

Pentti Kaitera

Über den mittleren Hochwasserabfluss in kleineren Gewässern

V. Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten, Finnland, Juni 1936, Bericht
1 C, 1936, 11 s.

© NHF

V. HYDROLOGISCHE KONFERENZ DER BALTISCHEN STAATEN.
FINNLAND, JUNI 1936.

BERICHT 1 C.

ÜBER DEN MITTLEREN HOCHWASSER- ABFLUSS IN KLEINEREN GEWÄSSERN

VON
PENTTI KAITERA

HELSINKI 1936 HELSINGFORS
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

Über den mittleren Hochwasserabfluss in kleineren Gewässern.

VON
PENTTI KAITERA.

In Finnland ist dem grossen Einfluss der Seen als Regler der Abflussschwankungen besondere Aufmerksamkeit zugewandt worden. Bei den meisten Verfahren, die zur Schätzung der Höchstwasser- bzw. der mittleren Hochwassermengen abgeleitet sind, ist die Seenfläche des Gebiets (in Prozenten der ganzen Gebietsfläche ausgedrückt) als Faktor aufgetreten. Derartige Verfahren sind von Prof. A. JUSÉLIUS (1), Dr. H. RENQVIST (2) und Prof. I. A. HALLAKORPI (3) ausgearbeitet worden.

Die von JUSÉLIUS aufgestellte Formel lautet folgendermassen:

$$(1) \quad Q = 1.66 - 0.122 P + 0.00224 P^2 + 0.000011 P^3,$$

wobei P = Seeflächenprozent und Q = grösste Abflussmenge (sl/ha) bedeutet.

RENQVISTS Formel heisst:

$$(2) \quad Q = 10 + \frac{8 L}{1 + 0.02 P^2 + 0.01 \sqrt{F} + 0.0001 P^2 \sqrt{F}},$$

in welcher Q = mittlere Hochwassermenge (sl/km²), P = Seenprozent, F = Flächeninhalt des Niederschlagsgebiets in km² und L = mittleres Maximum der täglichen Verminderung im Wasserwert der Schneedecke des betreffenden Gebietes (mm) ist

HALLAKORPIS Formel lautet:

$$(3) \quad q = \left(\frac{Lw}{k} \right)^o \times (1 - p - s)^m \times \frac{1}{A^n} + w,$$

wobei A = Flächeninhalt des Niederschlagsgebiets in ha ist, Lw = Wasserwert der Schneedecke zu Beginn des Abschmelzens, k = Konstante, die von der mittleren Geschwindigkeit der Schneeschmelze abhängt, o = die Potenz, die das Verhältnis zwischen Wasserwert

der Schneedecke und Abschmelzgeschwindigkeit angibt, p = Seenprozent, s = Durchlässigkeitsprozent des Bodens, m = die Potenz, die den Einfluss des Seenreichtums und der Bodendurchlässigkeit auf den Abflusskoeffizienten angibt, n = Potenz, die den Einfluss der Grösse des Niederschlagsgebiets auf den Abflusskoeffizienten angibt, und w = Korrektion der Grundwasserströmung ist.

HALLAKORPIS früheres Schätzungsverfahren (4) bezog sich nur auf Niederschlagsgebiete $< 60 \text{ km}^2$ und lautete in seiner mathematischen Form folgendermassen:

$$(4) \quad q = 6 \frac{1}{A^{0.25}},$$

wobei A = Flächeninhalt des Niederschlagsgebietes in ha und q = Mittelhochwassermenge (sl/ha) war.

Die von JUSÉLIUS aufgestellte Formel gründet sich auf die in den Hochwasserjahren 1897—99 angestellten Wassermengenmessungen in neun Gewässern, bei denen die Grösse des Niederschlagsgebietes zwischen 179 und 63 409 km^2 schwankte. RENQVISTS und HALLAKORPIS (1934) Formeln gründen sich auf die von RENQVIST 1933 (a. A.) veröffentlichten Beobachtungen des Hydrographischen Bureaus an 46 Gewässern in dem Zeitraum 1912—26. Die Grösse des Niederschlagsgebietes schwankte bei diesen Gewässern zwischen 240 und 60 200 km^2 .

