926).

Wasserstände	Kennwerte								
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
Wasserstände 1922—1926	—17	46	77	118	413	84	55	0,743	—

Kl. Embach bei Telliste (1924—1926).

Mittleres Jahr nach den Monatsmitteln der Wasserstände.

XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
137	105	88	68	76	203	125	22	69	84	72	71

Der kleine Embach ist im Verlauf seiner Wasserstände während des Beobachtungsjahres durch deutlich markierte linke Asymmetrie gekennzeichnet, dieselbe Asymmetrie tritt auch für die ganze Beobachtungsreihe in Erscheinung.

Die Konzentration der einzelnen Beobachtungsjahre und des Mitteljahres ist klein, während die Konzentration der ganzen Periode bedeutend grösser ist; die Konzentration des Mitteljahres ist gleichfalls grösser, als die des Beobachtungsjahres. Der Mittelpunkt der Schaulinie des mittleren Jahres fällt in die Mitte des Mai, während die Mittelpunktslage der Schaulinien der einzelnen Jahre recht veränderlich zu sein scheint.

Die Schaulinie des Mitteljahres aus Monatsmitteln ist durch drei Minimum und drei Maximum gekennzeichnet.

Die Maxima, fallen in den April (das höchste), August und November, die Minima in den Febr. (das tiefste), Juli und Sept.

Das höchste Maximum fällt in den April, das tiefste Minimum in den Dezember.

*) Mangels einer deutlich markierten Häufigkeitszahl, könnte zum Zweck der Bestimmung des Intervals des Modalwasserstandes der Mittelpunkt der Häufigkeits-schaulinie, analog der Mittelpunktbestimmung der Beobachtungsschaulinie, ermittelt werden.

Der Pernauffluss bei Öreküla (1924—1926).

Meereshöhe des Nullpunktes der Schaulinie + 5,495 m.

Kennwerte		H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
Jahre										
	1924	5	40	70	139	367	105	45	0,559	4,76
	1925	12	49	84	128	256	94	35	0,645	6,10
	1926	—3	17	43	84	445	67	15	0,449	5,27
	Mittleres Jahr	15	45	72	117	329	88	—	0,554	6,08
	Wasserstände 1924—1926	—3	39	77	129	445	88	25	0,54	—

Der Pernauffluss bei Öreküla (1924—1926).

Mittleres Jahr nach den Monatsmitteln der Wasserstände.

XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
163	115	82	54	49	223	105	37	29	55	68	84

Ganz wie der Kl. Embach ist auch der Pernauffluss durch eine markierte linke Asymmetrie und niedrige Modalwasserstände gekennzeichnet. Die Konzentration ist schwach. Der Mittelpunkt der Schaulinie des Mitteljahres fällt auf den Anfang des Mai. Der Mittelpunkt der Schaulinie ist von Jahr zu Jahr recht veränderlich. Die Schaulinie des aus den Monatsmitteln gebildeten Mitteljahres ist durch zwei Maxima gekennzeichnet. Das höchste Maximum fällt auf den April, das tiefste Minimum auf den Juli

Der Pernauffluss bei Säreveve (1924—1926).

Meereshöhe des Nullpunktes der Schaulinie + 51,630 m.

Kennwerte		H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
Jahre										
	1924	24	47	54	92	125	66	45	0,694	5,45
	1925	25	42	56	81	130	61	45	0,654	8,01
	1926	18	30	35	48	125	42	35	0,551	6,13
	Mittleres Jahr	29	47	57	64	110	59	—	0,706	6,41
	Wasserstände 1924—1926	25	48	59	72	130	59	45	0,691	—

Der Pernauffluss bei Säreveve (1924—1926).

Mittleres Jahr nach den Monatsmitteln der Wasserstände.

XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
163	115	82	54	49	223	105	37	29	55	68	84

Der Pernauffluss bei Säreveve ist durch eine sehr schwache linke Asymmetrie und sehr grosse Konzentration im Vergleich mit Öreküla, gekennzeichnet. Der Schaulinienmittelpunkt des Mitteljahres fällt auf die Mitte des Maimonats. In den einzelnen Jahren scheint die Lage des Schaulinienmittelpunktes stark veränderlich zu sein. Die Schaulinie des aus den Monatsmitteln gebildeten Mitteljahres weist drei schwache Maxima und drei schwache Minima auf. Das höchste Maximum fällt auf den April, das tiefste Minimum auf den

März. Die zwei anderen Maxima fallen auf den August und November, die Minima auf den Juni und Oktober.