Die nach der RENQVISTSchen Formel erhaltenen Werte weichen von den Werten des von ihm veröffentlichten Materials, wenn ein Mittelwert für das ganze Land der Grösse L benutzt wird, um durchschnittlich ca. 25 % ab. Die nach der Formel HALLAKORPIS ermittelten Beträge unterscheiden sich von den Werten des von RENQVIST veröffentlichten Materials um annähernd gleich viel, wenn den Faktoren gemäss HALLAKORPIS solche Werte zuerteilt werden, dass die Formel sich wie folgt gestaltet:

$$(5) \quad q = 10 \times (1 - p - s)^8 \frac{1}{6} + 0.03, \\ \sqrt{A}$$

und für die Durchlässigkeit des Bodens die Mittelwerte, 4—5.5 %, verwandt werden. Wenn die Schneeschmelze, die noch nicht hinreichend untersucht worden ist, und die Bodendurchlässigkeit, hinsichtlich deren die Schätzungen ebenfalls noch unsicher sind, in Betracht gezogen werden, mag mit beiden angeführten Verfahren bei ziemlich grossen Gewässern (Niederschlagsgebiet grösser als 200 km^2) eine Genauigkeit erreicht werden, bei welcher der mittlere Fehler kleiner als 20 % ist.

Von den in anderen Ländern aufgestellten Formeln seien die von F. H. van KOOTEN (5) erwähnt, in denen u. a. der Länge des Wasserlaufs Aufmerksamkeit zugewandt ist. Mit diesen Formeln (die Methoden I, II, III a und III b) sind auf Java, in Mitteleuropa und Nordamerika bei über 50 verschieden grossen Gewässern durch Berechnung Ergebnisse erzielt worden, die durchschnittlich um nur 10 % von den beobachteten grössten Abflussmengen abweichen. Da die Formeln keinen Seefaktor enthalten, sind sie bei den seenreichen Ge-

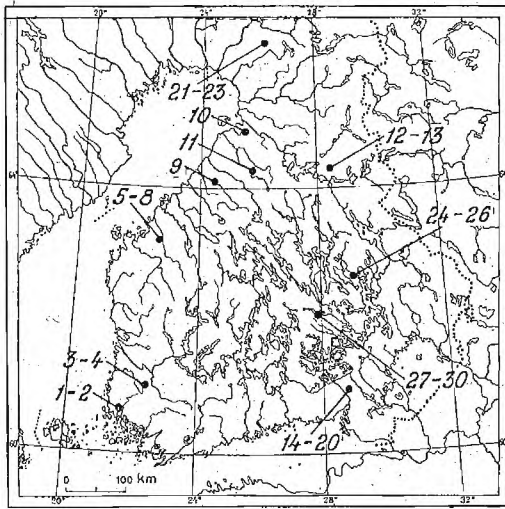


Fig. 1. Die Lage der Gebiete der Tab. 1.

wässern Finnlands nicht verwendbar. Ebenso wenig ist bisher geklärt worden, wie die Schneeschmelze, die in Finnland höhere Abflusswerte als der Regen bewirkt, bei der Schätzung der Abflussmengen neben den Regen gestellt werden kann.

Die Ergebnisse der von der Landwirtschaftsverwaltung eingerichteten Gewässerforschungen kleinerer Gebiete, deren Lage aus Fig. 1 hervorgeht, sind in Tab. 1 dargestellt. Das Material umfasst 30 Gebiete, deren Grösse zwischen 6 und 195 km² und deren Seenfläche zwischen 0 und 30 % schwankt. Die Werte beziehen sich auf eine Abflussmenge, die etwa 24 Stunden in jedem Jahre gedauert hat. Bei den in Frage stehenden Wasserläufen variieren nämlich nach den Beobachtungen die Abflussmengen selbst im Verlauf von 24 Stunden so stark, dass auf Grund der Wasserstandsbeobachtungen, die bei den meisten Pegeln nur einmal täglich angestellt werden, das

momentane Abflussmaximum nicht hinsichtlich aller Gebiete geschätzt werden konnte. Ausser den Mittelwerten der Beobachtungszeit ist in die Tab. 1 auch die durch Schätzung erhaltene Mittelhochwassermenge (sl/km²) für die Zeit 1931—35 eingetragen worden. Die angeführten Beträge sind infolge von Unvollständigkeiten in den Untersuchungen noch etwas unsicher. Auch die Beobachtungszeit ist zu kurz für die Ermittlung genauer Normalwerte. Schätzungsweise mögen die veranschlagten mittleren Hochwassermengen durch-

Tabelle 1. *Maximale Abflussmengen, ermittelt bei den Gewässererschreibungen der Landwirtschaftsverwaltung.*

Nr	Name, Ortschaft	Nieder- schlags- gebiet		Die maximalen Abflussmengen in den Jahren 1930—35 sl/km ²							Mittel	
		km ²	Seen %	1930	1931	1932	1933	1934	1935	f. d. Beob- jahre	f. d. Per. 1931—1935	
1	Putaanjoki, Vehmaa.....	93.5	1.4	68	155	134	84	75	120	106	114	
2	Vihtjärvenoja, Vehmaa ...	28.7	3	—	130	143	80	73	100	105	105	
3	Köyliönjoki, Köyliö	150	9	18	19	21	13	23	20	19	19	
4	»	195	7	31	45	40	26	40	26	35	35	
5	Ekoluoma, Alahärmä	110	0	—	—	—	40	60	100	67	85	
6	»	80	0	—	130	105	40	75	105	91	91	
7	»	61	0	—	115	120	40	—	115	98	93	
8	» Oravainen	29	0	—	—	—	45	75	120	80	100	
9	Kähtävänoja, Alavieska ...	60	2	—	172	100	93	120	130	123	123	
10	Tuohinonoja, Kempele	13	0	—	155	100	115	155	155	136	136	
11	Savonaja, Pulkkala	13	0	—	160	160	80	130	140	134	134	
12	Kalliojärvi, Sotkamo	49	5	—	—	—	—	175	112	143	125	
13	Vihtamojärvi, »	30	6	—	—	—	—	120	90	105	100	
14	Kilpeenjoki, Viipuri	116	1	—	—	—	—	—	80	80	95	
15	Heinlammenoja, Viipuri...	13.2	0.8	—	—	—	—	95	90	93	115	
16	Ihantalanpuro	12.5	8	—	—	—	44	55	48	49	60	
17	Pihkalanjärvenpuro, Viipuri	45	0.3	67	150	120	89	87	80	99	105	
18	Myllykorvenoja, Nuijamaa .	7.5	0	—	—	—	—	155	155	155	170	
19	Rajaoja, Viipuri	13.5	2.5	—	—	—	—	140	126	133	140	
20	Pankanoja, »	14.5	3.3	—	—	—	—	95	93	94	105	
21	Ylijoki, Ranua	76	1.7	—	—	—	145	370	325	280	250	
22	Kotioja, »	15.5	0.2	—	—	—	—	300	260	280	220	
23	Myllypuro, »	8.8	13.0	—	—	—	—	284	240	262	200	
24	Sysmäjärvi, Kuusjärvi	131	8	—	—	32	—	38	38	36	38	
25	Kuusjärvi, »	36	5	—	—	—	—	47	31	39	45	
26	Kesselinpuro, »	19	1	—	—	—	—	125	77	101	110	
27	Alasenjärvi, Rantasalmi...	64	25	—	8	12	8	12	14	11	11	
28	Putkijärvi, »	39	20	—	—	—	—	16	18	17	15	
29	Rappusenjärvi, »	23	24	—	—	—	10	22	21	18	18	
30	Hirvosjärvi, »	6	30	—	—	—	8	21	20	16	17	

Anm. Der Seenprozent bezieht sich auf Sommerverhältnisse; in mehreren Gebieten sind während der Frühjahrsschmelze seenartige Erweiterungen der Wasserläufe zu verzeichnen. — Die letzte Rubrik enthält durch Schätzung erhaltene Mittelwerte für eine gemeinsame Periode (1931—35).

schnittlich um ca. 10 % von den Normalwerten abweichen. Da oben-
drein die Fragen der Beschaffenheit der Niederschlagsgebiete und
der Schneeschmelze noch unvollständig geklärt sind, mag im fol-
genden lediglich ein Vergleich der gewonnenen Ergebnisse mit den
in Finnland benutzten Verfahren genügen.