Der Keilaffluss bei Keila (1924—1926).

Relativhöhe des Nullpunktes der Schaulinie + 2,908 m.

Jahre	Kennwerte								
	H_{min}	H_1	H_{med}	H_3	H_{max}	H_m	H_{mod}	R	T
1924	15	61	75	135	198	90	65	0,712	—
1925	30	57	73	98	145	76	65	0,714	—
1926	29	45	62	82	175	70	45	0,587	—
Mittleres Jahr	36	63	73	93	162	79	65	0,679	—
Wasserstände 1924—1926	15	49	69	94	198	79	65	0,661	4,83

Der Keilaffluss bei Keila (1924—1926).

Mittleres Jahr nach den Monatsmitteln der Wasserstände.

XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
105	92	86	73	66	123	93	69	58	53	54	72

Die Wasserstände des Keilaflasses weisen linke Asymmetrie mit hoher Konzentration auf. Der Schaulinienmittelpunkt des Mitteljahres fällt auf das Ende des Märzmonats. Die Schaulinie des Mitteljahres kennzeichnen zwei Maxima und zwei Minima. Das höhere Maximum fällt auf den April, das niedrigere — auf den November, das tiefere Minimum auf den August, das höhere — auf den März.

Die obenbeschriebenen Einzugsgebiete weisen verschiedene physikalisch-geographische Merkmale auf.

Flussgebiet	Narowa bei Kulgu	Peipussee bei Wasknarva	Gr. Embach bei Tartu	Kl. Embach bei Telliste	Pernauffluss bei Oreküla	Pernauffluss bei Särevete	Keilaffluss bei Keila
Fläche des Einzugs- gebietes	55887	47824	7920	1019	5258	450	633
Niederschläge*) . .	576	585	517	544	581	603	560

Die Einzugsgebiete der Narowa, des Peipussees, und des Gr. und Kl. Embachs liegen im Gebiete des Devonuntergrundes, das überwiegend durch durchlässige Sandschichtenmassen gekennzeichnet ist. Der Untergrund ist von mächtigen Moränablagerungen überdeckt. Das Einzugsgebiet des Pernauflasses liegt teilweise auf gleichem Untergrund wie die obigen, teilweise bilden jedoch wasserdichte Silurschichten mit schwacher Moränüberlagerung den Untergrund. Das Einzugsgebiet des Keilaflasses liegt im Gebiet der Silurablagerungen mit schwacher Morändecke. Das Einzugsgebiet des Pernauflasses

*) 25-jähriges Mittel (1886—1910).

weist den grössten Waldreichtum auf (23, 25%); an Mooren kommen 0,11 km² auf 1 km²; an Seen ist das Einzugsgebiet arm.

Das Einzugsgebiet des Peipussees ist reich an Seen, 0,02 km² auf 1 km² (ausser dem Peipussee); die Fläche der Hoch- und Niedermoore ist mit 0,077 km² auf 1 km² (kleiner als am Pernauffluss). Der Anteil der bewaldeten Flächen ist kleiner als im Einzugsgebiet des Pernauflasses. Das Einzugsgebiet des Peipussees weist im allgemeinen steile Hänge auf; typisch dafür ist das Einzugsgebiet des Kl. Embach mit steilen Hängen, durchlässigem Untergrund, wenigen Mooren und einer grossen Anzahl kleiner Seen.

Das Einzugsgebiet des Keilaflusses weist die Merkmale des Einzugsgebietes des Finnischen Meerbusens auf, das 0,254 km² Moore auf 1 km², wenige Seen und eine stellenweise bis 30% ansteigende Verwaldung hat. Im Einzugsgebiete des Keilaflusses ist wenig Wald vorhanden. Die Hänge steigen schwach an, der Untergrund ist wasserdicht.

Die Narowa entströmt dem Peipussee, dessen Oberfläche bei mittlerem Wasserstande 3600 km² weist. Der Gr. Embach entströmt dem 273 km² grossen Wörzsee.

Der Wasserstand des Gr. Embach bei Tartu ist durch den des Peipussees beeinflusst; das Gesamtgefälle von Tartu bis zum Peipussee ist bei Niedrigwasser 0,23 m und steigt bei Mittelwasser auf 0,8 m und bei Hochwasser auf 2,85 m. Die Beeinflussung wird durch die hohe Korrelation zwischen den Wasserständen des Peipussees und des Gr. Embaches bei Tartu bekräftigt. Die Korrelation zwischen den mittleren Monatswasserständen in den Jahren 1902—1910 und 1921—1924 ist:

im Mai: $r = +0,92$; Juni: $r = +0,96$; Juli: $r = +0,99$; August: $r = +0,94$; Sept: $r = +0,87$; Oktober: $r = +0,93$.