RENQVISTS Material umfasst seenreichere und grössere Gebiete
als Tab. 1. Dadurch wird, ebenso wie durch die Verschiedenheit der
Beobachtungszeiträume, ein Vergleich des Ausgangsmaterials er-
schwert. Jedoch besteht Ursache, dem Unterschied zwischen den
Extremwerten in beiden Stoffsammlungen Aufmerksamkeit zuzu-
wenden. In RENQVISTS Material sind die Extremwerte 12 und 115
sl/km², in Tabelle 1 dagegen 11 und 250 sl/km². Bei ersterem macht
also der eine Extremwert das Zehnfache, bei letzterer das Zwanzig-
fache des anderen aus. Der Unterschied beruht auf der abfluss-
regelnden Wirkung grösserer Niederschlagsgebiete.

In der Tab. 2 ist verglichen, wie in einigen Gebieten des REN-
QVISTSchen Materials in dem Zeitraum 1931—35 die mittlere Hoch-
wassermenge sich zu dem entsprechenden Wert des Zeitraums 1912—
26 verhält. Die Abweichung ist in % bestimmt.

Tabelle 2. *Der mittlere Hochwasserabfluss in den Zeiträumen
1912—26 und 1931—35.*

Name, Ortschaft	Niederschlagsgebiet		Der mittlere Hochwasser- abfluss sl/km ²		$\frac{100 B - A}{A}$ —100
	km ²	See %	A 1912 —26	B 1931 —35	
Lieksanjoki, Hölmävuolle	8 900	10	26	26	± 0
Koidanjoki, Siikakoski	6 400	11	37	44	+ 19
Valkealan reitti, Huopastenvirta	500	22	14	15	+ 7
Vantaanjoki, Oulunkylä	1 600	2	91	99	+ 9
Karjaanjoki, Karjaa	2 000	12	23	24	+ 4
Uittamunjoki, Leppäkoski	1 030	4	37	39	+ 5
Kyrönjoki, Skatila	4 900	1	68	56	— 18
Kalajoki, Tynkä	3 000	2	98	81	— 17
Sotkamons reitti, Anättikoski	390	12	37	42	+ 13
Iijoki, Ii	14 300	4	61	70	+ 15
Kemijoki, Taivalkoski	51 400	2	48	62	+ 29
Torniojoki, Kulkolankoski	40 000	5	51	56	+ 10

Wie zu ersehen ist, sind die Beträge des Zeitraums 1931—35 in
Nordfinnland grösser als die der Zeitspanne 1912—26. In Südfinn-
land sind die Differenzen dieser Zeitabschnitte nicht erheblich. An
der Küste der Bottenwiek dagegen sind die mittleren Hochwasser-
mengen im Zeitabschnitt 1931—35 verhältnismässig klein gewesen.

Was den Einfluss verschiedener Faktoren auf die mittleren Hochwassermengen kleinerer Gebiete angeht, sei folgendes erwähnt:

Der Seenreichtum, der in den grossen Gewässern in Finnland der wichtigste der auf die Hochwassermenge der Flächeneinheit einwirkenden Faktoren ist, erweist sich auch in den kleineren Wassergebiete als einer der bedeutsamsten. Der Einfluss des Seenprozentages tritt insonderheit in den Gebieten 27—30 hervor (Tab. 1). Jedoch gibt Gebiet 23 zu erkennen, dass seenreiche Gebiete in Nordfinnland einen grösseren Hochwasserabfluss haben können als entsprechend

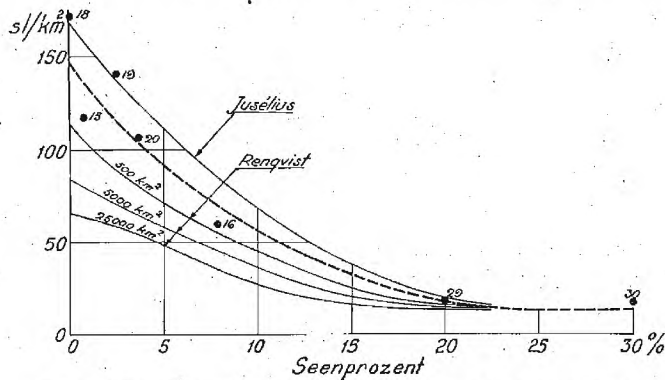


Fig. 2. Die Wirkung des Seearcals (in %) auf die Mittelhochwassermengen.

grosse seenarme Gebiete in Südfinnland, was auf grössere Schneevorräte und heftigeres Abschmelzen im Norden zurückzuführen ist. Bei grossen Gewässern ist die Sachlage eine andere.

Die Wirkung des Seenreichtums auf den Hochwasserabfluss in kleineren Gebieten geht aus Fig. 2 hervor. In diese sind durch Punkte, die mit auf die Gebiete hinweisenden Nummern (Tab. 1) versehen sind, die mittleren Hochwasserabflussmengen pro Flächeneinheit von sieben in Südostfinnland gelegenen Gebieten eingetragen. Die Grösse der Gebiete schwankt zwischen 6 und 23 km² und macht durchschnittlich 13 km² aus. Ausserdem ist unter Berücksichtigung des Einflusses etwaiger anderer Faktoren eine Mittelwertkurve (gestrichelte Linie) aus freier Hand in die Figur eingezeichnet. Die Formel von RENQVIST würde für $F = 0$ Werte geben, die (bei $L = 15$) 5—10 sl/km² kleiner sind als die der gestrichelten Kurve. Aus derselben Formel und unter derselben Annahme berechnete Kurven, für Gebiete von 500, 5 000 und 25 000 km² Grösse sowie die Kurve von JUSÉLIUS sind in die Figur eingetragen. Wie zu ersehen, ist die

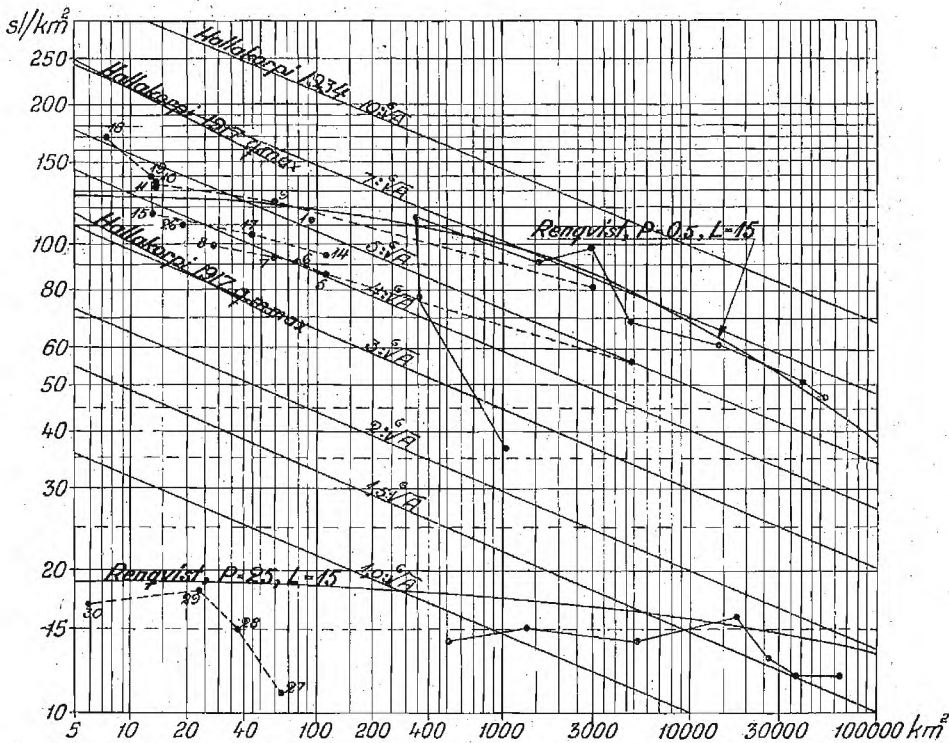


Fig. 3. Die Wirkung der Grösse des Niederschlagsgebiets auf die Mittelhochwassermengen.