Der Gang der Wasserstände und die diesen Gang kennzeichnenden Zahlenwerte in Kulgu, Wasknarva und Tartu müssen die Merkmale der Seeretention tragen.

Abgesehen von der Flächengrösse und der Form des Einzugsgebietes fehlen für die Flüsse Kl. Embach, Perna und Keila besondere augenscheinlich abweichende physikalisch-geographische Kennzeichen.

Versuchen wir nun die Kennwerte des Wasserstandsganges der besprochenen Gewässer zusammenzufassen:

Der Gang der Jahreswasserstände.

Kennwerte Gewässer	Symmetrie	Konzentration	Schwerpunktlage der Wasserstands- schaulinienfläche	Form der Schau- linie	Zeit des Auftretens des		Grad der Symmetrie ($H_{med} - H_m$) $H_{med} : H_m$	Beobach- tungsreihe
					Maximum	Minimum		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Narowa bei Kulgu	Im Beobachtungsjahr fehlt eine bestimmte Asymmetrie. Im mittleren Jahr schwache linke Asymmetrie	Das Mittel der Beobachtungsjahre 0,706. Mittleres Jahr 0,609	5,81	Ein Minimum und ein Maximum	April	November	0,923 (6)	1903—1917, 1921—1926

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peipussee Wasknarv a	Im Beobachtungsjahr fehlt eine bestimmte Asymmetrie. Im mittleren Jahr linke Asymmetrie	Das Mittel der Beobachtungsjahre 0,740. Mittleres Jahr 0,583	7,28	Zwei Minima und zwei Maxima	Mai und Januar	Oktober u. März	0,906 (10)	1903—1910, 1921—1926
Gr. Embach Tartu	?	?	?	?	April	Oktober	—	1885—1926 1. Mai bis 1. November
Kl. Embach Telliste	Linke	Das Mittel der Beobachtungsjahre 0,562. Mitteljahr 0,609	6,56	Drei Minima und drei Maxima	April, August und November	Februar, Juli, Sep- tember	0,893 (9)	1922—1926
Pernauffluss Oreküla	Linke	Das Mittel der Beobachtungsjahre 0,551. Mitteljahr 0,554	6,08	Zwei Minima und zwei Maxima	April, November	Juli, März	0,818 (6)	1924—1926
Pernauffluss bei Särevere	Linke	Das Mittel der Beobachtungsjahre 0,633. Mitteljahr 0,691	6,41	Drei Minima und drei Maxima	April, August, November	März, Juni, Oktober	0,966 (?)	1924—1926
Keilafluss bei Keila	Linke	Das Mittel der Beobachtungsjahre 0,671. Mitteljahr 0,679	4,83	Zwei Maxima und zwei Minima	April, November	August, März	0,924 (6)	1924—1926

Gang der Wasserstände in ununterbrochenen Beobachtungsreihen.

Kennwerte Gewässer	Symmetrie der Beobachtungsreihe	Konzentration	Grad der Symmetrie ($H_m - H_{med}$) $H_{med} : H_m$	Symmetrie der kennzeichnenden Wasserstände ($H_m - H_{med}$)
Narowaffluss Kulgu	Linke	0,674	(+6) 0,923	Die Jahresmittel, linke Asymmetrie (+ 4) Jahresminimum (— 0) „ erstes Viertel, rechte Asymmetrie (— 2) „ Mediane, „ (— 1) „ drittes Viertel, „ (— 1) „ Maximum, „ (— 6)
Peipussee Wasknarva	Linke	0,742	(—2) 1,02	Die Jahresmittel, linke Asymmetrie (+ 3) Jahresminimum, rechte Asymmetrie (— 1) „ erstes Viertel, rechte Asymmetrie (—12) „ Mediane, „ (— 5) „ drittes Viertel, linke Asymmetrie (+ 9) „ Maximum, linke Asymmetrie (+11)
Gr. Embach, Tartu	Linke	0,662	(+4) 0,96	Die Jahresmittel (+ 4) Jahresminima (+ 3) „ erstes Viertel (+ 7) „ Mediane (+ 5) „ drittes Viertel (+ 8) geben linke Asymmetrie Die Maxima geben rechte Asymmetrie (— 2)
Kl. Embach Telliste	Linke	0,743	(+7) 0,916	—
Pernauffluss Oreküla	Linke	0,54	(+11) 0,875	—
Pernauffluss Särevere	Symmetrie	0,691	(0) 1,0	—
Keilaffluss Keila	Linke	0,661	(+10) 0,873	—