Einwirkung des Seenreichtums offenbar; der Verlauf aller Kurven ist im grossen ganzen übereinstimmend. Es weist sich, dass die Formel von RENQVIST für kleine Gebiete allzu niedrige Mittelhochwasserwerte pro Flächeneinheit gibt; unsere Annahme ($L=15$) setzt überdies Durchschnittsverhältnisse bez. Schneereichtum voraus, während die Schneedecke in den in Fig. 2 angeführten Gebieten eine Mächtigkeit unter der Durchschnittszahl des ganzen Landes besitzt. Die von JUSÉLIUS gegebene Kurve, die das absolute Maximum des Abflusses in ziemlich grossen Gebieten darstellt, scheint für Gebiete von ca. 10 km² Grösse anwendbare Durchschnittswerte des Mittelhochwassers zu geben.

Bei einem Vergleich der Gebiete 19 und 20, die aneinander grenzen und einander sehr ähnlich sind, ist zu bemerken, dass das Abflussmaximum pro km² von Gebiet 19 grösser ist als das von Gebiet 20, und zwar in verhältnismässig höherem Masse als die Verschiedenheit des Seenprozents voraus zu setzen scheint. Dies mag an

der Lage der Seen im Niederschlagsgebiet liegen. Im ersteren finden sich die Seen in Seitenläufen, im letzteren im Hauptwasserlauf. Je grösser der Teil des Niederschlagsgebietes ist, der sein Wasser durch einen See leitet, um so grösser ist im allgemeinen dessen abflussregelnde Wirkung. Die Lage der Seen im Niederschlagsgebiet und dessen Form beeinflussen zusammen den Fortschritt der Hochwasserwelle, und soweit beide gemeinsam eine Verhinderung gleichzeitiger Ansammlung der Wassermassen im Wasserlauf bewirken, kann der Höchstabfluss aussergewöhnlich stark vermindert werden.

Der Einfluss der Grösse des Niederschlagsgebiets geht aus Fig. 3 hervor. In dieser Fig., wo sowohl die Ordinaten (sl/km^2) als auch die Abszissen (km^2) in logarithmischer Skala gegeben sind, treten die in verkürzter Form angegebenen Formelwerte HALLAKORPIS ($q = K: \sqrt[6]{A}$, wo $K = 10 \times (1-p-s)^6$) als gerade Linien, die mit den K -Werten (10, 7, 5 usw.) vermerkt sind, auf. — Die Angaben der Formel HALLAKORPIS von 1917 für $q_{\text{m. max}}$ und seine graphische Schätzung für q_{max} sind ebenfalls eingetragen. — Überdies enthält die Fig. nach der Formel von RENQVIST berechnete Kurven für $P = 0.5$, $L = 15$ und für $P = 25$, $L = 15$. — Die Punkte in der Fig., die mit Nummern (Gebietsnummern der Tab. 1) versehen sind, sind durch gestrichelte Linien mit einander verbunden, falls die betr. Gebiete einander nahe liegen. Die gestrichelte Linie 10—9 ist zu einem Punkt (Kalajoki, $F = 3\,000\text{ km}^2$) geführt worden, der die mittlere Hochwassermenge 1931—35 angibt ($81\text{ sl}/\text{km}^2$ pro $98\text{ sl}/\text{km}^2$ in der von RENQVIST Periode), ebenso ist die Linie 8—7—6—5 in entsprechender Weise ausgedehnt (Kyrönjoki, $F = 4\,900\text{ km}^2$, $56\text{ sl}/\text{km}^2$ pro $68\text{ sl}/\text{km}^2$ bei RENQVIST). — Die nicht numerierten Punkte beziehen sich auf das Material von RENQVIST; sie sind mit einander ähnlich verbunden wie in der von HALLAKORPI benutzten Darstellung. Von den somit erhaltenen gebrochenen Linien bezieht sich die obere auf Gebiete, wo der Seenprozent 1—5 beträgt, die untere auf Gebiete mit einem Seenprozent von 20—23. — Die Werte der Formel von JUSÉLIUS, welche ja die Gebietsgrösse nicht berücksichtigt, würden für einen jeden Seenprozent durch eine horizontale Linie dargestellt werden können.

Die Fig. 3 zeigt, dass der Punktkomplex der kleinen Gebiete mit geringem Seenprozent aus Tab. 1 zwischen q_{max} und $q_{\text{m. max}}$ von HALLAKORPI 1917 fällt. Nach den Ausführungen HALLAKORPIS 1934 müssten die Punkte in die Höhe der Linie 7: $\sqrt[6]{A}$ fallen; sie sind jedoch ziemlich weit unter dieser Linie gelegen. Ein Teil des beträchtlichen Unterschiedes (unsere Mittelhochwasserwerte müssten ca. 50 % höher sein, um sich der Linie 7: $\sqrt[6]{A}$ anzupassen) kann vielleicht auf den Umstand zurückgeführt werden, dass eben

bei den kleinsten Gebieten das momentane Maximum erheblich vom Maximum der 365 Tageswerte im Jahre abweichen kann. Die Kurve von RENQVIST gibt, wie schon oben festgestellt wurde, allzu kleine Werte für die kleinsten Gebiete; für Gebiete $> 100 \text{ km}^2$ scheint sie verwendbar zu sein.

Der Einfluss der Bodendurchlässigkeit, die in der Formel von HALLAKORPI berücksichtigt wird, ist an Hand der Angaben für die Gebiete 3—4 und 24—25 zu erkennen. Die genannten Gebiete enthalten u. a. Sandboden; ihre Hochwasserwerte sind auffallend niedrig. Da die Bodenuntersuchungen in den Gebieten noch nicht beendet sind, kann eine Prüfung der Formel HALLAKORPIS in dieser Hinsicht nicht ausgeführt werden.

Der Einfluss der Moore ist vom Moortypus abhängig. Die Gebiete 21—23 sind die moorreichsten; die Moore sind hier vorwiegend Seggenweissmoore mit halbhumiifiziertem Torf; die grossen Wassermengen im Frühjahr sind durch das freie Strömen über den undurchlässigen und abschüssigen Boden bedingt.

Die Schätzung der Bodendurchlässigkeit kann in der Praxis mit Schwierigkeiten verbunden sein. Eine Formel, die viele Faktoren umfasst, die sich nicht exakt bestimmen lassen, sondern bei denen die subjektive Schätzung erheblich auf das Ergebnis einwirken kann, ist vom Standpunkt der Praxis aus unbefriedigend. Was den Einfluss der Bodendurchlässigkeit anbelangt, so ist nach möglichst wenigen und exakt zu bestimmenden Konstanten für den Einfluss der verschiedenen Bodenarten auf den Abfluss zu streben, damit bei der Schätzung der Abflussmengen die Berücksichtigung des Durchlässigkeitsbeiwertes in der Praxis von Bedeutung wäre.

Der Einfluss des Abschmelzens der Schneedecke im Frühjahr wird, wie schon früher bemerkt, am besten an Hand der Gebiete 21—23 deutlich. Diese liegen in den schneereichsten Gegenden Finnlands an der Wasserscheide der Flüsse Kemijoki und Simojoki, östlich der Hügel von Kivalo. Da die Einwirkung des Abschmelzens von Schneevorräten auf den Maximalabfluss in kleinen Gebieten anders als in grossen ist, müsste bei einer Formel, die sich auf die Abflussmengen von Gebieten jeglicher Grösse erstrecken soll, der die Schneeschmelze (oder die Niederschlagsmenge) ausdrückende Beiwert von der Grösse des Niederschlagsgebietes abhängig sein. Eine einfachere Entscheidung liesse sich vielleicht dadurch treffen, dass für grosse und für kleinere Gebiete verschiedene Formeln aufgestellt würden, wie F. H. van KOOTEN es getan hat (6).