Auf Grund der angeführten Uebersichtstafeln, muss festgestellt werden, dass deutlich ausgedrückte, unterscheidende hydrologische Merkmale für die behandelten Einzugsgebiete fehlen; es ist möglich, dass dieser Umstand durch die Kürze der Beobachtungsreihen bedingt ist, jedoch wahrscheinlicher liegt die Veranlassung in der Beschränktheit des Territoriums, in dem die Einzugsgebiete liegen, in dem stark verschiedene physikalisch-geographische Merkmale nicht auftreten.

In den Einzelheiten lassen sich dennoch Besonderheiten beobachten, die als Merkmale behandelt werden können. Erstens, ist die Wasserstandsschaulinie des mittleren Jahres aller Einzugsgebiete durch linke Asymmetrie gekennzeichnet. Die stärkste Asymmetrie weisen Oreküla und Telliste auf, wo auch die Schaulinien der einzelnen Jahre die kleinste Konzentration haben. Die Asymmetrie der Wasserstandsschaulinie des mittleren Jahres steht im Einklang mit der Asymmetrie des Temperatur- und Niederschlagverlaufes des mittleren Jahres.

Die Konzentration aller Wasserstandsschaulinien ist sehr gross. In den einzelnen Jahren tritt starke Konzentration dort auf, wo das Einzugsgebiet ein grosses Retentionsvermögen aufweist, welches durch Seen, flache Hänge und die Form des Einzugsgebietes bedingt ist. Der wasserdurchlässige Untergrund scheint mit seinem Retentionsvermögen keinen sichtbaren Einfluss auf die Konzentration zu haben.

Für Wasknarva und Kulgu, für die verhältnismässig lange Beobachtungsreihen vorhanden sind, wird die Konzentration des mittleren Jahres merklich kleiner. Dass der tatsächliche Verlauf der Wasserstände bedeutend einheitlicher ist, als nach dem mittleren Jahre geschlossen werden kann, erhellt aus den Konzentrationswerten zusammenhängenden Beobachtungsreihen, die bedeutend höher sind, als der nach dem mittleren Jahre bestimmte Wert.

Die Schaulinien des mittleren Jahres weichen von einander in der Anzahl der Maxima und Minima ab. Es ist zu bedauern, dass die Schaulinie für Tartu eine unvollkommene ist; jedoch auch hier treten augenscheinlich 2 Maxima und 2 Minima auf; dem Maximum und Minimum der Schaulinie müsste ein Maximum im Winter und ein Minimum im März hinzugefügt werden.

Ein Wintermaximum und -minimum treten auch in Wasknarva ein, während sie in Kulgu fehlen, das nur ein Minimum im November hat.

Da wir für Wasknarva (s. den Bericht von Ing. A. Wellner „Über den Winterabflussvorgang der Narowa“) die Abhängigkeit des Wintermaximums von den Temperaturverhältnissen bewiesen haben, so müsste dieselbe Abhängigkeit auch für Tartu vorausgesetzt werden. Jedoch wahrscheinlicher ist für Tartu das Vorhandensein eines Abflussmaximums im Herbst, denn der monatsweise Vergleich der Wasserstände in Wasknarva und Tartu zeigt, dass die Monatsmittel des Mai und Juni ein gradliniges Abhängigkeitsverhältnis aufweisen; im Juli, August und September sind die mittleren Monatswasserstände in Wasknarva höher als in Tartu, während sie im Oktober niedriger stehen.

In Kulgu ist das natürliche Abflussminimum des März augenscheinlich derart durch die Temperaturverhältnisse unkenntlich gemacht, dass es in der Schaulinie des aus den Monatsmitteln gebildeten mittleren Jahres nicht zum Vorschein kommt. Von den Abflüssen ausgehend, müssten die Schaulinien in Kulgu und Wasknarva ein Maximum und ein Minimum aufweisen, während in Tartu auch ein Herbstmaximum möglich zu sein scheint. Die Schaulinien des mittleren Jahres kleiner Einzugsgebiete, Oreküla einbegriffen, sind durch zwei oder drei Minima gekennzeichnet, von denen eins auf die Sommermonate fällt. Kennzeichnend für diese Schaulinien ist auch das Novembermaximum.

Die Schaulinien des mittleren Jahres aller Einzugsgebiete weisen ein gemeinschaftliches höchstes Maximum im April auf, das durch die Frühlingsschneesmelze bedingt ist.

Die Mittelpunktsgage der Schaulinien ist für die einzelnen Einzugsgebiete sehr verschieden. Die grösste Abszisse weist der Mittelpunkt für Wasknarva auf, die kleinste — für Keila. Die letztere ist augenscheinlich vom Novembermaximum beeinflusst. Die, im Vergleich mit Wasknarva, kleine Abszisse in Kulgu ist durch die Nebenflüsse

der Narowa bedingt. Die Schaulinien für Särevere und Telliste mit drei Maxima haben fast gleichgrosse Abszissen.

Die ununterbrochenen Beobachtungsreihen weisen dieselbe Asymmetrie auf, wie die Schaulinie des mittleren Jahres, ausser Wasknarva, wo in der ununterbrochenen Beobachtungsreihe rechte Asymmetrie auftritt; jedoch die Jahresmittel weisen auch hier, wie in den anderen Beobachtungsreihen linke Asymmetrie auf, im Gegensatz zur Asymmetrie des Verlaufes der Jahressummen der Niederschläge.

In langen ununterbrochenen Reihen (Kulgu, Wasknarva, Tartu) haben die Minima fast vollständig symmetrischen Verlauf (Kulgu vollständige Symmetrie); die Asymmetrie steigt mit dem Wasserstande, wobei für Kulgu rechte Asymmetrie für alle Wasserstände eintritt; Wasknarva hat rechte Asymmetrie bei niedrigen und mittleren, linke beim dritten Viertel und Maximum. Die Wasserstände in Tartu zeigen linke Asymmetrie, ausser für die Maxima, bei denen rechte Asymmetrie beobachtet wird. Alle diese Wasserstände sind durch hohe Konzentration gekennzeichnet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass:

1) Oreküla und Telliste, Einzugsgebiete mit schwachem Retentionsvermögen, einen schnellen und ungleichmässigen Abfluss aufweisen (ausgesprochene linke Asymmetrie und niedrige Konzentration).

2) Kulgu, Wasknarva und Tartu, Einzugsgebiete mit grossem Retentionsvermögen, haben einen allmählichen und gleichmässigen Abfluss. Der allmähliche und gleichmässige Abfluss in Keila und Särevere lässt auf ein grosses Retentionsvermögen auch dieser Einzugsgebiete schliessen.

3) In ununterbrochenen Beobachtungsreihen weisen die Niedrigwasserstände fast vollständige Symmetrie auf, wobei im Falle starker Retention, wie in Wasknarva und Kulgu diese Asymmetrie eine rechtseitige ist, während in ununterbrochenen Reihen der Verlauf aller Wasserstände mit linker Asymmetrie sich vollzieht, ausser Wasknarva und Särevere, von denen Wasknarva rechte Asymmetrie, Särevere vollständige Symmetrie aufweist. Letzteres ist augenscheinlich das Merkmal eines grossen Retentionsvermögens eines Einzugsgebietes.

4) Die Jahresmittel der Wasserstände und die Jahressummen der Niederschläge weisen entgegengesetzte Asymmetrie auf. Gleichgerichtete Asymmetrie weisen die Jahressummen der Niederschläge und die Hochwasserstände auf (ausser Wasknarva).

5) In grösseren Einzugsgebieten übt das Frühlingshochwasser überwiegenden Einfluss auf die Gestaltung des Abflusses aus; der Einfluss des Frühlingshochwassers überwiegt auch in kleinen Einzugsgebieten, doch gelangt in ihnen auch der Sommerabfluss zu beträchtlicher Wirkung; je kleiner das Einzugsgebiet und je schwächer das Retentionsvermögen, um so grösser ist der Einfluss des Regenabflusses.

6) Die statistischen Kennwerte der Wasserstände können, augenscheinlich, bei genügend langen Beobachtungsreihen Schlussfolgerungen über die physikalisch-geographischen Eigenschaften der Einzugsgebiete ermöglichen und Unterlagen für eine Einteilung der Einzugsgebiete nach diesen Eigenschaften liefern.

19
1-

ESTICA

A-3707_I