Oben sind mittlere Hochwassermengen behandelt worden. Häufig hat man mit den Formeln die Maximalabflüsse zu ermitteln

versucht. Die Frage nach den Höchstwerten des Abflusses ist jedoch mit der Länge der Beobachtungszeit verbunden. Je länger die Zeit ist, um die es sich handelt, desto grösser ist im allgemeinen der beobachtete Höchstwert. Für die jährlichen Gesamtabflussmengen sind Formeln (6) aufgestellt worden, auf Grund deren unter Anwendung statistischer Verfahren der Maximalabfluss eingeschätzt werden kann, soweit eine hinreichend lange Beobachtungsreihe zur Verfügung steht (nach SOKOLOWSKY genügen schon 10 Jahre für die Jahreschwankungen). Gleichzeitig lässt sich ermitteln, binnen welcher Zeit der Maximalwert aufs neue zu erwarten ist. Auch hinsichtlich des Maximalabflusses eines Jahres dürfte man unter Benutzung eines statistischen Verfahrens zu gleichartigen Ergebnissen kommen können. Dabei ist also zunächst die mittlere Hochwassermenge zu bestimmen, von der die Maximalbeträge verschieden langer Zeiteabschnitte abgeleitet werden können. In Finnland überschreiten die Maximalabflussmengen im allgemeinen nicht die zweifachen mittleren Hochwassermengen.

Schlussfolgerungen:

1. Beim Vergleich der Mittelhochwassermengen in kleineren Wasserläufen mit den Ergebnissen der in Finnland benutzten Formeln lässt sich feststellen, dass die von JUSÉLIUS aufgestellte Formel, die sich auf Maximalabflüsse grösserer Wassergebiete bezieht, annähernd Mittelhochwassermengen entsprechende Werte bei ca. 10 km² grossen Gebieten gibt. RENQVISTS Formel scheint bei Gebieten > 100 km² anwendbar zu sein, nimmt aber bei Gebieten geringerer Ausdehnung allzu wenig Rücksicht auf den Einfluss der Grösse des Niederschlagsgebietes. HALLAKORPIS Formel, die bei grossen Wasserläufen eine annähernd gleiche Schätzungsgenauigkeit wie RENQVISTS Formel gewährleistet, gibt bei kleineren Wasserläufen allzu grosse Werte, wenn der Exponent des Areals mit 1/6 angesetzt wird.

2. Was die Wirkung der verschiedenen Faktoren auf den Abfluss betrifft, so wird durch den oben dargestellten Vergleich bestätigt, dass der Seenprozent, die Grösse des Niederschlagsgebiets, die Bodendurchlässigkeit und der Verlauf der Schneeschmelze im Frühjahr auch hinsichtlich kleinerer Wassergebiete zu den wichtigsten Anhaltspunkten für eine Schätzung der Hochwassermenge gehören. Jedoch gibt es Fälle, in denen diese Faktoren für die Bestimmung des mittleren Hochwassers nicht ausreichen.

3. Der mittlere Hochwasserabfluss lässt sich bei der Ermittlung des Maximalabflusses während verschieden langer Zeiträume als Ausgangspunkt benutzen.

Literatur.

- (1) AXEL JUŠÉLIUS, Bestämningar af afflödeskoefficienter i finska vattendrag, Tekn. Fören. i Finl. Förh. 1905.
 - (2) I. A. HALLAKORPI, Maan kuivatus, Hels. 1917.
 - (3) —, Uusi kaava vesistön tulvamäärän arvioimiseksi sadealueen suuruuden y. m. mukaan (Referat: New Formula for estimating Floods), Tekn. Aikakausl. Nr. 10, 1934.
 - (4) HENRIK RENQVIST, Sadealueen suuruuden vaikutuksesta tulvamäärään (Referat: Drainage Basin Area and maximum Discharge), Tekn. Aikakausl. Nr. 1, 1934.
 - (5) F. H. van KOOTEN, Methoden zur Berechnung der grössten Abflussmengen in Flüssen aus den grössten Regenfällen und der Beschaffenheit des Stromgebiets, Leipzig 1934.
 - (6) D. SOKOLOWSKY, Die Anwendung der Verteilungskurven auf die Bestimmung der Schwankungen der Jahresabflussmenge, IV. Hydrol. Konf. d. Balt. Staaten, Leningrad 1933.
-

